

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

CRISTIANE PELISOLLI CABRAL

**PSICOGÊNESE DA NOÇÃO DE ALGORITMO NA ATIVIDADE
DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS DE 4 A 12 ANOS**

PORTO ALEGRE

2022

CRISTIANE PELISOLLI CABRAL

**PSICOGÊNESE DA NOÇÃO DE ALGORITMO NA ATIVIDADE
DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS DE 4 A 12 ANOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de doutora em Educação.

Orientadora: Profa. Dra. Rosane Aragón (UFRGS)

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre da Silva Simões (UNESP)

Linha de pesquisa: Tecnologias Digitais e Educação

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

Cabral, Cristiane Pelisolli
PSICOGÊNESE DA NOÇÃO DE ALGORITMO NA ATIVIDADE DE
PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS DE 4 A 12 ANOS / Cristiane
Pelisolli Cabral. -- 2023.
352 f.

Orientadora: Rosane Aragón Aragón.

Coorientador: Alexandre da Silva Simões.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de
Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. epistemologia genética. 2. aprendizagem. 3.
atividade de programação. 4. robótica educacional. 5.
criança. I. Aragón, Rosane Aragón, orient. II.
Simões, Alexandre da Silva, coorient. III. Título.

CRISTIANE PELISOLLI CABRAL

**PSICOGÊNESE DA NOÇÃO DE ALGORITMO NA ATIVIDADE
DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS DE 4 A 12 ANOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de doutora em Educação.

Aprovada em: 20 de dezembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Rosane Aragón (UFRGS) – Orientadora

Prof. Dr. Alexandre da Silva Simões (UNESP) – Coorientador

Prof. Dr. Sergio Roberto Kieling Franco (UFRGS)

Prof. Dr. Crediné Menezes (UFES)

Profa. Dra. Juliana Brandão Machado (UNIPAMPA)

Profa. Dra. Maria Luiza Rheingantz Becker (UFRGS)

*Em memória de minha mãe
Matilde Pelisoli Cabral
04/09/39 – 22/02/22*

*“Não há ensino sem pesquisa
e pesquisa sem ensino.”
(Paulo Freire)*

AGRADECIMENTOS

Ao final da caminhada, muitos agradecimentos são necessários para as pessoas que ajudaram a tornar, um pouco mais leve, o “caminho das pedras”. Foram cinco longos anos de muita entrega, estudo e renúncias, atravessados por um longo período de pandemia mundial de Covid-19 que adoeceu a todos, seja fisicamente ou psicologicamente. Neste período, o apoio e a presença de algumas pessoas, por vezes de forma virtual, foram fundamentais para prosseguir, trazer alegrias e amenizar as “dores da alma”.

Gostaria de agradecer inicialmente à minha orientadora Profa. Rosane Aragón, por toda a dedicação em sua orientação, pela amizade, por fazer da teoria a sua prática pedagógica e por acolher a mim, assim como todos os membros do grupo de orientandos de uma maneira tão empática e afetiva.

Uma orientadora especial não prescinde de um grupo de orientandos espetaculares, comprometidos com suas pesquisas e com os laços de amizade que nos une. Obrigada, Aline Verardo, Muriel Lago, Gerson Millan, Cíntia Lautert, Lucicleide da Silva, Ana Beatriz Michels, Sérgio Nunes, Giane da Rosa. Também às recém-chegadas ao grupo, o meu muito obrigada por todo apoio nas horas mais difíceis pelas quais passei.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Alexandre Simões e aos membros da banca de qualificação e final, Profa. Dra. Analisa Zorzi, Prof. Dr. Sérgio Franco, Profa. Dra. Maria Luiza Becker, Prof. Dr. Crediné Menezes e Profa. Dra. Juliana Machado, acadêmicos e acadêmicas pelos quais tenho a mais profunda admiração e que gentilmente contribuíram com seus conhecimentos para o aprimoramento desta tese.

Um agradecimento especial às minhas colegas de trabalho que a escola Villa Lobos me deu a oportunidade de conhecer, conviver, admirar e que se tornaram grandes amigas, parceiras, apoiadoras do projeto de Robótica Educacional e com as quais sempre posso contar: Simone Pavani, Gisele Raugust, Simone Gonzales, Vivian Fernandes, Andrea Costa, Renata Rosa e Andrea Bruschi. Vocês são ouro meninas!!!

Obrigada a minha família querida por todo apoio e compreensão. Minha mãe, que agora assiste a tudo de outra dimensão, meu pai que torce todos os dias por mim, meus irmãos, sobrinhos, afilhados e minha cunhada Cristiana (que nasceu de novo este ano), que valorizaram todos os meus esforços e entenderam todas as ausências, mesmo nos momentos cruciais.

Minhas primas e quase irmãs, Denise e Fernanda sempre muito presentes na minha vida, que trouxeram leveza e me apoiaram emocionalmente neste período. Minhas amigas Fernanda, Verônica, Sabrina, Taís, Juliana e Karine pela amizade de uma vida inteira.

À Vânia por todo o acolhimento e por me mostrar que “no fundo do poço existe uma mola”.

Não tenho palavras para agradecer meu grande parceiro de vida, meu marido Fabiano, e meu filho Pedro, por segurarem na minha mão, me tranquilizar e afirmar que juntos chegaríamos lá. Chegamos! Amo vocês.

À CAPES pelo apoio financeiro recebido através de bolsa de pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A presente tese objetivou investigar a psicogênese das condutas cognitivas na atividade de programação realizada por 21 crianças de 4-12 anos de idade envolvidas em resolver problemas para fazer movimentar um robô concreto sem a utilização do software de programação na tela de um computador. Para avaliar o estágio do desenvolvimento intelectual, bem como o desenvolvimento das estruturas lógicas elementares de classificação e de seriação, as noções iniciais de objeto, causalidade e espaço, foram realizadas nove provas cognitivas selecionadas diretamente das obras de Piaget. Para a investigação dos processos cognitivos envolvidos na construção do algoritmo foram elaborados e aplicados doze problemas para serem resolvidos pelos sujeitos com o uso da ferramenta *Kids First Coding & Robotics* produzida pela empresa Thames e Kosmos. O procedimento de resolução dos experimentos foi gravado em vídeo e analisado com o suporte do software MAXQDA®. A análise, com base na Epistemologia Genética de Jean Piaget e na Microgênese Cognitiva de Bärbel Inhelder, possibilitou definir níveis de construção do algoritmo de programação e as capacidades cognitivas envolvidas na atividade de programação relacionadas com o estágio do desenvolvimento infantil. Estes resultados apontam contribuições da macrogênese e da microgênese para refletir acerca do desenvolvimento cognitivo infantil utilizando ferramentas tecnológicas de programação, além de indicar contribuições para o ensino de programação com crianças.

Palavras-chave: desenvolvimento cognitivo; atividade de programação; epistemologia genética; robótica educacional.

ABSTRACT

This thesis aimed to investigate the psychogenesis of cognitive behaviors in the programming activity carried out by 21 children aged 4-12 years old, involved in solving problems to make a concrete robot move without using the programming software on a computer screen. To assess the stage of intellectual development, as well as the development of elementary logical structures of classification and serialization, the initial notions of object, causality and space, nine cognitive tests were carried out, selected directly from Piaget's works. For the investigation of the cognitive processes involved in the construction of the algorithm, twelve problems were elaborated and applied to be solved by the subjects using the Kids First Coding & Robotics tool, produced by the company Thames e Kosmos. The procedure for solving the experiments was recorded on video and analyzed using the MAXQDA® software. The analysis, based on Jean Piaget's Genetic Epistemology and Bärbel Inhelder's Cognitive Microgenesis, made it possible to define levels of construction of the programming algorithm and the cognitive capacities involved in the programming activity, related to the stage of child development. These results point to contributions of macrogenesis and microgenesis to reflect on children's cognitive development, using technological programming tools, in addition to indicating contributions to teaching programming for children.

Keywords: cognitive development; programming activity; genetic epistemology; educational robotics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Programação em scratch	38
Figura 2 – Ferramenta Robô Cubetto e crianças atuando com o material.....	50
Figura 3 – Ferramenta Robô Kibo e crianças interagindo com a ferramenta.....	51
Figura 4 – Ferramenta Kids First Coding & Robotics e criança interagindo com o material ..	51
Figura 5 – Robô KUBO e criança trabalhando com o material.....	52
Figura 6 – Robô Codey Rock, interface de programação e crianças brincando com o material	53
Figura 7 – Robô MBot, interface de programação e desenvolvimento de atividades	53
Figura 8 – Kit UnicornBot, Kit MeeBot e interface de programação	54
Figura 9 – Shero BOLT, SPKR+, Shero Mini, interface de programação e criança com a SPKR+.....	54
Figura 10 – Robô Dash & Dot e interface de programação	55
Figura 11 – Robô LEGO® Boost, interface de programação e crianças com o material	55
Figura 12 – Kit LEGO® WeDo e interface de programação	56
Figura 13 – Robô LEGO® Mindstorms Ev3 e interface de programação	56
Figura 14 – Robô Humanoide EZ Robot e interface de programação	57
Figura 15 – Interface de programação LOGO.....	69
Figura 16 – Interface de programação ScratchJr e Scratch	71
Figura 17 – Mapa conceitual dos conceitos piagetianos	92
Figura 18 – Representação gráfica do funcionamento do conceito de abstração reflexionante	94
Figura 19 – Representação sobre a atividade cognitiva do sujeito.....	103
Figura 20 – Caixa do material Kids First Coding & Robotics	116
Figura 21 – Grade para construir o algoritmo com cartas	116
Figura 22 – Ratinho robô utilizado nos experimentos G1[E1], G1[E2], G1[E3], G1[E4], G1[E5] e G1[E6]	119
Figura 23 – Mapa em linha reta para realizar o G1(E1), G1(E2).....	119
Figura 24 – Mapa contendo reta e curva para realizar o G1(E3), G1(E4)	120
Figura 25 – Mapa em zigue-zague para realizar o G1(E5), G1(E6).....	120
Figura 26 – Jogador de futebol robô utilizado nos experimentos G2[E7], G2[E8], G2[E9], G2[E10], G2[E11] e G2[E12], a goleira, os adversários e a bola	121
Figura 27 – Mapa para realizar o G2(E7).....	121

Figura 28 – Mapa para realizar o G2(E8).....	122
Figura 29 – Mapa para realizar o G2(E9).....	123
Figura 30 – Mapa para realizar o G2(E10).....	123
Figura 31 – Mapa para realizar o G2(E11).....	124
Figura 32 – Percurso metodológico da pesquisa	126
Figura 33 – Interface do Software MAXQDA2020®	127
Figura 34 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 1 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas e correspondência termo a termo com uso de fichas. Etapa 2 com a grade de programação e o mapa do Experimento 2 e 3.....	129
Figura 35 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 2 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas e massa com uso de massa de modelar. Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2.....	134
Figura 36 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 3 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas com o transvasamento de líquido. Etapa 2 com o mapa do Experimento 5 e 6	141
Figura 37 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 4 e a prova cognitiva de inclusão de classes com o uso de flores e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2.....	147
Figura 38 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 5 e a prova cognitiva de seriação com o uso de bastonetes e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2	152
Figura 39 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 6 e a prova cognitiva de espaço/horizontalidade através da prova das árvores na montanha e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2.....	160
Figura 40 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 7 e a prova cognitiva de espaço/verticalidade através da prova do desenho da linha d’água e barquinho e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2	164
Figura 41 – Etapa 1 com o Sujeito 11 e a prova cognitiva de horizontalidade. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos	176
Figura 42 – Etapa 1 com o Sujeito 12 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas com uso de massa de modelar. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos....	185
Figura 43 – Etapa 1 com o Sujeito 13 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas com o transvasamento de líquido. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos	194
Figura 44 – Etapa 1 com o Sujeito 14 e a prova cognitiva de inclusão de classes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos	203

Figura 45 – Etapa 1 com o Sujeito 15 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas e correspondência termo a termo com uso de fichas. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos	212
Figura 46 – Etapa 1 com o Sujeito 16 e a prova cognitiva de seriação com o uso de bastonetes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos	220
Figura 47 – Etapa 1 com o Sujeito 16 e a prova cognitiva da verticalidade. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos	223
Figura 48 – Etapa 1 com o Sujeito 21 e a prova cognitiva de conservação. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos	237
Figura 49 – Etapa 1 com o Sujeito 22 e a prova cognitiva da conservação de massa. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos	246
Figura 50 – Etapa 1 com o Sujeito 23 e a prova cognitiva de conservação. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos	254
Figura 51 – Etapa 1 com o Sujeito 24 e a prova cognitiva de inclusão de classes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos	262
Figura 52 – Etapa 1 com o Sujeito 25 e a prova cognitiva da seriação de bastonetes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos	271
Figura 53 – Etapa 1 com o Sujeito 26 e a prova cognitiva da representação do espaço. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos	281
Figura 54 – Etapa 1 com o Sujeito 27 e a prova cognitiva da representação do espaço. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos	289

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese das ferramentas de programação disponíveis no mercado.....	58
Quadro 2 – Algoritmo construído pelo S1 para resolver o G1[E1].....	129
Quadro 3 – Algoritmo construído pelo S1 para resolver o G1[E2].....	130
Quadro 4 – Algoritmos construídos pelo S1 para resolver o G1[E3].....	131
Quadro 5 – Algoritmos construídos pelo S1 para resolver o G1[E4].....	132
Quadro 6 – Síntese do percurso cognitivo do S1.....	133
Quadro 7 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E1].....	135
Quadro 8 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E2].....	136
Quadro 9 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E3].....	137
Quadro 10 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E4].....	137
Quadro 11 – Síntese do percurso cognitivo do S2	140
Quadro 12 – Algoritmos construídos pelo S3 para resolver o G1[E1].....	142
Quadro 13 – Algoritmos construídos pelo S3 para resolver o G1[E2].....	143
Quadro 14 – Algoritmos construídos pelo S3 para resolver o G1[E3].....	143
Quadro 15 – Algoritmo construído pelo S3 para resolver o G1[E4].....	144
Quadro 16 – Algoritmo construído pelo S3 para resolver o G1[E5].....	146
Quadro 17 – Síntese do percurso cognitivo do S3	146
Quadro 18 – Algoritmo construído pelo S4 para a solução do G1[E1].....	148
Quadro 19 – Algoritmos construídos pelo S4 para resolver o G1[E2].....	150
Quadro 20 – Algoritmos construídos pelo S4 para resolver o G1[E3].....	150
Quadro 21 – Síntese do percurso cognitivo do S4	151
Quadro 22 – Algoritmos construídos pelo S5 para resolver o G1[E1].....	155
Quadro 23 – Algoritmos construídos pelo S5 para resolver o G1[E2].....	157
Quadro 24 – Síntese do percurso cognitivo do S5	159
Quadro 25 – Algoritmos construídos pelo S6 para resolver o G1[E1].....	160
Quadro 26 – Algoritmos construídos pelo S6 para resolver o G1[E2].....	161
Quadro 27 – Algoritmos construídos pelo S6 para resolver o G1[E3].....	162
Quadro 28 – Síntese do percurso cognitivo do S6	163
Quadro 29 – Algoritmos construídos pelo S7 para resolver G1[E3].....	166
Quadro 30 – Síntese do percurso cognitivo do S7	166
Quadro 31 – Síntese das Provas Cognitivas realizadas na Etapa 1 com os sujeitos de 4-6 anos de idade.....	168

Quadro 32 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 4-6 anos e estrutura cognitiva pré-operatória.....	175
Quadro 33 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G1[E1].....	177
Quadro 34 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G1[E2].....	177
Quadro 35 – Algoritmos construídos pelo S11 para resolver o G1[E3].....	178
Quadro 36 – Algoritmos construídos pelo S11 para resolver o G1[E4].....	178
Quadro 37 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G1[E5].....	179
Quadro 38 – Algoritmos construídos pelo S11 para resolver o G1[E6].....	179
Quadro 39 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G2[E7].....	181
Quadro 40 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8] ..	181
Quadro 41 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9] ..	182
Quadro 42 – Algoritmo construído, com intervenção da pesquisadora, para resolver o G2[E10] ..	183
Quadro 43 – Algoritmo construído, com intervenção da pesquisadora, para resolver o G2[E11] ..	183
Quadro 44 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12] ..	183
Quadro 45 – Síntese do percurso cognitivo do S11 ..	184
Quadro 46 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G1[E1].....	185
Quadro 47 – Algoritmos construídos pelo S12 para resolver G1[E2].....	186
Quadro 48 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G1[E3].....	186
Quadro 49 – Algoritmos construídos pelo S12 para resolver o G1[E4].....	187
Quadro 50 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G1[E5].....	188
Quadro 51 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G2[E7].....	190
Quadro 52 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8] ..	190
Quadro 53 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9] ..	191
Quadro 54 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10] ..	191
Quadro 55 – Algoritmo construído, com interferência da pesquisadora, para resolver o G2[E11] ..	192
Quadro 56 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E12] ..	192
Quadro 57 – Síntese do percurso cognitivo do S12 ..	193
Quadro 58 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E1].....	194
Quadro 59 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E2].....	195
Quadro 60 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E3][E4] ..	196
Quadro 61 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E5] e G1[E6].....	196

Quadro 62 – Algoritmo construído pelo S13 para resolver o G2[E7].....	198
Quadro 63 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8] ..	198
Quadro 64 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9] ..	199
Quadro 65 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10]	200
Quadro 66 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E11]	200
Quadro 67 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E12]	201
Quadro 68 – Síntese do percurso cognitivo do S13	202
Quadro 69 – Algoritmo construído pelo S14 para resolver o G1[E1].....	203
Quadro 70 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E2].....	204
Quadro 71 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E3].....	205
Quadro 72 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E4].....	205
Quadro 73 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E5].....	206
Quadro 74 – Algoritmo construído pelo S14 para resolver o G1[E6].....	207
Quadro 75 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G2[E7].....	209
Quadro 76 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8] ..	209
Quadro 77 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9] ..	210
Quadro 78 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10]	210
Quadro 79 – Síntese do percurso cognitivo do S14	211
Quadro 80 – Algoritmo construído pelo S15 para resolver o G1[E1].....	213
Quadro 81 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G1[E2].....	214
Quadro 82 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G1[E3][E4]	214
Quadro 83 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G1[E5][E6]	216
Quadro 84 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G2[E7].....	217
Quadro 85 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8] ..	218
Quadro 86 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9] ..	218
Quadro 87 – Síntese do percurso cognitivo do S15	219
Quadro 88 – Algoritmo construído pelo S16 para resolver o G1[E1].....	220
Quadro 89 – Algoritmo construído pelo S16 para resolver o G1[E2].....	220
Quadro 90 – Algoritmos construídos pelo S16 para resolver o G1[E3][E4]	221
Quadro 91 – Síntese do percurso cognitivo do S16	222
Quadro 92 – Algoritmo construído pelo S17 para resolver o G1[E1].....	223
Quadro 93 – Algoritmo construído pelo S17 para resolver o G1[E2].....	223
Quadro 94 – Algoritmos construídos pelo S17 para resolver o G1[E3].....	224
Quadro 95 – Algoritmo construído pelo S17 para resolver o G1[E4].....	224

Quadro 96 – Síntese do percurso cognitivo do S17	225
Quadro 97 – Síntese das Provas Cognitivas realizadas na Etapa 1 com os sujeitos de 7-9 anos de idade.....	227
Quadro 98 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 7-9 anos e estrutura cognitiva de passagem do pré-operatório para o operatório-concreto no Grupo 1 de experimentos (G1) .	232
Quadro 99 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 7-9 anos e estrutura cognitiva de passagem do pré-operatório para o operatório-concreto no Grupo 1 (G1) e Grupo 2 (G2) de experimentos.....	235
Quadro 100 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E1].....	237
Quadro 101 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E2].....	238
Quadro 102 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E3].....	238
Quadro 103 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E4].....	239
Quadro 104 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E5].....	239
Quadro 105 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E6].....	240
Quadro 106 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E7].....	241
Quadro 107 – Algoritmo construído pelo S21 para resolver o G2[E8].....	242
Quadro 108 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9] ..	242
Quadro 109 – Algoritmo construído com interferência da pesquisadora para resolver o G2[E10]	243
Quadro 110 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E11] ..	244
Quadro 111 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12] ..	244
Quadro 112 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 21	245
Quadro 113 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G1[E1].....	247
Quadro 114 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G1[E2].....	247
Quadro 115 – Algoritmos construídos pelo S22 para resolver o G1[E3].....	247
Quadro 116 – Algoritmos construídos pelo S22 para resolver o G1[E4].....	248
Quadro 117 – Algoritmos construídos pelo S22 para resolver o G1[E7].....	249
Quadro 118 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G2[E8].....	249
Quadro 119 – Algoritmo construído pelo S22, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9]	250
Quadro 120 – Algoritmo construído pelo S22, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10]	251
Quadro 121 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G2[E11].....	251
Quadro 122 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G2[E12].....	252

Quadro 123 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 22	254
Quadro 124 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E1].....	255
Quadro 125 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E2].....	255
Quadro 126 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E3].....	256
Quadro 127 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E4].....	256
Quadro 128 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E5].....	256
Quadro 129 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E6].....	257
Quadro 130 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G2[E7].....	258
Quadro 131 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E8].....	258
Quadro 132 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9] ..	259
Quadro 133 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E10].....	259
Quadro 134 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E11].....	260
Quadro 135 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E12].....	260
Quadro 136 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 23	261
Quadro 137 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E1].....	263
Quadro 138 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E2].....	263
Quadro 139 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E3].....	264
Quadro 140 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E4].....	264
Quadro 141 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E5].....	265
Quadro 142 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E6].....	266
Quadro 143 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G2[E7].....	267
Quadro 144 – Algoritmo construído pelo S24 para resolver o G2[E8].....	267
Quadro 145 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9] ..	268
Quadro 146 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E10]	268
Quadro 147 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E11]	269
Quadro 148 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12]	269
Quadro 149 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 24	270
Quadro 150 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E1].....	272
Quadro 151 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E2].....	272
Quadro 152 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E3].....	273
Quadro 153 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E4].....	274
Quadro 154 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G1[E5].....	274
Quadro 155 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G1[E6].....	275
Quadro 156 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G2[E7].....	276

Quadro 157 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G2[E8].....	276
Quadro 158 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G2[E9].....	277
Quadro 159 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G2[E10].....	278
Quadro 160 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G2[E11].....	278
Quadro 161 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G2[E12].....	279
Quadro 162 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 25	280
Quadro 163 – Algoritmo construído pelo S26 para resolver o G1[E1].....	281
Quadro 164 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E2].....	282
Quadro 166 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E4].....	283
Quadro 167 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E5].....	283
Quadro 168 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E6].....	284
Quadro 169 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G2[E7].....	285
Quadro 170 – Algoritmo construído pelo S26 para resolver o G2[E8].....	285
Quadro 171 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9] ..	286
Quadro 172 – Algoritmos construídos com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E10]	286
Quadro 173 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E11]	286
Quadro 174 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12]	287
Quadro 175 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 26	288
Quadro 176 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E1].....	289
Quadro 177 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G1[E2].....	290
Quadro 178 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E4].....	291
Quadro 179 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E5].....	291
Quadro 180 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E6].....	292
Quadro 181 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G2[E7].....	293
Quadro 182 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G2[E8].....	294
Quadro 183 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9] ..	294
Quadro 184 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G2[E10].....	295
Quadro 185 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G2[E12].....	296
Quadro 186 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 27	298
Quadro 187 – Síntese das Provas Cognitivas realizadas na Etapa 1 com os sujeitos de 10-12 anos de idade	299
Quadro 188 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 10-12 anos e estrutura cognitiva operatória concreta no Grupo 1 de experimentos (G1)	304

Quadro 189 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 10-12 anos e estrutura cognitiva operatório-concreto.....	308
Quadro 190 – Síntese das capacidades envolvidas na construção do algoritmo de programação com crianças	320
Quadro 191 – Sujeitos do Nível I de construção do algoritmo	321
Quadro 192 – Sujeitos do Nível II de construção do algoritmo	322
Quadro 193 – Sujeitos do Nível III de construção do algoritmo.....	324
Quadro 194 – Sujeitos do Nível IV de construção do algoritmo.....	325
Quadro 195 – Síntese da divisão dos sujeitos por níveis de construção do algoritmo	327
Quadro 196 – Síntese das capacidades envolvidas na construção do algoritmo de programação com crianças de acordo com os estádios do desenvolvimento e os níveis de construção do algoritmo encontrados	328

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Artigos correlatos analisados inicialmente	43
Tabela 2 – Tempo utilizado pelos sujeitos de 4-6 anos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total	169
Tabela 3 – Tempo utilizado pelos sujeitos de 7-9 anos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total	228
Tabela 4 – Tempo utilizado pelos sujeitos de 10-12 anos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total	300

SUMÁRIO

TRAJETÓRIA ACADÊMICA E PROFISSIONAL	25
1 INTRODUÇÃO	31
2 REVISÕES	42
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	42
2.2 REVISÃO DE FERRAMENTAS PARA ATIVIDADE DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS	49
2.2.1 Ferramentas recomendadas a partir dos 4 anos de idade	50
2.2.2 Ferramentas recomendadas para crianças a partir dos 6 anos ou mais	52
3 COMPUTAÇÃO NA EDUCAÇÃO	61
3.1 COMPUTADORES E PROGRAMAÇÃO	61
3.2 ATIVIDADE DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS	68
3.2.1 A linguagem de programação por blocos	74
3.2.2 Pensamento Computacional	75
3.2.3 Letramento Digital (<i>Computer Literacy</i>)	79
3.2.4 Computação Desplugada	80
3.2.5 STEM ou STEAM	81
4 O PROCESSO DE APRENDIZAGEM HUMANA	84
4.1 ORIGENS DOS ESTUDOS SOBRE APRENDIZAGEM	84
4.2 EPISTEMOLOGIA GENÉTICA	88
4.2.1 Estádios do Desenvolvimento	95
4.2.2 A construção do espaço	100
4.3 A ABORDAGEM MICROGENÉTICA	102
5 METODOLOGIA	108
5.1 SUJEITOS DA PESQUISA	110
5.2 PROVAS COGNITIVAS DA ETAPA 1	111
5.3 MATERIAIS CRIADOS COM PROGRAMAÇÃO NA ETAPA 2	115
5.4 EXPERIMENTOS	117
5.5 ANÁLISE DE DADOS	125
5.5.1 O Software de Análise qualitativa MAXQDA2020®	127
6 ANÁLISE DE DADOS	128
6.1 SUJEITOS DE 4-6 ANOS COM ESTRUTURA COGNITIVA PRÉ-OPERATÓRIA ..	128

6.1.1 Análise dos casos.....	128
6.1.1.1 O Caso do Sujeito 1 (6a.6m.)	128
6.1.1.2 O Caso do Sujeito 2 (5a.6m.)	134
6.1.1.3 O Caso do Sujeito 3 (5a.7m.)	140
6.1.1.4 O Caso do Sujeito 4 (4a.11m.)	147
6.1.1.5 O Caso do Sujeito 5 (5a.9m.)	152
6.1.1.6 O Caso do Sujeito 6 (5a.7m.)	159
6.1.1.7 O Caso do Sujeito 7 (5a.2m.)	163
6.1.2 Síntese dos casos	167
6.2 SUJEITOS DE 7-9 ANOS COM ESTRUTURA COGNITIVA EM TRANSIÇÃO DO PRÉ-OPERATÓRIO PARA O OPERATÓRIO-CONCRETO	176
6.2.1 Análise dos casos.....	176
6.2.1.1 O Caso do Sujeito 11 (7a.6m.)	176
6.2.1.2 O Caso do Sujeito 12 (9a.9m.)	184
6.2.1.3 O Caso do Sujeito 13 (9a.9m.)	193
6.2.1.4 O Caso do Sujeito 14 (8a.11m.)	202
6.2.1.5 O Caso do Sujeito 15 (8a.7m.)	212
6.2.1.6 O Caso do Sujeito 16 (7a.10m.)	220
6.2.1.7 O Caso do Sujeito 17 (7a.3m.)	222
6.2.2 Síntese dos casos	226
6.3 SUJEITOS DE 10-12 ANOS COM ESTRUTURA COGNITIVA OPERATÓRIO-CONCRETO.....	236
6.3.1 Análise dos casos.....	236
6.3.1.1 O Caso do Sujeito 21 (12a.00m.)	236
6.3.1.2 O Caso do Sujeito 22 (11a.11m.)	246
6.3.1.3 O Caso do Sujeito 21 (12a.00m.)	254
6.3.1.4 O Caso do Sujeito 24 (11a.06m.)	262
6.3.1.5 O Caso do Sujeito 25 (12a.07m.)	271
6.3.1.6 O Caso do Sujeito 26 (11a.07m.)	281
6.3.1.7 O Caso do Sujeito 27 (10a.03m.)	288
6.3.2 Síntese dos casos	298
6.4 SÍNTESE DAS CAPACIDADES COGNITIVAS ACIONADAS DURANTE A CONSTRUÇÃO DO ALGORITMO DE PROGRAMAÇÃO	309
7 CONCLUSÃO.....	321

REFERÊNCIAS	334
APÊNDICE 1 – ARTIGOS ANALISADOS NA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA INICIAL	344
APÊNDICE 2 – CONVITE PARA A PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA (MENSAGEM DE E-MAIL)	346
APÊNDICE 3 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	347
APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO PARA PAIS / RESPONSÁVEIS.....	349
APÊNDICE 5 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)	350

TRAJETÓRIA ACADÊMICA E PROFISSIONAL

Há quase duas décadas, sou professora da Rede Municipal de Educação de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, e nos últimos quinze anos trabalho com Robótica Educacional para o Ensino Fundamental, mas a minha caminhada na Educação iniciou muito antes disso. Desde o ano de 1996, logo depois de concluir o Curso Técnico de Magistério integrado ao Ensino Médio, escolhi trabalhar com os desafios do ensino e da aprendizagem humana. Atuei na Educação Infantil, Ensino Fundamental e Educação de Jovens e Adultos nas redes pública e privada do estado.

Depois de já ter atuado por vários anos na Educação Infantil, concluí a graduação em Pedagogia na UFRGS no ano de 2003. Durante a graduação atuei como Bolsista de Iniciação Científica aproveitando cada experiência possível proporcionada pela universidade através do tripé ensino / pesquisa / extensão. Foram experiências valiosas que construíram minha paixão pela pesquisa e pelo ambiente acadêmico. Depois da graduação, realizei concurso público para a Rede Estadual de Educação e atuei também na Rede Particular de escolas em Porto Alegre/RS. Através dos ambientes por onde passei me nutri de experiências belíssimas e riquíssimas proporcionadas pelas turmas do Ensino Fundamental em que tive a oportunidade de ensinar e aprender. Em certo momento atuei 60 horas semanais entre o Ensino Fundamental e a Educação de Jovens e Adultos (EJA), onde me dediquei para a formação de jovens e adultos trabalhadores. No ano de 2005, depois de aprovada em concurso público, iniciei na Rede Municipal de Educação de Porto Alegre como alfabetizadora. Para responder ao desafio que se impôs, cursei Especialização em Alfabetização na PUCRS no ano de 2006. Nesse período, já faziam parte da minha prática alfabetizadora com crianças as atividades tecnológicas. Usávamos o computador na Sala de Informática para realizar trabalhos de escrita e leitura, especialmente na produção de *Blogs*.

O rumo que tomou minha carreira profissional e que me trouxe até os estudos da pós-graduação iniciou em 2007, atuando na Rede Municipal de Educação (RME) de Porto Alegre, quando a Secretaria Municipal de Educação (SMED) oportunizou aos professores, que desenvolviam trabalhos junto à informática das escolas da rede, um curso de formação para o uso de um material recentemente adquirido. Tratava-se dos *kits* semiestruturados de Robótica Educacional LEGO® Mindstorms desenvolvidos por Papert e seus colaboradores no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). A escola indicou meu nome para a formação e eu aceitei o desafio, pois, pareceu ser uma ferramenta que iria contribuir para a aprendizagem dos alunos. Na época, além da alfabetização, trabalhava com as Turmas de Progressão do

Ciclo B¹, e não imaginava que tal convite traria novos rumos à minha vida profissional e daria motivação extra para continuar atuando na Educação.

Desde então, coordeno a atividade de Robótica Educacional na Escola Municipal de Ensino Fundamental Heitor Villa Lobos, em Porto Alegre/RS, periferia da cidade, onde atuo como professora. O projeto envolve oficinas, aulas, Equipe de Robótica e orientação de alunos, tanto os que possuem Bolsa de Iniciação Científica Jr / CNPq recebidas pela Mostra Nacional de Robótica (MNR), quanto os que participam de eventos científicos e competitivos. A atividade cresceu muito ao longo dos anos na nossa instituição. Atualmente, disponibilizamos três modalidades de participação na Robótica Educacional na EMEF Heitor Villa Lobos: Aulas itinerantes, integradas ao currículo, para estudantes do 1º. ao 4º. ano do Ensino Fundamental;² Oficinas de contra turno escolar com o uso de diferentes materiais para construção e programação para os estudantes a partir do 5º. ano do Ensino Fundamental; Equipe de Robótica Educacional que participa de eventos científicos e competitivos representando a Rede Municipal de Educação de Porto Alegre.

Aos alunos do 1º ao 4º ano são oferecidas aulas itinerantes, compostas de encontros de 1h 30min., no ensino regular, onde são desenvolvidas atividades STEAM, em grupo, com material concreto, para a experimentação do funcionamento de rampas, engrenagens, alavancas etc. de maneira lúdica através do conhecimento físico. A partir do 5º ano, os estudantes são convidados a participar das oficinas que acontecem no turno inverso ao ensino regular. A oficina acontece uma vez na semana, por adesão, com duração de 1h 45min. Os alunos que se destacam nas aulas são convidados a participar da Equipe de Robótica chamada de Lobóticos, devido ao nome da escola. A equipe participa de eventos científicos e competitivos voltados para crianças, tais como Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), FIRST LEGO® League Challenge (FLL), Mostra Nacional de Robótica (MNR), Salão UFRGS Jovem de Iniciação Científica, MOSTRATEC, entre outros.

No ano de 2008, bastante motivada pelos resultados obtidos através do trabalho com robótica educacional, iniciei os estudos em nível de mestrado no PPGEDU-UFRGS,

¹ As Turmas de Progressão na Rede Municipal de Porto Alegre tinham como objetivo a correção do fluxo escolar idade/ano-ciclo e permitiam o avanço a qualquer momento do ano letivo, assim que os déficits cognitivos fossem superados. Dividiam-se em Progressão do Ciclo A (1º., 2º. e 3º. anos do EF), Progressão do Ciclo B (4º., 5º. e 6º. anos do EF) e Progressão do Ciclo C (7º., 8º. e 9º. anos do EF). Foram encerradas no ano de 2017.

² Os alunos do 1º ao 4º ano eram atendidos através do Programa Federal do Ministério da Educação (MEC) denominado “Mais Educação” onde aconteciam oficinas ministradas por ex-alunos da Equipe que organizavam aulas, trabalhavam conceitos iniciais de física, matemática e mecânica, de forma lúdica, sem a introdução da programação e recebiam um valor em forma de “ajuda de custo”. O Programa “Mais Educação” foi encerrado no ano de 2018 no governo do presidente Michel Temer.

objetivando refletir academicamente sobre a Robótica Educacional. Das atividades tecnológicas que realizei no ambiente escolar, surgiu a investigação que concluí e defendi no ano de 2010, intitulada: “Robótica Educacional e Resolução de Problemas: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento” (CABRAL, 2010). A dissertação versou sobre o processo de aprendizagem envolvido no uso da ferramenta da robótica educacional, pois estava interessadíssima no percurso cognitivo dos meus alunos nas aulas, visto que observava que o material se mostrava um recurso potente para aprender e resolver problemas. Durante o período do mestrado, também atuei como tutora no Curso de Pedagogia em EAD na UFRGS, ou PEAD, e para isto cursei Especialização em Tutoria em EAD/UFRGS (2010).

Na investigação em nível de mestrado, pensava inicialmente em fazer uma leitura macrogenética das aprendizagens com robótica, mas busquei algo realmente inovador. Foi então que segui o caminho da análise microgenética baseada em Inhelder *et al.* (1996), que pressupõe certo domínio da teoria da Epistemologia Genética de Jean Piaget para compreender os desdobramentos dessa teoria. Para além dos processos de aprendizagem de um sujeito epistêmico, a abordagem possibilita visualizar as minúcias de um sujeito psicológico/individual. Tal aprofundamento teórico possibilitou-me a abertura de novas perspectivas acerca da educação e das tecnologias e me fez compreender de maneira muito mais ampla os processos e dificuldades de aprendizagem que observo na minha prática de sala de aula.

A investigação apontou alguns aspectos importantes para o trabalho com Robótica Educacional no meio escolar, entre eles a necessidade da experimentação e da resolução de problemas através de procedimentos individuais que necessitam ser vivenciados pelo sujeito e não transmitidos por outra pessoa. O professor, por exemplo, deve orientar o trabalho em vez de fazer a atividade pelo aluno. Desde então, tal aspecto foi assumido como premissa ao trabalho com os grupos de estudantes das oficinas de robótica. Toda a metodologia de trabalho é baseada na construção, programação, resolução de problemas pelo próprio aluno e alicerçada na construção do conhecimento. As crianças são encorajadas a refletir sobre os erros e buscar novas estratégias individuais e em grupo para a resolução de problemas decorrentes da construção e/ou programação em Robótica Educacional.

Observou-se que o trabalho alcançou um grande salto qualitativo depois da conclusão do mestrado. Não por acaso, a Equipe Lobóticos de Robótica Educacional da EMEF Heitor Villa Lobos venceu pela primeira vez o Torneio FIRST LEGO® League no ano de 2010, evento que participava desde o ano de 2007, mas nunca alcançou pontuações elevadas nas avaliações. No ano seguinte, venceu a Etapa Regional da Olimpíada Brasileira de Robótica,

disputou a etapa Brasileira onde sagrou-se campeã e representou o Brasil na Etapa Mundial RoboCupJr no México, em 2012. Nos anos que se seguiram os títulos se sucederam no Torneio FIRST LEGO® League, na Olimpíada Brasileira de Robótica, na Competição Brasileira de Robótica (CBR) e na RoboCupJr (Etapa Mundial da Competição). Além da participação em eventos competitivos, foram apresentadas investigações realizadas pelos estudantes em eventos científicos tais como o Salão UFRGS Jovem de Iniciação Científica, Mostra Nacional de Robótica (MNR) e MOSTRATEC aonde também foram recebidas premiações e bolsas de Iniciação Científica CNPq Jr para aprofundamento das pesquisas. No ano de 2018 a Equipe retornou da RoboCupJr / Canadá com o prêmio de *Best Presentation* na categoria *OnStage Preliminary*, uma grande conquista para todos.

No Salão de Ensino UFRGS, no ano de 2018, foi realizado um relato da experiência desenvolvida na escola envolvendo a tecnologia, a robótica e a iniciação científica ao longo de dez anos. O trabalho foi premiado com “Destaque de Sessão” e foi agraciado com o troféu da categoria “Experiências com Recursos e Materiais Digitais Educacionais”. Já havia participado de muitos eventos até então, foram percorridos muitos caminhos com alunos e conquistado dezenas de premiações mundo afora, mas ter recebido o troféu do Salão de Ensino da UFRGS, universidade que me constituiu (e me constitui) profissional e pesquisadora, foi realmente muito especial para mim. Depois deste prêmio, fui convidada pela reitoria para realizar a Conferência de Abertura do Salão de Iniciação Científica da UFRGS no ano de 2019, o que foi uma experiência incrível. No ano de 2022, o Projeto de Robótica Educacional da EMEF Heitor Villa Lobos recebeu Menção Honrosa no Prêmio Seymour Papert – Paulo Freire de Robótica Educacional concedido pelo Centro de Inovação para a Excelência em Políticas Públicas (CIEPP).

Depois de tantas experiências significativas, no ano de 2014, recebi um convite para integrar o quadro de voluntários que organizam a Competição Brasileira de Robótica no Brasil, evento que conta com a participação de estudantes do Ensino Fundamental à Pós-Graduação e que promove a robótica e a inteligência artificial no meio educacional. Também em 2014, ocorreu a primeira RoboCup Internacional no Brasil, na cidade de João Pessoa/PB, onde colaborei com a organização como Local Chair, o evento recebeu delegações de todos os continentes e foi um marco histórico na robótica brasileira. A partir de 2017 passei a integrar o Conselho Superior da RoboCup Brasil, organização que promove a Mostra Nacional de Robótica (MNR), Competição Brasileira de Robótica (CBR) e a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). Todos estes eventos estão consolidados no calendário anual, são patrocinados pelo Ministério das Ciências, Tecnologia e Inovação (MCTI) e CNPq. Ao longo

de quase 20 anos de existência, estes eventos reunidos, já contaram com a participação de quase 1 milhão de estudantes, e assim posso contribuir, ainda mais, para a divulgação da robótica e da Iniciação Científica no Brasil.

Sinto-me orgulhosa dos rumos que meu trabalho tomou e dos frutos que colheu e segue colhendo. As premiações serviram de incentivo para continuar, pois não foram poucas as dificuldades que encontrei pelo caminho, mas persisti proporcionando o acesso às tecnologias para alunos da periferia de Porto Alegre, que muito provavelmente não teriam acesso nem mesmo a chance de conhecer esse tipo de material e abraçar todas as oportunidades decorrentes desta aproximação, senão através da escola pública. A Robótica Educacional se tornou para mim uma ferramenta de transformação social, pois muitos estudantes que passaram pelo projeto seguiram seus estudos no Instituto Federal da Restinga (IFRS) nos cursos de Informática e Eletrônica integrados ao Ensino Médio e fizeram dela uma profissão.

Também é muito significativo contribuir com um material acadêmico, como é o caso da pesquisa de dissertação, que serve de base para outros trabalhos científicos da área até hoje. As estatísticas do Repositório Digital da UFRGS (LUME) mostram que foram realizados 4.021 *downloads* da dissertação³ de 2011 até 2022, sendo os principais acessos no Brasil, Alemanha, Estados Unidos e China. Ainda hoje, temos pouco material teórico aprofundado produzido na área da Robótica Educacional que relacione a ferramenta e os processos cognitivos, mas, como mostram as estatísticas do próprio LUME, o interesse pelo assunto é crescente no meio acadêmico.

De 2010, ano em que defendi minha dissertação, até a presente data, segui com as atividades de Robótica Educacional, porém, outras inquietações surgiram através do desenvolvimento deste trabalho. Na última década, aconteceu uma grande expansão da atividade de robótica nas escolas brasileiras, algumas iniciativas nas escolas públicas e de maneira muito forte nas escolas privadas. Sempre me mantive atenta às questões que emergiam da minha prática, pois “não há ensino sem pesquisa, nem pesquisa sem ensino”, já diria Paulo Freire, educador que me inspira.

Observo diariamente a motivação que o material provoca nos estudantes, mas também percebi as dificuldades apresentadas pelos alunos na atividade de programação. Geralmente a construção dos robôs é um momento em que as crianças despendem muito tempo projetando, construindo e reconstruindo os objetos, porém a atividade de programação não se mostra algo

³ Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/29314>. Acesso em: 29 mar. 2023.

tão motivador e simples para os alunos e quanto menos idade dos estudantes, observo maior dificuldade.

O debate sobre Ensino de Computação e Pensamento Computacional emergiu com muita força no Brasil e no mundo e com ele a ideia de que todas as crianças podem e devem programar. Também a ideia de que quanto antes as crianças aprenderem a atividade de programação será melhor para a aprendizagem e até de que a habilidade de programar seria tão importante para o mundo do trabalho quanto aprender uma segunda língua.

Todo esse discurso me instiga, pois percebi, ao longo dos quinze anos de trabalho com as crianças e a Robótica Educacional, que quando a atividade é desenvolvida na sala de aula, com turmas de 25-30 estudantes, a maior parte se envolve com as aulas, mas uma porção não se envolve e até se nega a participar das atividades. Já nas oficinas, com número reduzido de participantes, e uma “pré-seleção” por adesão e interesse, observo que as crianças gostam muito de construir robôs, especialmente quando o material utilizado são as peças plástica do tipo LEGO, mas quando encontram as dificuldades decorrentes da automatização do objeto, através da programação, e da resolução de problemas, muitos demonstram dificuldades, evitam e até desistem da atividade. Uma outra questão que também me intrigou ao longo desses anos relacionada com a robótica é que algumas meninas se destacam na atividade de programação, mas, não conseguem continuar frequentando as aulas, pois, várias são responsáveis pelas tarefas domésticas e pelos irmãos de menor idade, enquanto os pais/responsáveis estão trabalhando, o que é um fato comum nas periferias das cidades brasileiras. Observei também que tanto as crianças que faziam parte da Equipe de Robótica, quanto as crianças da Orquestra-Villa Lobos, outra atividade de grande impacto na escola, são percebidas pela comunidade como “crianças que deram certo na vida”, ou seja, modelos a serem seguidos por aqueles que desejam ocupar um dia estes lugares e alcançar (a promessa de) um futuro melhor. Até mesmo o tráfico de drogas, triste realidade dos bairros periféricos, parece poupar estas crianças porque “deram certo na vida”.

Enfim, cada uma destas observações empíricas poderiam ser fonte de dados para uma investigação acadêmica aprofundada, contudo, meu principal foco de interesse ao longo dos anos têm sido mesmo os processos cognitivos. Por esse motivo, foquei minha investigação na questão da origem dos conhecimentos quando as crianças estão realizando a atividade de programação, para entender um pouco melhor a dificuldade cognitiva das crianças de menos idade, auxiliar outros professores e pesquisadores e contribuir para o debate na área. As demais questões empíricas, deixo para aqueles/as que, assim como eu, nutrem a paixão pelos estudos nas mais diversas áreas do conhecimento.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Coll e Monereo (2010), estamos assistindo há algumas décadas ao surgimento de uma nova forma de organização econômica, social, política e cultural, identificada como Sociedade da Informação (SI), que comporta novas maneiras de trabalhar, de comunicar-se, de relacionar-se, de aprender, de pensar, em suma, de viver. O desenvolvimento da humanidade iniciou há milhões de anos atrás com a caça, a pesca, o domínio do fogo e a conservação de alimentos. Evoluiu para um longo período marcado pela agricultura, a pecuária e a troca comercial até chegar ao séc. XVIII, quando passou por uma ruptura provocada pelas máquinas da Revolução Industrial. A maneira como comunicamos, trabalhamos, educamos e nos relacionamos foi modificada substancialmente em cada um destes períodos.

O século XXI, Era da Informação, ou Era Digital, é marcado pelo uso da tecnologia, sobretudo a internet, e tem como atividade principal dos seres humanos a aquisição, o processamento, a análise, a recriação e a comunicação da informação (PÉREZ GÓMEZ, 2015). Independentemente da idade que possuímos e da geração a que pertencemos, todos nós, na atualidade, somos impactados diariamente pela Era Digital em que vivemos. São impactos que influenciam no modo como enviamos mensagens, não mais por cartas, mas por aplicativos. Impactam na maneira como buscamos informações, não só lendo jornais impressos, como também pelas notícias publicadas em *websites* e atualizadas instantaneamente. As características daquela Era reconfiguraram as ferramentas de conversas, que não acontece mais somente nos encontros presenciais ou pelo telefone, mas através de *chats* e videochamadas, entre outras maneiras. O acesso progressivo às tecnologias digitais e à *internet*, a *web 2.0* e a ubiquidade das conexões através da internet das coisas, tem modificado constantemente a maneira como agimos, nos relacionamos, nos comunicamos e talvez como pensamos⁴.

A Cultura Digital possui demandas que são específicas do século XXI (VEEN; VRAKING, 2009). Lidar com muitas informações ao mesmo tempo, atentar para a segurança na *internet* e formar programadores, por exemplo, são preocupações que não existiam até o desenvolvimento da cultura digital. Uma publicação de 2006 da *National Research Council*, intitulada “*Rising Above the Gathering Storm*”, nos Estados Unidos,

⁴ Ao falar do pensamento, não estou me referindo aos processos cognitivos individuais descritos na epistemologia, mas aos processos como produzimos conhecimento nessa nova organização de sociedade em que vivemos, baseada na informação e no tratamento desta informação, mediada pelas tecnologias digitais.

apontou a falta de profissionais e de interesse dos jovens norte-americanos pelas carreiras tecnológicas (NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2006), o que acarretaria uma perda de competitividade econômica no país. Relatórios como esse produzem preocupações e redirecionamentos imediatos do investimento de dinheiro público para promover o ensino tecnológico das crianças e jovens, ao menos nos Estados Unidos. Nos últimos anos, os estudantes norte-americanos têm recebido aulas de programação ao longo dos doze anos do Ensino Básico em função de programas como *Computer Science For All*⁵ e *ConnectED: Learning Powered by Technology*⁶. Os investimentos giram em torno de US\$ 4 bilhões em atividades tecnológicas e de programação na busca de uma educação formadora de cidadãos preparados para as exigências do mercado de trabalho. Ao encontro desses anseios, está a *STEM/STEAM Education*, que é uma abordagem educacional muito utilizada nos projetos pedagógicos norte-americanos, a qual privilegia o ensino das ciências, tecnologias, engenharia e matemática, além das artes, e está presente em grande parte das políticas educacionais, inclusive com financiamentos específicos para projetos com ênfase em ações STEM/STEAM nos EUA (PUGLIESE, 2017).

Um vídeo intitulado *What Most Schools Don't Teach*⁷ produzido pela organização Code.org, publicado em 2013 e com milhões de visualizações, expõe o depoimento de personalidades como Bill Gates, Mark Zuckerberg e o ex-presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, estimulando crianças e jovens a experimentarem a atividade de programação e buscarem profissionalização na área, talvez pelo assombro da falta de profissionais para essa área no futuro próximo. Outras empresas, tais como Apple, Cartoon Network, Facebook, Google, Microsoft e Salesforce.org, também estimulam ações para criar a força de trabalho necessária para suprir as milhares de vagas na área da computação para os próximos anos. Não raramente o discurso vinculado às ações para a expansão da atividade de programação para crianças carrega consigo a ideia da necessidade de se desenvolver habilidades cognitivas

⁵ Conforme a página do programa *Computer Science For All*, objetiva capacitar todos os estudantes americanos desde o Jardim de Infância até o Ensino Médio para aprender Ciências da Computação e estar equipados com as habilidades de Pensamento Computacional necessárias para serem criadores na economia digital, ativos cidadãos no nosso mundo impulsionado pela tecnologia, e não apenas consumidores. Disponível em: <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>. Acesso em: 30 nov. 2022.

⁶ Conforme a página do programa *ConnectED: Learning Powered by Technology*, objetiva fornecer banda larga de alta velocidade e sem fio para 99% dos alunos e melhorar as habilidades dos professores, oferecendo a cada educador nos EUA suporte e treinamento para integrar a tecnologia em aulas em sala de aula. Disponível em: <https://www.ed.gov/connected>. Acesso em: 30 nov. 2022.

⁷ Em tradução livre: *O que a maioria das escolas não ensinam*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nKIu9yen5nc>. Acesso em: 30 nov. 2022.

através de metodologias para o uso de ferramentas tecnológicas, sobretudo o que se denominou chamar de Pensamento Computacional.

A inclusão do ensino sistemático da atividade de programação segue uma tendência mundial de incluir esse estudo desde a mais tenra idade. Mitchel Resnick, pesquisador da aprendizagem e tecnologia do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que trabalhou com Papert no desenvolvimento de ferramentas para Robótica Educacional como o *kit* LEGO® Mindstorms e a plataforma de programação Scratch desenvolvida para crianças, afirma que: “Quando estudam programação, as pessoas não só aprendem a programar como também programam para aprender” (RESNICK, 2014, n.p.). O pesquisador do MIT defende que noções de programação devam ser ensinadas às crianças desde muito cedo de maneira lúdica e prazerosa. Para Resnick (2014), dominar a tecnologia é tão importante quanto aprender a desenhar, escrever ou se comunicar, pois, é uma maneira de expressar a criatividade. Diz ele que, ao programar, as crianças aprendem a solucionar problemas, a comunicar suas ideias, a planejar e estruturar projetos. Afirma também que essas habilidades serão úteis não apenas para cientistas da computação, mas para qualquer pessoa, independentemente da idade, da experiência, do interesse ou da profissão que optar por seguir (RESNICK, 2017).

Marina Bers, pesquisadora de novas tecnologias para crianças na *Tufts University of Massachusetts*, foi pesquisadora assistente no MIT Media Lab e desenvolveu uma ferramenta para a aprendizagem da robótica, o Robô Kibo, também direcionado ao trabalho com lógica de programação para crianças dos 4 aos 7 anos de idade, momento em que se encontram na Educação Infantil. No seu livro mais recente, *Coding as a Playground* (BERS, 2018), a pesquisadora argumenta que as crianças têm capacidade de programar antes mesmo de aprenderem a linguagem formal e que devem fazer isso em ambientes de programação que as envolvam de maneira criativa e divertida.

Amy Eguchi (2014), professora de ensino de ciência da computação na Universidade da Califórnia (UCSD), com larga experiência em robôs educacionais para o Ensino Básico, também é uma das referências da área no que se refere ao fortalecimento da atividade de robótica e de programação no meio escolar integrada ao currículo regular. Segundo ela, os robôs estão cada vez mais presentes em nossas vidas e o estudo da ferramenta prepararia os estudantes para os desafios tecnológicos do Século XXI.

Frente a tantas vozes que defendem o uso de ferramentas tecnológicas pelas crianças e a introdução da atividade de programação desde muito cedo, outras insurgem trazendo o contraponto. Linus Torvalds, o criador do sistema operacional Linux, ao ser questionado em

entrevista para a revista *Insider* (LOVE, 2014, n.p., tradução nossa) sobre “Como deveria ser o ensino de ciência da computação hoje em dia, já que existe uma mensagem vinda do Vale do Silício de que todo mundo precisa aprender a codificar?”, respondeu que não acredita que todos devam aprender a programar. No seu ponto de vista, a atividade é especializada e ninguém realmente espera que a maioria das pessoas tenha que fazer isso, pois a atividade não é como ler, escrever e fazer contas básicas. Ainda assim, Torvalds acredita que todos deveriam ter a chance de experimentar a atividade, apenas para que saibam sobre a possibilidade de aprender a programar, se assim desejarem. Jeff Atwood, desenvolvedor de software, é uma das principais vozes nos Estados Unidos contrária à visão de que aprender a programar computadores será uma habilidade tão importante, exigida no futuro, quanto ler e escrever. Em entrevista ao jornal *Zero-Hora* (GONZATTO, 2013) ele disse que é positivo ser apresentado ao mundo da codificação, mas que equiparar o aprendizado de programação a ler e a escrever não é bom. Diz ele que “nem todo mundo precisa ser um especialista [...] as pessoas precisam apenas saber como a água chega na casa delas, e ter noções básicas de como resolver problemas mecânicos quando o carro pifa”; até mesmo porque, diz ainda Atwood, “o objetivo final de qualquer programador é fazer um trabalho tão bom a ponto de que outras pessoas não precisem escrever códigos para resolver os seus problemas” (GONZATTO, 2013, n.p.).

Além da atividade de programação, alguns pesquisadores se preocupam com o uso excessivo de telas e de internet por crianças e adolescentes. Nicholas Carr (2011), no seu livro *A geração superficial*, argumenta contra o uso de computadores na infância. Diz ele que o uso demasiado da internet por crianças produz distração nos jovens, prejudica a concentração e a possibilidade do desenvolvimento da habilidade de leitura reflexiva, ou seja, de pensar em profundidade sobre aquilo que se lê. O Neurologista francês Michel Desmurget (2021), especializado em neurocirurgia pediátrica, na obra *A Fábrica de Cretino Digitais*, diz o contrário do que parte da imprensa e da indústria da tecnologia costuma difundir. Que o uso excessivo das telas, além de não ajudar no desenvolvimento de crianças, faz surgir sérios malefícios à saúde do corpo, tais como obesidade, problemas cardiovasculares, expectativa de vida reduzida; e para o estado emocional, faz surgir a agressividade, depressão e comportamentos de risco; também, ao desenvolvimento intelectual, limitações, tais como empobrecimento da linguagem, dificuldade de concentração e memória.

A Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP, 2016) possui um manual de orientação para médicos, pais, educadores, crianças e adolescentes, tratando da saúde das crianças na Era Digital. O documento foi inspirado em estudos e recomendações internacionais. O trabalho

foi elaborado pelo Departamento Científico (DC) de Adolescência da SBP. No texto, são abordados os principais problemas ligados ao uso excessivo da tecnologia por crianças e adolescentes. Entre as consequências, estão o aumento da ansiedade, a dificuldade de estabelecer relações em sociedade, o estímulo à sexualização precoce, a adesão ao *cyberbullying*, o comportamento violento ou agressivo, os transtornos de sono e de alimentação, o baixo rendimento escolar, as lesões por esforço repetitivo entre outros. Além destes problemas também se discute a questão do “autismo virtual”, comportamento desencadeado pelo uso excessivo de telas (DIAS *et al.*, 2019) e do crescente número de casos de miopia em crianças (LEITE *et al.*, 2021).

A epidemia mundial de COVID-19, que iniciou no ano de 2020, trouxe muitas dificuldades e questões para a discussão na área pedagógica. A família precisou acompanhar o processo de aprendizagem dos/das seus/suas filhos/as, além de dividir a atenção com o próprio trabalho que aconteceu em meio às atividades domésticas (LUNARDI *et al.*, 2021). Os vários desafios relacionados ao ensinar e ao aprender em tempo de distanciamento social, revelaram fragilidades nos processos educativos. Para além dos problemas desencadeados pelo uso excessivo de dispositivos eletrônicos, a situação fez com que se evidenciassem as possibilidades e as dificuldades das crianças e o uso das tecnologias. Durante o período pandêmico, a necessidade de acessar e utilizar as ferramentas tecnológicas, durante o ensino remoto, demonstrou que as crianças, no Brasil, são usuárias de tecnologia e das redes sociais, jogando e comunicando através dela, mas que demonstram dificuldades para usar ferramentas básicas de registro e pesquisa para auxiliar nos seus estudos.

Com relação aos argumentos contra e a favor do uso das tecnologias por crianças, é preciso ponderar que as tecnologias fazem parte da Era Digital em que estamos e que, ao que tudo indica, vamos viver daqui para frente mergulhados na cultura promovida por ela. Aprender a utilizar as tecnologias, não só em momentos críticos como o de pandemia mundial de COVID-19, e até mesmo questioná-las, são demandas da Sociedade da Informação. Obviamente que com isso não queremos dizer que excessos devam ser promovidos, especialmente no que se refere às crianças. Mas, assim como nos diz Flannery e Bers (2013), há uma grande diferença na atividade cognitiva baseadas em tela para consumo, tais como jogos, videogames e televisão, em comparação com aquelas para produção, ou seja, para a programação e o design criativo. Ao usar uma ferramenta de programação, por exemplo, as crianças podem mover-se física e cognitivamente entre os materiais dentro e fora da tela, enquanto imaginam, planejam e constroem um robô e suas ações, transformando processos educativos e integrando as ferramentas tecnológicas que já lhes são familiares. As crianças

observam, analisam e adaptam interativamente seu trabalho em meio a novas descobertas, transformando o robô e a tela de programação em um recurso de aprendizagem, passando a ser foco de discussão e reflexão mesmo depois do final de uma aula.

Ainda que o debate siga acalorado, políticas públicas no Brasil e no mundo estão sendo criadas para incluir a tecnologia no meio escolar. Nos Estados Unidos, a tecnologia na educação tem estado na pauta das iniciativas educacionais e das políticas públicas. A Inglaterra⁸ também incluiu a computação, o *design* e a tecnologia no Currículo Nacional Inglês desde o ano de 2014 e está bastante avançada nesse sentido. A Finlândia incluiu atividades de programação no seu currículo de forma transversal e obrigatória. Países como Itália, Dinamarca e Espanha possuem experiências com a inclusão da atividade de programação no currículo escolar, mas não de maneira obrigatória, o que inclusive é variável de região para região. Bélgica, Luxemburgo e Holanda possuem experiências de inclusão da computação na Educação Básica (BOCCONI *et al.*, 2016).

No Brasil, o Plano Nacional de Educação (PNE) que determina diretrizes, metas e estratégias para a política educacional no período de 2014 até 2024, não faz referência ao trabalho com tecnologia na educação ao longo das suas vinte metas (MEC, 2014). A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), por sua vez, originada do PNE, estipula, através do desenvolvimento de competências, o uso de diferentes linguagens, inclusive a digital, para que o educando possa se expressar e partilhar informações. Além disso, também determina a utilização e a criação de tecnologias digitais de forma crítica, reflexiva e ética (MEC, 2018). O aprofundamento de estudos na área da robótica educacional e a atividade de programação não constavam nas bases dos conteúdos da BNCC. No ano de 2015, o Ministério da Educação lançou uma consulta pública para receber sugestões de modificações e a Sociedade Brasileira de Computação (SBC), juntamente com especialistas da área da informática, organizou um grupo de trabalho para construir diretrizes para o Ensino de Computação da Educação Básica que foram inseridas na BNCC no ano de 2019. As discussões prosseguiram nos anos seguintes e em 2022 foram propostas e incorporadas premissas e competências para o Ensino de Computação em documento complementar na Base Nacional Comum Curricular⁹.

Em 2018, o Governo Federal anunciou o investimento de R\$100 milhões para o ensino de robótica nas escolas públicas brasileiras, prometendo uma série de outras ações para a expansão do ensino tecnológico. No entanto, compras milionárias para escolas sem

⁸ Disponível em: <https://community.computingschool.org.uk/files/6994/original.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

⁹ As normas sobre Computação na Educação Básica foram homologadas em 30 set. 2022.

infraestrutura básica (SALDANA, 2022) e escândalos de superfaturamento de valores para a compra de kits de robótica sem nenhum valor pedagógico (MP..., 2022) foram noticiados, evidenciando que um melhor gerenciamento de tais recursos, no Brasil, se faz necessário.

Enquanto isso, observa-se a expansão das escolas privadas específicas para o ensino de programação e robótica para crianças e adolescentes nas cidades brasileiras, como a SuperGeeks¹⁰ e a HappyCode¹¹, que procuram justificar a relevância do seu trabalho, buscando argumentos como a “necessidade de formação de sujeitos capacitados para o mercado de trabalho e desenvolvimento da criatividade”. Alguns *sites* na *internet* também ajudam pessoas interessadas em programação a construir esse conhecimento. É o caso do Code¹² e o Programaê¹³, que possuem várias atividades possíveis de serem desenvolvidas por alunos e professores através do uso de computadores, *tablets* e mesmo telefone celular. Algumas dessas atividades tampouco necessitam das máquinas, apenas do corpo e de folhas de papel para trabalhar o raciocínio lógico, abrindo outra possibilidade de trabalho denominada “computação desplugada”.

No momento em que o uso das ferramentas tecnológicas estão dia a dia sendo integradas nas iniciativas educacionais, políticas públicas e aos discursos pró e contra das mesmas para a mediação da aprendizagem, se faz necessário, impreterivelmente, que investigações profundas e sistemáticas sejam desenvolvidas para que possamos ter embasamento teórico para o uso cada vez mais eficiente e responsável dessas ferramentas, visto que atividades, como a de programação, estão adentrando na rotina das crianças, no ambiente escolar e de maneira cada vez mais precoce.

O lugar de fala da pesquisadora, descrito na trajetória acadêmica e profissional, é diferenciado com relação à grande parte das pesquisas produzidas sobre aprendizagem utilizando tecnologias digitais, pois muitas delas são desenvolvidas em áreas como Ciência da Computação ou Engenharias. A visão da pesquisadora é voltada para a explicação epistemológica dos processos cognitivos envolvidos no uso das ferramentas tecnológicas, o que parece ter grande contribuição e interesse, visto que poucos pesquisadores da área da Educação desenvolvem suas investigações voltadas para a área tecnológica.

A aprendizagem humana é uma construção que pode ser explicada desde o nascimento até a vida adulta, através da teoria da epistemologia genética que justifica a aprendizagem pelo processo de adaptação do indivíduo ao meio, ou seja, através da relação entre o sujeito e

¹⁰ Disponível em: <http://supergeeks.com.br/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

¹¹ Disponível em: <https://www.happycodeschool.com/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

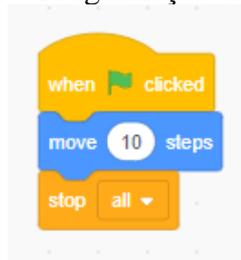
¹² Disponível em: <https://code.org/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

¹³ Disponível em: <http://programae.org.br/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

o objeto. Piaget (1980 [1964], p. 13) nos diz que o problema central do desenvolvimento é “compreender a formação, a elaboração, a organização e o funcionamento das estruturas cognitivas”. Portanto, através da interpretação da relação entre sujeito e objeto, é possível compreender a aprendizagem humana em determinada atividade, e essa compreensão possibilitaria proposições metodológicas mais eficientes para o ensino.

Pressupõe-se que quando a criança está programando um computador ou um robô, exista um percurso cognitivo que faz com que o sujeito consiga transformar a linguagem humana em linguagem de programação. Dessa maneira, quando a criança pretende ordenar ao robô que realize a seguinte movimentação: “Vá para frente e pare logo em seguida” (em linguagem humana), ela necessita transformar a(s) ordem(ns) em uma programação. Na ferramenta Scratch, por exemplo, direcionada para crianças, seria necessário inserir os seguintes comandos:

Figura 1 – Programação em scratch



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Trata-se da resolução de um problema estipulado pelo meio ou estipulado a si próprio pelo sujeito que necessita da assimilação e da acomodação dos seus esquemas cognitivos ao objeto para atingir uma solução satisfatória. Mas, quais seriam os esquemas cognitivos acionados especificamente nesta aprendizagem?

A atividade de programação com crianças apresenta grande potencial de motivação, pois, observa-se que elas se envolvem na elaboração, testagem e resolução de problemas de algoritmo de programação, principalmente quando a programação está associada à construção como no caso da robótica educacional. O movimento de *debugging*¹⁴, durante o processo, transforma a atividade em um momento de intensa atividade cognitiva, ou *Hard Fun*, como referiu Papert (2002), além de um ambiente favorável para investigações epistemológicas. É exatamente aqui que precisamos aprofundar as investigações. Assim, o foco de interesse desta

¹⁴ Conceito mencionado por Papert (1985) e que se refere à tomada de consciência do problema e à resolução durante o processo de programação da criança em Linguagem LOGO.

pesquisa é a construção do algoritmo pela criança, ou seja, como ela “dá ordens” para o robô, ou ainda como ela “ensina” este movimento para a máquina, como indicou Papert.

Na pesquisa a que se propõe, não utilizaremos um *software* de programação na tela de um computador para realizar a atividade de programação, porque existe um processo de adaptação/aprendizagem para o uso do computador pelas crianças como nos mostrou Fagundes (1986) e também para neutralizar a variável. Portanto, optou-se pela utilização de uma ferramenta de programação, sem uso de telas, que se utilizasse de um objeto concreto (robô), que permita a construção do código de programação através de comandos em forma de símbolos, que minimizam os erros, e que podem ser testados diretamente no robô, que executará os movimentos descritos no código. Assim, os sujeitos poderão construir um algoritmo que expressa a hipótese do sujeito para a resolução do problema, testá-la, observar o resultado dos testes e reformular suas hipóteses em busca da solução.

Estudos sistemáticos, como este a que nos propomos, acerca das práticas e aprendizagens envolvidas na utilização de ferramentas tecnológicas, poderão embasar teoricamente o fazer pedagógico de outros educadores que já trabalham com tecnologia ou que estão interessados em iniciar seus trabalhos na área. Uma análise detalhada da origem da aprendizagem humana na atividade de programação traz contribuições teóricas para o ensino de robótica, programação e computação para crianças que são iniciadas nesse campo do conhecimento. Uma investigação como esta também poderá auxiliar todos os interessados em ensinar e aprender programação e pode trazer um suporte teórico-metodológico para a atividade com crianças que hoje é realizada com base em poucos estudos específicos.

Assim, o **problema** de investigação que se coloca é: **como ocorre o processo de construção de algoritmo por crianças em atividade de programação?**

Define-se como **hipótese** de que exista um percurso lógico/cognitivo quando a criança transforma a linguagem humana em linguagem de programação durante o processo de elaboração do algoritmo. Do ponto de vista psicogenético/microgenético, é através da análise desse percurso que podemos observar o processo de adaptação/aprendizagem e as ideias/hipóteses que as crianças constroem ao longo das suas descobertas na atividade de programação.

Objetiva-se investigar a psicogênese na atividade de programação realizada por crianças envolvidas em resolver problemas para fazer movimentar um robô concreto sem a utilização do *software* de programação na tela de um computador.

Nesse sentido, será necessário investigar o percurso cognitivo, bem como os mecanismos que explicam a formação e a evolução dos esquemas ao longo do processo que

garantem a construção do conhecimento e o avanço ao longo dos diferentes estádios do desenvolvimento humano.

Objetivos específicos:

- Criar e aplicar experimentos com a ferramenta *Kids First Coding & Robotics* que evidenciem o processo de aprendizagem das crianças na atividade de programação;
- Investigar o processo de aprendizagem envolvido na atividade de programação com crianças;
- Explicar o processo de aprendizagem envolvido da atividade de programação com crianças de 4-12 anos com base na teoria micro e macrogenética;
- Contribuir para a teorização acerca da atividade de programação com crianças.

Para embasar a discussão a que se pretende, a presente tese está dividida em oito capítulos. Inicialmente foi descrita a trajetória acadêmica e profissional e os motivos que levaram a pesquisadora a aprofundar seus estudos na atividade de programação com crianças. No **primeiro** capítulo foram introduzidas as discussões acerca do trabalho com robótica e programação e a definição do problema e os objetivos a serem investigados. No **segundo** capítulo buscou-se fazer uma revisão bibliográfica de trabalhos correlatos objetivando visualizar os limites e possibilidades de investigação na área e uma revisão sistemática sobre o assunto. Também foi realizado um levantamento dos materiais disponíveis no mercado brasileiro e no exterior para o ensino de programação para crianças, em seguida foi feita uma breve descrição de cada material com a justificativa pela opção da ferramenta *Kids First Coding & Robotics*. No **terceiro** capítulo apresenta-se a fundamentação teórica sobre Computação e seus desdobramentos até chegar nas implicações para o ensino escolar e a atividade de programação como uma das atividades a serem desenvolvidas na escola básica. No **quarto** capítulo articula-se um arcabouço teórico que embasará a discussão sobre as origens e o desenvolvimento do pensamento na atividade de programação com crianças nos diferentes estádios do desenvolvimento humano. No **quinto** capítulo, busca-se explicar e metodologia, bem como os experimentos que foram utilizados para realizar a presente investigação que foi construída pela pesquisadora baseada nos estudos de Piaget e Inhelder, aplicada em um estudo piloto e aperfeiçoada para a investigação final. No **sexto** capítulo são apresentados e analisados os casos dos 21 sujeitos investigados que serviram de base para a pesquisa, divididos de acordo com a estrutura cognitiva identificada nas provas cognitivas

aplicadas da Etapa 1 da coleta de dados. Ao final de cada grupo há uma síntese dos dados obtidos. No **sétimo** capítulo são apresentadas as conclusões e, finalmente, no **oitavo** capítulo as considerações finais.

2 REVISÕES

A busca por pesquisas correlatas, revelou que investigações sobre aprendizagem e atividade de programação não são assuntos de investigação somente na atualidade. Desde a década de 1980 alguns estudos foram realizados, sobretudo objetivando compreender o processo de aprendizagem com o uso de computadores e a linguagem LOGO de programação. Além da revisão bibliográfica, foi realizada uma busca por ferramentas de programação ou brinquedos programáveis, direcionados para crianças e detalhados a seguir.

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Algumas investigações que discutem os processos cognitivos, utilizando ferramentas tecnológicas, foram realizadas há décadas e ainda hoje trazem contribuições, visto que os recursos se atualizaram, mas a construção do conhecimento acompanha o desenvolvimento humano.

Assim, investigações bastante conhecidas de Léa da Cruz Fagundes e Cleci Maraschin, realizadas há mais de 30 anos, por exemplo, discutem a adaptação (aprendizagem) das crianças ao computador e à Linguagem LOGO de Programação. A dissertação de Maraschin (1986) trouxe reflexões sobre a possibilidade da utilização da informática no campo educacional, principalmente no momento da entrada desta na rede pública brasileira. A pesquisa buscou investigar o processo de interação entre um sujeito cognoscente de 4 a 6 anos de idade e um objeto cognoscível, no caso, a linguagem LOGO de programação e o computador. A análise desse processo mostrou as teorias que os sujeitos constroem para fundamentar sua ação. Também buscou identificar os tipos de conhecimento que podem ser explorados pela criança na interação com o micromundo LOGO. Através dos testes observou-se que as crianças começaram a levar em consideração os aspectos quantitativos (número de letras) e qualitativos (tipos de letras) nos seus atos de escrita ou leitura. Já a tese de Fagundes (1986) objetivou investigar o processo de adaptação cognitiva da criança em relação às características específicas do computador como um objeto de conhecimento através do estudo de 20 sujeitos de 8 até 15 anos, com condutas operatórias utilizando a Linguagem LOGO de Programação. Assim, foi possível analisar os procedimentos dos sujeitos em interação com a máquina, utilizando o sistema LOGO à luz do modelo piagetiano.

A primeira revisão de artigos correlatos, realizada na ocasião do início desta investigação, buscou por publicações dos últimos anos na Comissão Especial de Informática e

Educação (CEIE) da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), que congrega os seguintes eventos: Workshop do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE), Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Workshop de Informática na Escola (WIE), Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE) e o Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação (DESAFIE). As palavras utilizadas na busca foram: Aprendizagem / Programação / Ensino Fundamental, ou escola ou criança. A revisão limitou-se ao ano de 2014 até o ano de 2017¹⁵, por entender que as últimas pesquisas integrariam as anteriores. Os resultados foram os seguintes:

Tabela 1 – Artigos correlatos analisados inicialmente

	Aprendizagem Programação Ensino Fundamental	Aprendizagem Programação Escola
WCBIE	4	3
RBIE	2	2
SBIE	5	3
WIE	8	6
JAIE	-	-
DESAFIE	-	-
TOTAL	19	14
	33	

Fonte: Elaborada pela autora (2017).

A busca retornou um total de 33 artigos científicos, sendo que 9 deles se repetiram. Dos 24 artigos analisados (Apêndice 1) observou-se que a grande maioria dos materiais foi escrito por estudantes e pesquisadores da área das Ciências da Computação (20 artigos), juntamente ou não com outras áreas como Educação (8 artigos), Estatística (3 artigos), Engenharia (2 artigos), Matemática (1 artigo), Arquitetura (1 artigo) e Geociências (1 artigo). Somente 2 artigos foram escritos por estudantes, professores e/ou pesquisadores exclusivamente da área da Educação.

Do total de artigos analisados que utilizam alguma ferramenta de programação para o trabalho com alunos do Ensino Fundamental, 9 artigos utilizaram o Scratch para desenvolver atividades de programação com crianças, 5 usaram aplicativos disponíveis na internet para a construção de jogos como o MIT App ou Code, 5 artigos realizaram trabalhos com robótica e programação NXT Python, Mindstorms ou C++, 1 artigo utilizou-se da Linguagem LOGO de programação e os demais artigos não se utilizaram de ferramentas de programação para a análise.

¹⁵ A revisão foi realizada no início desta investigação no ano de 2017.

A grande maioria dos artigos analisados (18 escritos) enfatizaram a necessidade do ensino da programação através de cursos, minicursos, oficinas de linguagem de programação ou ambientes de programação integrados ou não com a ferramenta da robótica. Justificam a relevância desse ensino através da necessidade de desenvolver o Pensamento Computacional nos alunos do Ensino Fundamental. Parte dos artigos analisados utilizaram-se de questionários para verificar a aprendizagem através de questões analisadas quantitativamente, tais como: Gostou de realizar a atividade? Considera a experiência importante? Encontrou dificuldades no desenvolvimento dos desafios? Voltaria a usar a plataforma? Tem interesse em continuar usando a plataforma? Indicaria a plataforma para outras pessoas?

Destaca-se um número bastante elevado de estudos sobre problemas de aprendizagem dos estudantes que chegam ao Ensino Superior e apresentam dificuldades e baixo rendimento nas disciplinas de programação, até mesmo algumas ferramentas foram criadas buscando facilitar a aprendizagem das diversas linguagens de programação nas universidades. Contudo, por esse não ser o foco da investigação, foi necessário realizar um refinamento da busca por produções científicas para analisar somente os materiais que possuíam relação direta com o tema da aprendizagem em programação com crianças. Observa-se, na revisão bibliográfica inicial, que a aprendizagem dos sujeitos envolvidos na atividade de programação foi avaliada a partir da aceitação, ou não, da ferramenta, tal como uma pesquisa de satisfação, sem levar em consideração as noções envolvidas, e como se a experimentação e a aceitação da proposta fosse um indicativo de aprendizagem, o que não é verdade. Ainda que a maioria dos artigos citassem teóricos da epistemologia, nenhum dos materiais analisados realizou uma investigação detalhada dos processos cognitivos envolvidos na atividade de programação, como objetivou a presente tese.

Do repositório LUME/UFRGS, onde as mesmas palavras foram utilizadas na busca, destaca-se a tese de Moraes (2016) que apresentou uma investigação acerca do desenvolvimento do raciocínio condicional, considerado um componente chave do pensamento lógico-dedutivo, em crianças e adolescentes que participaram de uma experiência de programação com o *software Squeak Etoys*. A investigação apresenta o seguinte problema da pesquisa: “Como ocorre o desenvolvimento do raciocínio condicional dos estudantes quando se aprende a programar através do uso do comando Teste do *Squeak Etoys* numa perspectiva construtivista de aprendizagem?”. O desenvolvimento do raciocínio condicional é classificado em etapas relacionadas à composição e reversão de transformações que operam sobre a implicação, culminando com a plena reversibilidade que corresponde, na teoria piagetiana, à construção e mobilização do grupo de transformações INRC (Identidade,

Negação, Recíproca, Correlativa). Tais etapas são identificadas a partir de entrevistas realizadas segundo o método clínico piagetiano, através da aplicação de três desafios de programação com complexidade crescente, cuja solução envolvia o uso da operação lógica da implicação. As entrevistas foram realizadas com oito crianças/adolescentes, com idades entre 10 e 16 anos, que cursavam as séries finais do Ensino Fundamental de duas escolas públicas. Com base nos dados, a análise revelou a importância do pensamento combinatório, que permite aos adolescentes testarem, sistematicamente, todas as possibilidades de ordenamento e inclusão dos comandos sugeridos, e obterem as conclusões lógicas adequadas, enquanto as crianças com menos idade não alcançam o mesmo êxito.

A tese de Amaral (2016) contempla a realização de um estudo sobre as dificuldades de aprendizagem em algoritmos e programação, propondo uma abordagem alternativa para estimular os processos de ensino e de aprendizagem, através de uma prática que se propõe diferenciada. Para tanto, utiliza-se como instrumento um ambiente de blocos de programação visual para introdução à lógica e programação; uma linguagem de programação para mundos virtuais, a fim de motivar o estudante na construção de soluções que podem ser observadas em um ambiente realístico 3D e; uma linguagem de programação tradicional, linguagem C, fazendo com que o estudante construa estruturas algorítmicas para solução de diferentes problemas. O foco deste estudo não está pontuado no desenvolvimento de um artefato pedagógico, mas, sim, em uma análise e implementação de processos, métodos de aprendizagem, currículos e teorias envolvidas no processo de ensino de algoritmos, buscando o pensamento crítico com o uso das tecnologias, o que levaria à construção do Pensamento Computacional.

Depois da etapa de qualificação da tese foi realizada e publicada uma revisão sistemática da literatura, objetivando analisar publicações relevantes sobre a utilização das ferramentas da Robótica Educacional para o desenvolvimento da lógica e conceitos de programação em crianças e adolescentes, durante o período escolar. A pesquisa foi realizada em quatro bases de dados eletrônicos: IEEE Xplore, Scopus, Web of Science (WoS) e ACM (SALLES *et al.*, 2020). Ao final da pesquisa, foram respondidas as seguintes perguntas: 1. Quais kits são utilizados atualmente? 2. Quais são os benefícios e as limitações existentes na Robótica Educacional? 3. Qual é a principal área de pesquisa: engenharia ou educação?

A busca na plataforma de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no período de 2017-2021, retornou trabalhos que problematizaram a questão da atividade de programação com crianças. Assim, Oliveira (2021) refletiu, a partir da análise bibliográfica, sobre os usos das tecnologias digitais da informação

e comunicação na educação em tempos tecnológicos. Vislumbrou novas formas de fazer educação, considerando a possibilidade de a criança vir a ser construtora de artefatos digitais por meio do ensino de programação e por meio de estímulos ao desenvolvimento do pensamento computacional. A conclusão sugere práticas de ensino mais colaborativas, valorização de experiências e conhecimento dos alunos, o erro como fonte de aprendizado, diálogos, interações, possibilidades de criação de conteúdo entre outras. Pasinato e Trentin (2020) ponderaram sobre o impacto que a robótica exerce no cotidiano escolar através da análise de um minicurso de robótica, utilizando a sequência didática lúdica e incremental de conteúdos iniciais relativos à lógica de programação e robótica. A conclusão refere-se à grande aceitação dos estudantes com relação ao trabalho com robótica. Colferai, Costa e Weber (2019) também sinalizam neste sentido. O trabalho buscou identificar, avaliar e relacionar fatores e indicadores que possam ser aplicados na compreensão da interação entre crianças e robôs no contexto educativo. Na avaliação, o resultado com as crianças, segundo os autores, foi satisfatório, pois, foi possível perceber o envolvimento dos investigados nas atividades com um robô, tornando-a lúdica. Além disso, foi considerado que a incorporação da robótica em sala de aula estimula a curiosidade das crianças por oportunizar o entendimento do funcionamento do robô. Medeiros e Wünsch (2019) relataram uma prática em ensino de programação, através do oferecimento de um curso, para alunos do Ensino Fundamental II, pertencentes a escolas públicas do município de Curitiba, que já possuíam alguma experiência com robótica, mas, não com a plataforma Arduíno. Foi realizada uma formação com o objetivo de instrumentalizar estudantes sobre programação e a ampliação de plataformas. O curso foi oferecido para 117 alunos, com idade média de 12 anos. Conforme os autores, foi observada certa brevidade no aprendizado utilizando a linguagem Scratch e o Arduíno, mas, também, dificuldades na assimilação dos conceitos básicos de programação. A análise dos resultados buscou relacionar, de maneira bastante tímida, os processos cognitivos com a teoria epistemológica de Jean Piaget, especialmente com o estágio operatório formal, por isso, acabou citando apenas um exemplo de construção cognitiva demonstrado, que foi atribuído ao estágio formal do desenvolvimento. Por fim, os autores concluíram que o aprendizado deveria ser acompanhado de recursos visuais de programação, o que estaria relacionado ao estágio operatório concreto e não ao formal como foi atribuído pelo artigo. Observa-se, nos artigos analisados, a referência unânime aos trabalhos de Papert e ao conceito de construcionismo. Alguns dos artigos referem-se ao teórico Piaget como a base dos trabalhos de Papert, mas, sem detalhar as relações do conceito de construcionismo com a

teoria piagetiana, que está profundamente relacionado com os estádios do desenvolvimento infantil, sobretudo ao estágio operatório concreto.

A busca na plataforma *Education Resources Information Center* (ERIC) retornou importantes resultados de artigos, tais como uma revisão sistemática da literatura que buscou investigar experiências de programação com crianças de zero até oito anos de idade (ÇETIN; DEMIRCAN, 2020). Jung e Lee (2020) investigaram a apropriação dialógica realizada por uma criança de seis anos em contato com a ferramenta programável Bee Bot. Os resultados demonstraram que a criança se engajou ativamente na proposta e que transformou as características tecnológicas do objeto, reconstruindo a partir da sua perspectiva sobre robôs e programação. Outro artigo bastante interessante investigou aspectos do Pensamento Computacional no desenvolvimento cognitivo de crianças da Educação Infantil a partir da interação dos pais e a ferramenta de programação KARIN no período da Pandemia Mundial de COVID-19. Contudo, as conclusões do estudo encontraram achados mais amplos relacionados ao desenvolvimento infantil, tais como: as crianças constroem gradualmente sua cognição na medida em que interagem com o objeto; as crianças relacionam a experiência de aprendizagem com o ambiente da vida real; a aprendizagem é baseada no brincar e na comunicação com outras pessoas (BUDIYANTO *et al.*, 2021).

No artigo de Flannery e Bers (2013), as autoras apresentaram um quadro geral da relação entre o desenvolvimento cognitivo e a atividade de programação de robôs após o estudo de 29 crianças de 4-6 anos de idade ao longo de quatro sessões individuais. A pesquisa objetivou investigar o que os alunos do jardim de infância podem compreender sobre programação e robótica e, como ferramentas adequadas ao desenvolvimento podem apoiar a aprendizagem nas salas de aula da primeira infância. A análise baseia-se na divisão dos estágios cognitivos propostos por Feldman (2004) que seria uma proposta de revisão contemporânea do modelo dos estádios de Piaget. Os resultados obtidos, através da categorização dos participantes do estudo por marcadores de desenvolvimento cognitivo, observados a partir das estratégias de resolução de problemas, apontam que existe relação entre as características do desenvolvimento cognitivo infantil e as habilidades de programação. As crianças avançaram de estratégias intuitivas às estratégias que foram chamadas de sistemáticas. Os indicadores de conhecimento de programação nas crianças foram a capacidade de combinar um comando de programação com seu resultado ou ação e a capacidade de construir um programa que utiliza comandos corretos na ordem correta. Contudo, este estudo baseou-se no modelo proposto por Feldman (2004), que não se relaciona diretamente com o modelo piagetiano, pois, se assim fosse, relacionaria os achados à

característica fundamental de cada estágio do desenvolvimento proposto por Piaget, que são: início da representação mental e ausência de reversibilidade (pré-operatório) e construção da reversibilidade (operatório-concreto).

Strawhacker e Bers (2015) examinaram no seu artigo o sucesso obtido por crianças ao programar utilizando diferentes interfaces robóticas: tangível, gráfica ou híbrida. O estudo investigou 35 crianças do jardim de infância (5-6 anos) que participaram de uma atividade de robótica ao longo de nove semanas. Foram utilizados kits LEGO WeDo e a linguagem de programação *Creative Hybrid Environment for Robotic Programming* (CHERP). Os resultados demonstraram pouca influência das interfaces e a compreensão da programação, embora indiquem uma ordem na introdução das interfaces na atividade com crianças.

Strawhacker e Bers (2019) apresentaram outro estudo interessante em forma de artigo sobre o desempenho de 57 crianças do jardim de infância até o segundo ano escolar (5-8 anos de idade) na atividade de programação após uma intervenção de seis semanas. As crianças usaram a ferramenta ScratchJr para criar histórias animadas, colagens e jogos. Ao final da intervenção foram avaliadas quanto ao seu conhecimento da linguagem ScratchJr e o raciocínio subjacente, sobretudo nas evidências de estratégias e os erros comuns cometidos. A análise está baseada nos domínios do conhecimento propostos por Demetriou, Spanoudis e Mouyi (2010). Os resultados demonstraram que as escolhas certas de blocos de comandos para construir a programação aumentam conforme a idade e escolarização dos sujeitos. As crianças do jardim de infância demonstraram mais dificuldades com os blocos de fluxo de controle e coordenação de vários personagens. Já os alunos do segundo ano demonstraram facilidade com estes conceitos e usaram mais tempo explorando estratégias de desenvolvimento das histórias programadas. Ao final do experimento os sujeitos dominavam conceitos básicos de codificação e demonstraram diferenças de desempenho de acordo com o desenvolvimento cognitivo das crianças do jardim de infância até o segundo ano escolar.

No artigo de Bers (2019), a autora descreveu uma abordagem pedagógica para a ciência da computação na primeira infância chamada *Coding as Another Language* (CAL), bem como seis etapas de codificação, ou trajetórias de aprendizagem pelas quais as crianças passariam, baseada em sua experiência, quando expostas ao currículo de mesmo nome. O trabalho coloca a codificação baseada na abordagem STEAM como “modelo tradicional” em oposição a nova abordagem CAL proposta pela autora. O currículo CAL, proposto por Bers, baseia-se no princípio de que aprender a programar envolve aprender a usar uma nova linguagem (um sistema simbólico de representação) para funções comunicativas e expressivas e que para isto seria necessário a instrução. As seis etapas propostas por Bers para a instrução

de crianças são: 1) Emergente; 2) Codificação e decodificação; 3) Fluência; 4) Novos conhecimentos; 5) Múltiplas perspectivas; 6) Propósito. Na etapa emergente a criança seria exposta às linguagens de programação e programas escritos por outras pessoas e poderiam utilizar ferramentas de programação para criar sequências simples. No momento da codificação e decodificação seriam oportunizados a criação de projetos significativos. Na etapa da fluência as crianças se envolveriam com ideias da ciência da computação tal como sequenciamento, pensamento algoritmo e resolução de problemas. No momento dos novos conhecimentos as crianças demonstrariam capacidades de aprender novos conceitos e habilidades, pois estariam empenhadas em fazer um projeto com o qual realmente se importam. Na etapa das múltiplas perspectivas as crianças seriam capazes de trabalhar em grupo interagindo a partir da perspectiva do outro e no momento do propósito as crianças se utilizariam de recursos mais sofisticados para aperfeiçoar suas construções, tais como sensores.

A tese de Amaral (2016) e os estudos de Bers (BERS, 2018, 2019; FLANNERY; BERS, 2013; STRAWHACKER; BERS, 2015) são os que mais se aproximam da proposta desta investigação, pois a metodologia baseia-se no estudo de caso de crianças, a abordagem é qualitativa, ainda que inclua dados quantitativos, porém no caso de Bers, não se utilizam da mesma base teórica de análise proposta para a presente tese.

2.2 REVISÃO DE FERRAMENTAS PARA ATIVIDADE DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS

Para encontrar a ferramenta mais adequada foi necessário realizar uma pesquisa acerca dos materiais disponíveis no mercado nacional e internacional¹⁶. A busca por “brinquedos programáveis” ou “*programming toys*” retornou uma série de produtos com a sigla STEM/STEAM *Education* com o objetivo de vincular o produto ao desenvolvimento de habilidades tecnológicas desejáveis para o século XXI. As ferramentas que não envolviam programação de um objeto concreto por crianças foram descartadas e foram descartados os resultados que apresentavam projetos de materiais que ainda não estavam disponíveis no mercado. As ferramentas que restaram foram divididas em duas partes: materiais recomendados para crianças a partir de 4 anos de idade e materiais recomendados para

¹⁶ A pesquisa foi realizada no ano de 2019, ano em que a pesquisa passou pela qualificação. De lá pra cá, outras ferramentas foram lançadas e também aprimoradas no mercado brasileiro e no exterior.

crianças com mais idade, a partir de 6 anos ou mais. Ao final, foi realizada uma breve síntese e a justificativa pela opção de uma das ferramentas.

2.2.1 Ferramentas recomendadas a partir dos 4 anos de idade

A ferramenta **Cubetto** foi criada no Reino Unido por Matteo Loglio e Filippo Yacob no ano de 2011 e chamado inicialmente de “Robô Primo”; posteriormente, foi aperfeiçoado, por um grupo de investidores, e transformou-se no “Robô Cubetto”. O material é composto por uma pequena caixa programável chamada de Robô Cubetto, o qual possui duas rodas com um motor em cada, uma placa de interface para desenvolver a programação e os blocos de comandos básicos com as seguintes funções: *forward* (frente), *left* (esquerda), *right* (direita) e *function* (função). Conforme informações no *site* do produto, o material é indicado para crianças de 3-6 anos. A criança constrói a programação adicionando a sequência desejável de blocos na placa de interface, podendo ser inseridos até 12 comandos.

Figura 2 – Ferramenta Robô Cubetto e crianças atuando com o material



Fonte: Primo Toys (2019).

Quando a criança considera a programação concluída, ela aperta um botão responsável por transmiti-la para o Cubetto e, em seguida, o robô executa os movimentos representados no código. A ferramenta também permite a inclusão de *loops* ou sub-rotinas os quais devem ser programados em uma parte da placa designada especificamente para essa função. O valor do produto no site é de U\$ 225.

A ferramenta **Kibo** foi desenvolvida por Marina Umaschi Bers e Mitch Rosenberg no *Kinder Lab Robotics* na *Tufts University* em Massachusetts nos Estados Unidos. O robô passou por vários protótipos até assumir a forma atual no ano de 2014. O *kit* básico do material é composto pelo Robô KIBO, 10 blocos de programação, 4 cartas parâmetro, dois motores e duas rodas, e ainda podem ser anexadas lâmpadas e sensores como peças extras. O material é indicado no *site* do produto para crianças de 4-7 anos.

Figura 3 – Ferramenta Robô Kibo e crianças interagindo com a ferramenta



Fonte: Kinder Lab Robotics (2019).

Com este material o sujeito organiza os blocos de programação em uma fila; uma vez determinada a sequência desejada, é necessário ler os comandos com o *scanner* do próprio robô e estará pronto para executar a programação. O valor do produto é U\$ 199.

O material **Kids First Coding & Robotics** é vendido como brinquedo tecnológico para o ensino de programação desde o jardim de infância. Recebeu o prêmio de *Parents' Choice Gold Award Winner* no ano de 2018 e *Toy of the Year* em 2019. No *site* do produto, apresenta-se como uma introdução aos fundamentos da robótica e da codificação, introduzindo sequências como *loops*, funções, condicionais e variáveis a partir dos 4 anos de idade até os 8 anos através do ensino STEM/STEAM. A ferramenta não necessita de *software*, aplicativo ou dispositivo para o seu funcionamento. A programação é construída em cartas e transmitida diretamente para o robô que executa os comandos.

Figura 4 – Ferramenta Kids First Coding & Robotics e criança interagindo com o material



Fonte: Thames e Kosmos (2019).

Possui um manual que introduz as atividades baseado em seis histórias diferentes, cada uma com uma série de aulas de modelagem e codificação, como um rato se movendo em um labirinto para encontrar um queijo ou um jogador de futebol movendo uma bola para o gol. É comercializado no *site* da Amazon por U\$ 99,99.

A empresa **KUBO Robotics** começou como um projeto de mestrado na *University of Southern Denmark* (Dinamarca) no ano de 2015, quando Daniel Lindegaard e Tommy Ozten

tiveram a necessidade de desenvolver um material para ensinar crianças a programar. O *kit* é composto por um robô chamado Kubo e pequenas placas com símbolos dos comandos para programar o robô. As placas utilizam tecnologia RFID para se comunicar com o robô e são chamadas de TagTitle®. A criança encaixa as placas com os comandos concretamente como se fosse um quebra-cabeça sobre um mapa. Após determinar a sequência de comandos, a criança liga o robô e ele caminha por cima dos símbolos, fazendo uma leitura e gravando os movimentos. Uma vez que a programação está armazenada no robô, ele pode executá-la de maneira autônoma.

Figura 5 – Robô KUBO e criança trabalhando com o material



Fonte: Kubo Education (2019).

O material pode ser importado para o Brasil através da RCL Import & Export e custa cerca de U\$ 295 (mais custos de importação).

2.2.2 Ferramentas recomendadas para crianças a partir dos 6 anos ou mais

Codey Rock é uma ferramenta criada pela empresa chinesa mBlock de *software* de programação que desenvolve produtos para integrar a atividade ao ambiente escolar. O objeto é bastante semelhante a um gato. Possui vários sensores integrados, entre eles o de presença, de giro, de som, de luz, além de alto-falante e um *display* de LED. O robô pode se comunicar entre robôs e possui dispositivos de reconhecimento facial. Ao *hardware* do robô, podem ser fixadas peças do tipo LEGO®.

Figura 6 – Robô Codey Rock, interface de programação e crianças brincando com o material

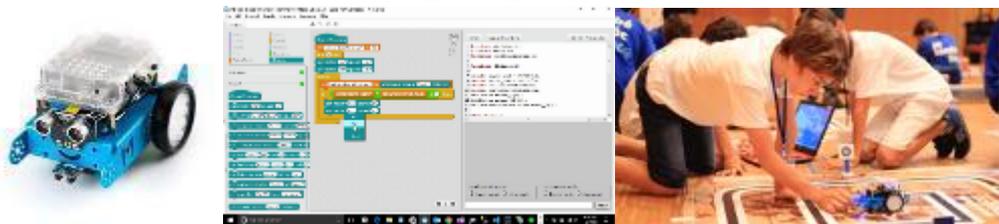


Fonte: Make Block (2019a).

A programação baseada em blocos foi desenvolvida pela própria empresa e chama mBlock. A criança pode escrever diretamente em Python e pode visualizar a programação em blocos lado a lado com a programação. O material também é compatível com Scratch. É comercializado no *site* da Amazon por U\$ 99.

O **MBot**, criado pela empresa chinesa mBlock, é apresentado no *site* do produto como sendo utilizado por mais de 4,5 milhões de crianças pelo mundo. É composto por uma base de metal, duas rodas, sensor de luz, ultrassônico e seguidor de linha e recomendado para crianças a partir dos 8 anos. A plataforma é integrada a outra ferramenta de programação, a LEGO® Mindstorms, sendo possível integrar peças, sensores e lâmpadas.

Figura 7 – Robô MBot, interface de programação e desenvolvimento de atividades

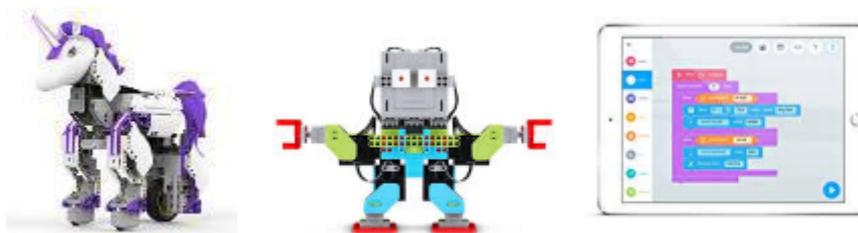


Fonte: Make Block (2019b).

A programação é a mesma utilizada pelo produto anterior. A criança pode escrever o código através de blocos e pode visualizar a programação lado a lado com a linguagem Python. O material é compatível com Scratch, Python e Arduino. É vendido no *site* da Amazon por U\$ 79.

Jimu é uma ferramenta desenvolvida pela Ub Tech Robotics nos Estados Unidos. É composto por *kits* com peças plásticas muito semelhantes ao LEGO® para a construção e programação de robôs com determinados formatos: carro, boneco, dinossauro, unicórnio, entre outros. Cada *kit* vem com a sugestão de dois ou três protótipos diferentes utilizando as mesmas peças.

Figura 8 – Kit UnicornBot, Kit MeeBot e interface de programação



Fonte: UB Tech (2019).

Depois de construído, é possível programar o protótipo com o *software* disponibilizado pela empresa de maneira gratuita chamado de Free Jimu App; a linguagem utilizada é baseada em blocos de programação. O valor de cada *kit* varia de U\$ 119 até U\$ 199.

A empresa **Shero** está localizada na cidade de Boulder, no estado do Colorado, nos Estados Unidos, e desenvolve desde o ano de 2010 a ferramenta SPKR+ que é uma bola robotizada. Além deste, a empresa também desenvolveu o Sphero BOLT e o Sphero Mini. O material tem formato cilíndrico e pode ser programado de três maneiras diferentes: desenhando caminhos para o robô seguir, através do próprio aplicativo chamado de Shero Edu App, que é uma programação baseada no Scratch Block, ou através de linhas de programação com a linguagem JAVA. Em 2015, a empresa iniciou uma parceria com a Disney para desenvolver produtos para a Marvel e Pixar. Foi ela a responsável pelo desenvolvimento do robô personagem da franquia Star Wars BB-8 que apareceu no filme “*Star Wars: o despertar da força*”.

Figura 9 – Shero BOLT, SPKR+, Shero Mini, interface de programação e criança com a SPKR+



Fonte: Shero (2019).

O *kit* inicial é composto pelo robô, carregador e manual. Os valores variam de acordo com o material. A Shero BOLT custa U\$ 150, a SPKR+ custa cerca de U\$ 130 e o valor da Shero Mini é de U\$ 50.

Dash & Dot é fabricado pela empresa norte americana Wonder Workshop, Dash e Dot são dois robôs que se integram. O produto possui LEDs programáveis, receptores de infravermelho que podem se comunicar com outros robôs, potenciômetro, sensores de proximidade, microfones e alto-falantes.

Figura 10 – Robô Dash & Dot e interface de programação

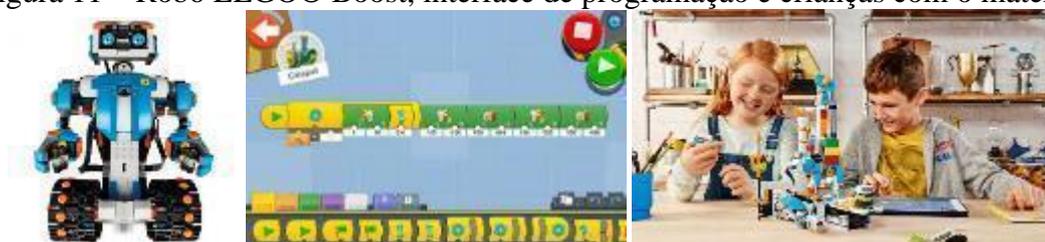


Fonte: Wonder Workshop (2019).

A programação chamada de Blockly é baseada em blocos e está disponível para ser baixada no App Store, Google Play ou Amazon de maneira gratuita. São disponibilizados também outros aplicativos para controlar o robô como se fosse um controle remoto. O valor para aquisição é de U\$ 150.

LEGO® Boost é um brinquedo direcionado para crianças de 7 até 12 anos aprenderem a programar e se divertirem em casa. O material não é direcionado ao trabalho escolar como é o caso de outros materiais da marca LEGO®. O produto é disponibilizado em um *kit* de 847 peças com o qual é possível construir e programar cerca de 5 protótipos. São disponibilizadas instruções para a construção desses protótipos; entre eles, um robô humanoide, um gato e uma guitarra, bem como um material com 60 sugestões de atividades.

Figura 11 – Robô LEGO® Boost, interface de programação e crianças com o material



Fonte: LEGO® (2019a).

A programação utiliza blocos de codificação, é gratuita, compatível com IOS, Android, Kindle e Windows 10 e pode ser baixada diretamente no *site* do material.

LEGO® WeDo 2.0 é uma ferramenta que é indicada no *site* do produto para o trabalho com programação e robótica no ambiente escolar dos 7 aos 12 anos com uma caixa de 280 peças. O material é composto por diversas peças plásticas, motor programável em

níveis de potência, sensor de movimento que detecta movimentos por até 15cm de distância e sensor de inclinação. Outros elementos da LEGO podem ser conectados ao produto. No *site*, é possível acessar atividades para o planejamento das aulas do professor.

Figura 12 – Kit LEGO® WeDo e interface de programação



Fonte: LEGO® Education (2019).

A interface de programação é baseada em blocos. A plataforma LEGO Education WeDo 2.0 é compatível com Tickle, Tynker, Open Roberta e Scratch 3.0. O custo é de US\$ 197,95.

LEGO® Mindstorms Ev3¹⁷ é indicado para o trabalho com programação e robótica no ambiente escolar a partir dos 10 anos. Uma caixa é composta por 601 peças plásticas, controlador, bateria, motores, sensor de cor, distância e toque. Outros elementos da LEGO podem ser conectados ao produto. No *site*, é possível acessar atividades para o planejamento das aulas do professor.

Figura 13 – Robô LEGO® Mindstorms Ev3 e interface de programação



Fonte: LEGO® (2019b).

¹⁷ O material LEGO® Mindstorms Ev3 foi descontinuado no ano de 2020. O material que o substituiu é o LEGO® Education Spike Prime, que abandonou, depois de décadas, a marca “Mindstorms” introduzida por Papert ao primeiro kit de Robótica Educacional produzido pela LEGO® na década de 80-90. As peças plásticas, sensores e motores, foram agregadas à linguagem LOGO de programação desenvolvida por Papert. “Mindstorms” é o título original da obra de Papert que impactou a educação sobretudo a educação tecnológica.

O LEGO Mindstorms EV3 é compatível com Swift Playgrounds™ da Apple, CoderZ, Microsoft MakeCode, ROBOTC e Open Roberta. O valor aproximado é de U\$ 350.

A empresa **EZ-Robot** está localizada no estado de Alberta, no Canadá. Conforme informações do *site* do produto, é responsável por dezenas de milhares de robôs direcionados para a educação em mais de 80 países. São disponibilizados 6 protótipos com valores que variam entre U\$ 150 e U\$ 400. O material utiliza-se de um sistema de encaixes de partes do robô chamada de *clip 'n' play*. A ferramenta é indicada para usuários maiores de 12 anos.

Figura 14 – Robô Humanoide EZ Robot e interface de programação



Fonte: EZ Robot (2019).

O *software* de programação é o EZ-Builder, o qual foi desenvolvido pela Synthiam, mas é possível programar também utilizando Blockly e RoboScratch.

Observa-se que as ferramentas pesquisadas e descritas até aqui integram a atividade de programação a um objeto concreto denominado robô que pode possuir formatos variados. Pode-se afirmar que existe uma variedade relativamente grande de brinquedos programáveis que podem ser empregados para o ensino e a aprendizagem de programação para crianças e adolescentes. A maior parte deles se utilizam das telas para a atividade e alguns desses produtos integram construção e programação, como é o caso do Jimu, LEGO® Boost, LEGO® WeDo 2.0 e o LEGO® Mindstorms. Os demais são compostos de um objeto estruturado, o que acaba por enfatizar a atividade de programação. O Codey Rock e MBot Dash & Dot integram sua estrutura com peças LEGO. Grande parte das ferramentas possui um *software* de programação que pode ser trabalhado com outras linguagens, sobretudo o *software* Scratch. Nenhuma das ferramentas possuem indicação para crianças de 4 até 12 anos de idade. Poucos desses materiais estão disponíveis no Brasil, somente o LEGO® WeDo 2.0 e

o LEGO® Mindstorms possuem distribuidor brasileiro¹⁸. No caso do robô KUBO, o *site* do produto indica a loja que realiza a importação para o Brasil. Nos demais casos, é necessário realizar o processo de importação.

Além das ferramentas descritas, foram encontradas outras que não foram analisadas por algumas razões, tais como: por se tratar de um material em fase de projeto (Ex.: RoPe e AERobot); por ser um *software* programável somente na tela do computador (Ex.: Scratch e Code); por ser um material considerado para uso de adolescentes e adultos (Ex.: Fable, Vex e NAo) ou indicado somente para crianças de pouca idade (Ex.: Codipeia e Bee Bot).¹⁹

Podemos sintetizar as informações sobre os materiais encontrados para atividade de programação no Brasil e no exterior no seguinte quadro:

Quadro 1 – Síntese das ferramentas de programação disponíveis no mercado

Nome do produto	Faixa etária recomenda fabricante	Possui sensores integrados ou adaptáveis?	Qual a programação?	Integra com outras ferramentas? Qual(is)?	Disponível no Brasil?	Valor aproximado (sem taxas de importação)
Cubetto	3-6 anos	Não	Blocos concretos	Não	Não	US\$ 225
KIBO	4-7 anos	Sim adaptável	Blocos concretos	Não	Não	US\$ 199
Kids First Coding & Robotics	4-8 anos	Não	Cartas	Não	Não	US\$ 99,99
KUBO	4-10 anos ou mais	Não	TagTitle®	Não	Não	US\$ 295
Codey Rock	6 anos ou mais	Sim integrado	mBlock 5 Python Scratch	Sim peças LEGO®	Não	US\$ 99
MBot	8 anos ou mais	Sim integrado	mBlock 5 Python Scratch Arduino	Sim peças e sensores LEGO®	Não	US\$ 79
Jimu	8 anos ou mais	Sim adaptável	Jimu App	Não	Não	de US\$ 119 até US\$ 199

¹⁸ Os distribuidores oficiais da linha educacional da LEGO® no Brasil, no ano de 2022, são ZOOM (2022), MCassab (2022) e Positivo (2022).

¹⁹ Outras Ferramentas: **RoPe**, produzido no Brasil (<http://lite.acad.univali.br/pt/rope-brinquedo-de-programar/>); **AERobot**, objeto programável de baixo custo ainda em fase de desenvolvimento em Harvard (www.wired.com/2014/11/10-dollar-education-robot/); **Codipeia**, brinquedo da FischerPrice (https://www.fisher-price.com/pt_BR/products/Think-and-Learn-Code-a-pillar); **Bee Bot** (www.bee-bot.us/); **Botley**: (<https://www.learningresources.com/product/botley-the-coding-robot-activity-set-2935.do>); **Cubelets** (<https://www.modrobotics.com/cubelets/>); **Ozobot** (<https://ozobot.com/>); **Thymio 2** (<https://www.thymio.org/en:thymio>); **Scribblers** (<https://www.parallax.com/product/28333>); **Cozmo** (<https://www.anki.com/en-us/cozmo>); **Tinkerbots** (<https://www.tinkerbots.com/>); **Moss** (<https://www.modrobotics.com/moss/>); **Robotis Dream** (<http://www.robotis.us/dream/>); **Bioid** (<http://www.robotis.us/bioloid-1/>); **Vex Robotics** (<http://www.vexrobotics.com/>); **Nao** (www.robotis.com/loja/robo-nao); **Fable** (www.shaperobotics.com); **Scottie Go** (jogo). **Ferramentas para programação na tela do computador**: Scratch, Code, Programaê.

Nome do produto	Faixa etária recomendada fabricante	Possui sensores integrados ou adaptáveis?	Qual a programação?	Integra com outras ferramentas? Qual(is)?	Disponível no Brasil?	Valor aproximado (sem taxas de importação)
Shero	Não há especificação	Sim integrado	Shero Edu App JAVA	Não	Não	de U\$ 50 até U\$ 150
Dash & Dot	Não há especificação	Sim integrado	Blockly	Sim	Não	U\$ 150
LEGO® Boost	7-12 anos	Sim adaptável	App LEGO® Boost	Não	Não	-
LEGO® WeDo 2.0	7-12 anos	Sim adaptável	LEGO Education WeDo 2.0 Tickle Tynker, Open Roberta Scratch 3.0	Não	Sim	U\$ 197,95
LEGO® Mindstorms Ev3	10 anos ou mais	Sim adaptável	Swift Playgrounds™ CoderZ Microsoft MakeCode ROBOTC Open Roberta.	Não	Sim	U\$ 350
EZ Robot	12 anos ou mais	Sim integrado	EZ-Builder	Não	Não	de U\$ 150 até U\$ 400

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

As ferramentas consideradas mais adequadas para a realização da investigação a que se pretende é a ferramenta *Kids First Coding & Robotics* e a ferramenta KUBO, por ser recomendada tanto para crianças menores (a partir de 4 anos) quanto para crianças maiores (10 anos). Ambos não necessitam de telas para a construção do algoritmo e agregam um objeto concreto (robô) para a atividade de programação. Os dois produtos não são comercializados no Brasil, mas existe a possibilidade de importação das ferramentas.

As duas ferramentas foram importadas e testadas. A ferramenta KUBO permite que as cartas de programação sejam dispostas sobre o mapa em qualquer posição, já a ferramenta *Kids First Coding & Robotics* permite que as cartas contendo os comandos da programação sejam dispostas em linha, numa grade, o que pareceu mais adequado para a pesquisadora, visto que os códigos de programação também são descritos em linha.

Para trabalhar a programação com a ferramenta *Kids First Coding & Robotics* não é necessário *tablet*, *smartphone* ou computador, o que indica a possibilidade de eliminar uma variável que influenciaria na análise dos dados. Na ferramenta, os programas são criados estabelecendo uma sequência de cartas com símbolos. Através delas o sujeito descreve o algoritmo de programação para que o robô execute os comandos. À medida em que o robô

passa pelas cartas com placas de código, um *scanner* óptico OID, na parte inferior do robô, lê os cartões de códigos, um por um e carrega na memória. Em seguida, ao colocar o robô em um mapa, ele executa o programa. É possível movimentar o objeto em direções diferentes, ativar uma engrenagem, acender o LED, reproduzir sons e responder a diferentes placas de função contidas no mapa.

Por ser um material de fácil manuseio, design atrativo e apresentar o recurso da programação sem o uso de telas, mas através de cartas de comando contendo símbolos/códigos, a ferramenta *Kids First Coding & Robotics* foi a escolhida para realizar os experimentos desta investigação.

3 COMPUTAÇÃO NA EDUCAÇÃO

No presente capítulo pretende-se realizar um breve histórico dos computadores, passando pela atividade de programação, definindo alguns conceitos principais tais como programar e algoritmo, até se chegar à programação integrada ao ambiente escolar.

3.1 COMPUTADORES E PROGRAMAÇÃO

Os computadores são máquinas que podem ser instruídas a realizar automaticamente sequências de operações aritméticas ou lógicas, além de processar, movimentar, manipular e armazenar dados, obedecendo instruções de programas em uma velocidade que supera a capacidade humana: bilhões de operações por segundo. Um computador moderno é composto pela parte física chamada de *hardware* e pelos programas que executa (*software*), uma unidade de processamento central (CPU), memória, além dos equipamentos periféricos usados para operar a máquina, como teclado, *mouse* e equipamentos de saída, como monitores e impressoras. Se pensarmos que os primeiros computadores digitais da década de 1940 foram construídos manualmente, usando circuitos contendo relés e válvulas e que o primeiro computador, criado pela IBM no ano de 1956, tinha a capacidade de armazenamento de 5MB (muito menos que a capacidade de um pen drive de última geração), quase 2m³ de volume e pesava cerca de 1 tonelada, é realmente incrível que a tecnologia tenha avançado até os níveis atuais.

Um dos trabalhos de maior relevância na história da computação é creditado ao matemático britânico Alan Turing, designado pai da computação, o qual criou a “Máquina de Turing” no período da Segunda Guerra Mundial. Turing tinha como objetivo desvendar a criptografia por trás das mensagens enviadas pela máquina alemã chamada de Enigma. A tentativa de leitura dessas mensagens também era realizada por humanos, o que demandava muito tempo. A Enigma enviava diariamente mensagens com estratégias de guerra que precisavam ser desvendadas para vencer o combate; por isso, Turing idealizou uma máquina que realizasse tal atividade de maneira mais rápida do que os seres humanos para dar respostas em tempo hábil às ofensivas.

Antes dos computadores, os seres humanos realizavam essa atividade como profissão e eram chamados de “computadores humanos”, porque eram responsáveis por realizar exaustivos exercícios de cálculo, visando solucionar um determinado problema. A palavra computador tem sua origem etimológica na palavra “*computare*” do latim que significa “para

contar”. Um exemplo bastante interessante que ilustra essa função é retratado no filme *Hidden Figures* (2017). O enredo é baseado na história real de três mulheres negras, Mary Jackson, Katherine Johnson e Dorothy Vaughan, que trabalhavam na NASA, na década de 1960, no período da segregação racial nos EUA, desempenhavam a função de calculadora humana. As três mulheres tiveram papel de destaque realizando cálculos para que o astronauta John Glen pudesse dar três voltas na órbita terrestre com sucesso. Nessa época, os primeiros computadores IBM RAMAC 305 já começavam a ser utilizados pelo Programa Espacial, mas, mesmo com todos os cálculos realizados pelos computadores, Glen pediu a confirmação dos resultados dos cálculos pelas mulheres calculistas, revelando, assim, a desconfiança que os computadores despertavam no início de seu emprego.

Atualmente, os computadores são a base de uma grande variedade de dispositivos como fornos de micro-ondas, controles remotos, robôs industriais, automação residencial, além de dispositivos móveis como *smartphones*, *tablets* e *notebooks*. A *internet* é executada nesses dispositivos e conecta milhões de computadores e seus usuários. Desde a Máquina de Turing, no período da Segunda Guerra, os computadores têm evoluído drasticamente em capacidade, velocidade e versatilidade.

A terceira geração de computadores digitais, a partir de 1958, incluiu o circuito integrado que culminou com a criação do microprocessador que é o “cérebro” do computador. Toda a informação é tratada no microprocessador e armazenada em dispositivos em linguagem binária. A linguagem binária é implementada em computadores digitais com dois níveis distintos de tensão. Cada caractere (letra, número, símbolo, etc.) é composto de uma combinação de zeros e uns, onde cada elemento é chamado BIT e o conjunto de oito BITS é chamado de BYTE. A linguagem binária composta de zeros e uns é o que o computador compreende através da programação.

As máquinas, os computadores e os robôs podem executar tarefas através da atividade de programação e suas linguagens, que não funcionam exatamente como a linguagem humana. Para transformar o que desejamos dizer à máquina em comandos que ela compreenda, utilizamos a linguagem de programação. A programação em linguagens de baixo nível, mais próximas dos bits e bytes, é bastante complexa. Já a elaboração de programas em linguagens de mais alto nível, escritas com sintaxe e regras de pontuação, facilita a compreensão humana e a atividade do programador. Contudo, no final, essas linguagens são “traduzidas” para o Código de Máquina em linguagem binária para que o processador possa fazer a leitura.

A forma de estruturar e executar um programa nas diferentes linguagens é chamado de paradigma de programação. Programar nos diferentes paradigmas significa representar a solução do problema a ser resolvido pela máquina através de modelos diferentes. Cada linguagem, que suporta determinado paradigma representa, portanto, um meio onde o problema é computacionalmente tratado. Enquanto meio de expressão e de comunicação com a máquina, a linguagem e, indiretamente o seu paradigma, moldam a representação do problema e o tratamento que será dado para sua solução. Assim, na atividade de programação, mudar de paradigma significa muito mais do que conhecer as entidades sintáticas e semânticas da nova linguagem, pois, o processo de pensamento também deve ser alterado, ajustando-se ao novo meio de representação do problema (BARANAUSKAS, 1993).

Existem muitos tipos de linguagem de programação (ex: C, C++, C#, Python, PHP, Java, JavaScript), que variam desde as chamadas “linguagens de alto nível” (ex: Python), que de forma geral possuem instruções mais abstratas e são mais robustas em termos de plataformas e tecnologias, até as “linguagens de baixo nível” (ex: Assembly), que mantém uma vinculação muito mais forte entre as suas instruções e a arquitetura da máquina. Cada linguagem, portanto, possui regras semânticas e sintáticas específicas para a sua escrita, ainda que alguns códigos sejam comuns em diferentes Linguagens de Programação. **Programar seria, então, uma maneira padronizada de transmitir comandos para um computador através da linguagem de programação**, uma de cada vez, pois não é possível programar em C e Python, por exemplo, ao mesmo tempo.

Ainda que ocorram divergências, destacamos os principais paradigmas em programação: o Imperativo, o Estruturado, o Funcional, Orientado a Objetos e o Lógico.

- **Paradigma de Programação Procedimental (ou Imperativo):**

As primeiras linguagens imperativas foram as linguagens de máquina, com instruções simples, mas de construção complexa. A programação imperativa é um conceito baseado em estados, definidos por variáveis e ações que são manipuladoras de estado, procedimentos. Pelo fato de permitir o uso de procedimentos como estruturação, também é conhecida como programação procedural. Exemplos de linguagens baseadas no paradigma procedimental: Fortran, Algol, Cobol, Basic, C, Pascal, Ada.

- **Paradigma de Programação Estruturado:**

No início da computação era comum a existência de comandos em linguagens que realizavam saltos no programa. Estratégias como essa tornavam o código excessivamente complexo, desestruturado e de difícil compreensão. A programação estruturada orienta para a criação de estruturas simples em seus programas, usando sub-rotinas e funções. Os programas podem ser desenvolvidos através de uma fórmula básica que seria composta de sequência (em que uma tarefa é executada após a outra), decisão (na qual, a partir de um teste lógico, determinado trecho de código é executado ou não) e repetição ou interação (em que, a partir de um teste lógico, determinado trecho de código é repetido por um número finito de vezes). Exemplos de linguagens baseadas no paradigma estruturado: Cobol, Php, Javascript, Fortran, C.

- **Paradigma de Programação Funcional:**

Os programas são formados exclusivamente por funções que obedecem a princípios matemáticos. Funções complexas podem ser construídas a partir de funções mais simples. Esse paradigma é caracterizado fundamentalmente por conter um alto nível de abstração e é utilizado principalmente para fins acadêmicos na área da Matemática. O valor atribuído a uma variável é imutável. Exemplos de linguagens baseadas no paradigma funcional: Lisp, APL, ML Haskell.

- **Paradigma de Programação Orientado a Objetos:**

Baseado na criação de objetos (abstrações digitais do mundo real) e nas interações entre objetos. O programador é tipicamente responsável por moldar esses objetos (definir suas características) e definir como objetos devem interagir entre si. Os objetos são instâncias de classes, onde estão presentes os códigos que definem seus atributos (propriedades) e métodos (ações). Exemplos de linguagens baseadas no paradigma orientado a objetos: Java, C++, PHP, Ruby, Python.

- **Paradigma de Programação Lógico:**

Paradigma fundamentado no princípio de que um problema pode ser descrito por meio de objetos e suas relações (premissas), a partir das quais outras relações podem ser derivadas por meio de deduções (conclusões). Muito utilizado no contexto da inteligência artificial simbólica e de deduções matemáticas. Utiliza-se

de linguagens declarativas, onde o programador especifica *o que* se sabe sobre um problema, e não *como* resolvê-lo. Exemplos de linguagens baseadas no paradigma lógico: Planner, Prolog, QLISP, Conniver, Mercury.

O Paradigma Procedimental (ou Imperativo) é bastante difundido e está baseado na execução sequencial baseada em comandos e no armazenamento de dados alteráveis. O tipo de programação que será desenvolvida com as crianças, no presente trabalho, ainda que de maneira bastante inicial, é a **Programação Procedimental**, também chamada de Programação Imperativa.

Como dito inicialmente, os computadores e os robôs podem executar tarefas através das linguagens de programação que não funcionam exatamente como a linguagem humana e, para transformar o que desejamos dizer à máquina em comandos que ela compreenda, utilizamos a linguagem de programação. A sequência de passos, ou comandos, que vamos transferir para a máquina é o **algoritmo**. Esse é um conceito fundamental em computação e programação. Atualmente, ouvimos falar em algoritmos das redes sociais, de inteligência artificial, de reconhecimento de voz entre outros. No dicionário, a palavra algoritmo possui duas definições, bastante próximas, uma relacionada à matemática e uma relacionada à computação. Algoritmo, na Matemática, significa “Fórmula ou série de regras para solucionar um problema em um número finito de etapas, a fim de se encontrar o maior divisor comum” e para a Computação significa “Sequência de etapas destinadas a uma programação de computador, para solucionar determinado problema” (SACCONI, 2001, p. 37).

Dessa maneira, podemos compreender o algoritmo, em computação, como uma linguagem para que possamos nos comunicar com os computadores e enviar comandos. Para isso, os comandos precisam estar claros e objetivamente definidos nos algoritmos. O computador não tem a capacidade de avaliar a intenção do programador e executará o que está descrito no algoritmo de programação, criando um padrão que garanta a execução sob as mesmas condições. Para que o programador desenvolva a capacidade de escrever a programação de maneira coerente e para que a máquina execute o código, são realizados estudos em Lógica de Programação, pois a capacidade de se expressar através de uma linguagem clara e precisa relacionar-se com a coerência do pensamento e com a lógica formal. O estudo da lógica possui sua origem na Filosofia Grega, contudo, a lógica para a Computação ou Informática relaciona-se mais com a lógica matemática (formal) do que a lógica informal.

A origem dos estudos sobre lógica remonta aos filósofos da antiguidade como Platão (428 a.C. – 348 a.C.) que buscava o mundo da essência imutável através do seu método de pensamento e linguagem chamado dialética. A dialética é um diálogo em que os interlocutores que possuem opiniões contrárias devem passar de imagens contraditórias a conceitos idênticos, para que o pensamento e a linguagem passem da contradição entre as aparências à identidade de uma essência por meio de argumentos. Nos Diálogos de Platão, é possível observar muitos falsos argumentos ou “**falácias**”, tais como: argumento de autoridade, argumento contra o homem, falácia de generalização apressada, falácia de acidente, falácia de conclusão irrelevante, entre outras. O estudo das falácias, é amplamente estudada até hoje, sobretudo pelo judiciário, como forma de embasar o discurso jurídico e é chamada de lógica informal.

Mas foi Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) quem escreveu um conjunto de seis obras sobre lógica que foi chamado de “*Organon*” e propôs a primeira classificação geral dos conhecimentos ou das ciências dividindo-as em três tipos: teóricas, práticas e produtivas. Todos os saberes referentes a todos os seres, todas as ações e produções humanas encontravam-se distribuídos nessa classificação que ia da ciência mais alta (a Filosofia) até o conhecimento das técnicas criadas pelos homens para a fabricação de objetos. No entanto, nessa classificação, não encontramos a lógica, porque, para ele, a lógica era um instrumento para as Ciências. Aristóteles reforçou que a dialética é boa para as disputas oratórias da política e do teatro, pois tem como objetivo persuadir alguém, oferecendo argumentos fortes que convençam o oponente e os ouvintes. É adequada para assuntos que só cabem a persuasão, mas não para a Filosofia e a Ciência, pois a essas interessa a demonstração ou a prova de uma verdade. Substituindo a dialética por um conjunto de procedimentos de demonstração e prova, Aristóteles criou a lógica chamada de analítica (CHAUI, 1999).

A lógica contemporânea, procurando tornar-se um puro simbolismo do tipo matemático e um cálculo simbólico, preocupou-se cada vez menos com os conteúdos das proposições (a realidade dos objetos referidos pela proposição) e com as operações intelectuais do sujeito do conhecimento (a estrutura do pensamento) para se tornar uma **lógica totalmente formal** (CHAUI, 1999). A lógica simbólica ou matemática abrange objetos que foram construídos pelas próprias operações matemáticas, de acordo com princípios e regras prefixados e aceitos por todos. O lógico elabora os símbolos e as operações que constituem o objeto lógico por excelência, a proposição, e indaga que forma deve possuir uma proposição para que: seja atribuído o valor de verdade ou falsidade; represente a forma do pensamento; represente a relação entre pensamento, linguagem e realidade.

George Boole, filósofo e matemático britânico, definiu a lógica como o método que repousa sobre o emprego de símbolos, dos quais se conhecem as leis gerais de combinação e cujos resultados admitem interpretação coerente (CHAUI, 1999). No final do século XIX, o matemático italiano Peano realizou um estudo sobre a aritmética dos números cardinais finitos, demonstrando que podia ser derivada de cinco axiomas ou proposições primitivas e de três termos (que ele pensava ser) não definíveis: zero, número e sucessor de. Dessa maneira, a Matemática surgia como um ramo da lógica, cabendo ao filósofo/matemático alemão Friedrich Frege e aos ingleses Bertrand Russel e Alfred Whitehead prosseguir o trabalho de Peano, oferecendo as definições lógicas dos três termos. Frege ofereceu o primeiro conceito de sistema formal e os primeiros exemplos do **cálculo de proposições e de predicados**.

O cálculo proposicional (ou lógica proposicional) utiliza símbolos para representar as proposições e as conexões que se estabelecem entre elas. São usados números, letras do alfabeto, parênteses, chaves e sinais específicos. Por exemplo, as proposições podem ser ligadas por meio de conjunção (e), disjunção (ou), implicação (se, então), equivalência (se e somente se). Já o cálculo de predicados (ou lógica de predicados) envolve os quantificadores, que podem ser universais e existenciais e se expressam pelas palavras “qualquer”, “todo”, “cada”, “algum”, “nenhum”, “existe”. A vantagem das novas notações é expressar uma rica variedade de estruturas lógicas, o que não seria possível por meio da lógica aristotélica. A lógica tornou-se cada vez mais uma ciência formal da linguagem, mas de uma linguagem muito especial, que nada tem a ver com a linguagem cotidiana, pois trata-se de uma linguagem inteiramente construída por ela mesma, partindo do modelo da Matemática. A Matemática é uma ciência de formas e cálculos puros organizados numa linguagem simbólica perfeita, na qual cada signo é um algoritmo. É elaborada pelo espírito humano e não um pensamento intuitivo que contemplaria entidades perfeitas e eternas, existentes em si e por si mesmas (CHAUI, 1999).

Com o amplo desenvolvimento da ciência, tecnologia e dos computadores no século XX, a lógica simbólica tornou-se instrumento indispensável, sobretudo no que se relaciona às linguagens de programação. Os programas de computadores usam sequências lógicas para executar cálculos, que é a base de todas as aplicações de computadores, até mesmo o processamento de imagem, animação e música, mas esta lógica, a lógica de programação, é do tipo formal e está diretamente ligada à Ciência da Computação

3.2 ATIVIDADE DE PROGRAMAÇÃO COM CRIANÇAS

Como vimos até aqui, a atividade de programação é desempenhada por programadores que traduzem comandos através das linguagens e dos algoritmos de programação baseados na lógica formal. Assim, tal atividade poderia ser desempenhada por crianças?

Nas origens do trabalho com programação e crianças, na década de 1960-1970, época em que os computadores eram bastante limitados, não existia interface gráfica e tampouco a *internet*, ainda assim, o matemático Seymour Papert (2008) acreditava que os computadores seriam “a máquina das crianças” num futuro próximo. Acreditando na atividade de programação como uma ferramenta que potencializaria a aprendizagem, Papert criou uma linguagem específica para o desenvolvimento desta atividade com crianças, a **Linguagem de Programação LOGO**, o que acabou por aproximar para sempre a tecnologia do mundo infantil e do ambiente escolar.

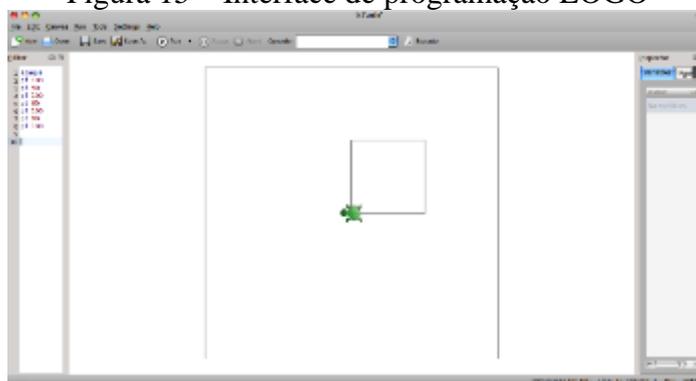
As atividades desenvolvidas com a Linguagem LOGO de programação com crianças foram tema de muitas pesquisas e motivou educadores do mundo todo para desenvolverem estudos sobre informática e educação nas décadas de 1980-1990, bem como sobre as questões pedagógicas envolvidas no papel do computador na educação. No Brasil, o Projeto Brasileiro de Informática na Educação (EDUCOM), por exemplo, fez com que as equipes das universidades criassem estratégias para introduzir o uso dos computadores na educação, sobretudo através da Linguagem LOGO naquele período. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) foram escolhidas, através de suas propostas, para criar equipes multidisciplinares nos centros-piloto para o desenvolvimento dos estudos de Informática na Educação²⁰.

A proposta da ferramenta foi colocar a criança para comandar, através da programação, um objeto que lembrava uma tartaruga na tela de um computador; a partir daí, a tartaruga passou a ser o símbolo dessa linguagem. O LOGO é formado por comandos chamados de primitivos, que constituem a base de todos os procedimentos. Esses comandos são para frente (PF), para direita (PD), para esquerda (PE), para trás (PT), entre outros. Através de comandos como “parafrente 100” (pontos) ou “giredireita 45” (graus), a

²⁰ Foi assim que surgiu o Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED) da UNICAMP, liderado pelo Prof. Dr. José Armando Valente, e o Laboratório de Estudos Cognitivos (LEC) do Instituto de Psicologia da UFRGS, liderado pela Prof. Dra. Léa da Cruz Fagundes.

tartaruginha se movimentava na tela do computador, deixando um rastro por onde passar, criando, assim, uma figura ou um desenho na tela do computador.

Figura 15 – Interface de programação LOGO



Fonte: Informática Educativa GEO João Pessoa (2011).

Na “geometria da tartaruga”, que é utilizada na linguagem LOGO, o cursor é representado por uma tartaruga, a qual é dinâmica, possui uma posição e uma orientação. Esta “tartaruga” aceita ordens ou comandos que são fornecidos pelas crianças. Do ponto de vista educacional, a Linguagem LOGO é considerada simples, porque possui características que tornam acessível o seu uso por sujeitos de diversas áreas e de diferentes níveis de escolaridade. Computacionalmente, é considerada uma linguagem bastante sofisticada, por possuir características pertencentes a três paradigmas computacionais distintos: procedimental, orientado a objetos e funcional. Entretanto, LOGO é mais conhecido pelo paradigma procedimental, especialmente, o Logo Gráfico (PRADO, 1999).

As propostas para o trabalho com a Linguagem LOGO (VALENTE, 1996) incluem a possibilidade de integrar atividades corporais com as intelectuais. Esta integração ajudaria no desenvolvimento da lateralidade e do raciocínio da criança, pois proporciona que a criança se coloque no lugar da tartaruga, lembrando-se de que a posição desta na tela é diferente da sua. Na tela, a tartaruga é apresentada na vertical e pode se deslocar para várias direções. A criança precisa representar mentalmente e descobrir quais comandos deve fornecer para que a tartaruga realize o que ela deseja. Assim, no trabalho com o LOGO a criança programa o computador orientando as direções ou “ensinando” a tartaruga. Neste processo de ensinar, o aluno reflete sobre os seus próprios processos para poder descrever o que realmente deseja que o computador execute.

Papert, dando continuidade aos estudos com a Linguagem LOGO de programação, iniciou uma parceria com a empresa LEGO® no ano de 1985, com o objetivo de integrar a Linguagem de Programação LOGO e as peças do tradicional brinquedo de encaixe. As ideias

de Papert sobre a aprendizagem infantil, a atividade de programação e a Linguagem LOGO serviram de inspiração para o *kit* de robótica LEGO® Mindstorms e o início do trabalho com robótica no meio educacional. A atividade de programação com crianças no estágio operatório-concreto é facilitada quando se apoia em um objeto tangível, em função da estrutura cognitiva operatório-concreto dos sujeitos. Papert (2008, p. 148) percebeu essa necessidade quando uniu a Linguagem LOGO de programação às peças LEGO® de construção e chamou de *construcionismo*, pois segundo ele é necessário “fortalecer e perpetuar o processo concreto típico”.

O Prof. Mitchel Resnick trabalhou no mesmo grupo de pesquisas do MIT e aprimorou as ideias de Papert. A Linguagem LOGO de programação foi adaptada para movimentar os blocos do tipo LEGO® através do controlador, ou “tijolo programável” (RESNICK *et al.*, 1996), chamado RCX (*Robotic Command Explorer*). Unindo blocos plásticos, sensores, controlador e a programação, o *kit* possibilita a construção de “objetos para pensar com” (PAPERT, 1985), ou seja, objetos concretos que podem ser movimentados através da programação e do controlador RCX²¹ e que ajudam a pensar sobre o pensar de maneira construcionista (PAPERT, 2008). Com esse *kit*, a tartaruga está concretamente fora da tela do computador; a criança pode construí-la no formato que desejar com os blocos de encaixe e, posteriormente, programar seu movimento nas oficinas de Robótica Educacional. Em 1989, Papert tornou-se o primeiro professor de Pesquisa de Aprendizagem da LEGO ministrando disciplina no Media Lab. Em 1998, após Papert tornar-se professor emérito, o nome do professor foi modificado, em sua homenagem, para o LEGO *Papert Professorship of Learning Research*. A cátedra foi passada para o ex-aluno e colaborador de longa data Mitchel Resnick, que ocupa a cadeira até hoje e atua no Media Lab dando continuidade às pesquisas no MIT (MIT MEDIA LAB, 2019a). Não é por acaso que o pensamento de Resnick está bastante próximo às ideias de Papert.

Resnick (2012), em uma conferência para o TED Talks no ano de 2012²², falou sobre a atividade de programação voltada para crianças, defendendo, assim como Papert, que é necessário proporcionar a atividade para as crianças e apresenta a ferramenta **Scratch** para o trabalho. O Scratch é um projeto do grupo Lifelong Kindergarten no Media Lab do MIT, idealizado por Mitchel Resnick, mesmo nome do seu livro mais recente (RESNICK, 2017).

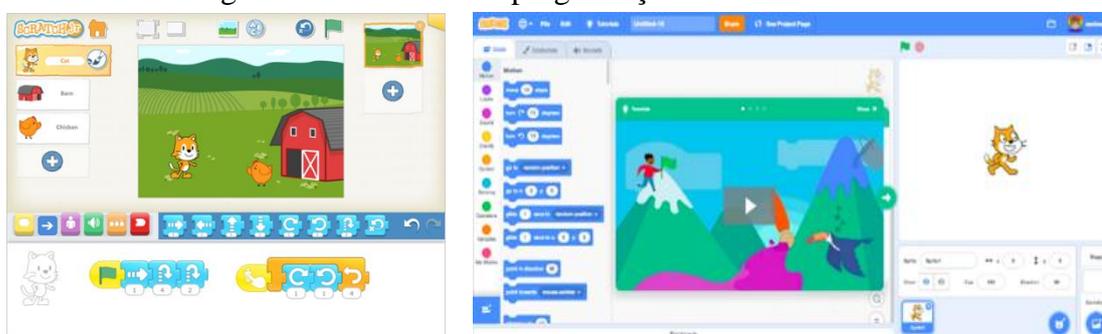
²¹ O Material LEGO® Mindstorms com controlador RCX criado da década de 1980 evoluiu para o *kit* LEGO® Mindstorms com controlador NXT, no ano 2006, e mais recentemente foi lançado o *kit* LEGO® Mindstorms com controlador Ev3, no ano de 2013.

²² Disponível em: https://www.ted.com/talks/mitch_resnick_let_s_teach_kids_to_code?language=pt-br. Acesso em: 30 nov. 2022.

Foi criado em 2007 dentro da concepção de “objeto para pensar com” de Papert. O Scratch é um *software* que se utiliza de blocos lógicos e itens de som e imagem para desenvolver histórias interativas, jogos e animações, além de compartilhar de maneira *online* as criações na comunidade. Ele foi projetado especialmente para idades entre 8 e 16 anos, mas é usado por pessoas de todas as idades.

O Scratch é acessado em cerca de 150 países, e está disponível em mais de 40 idiomas. É fornecido gratuitamente para os principais sistemas operacionais (Windows, Linux e Mac) desde 2013 (MIT MEDIA LAB, 2019b).

Figura 16 – Interface de programação ScratchJr e Scratch



Fonte: Scratch (2019).

Resnick também argumenta que as crianças da atualidade são consideradas Nativas Digitais, conceito desenvolvido inicialmente por Prensky (2001) e refere-se aos jovens que nasceram e cresceram cercados de tecnologias digitais, usando essas ferramentas desde o início de suas vidas como forma de brincar; por isso, não se intimidam diante delas. Ainda segundo Resnick, os Nativos Digitais possuem experiência e familiaridade com a tecnologia, porém não conseguem criar algo novo utilizando essa mesma tecnologia. Em suas palavras, as crianças da atualidade teriam habilidade de “ler”, utilizando-se de ferramentas tecnológicas; entretanto, demonstram dificuldades em “escrever” através dela. Dessa maneira, ele prossegue em defesa da expansão das atividades de programação com o *software* Scratch para crianças. A afirmação de Resnick remete ao conceito desenvolvido pelo pesquisador José Armando Valente do NIED/UNICAMP na década de 1990 baseado nos estudos sobre o LOGO. Valente (1993) nos fala sobre os diferentes usos que o computador pode ter na educação. Segundo ele, o computador poderia ser utilizado como “máquina de ensinar” ou “máquina de aprender”.

A utilização das ferramentas tecnológicas como “máquina de ensinar” pressupõe que a criança vai receber atividades prontas através da máquina sem provocar reflexões cognitivas. Já a utilização como “máquina de aprender” estaria relacionada ao uso reflexivo dessa

ferramenta, pois o computador não seria o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo, e, portanto, o aprendizado ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa por intermédio do computador (VALENTE, 1993). Poderíamos pensar também que, em consonância com a discussão dos conceitos em questão, em tempos de uso abusivo de telas, as crianças que utilizam *notebooks*, *tablets* e *smartphones* para acessar as redes sociais ou assistir a vídeos, também estão utilizando as ferramentas tecnológicas como máquina de ensinar, recebendo informações e imagens de maneira pronta com pouca ou nenhuma reflexão cognitiva.

Ainda na mesma conferência em defesa da atividade de programação, Resnick nos disse que, ao escrever códigos, as crianças aprendem a programar; no entanto, mais importante do que isso, elas escrevem códigos para aprender referindo-se a uma espécie de metacognição influenciada pela atividade de programação. Tal afirmação também remete ao conceito desenvolvido por Papert (1985), chamado “objetos para pensar com”. O termo relaciona-se com modelos concretos utilizados na Linguagem LOGO de programação e que se configuram como objetos que unem a presença cultural, o conhecimento implícito e a possibilidade de identificação pessoal (PAPERT, 1985). Através dos “objetos para pensar com”, a criança poderia pensar sobre o seu pensar e aprender sobre o aprender, pois, quando se aprende a programar um computador, dificilmente se acerta na primeira tentativa; especialmente em programação, aprende-se a se tornar altamente habilitado a isolar e corrigir *bugs (debug)* e as partes que impedem o funcionamento desejado do programa (PAPERT, 1985). Papert descreveu, no seu livro *Mindstorms*, como os computadores poderiam causar uma “tempestade de ideias” nas crianças através da utilização da máquina como ferramenta para aprender, estimulando a metacognição e a atividade de programação como um “objeto para pensar com” para potencializar o pensamento.

Um último ponto a ser destacado na fala de Resnick para o TED Talks diz respeito a outras possibilidades de aprendizagem que se abrem ao escrever código, referindo-se às habilidades desenvolvidas através da atividade de programação. Segundo ele, ao programar, podemos aprender como os computadores funcionam, mas não é só isso; ao programar, as crianças aprendem em um contexto significativo, pois conseguem estabelecer um sentido para aquilo que estão aprendendo, através da visualização da movimentação dos objetos. Conseguem desenvolver um processo de *design*, planejando as atividades que serão desenvolvidas e transformando uma ideia inicial em um projeto que funcione. Desenvolvem, também, a experimentação em um processo intenso de resolução de problemas, dividindo um problema em partes menores para a sua solução. Desenvolvem, ainda, a persistência e a

habilidade de encontrar e resolver defeitos (*debugging*), mediante o trabalho em grupo. No livro “*Lifelong Kindergarten*”, mesmo nome do seu grupo de pesquisas, Resnick (2017) argumenta que a maior parte do tempo da vida escolar das crianças deveria ser dedicada a atividades como aquelas desenvolvidas no início da escolarização nos Jardins de Infância, que priorizam a imaginação, a criatividade, a brincadeira, o compartilhamento e a reflexão e que a atividade de programação seria uma delas.

Desde a introdução da Linguagem LOGO de programação, na década de 1960, os computadores estão presentes no ambiente escolar e as abordagens educacionais para o emprego de ferramentas como esta, geram discussões. Raabe, Couto e Blinkstein (2020) nos dizem que cada abordagem carrega um conjunto de valores, crenças e objetivos educacionais que influenciam significativamente a forma como o papel da computação é compreendida na sociedade e como deve ser inserida na educação básica. Assim, os autores caracterizam quatro abordagens educacionais a saber que variam de acordo com o enfoque estabelecido.

A primeira abordagem educacional é a do construcionismo e letramento computacional que surgiu com as primeiras atividades de programação no ambiente escolar, com a Linguagem LOGO e os estudos decorrentes dela. Tais pesquisas buscaram teorizar esse tipo de atividade, sobretudo através do conceito desenvolvido por Papert (2008). Juntamente com o letramento digital, que seria um novo tipo de letramento que tem por base a naturalização do uso de computadores para ler, escrever e trabalhar. Esta abordagem viria de uma cultura educacional onde os envolvidos introduziram ações em computação e pesquisavam questões ligadas à aprendizagem com o computador. A segunda abordagem proposta pelos autores (RAABE; COUTO; BLINKSTEIN, 2020) surgiu com o artigo de Jeannete Wing (2006) que propôs a maneira de pensar dos Cientistas da Computação, o Pensamento Computacional, como uma possibilidade de refletir as disciplinas escolares e até mesmo a vida cotidiana. Esta abordagem surge de uma cultura computacional em que cientistas da computação julgavam relevante para a sociedade. A terceira abordagem enfatiza a necessidade do mercado de formar mais programadores e apresenta números que demonstram grande diferença entre a oferta de oportunidades de trabalho e a formação de programadores e engenheiros. Esta abordagem possui uma cultura de mercado de empresas de tecnologia e está preocupada com o avanço econômico e a demanda por profissionais. Já a quarta abordagem se refere à equidade de oportunidades para que os cidadãos do futuro exerçam sua cidadania com plenitude, pois em um mundo permeado por computação, as pessoas que não possuem conhecimentos básicos desta área poderão ser excluídas das possibilidades de participação (RAABE; COUTO; BLINKSTEIN, 2020).

3.2.1 A linguagem de programação por blocos

Para a atividade de programação com crianças, uma questão importante a ser discutida é a utilização da programação em blocos para o trabalho. A origem do nome “linguagem de programação por blocos” é imprecisa e parece remeter à Linguagem LOGO de Programação, primeira ferramenta utilizada com crianças baseada no modelo procedural de programação (BARANAUSKAS, 1993) e foi nomeada como linguagem de programação. A linguagem LOGO serviu de inspiração para integrar o Projeto LEGO-LOGO que reuniu a linguagem e as peças plásticas do tipo LEGO culminando no primeiro kit de Robótica Educacional chamado de LEGO Mindstorms na década de 1980. No kit de robótica, o software de programação remodelado é o RoboLab e possui comandos no formato de ícones com um símbolo que relaciona com a sua funcionalidade. Depois do RoboLab para robótica educacional, a ferramenta Scratch foi criada como um recurso para a atividade de programação com crianças, baseando-se também na programação por blocos. As atualizações do kit de robótica da LEGO que se seguiram continuaram utilizando os blocos para a programação. Nas ferramentas para o trabalho de programação com crianças a programação em blocos é empregada majoritariamente como foi visto no Capítulo 2.

A opção pela programação por blocos para o trabalho com crianças é intencional, pois evita que tenham excessivas dificuldades com as regras semânticas e sintáticas específicas das linguagens de programação, o que acarretaria o sentimento de fracasso e numa consequente desistência da atividade por parte da criança. Os símbolos expressos nos ícones de programação por blocos necessitam que a função simbólica seja uma capacidade dos sujeitos que realizaram a atividade, pois sem esta capacidade não seria possível ao sujeito identificar os comandos nos blocos. Se além dos símbolos, também tivermos palavras nos blocos, então será necessária a habilidade de leitura dos sujeitos.

Ajustando os recursos das ferramentas de programação às capacidades cognitivas dos sujeitos de pouca idade é possível oferecer uma “atividade de programação” em vez de um “ensino de programação” para que as crianças possam desenvolver seus conhecimentos partindo da ação sobre os objetos, da reflexão mental acerca dos observáveis desta ação e da autorregulação da aprendizagem.

Neste sentido, desenvolver atividades de programação com crianças não é o mesmo que trabalhar com adultos. Muitas vezes a programação por blocos serve para introduzir a atividade até mesmo com adolescentes como nos diz Weintrop e Wilensky (2015) que analisou, as percepções dos alunos do ensino médio, nos Estados Unidos, acerca das

facilidades e das dificuldades das ferramentas de programação baseadas em blocos em relação à linguagem textual. Depois do trabalho com os dois recursos, os alunos relataram que os fatores que contribuem para facilitar a atividade de programação baseada em blocos são: a facilidade da descrição de blocos em linguagem natural; a possibilidade de composição apenas arrastando e soltando os blocos; a facilidade de navegação na linguagem. As desvantagens citadas pelos estudantes foram: a programação por blocos seria “menos poderosa” em relação à linguagem em texto pois possuiria menos recursos; o tempo para programar através dos blocos é maior do que a linguagem em texto; a programação por blocos não seria aceita para a mercado de trabalho.

Muito se fala se a linguagem de programação por blocos seria ou não um tipo de linguagem de programação. Se considerarmos a definição do que é uma linguagem de programação, a programação por blocos pode ser considerada uma interface entre o usuário e a linguagem, onde a interface faria a “tradução” dos blocos para a linguagem. Contudo, a discussão sobre a programação por blocos ser ou não ser uma “linguagem de programação” para o trabalho com crianças acaba por ser reduzida, uma vez que parece ser somente através dela que conseguiremos introduzir as noções iniciais envolvidas na lógica de programação, especialmente no que se refere às crianças. Isto ocorre, muito provavelmente, porque as linguagens de programação não são acessíveis para crianças, a descrição em linha acarretaria muitos erros de digitação por parte das crianças e a lógica formal envolvida na atividade não é uma capacidade cognitiva infantil, por isso a opção pelo trabalho através da programação por blocos com as crianças.

3.2.2 Pensamento Computacional

O teórico que iniciou os estudos sobre a aprendizagem e a atividade de programação com crianças foi Papert, sobretudo através do conceito de construcionismo. Na sua época o termo “Pensamento Computacional” ainda não havia sido cunhado, no entanto, na obra de 1985, Papert nos fala acerca dos “objetos para pensar com” do *bug* e do *debug*, como um *mindstorms* e dos procedimentos de raciocínio de um programador, no paradigma convencional, que exigia uma descrição minuciosa de um procedimento para programar. Afirma ele:

Os computadores são requisitados para fazer muitas coisas; e para conseguir que um computador faça alguma coisa, isso exige que o processo subjacente seja descrito, em determinado nível, com precisão suficiente para que possa ser executado pela

máquina. Assim, os cientistas da computação têm dedicado muito do seu talento e energia para desenvolver poderosos formalismos descritivos (PAPERT, 1985, p. 125).

Contudo, a definição para Pensamento Computacional surgiria muitos anos depois, em 2006, com um escrito de Jeanette Wing, professora de Ciência da Computação na *Carnegie Mellon University* em Pittsburgh nos Estados Unidos, que introduziu o conceito através de um artigo em uma coluna chamada “ponto de vista” publicada na Revista *Communication of the ACM*. Nesse material, Wing (2006, p. 33, tradução nossa) afirma que:

O Pensamento Computacional envolve resolver problemas, projetar sistemas e compreender o comportamento humano, baseando-se nos conceitos fundamentais da Ciência da Computação. O Pensamento Computacional inclui uma gama de ferramentas mentais que refletem a amplitude do campo da Ciência da Computação²³.

Desde então, o artigo tem estimulado um debate internacional sobre a natureza do Pensamento Computacional, sua importância para a educação e suas contribuições para a academia, educação, indústria e formuladores de políticas (BOCCONI *et al.*, 2016).

Alguns anos depois da publicação explosiva de Wing na revista, no ano de 2010, o *National Research Council (NRC)*, nos Estados Unidos, organizou um *workshop* para discutir o escopo e a natureza do Pensamento Computacional. Participaram do evento os principais pesquisadores internacionais, incluindo Jeannette Wing. Todavia, ao final, houve divergências e não se chegou a um consenso acerca das definições (BOCCONI *et al.*, 2016). Em 2011, para levar a discussão adiante, Jeannette Wing propôs uma nova definição para Pensamento Computacional, dizendo que este é o processo de pensamento envolvido na formulação de problemas e suas soluções para que sejam representadas de forma que possam ser efetivamente realizadas por um agente de processamento de informações. Dois aspectos emergiram desta definição e são particularmente significativos para a educação. O primeiro é de que o Pensamento Computacional seria um processo de pensamento, portanto, independente da tecnologia. O segundo é de que o Pensamento Computacional seria um tipo específico de solução de problemas que envolve habilidades distintas, por exemplo, ser capaz de projetar soluções que podem ser executadas por um computador, um humano ou a combinação de ambos (BOCCONI *et al.*, 2016).

²³ Do original: “*Computational thinking involves solving problems, designing systems, and understanding human behavior, by drawing on the concepts fundamental to computer science. Computational thinking includes a range of mental tools that reflect the breadth of the field of computer science*”.

Valente (2016) nos diz que a tentativa de identificar conceitos e operacionalizar o Pensamento Computacional foi realizada por duas organizações, a *International Society for Technology in Education* (ISTE) e a *American Computer Science Teachers Association* (CSTA), que trabalharam com pesquisadores da Ciência da Computação e das áreas de Humanas e propuseram uma definição para o Pensamento Computacional que pudesse nortear as atividades realizadas na Educação Básica ou K-12²⁴. Essas instituições identificaram nove conceitos relacionados ao PC, que são os seguintes: **coleta de dados, análise de dados, representação de dados, decomposição de problema, abstração, algoritmos, automação, paralelização e simulação**. Enfatizaram, também, que as habilidades relativas a esses conceitos não estão limitadas aos sujeitos da Ciência da Computação ou das áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, mas podem ser praticadas e desenvolvidas no âmbito de todas as disciplinas.

O grupo ISTE/CSTA também desenvolveu uma definição operacional para o Pensamento Computacional como um processo de resolução de problema, que possui algumas características: formulação de problemas de uma forma que permita usar um computador e outras ferramentas para ajudar a resolvê-los; organização lógica e análise de dados; representação de dados através de abstrações como modelos e simulações; automação de soluções através do pensamento algorítmico (série de passos ordenados); identificação, análise e implementação de soluções possíveis com o objetivo de alcançar a mais eficiente e efetiva combinação de etapas e recursos; e generalização e transferência desse processo de resolução de problemas para uma ampla variedade de problemas (VALENTE, 2016).

Com base no estudo de atividades encontradas na comunidade Scratch *online* e nas oficinas Scratch, os pesquisadores Brennan e Resnick (2012) identificaram três dimensões que, segundo esses autores, estão envolvidas no Pensamento Computacional: conceitos computacionais (conceitos empregados na definição de programas, como interação, paralelismo, condicionais); práticas computacionais (práticas de como desenvolver programas, como ser incremental ou interativo, depurar, reusar) e perspectivas computacionais (perspectivas que o programador desenvolve sobre o mundo à sua volta e sobre si mesmo, como capacidade de expressão, de conexão).

Vicari, Moreira e Menezes (2018), em um levantamento detalhado acerca do Pensamento Computacional no mundo, nos falam da ausência de um conceito unânime sobre o termo. Assim, a Sociedade Brasileira de Computação (SBC) também possui uma definição

²⁴ K-12 é uma designação para a educação primária e a educação secundária como um todo. É usada nos Estados Unidos, em algumas partes da Austrália e no Canadá.

para o termo Pensamento Computacional no seu documento-base, construído com especialistas em Informática, que indica as diretrizes para o ensino de computação no Brasil. Está expresso no documento:

O Pensamento Computacional se refere à capacidade de compreender, definir, modelar, comparar, solucionar, automatizar e analisar problemas (e soluções) de forma metódica e sistemática, através da construção de algoritmos. Apesar de ser um termo recente, vem sendo considerado como um dos pilares fundamentais do intelecto humano, junto com a leitura, a escrita e a aritmética, pois, como estas, serve para descrever, explicar e modelar o universo e seus processos complexos. O Pensamento Computacional envolve abstrações e técnicas necessárias para a descrição e análise de informações (dados) e processos, bem como para a automação de soluções. O conceito de algoritmo está presente em todas as áreas e está intrinsecamente ligado à resolução de problemas, pois um algoritmo é uma descrição de um processo (que resolve um determinado problema) (RIBEIRO *et al.*, 2018, p. 6).

Assim, no Brasil, o Pensamento Computacional é amplamente divulgado e balizado sob quatro pilares: abstração, reconhecimento de padrões, divisão de problemas em partes menores e pensamento algorítmico.

Com relação às críticas acerca do termo, Valente (2016) diz que a ênfase na Ciência da Computação, especificamente na programação para o desenvolvimento do Pensamento Computacional, tem sido questionada por diferentes pesquisadores, inclusive da própria área, pois existiria um certo exagero em atribuir o termo como relacionado somente à Ciência da Computação, posto que outras áreas das ciências também desenvolveriam Pensamento Computacional. Diz ele que atribuir o termo somente à Ciência da Computação assumiria um tom arrogante.

As definições propostas para o Pensamento Computacional parecem estar próximas da abordagem sugerida por Pólya na matemática para a resolução de problemas. Segundo Pozo (1998), George Pólya (1887-1985) foi um matemático húngaro que trabalhou uma grande variedade de tópicos matemáticos, que incluíam séries, teoria dos números, combinatórias e teoria das probabilidades. Entre suas produções, tentou caracterizar o modo como se resolvia problemas de matemática e tentou descrever como deveria ser ensinada a resolução de problemas. Os passos sugeridos pelo autor para a resolução de problemas em matemática são os seguintes: 1) compreender o problema; 2) conceber um plano, encontrando conexão entre os dados e o desconhecido; considerar problemas auxiliares se uma ligação imediata não pode ser encontrada; 3) realizar o plano; 4) avaliar examinando a solução obtida. O pensamento computacional parece incluir a abordagem de Pólya, enfatizando conhecimentos específicos da Ciência da Computação.

3.2.3 Letramento Digital (*Computer Literacy*)

Pela abrangência do termo Pensamento Computacional, algumas vezes, ele pode ser confundido com Letramento Digital. O termo “letramento” tornou-se conhecido no Brasil através dos estudos de Magda Soares publicados no seu livro de 1998. O conceito, bastante desconhecido até então, propôs um certo alargamento ao conceito de alfabetização e ao significado do que é estar alfabetizado. Letramento é uma tradução da palavra inglesa *literacy* (*littera*, palavra do latim + *cy* – sufixo do inglês, ou seja, letra + qualidade). *Literate* é o adjetivo que caracteriza a pessoa que domina a leitura e a escrita e *literacy* designa o estado daquele que é *literate*, daquele que sabe tanto ler quanto escrever, mas também faz uso competente e frequente da leitura e da escrita (SOARES, 2010). Assim, existe uma diferença entre saber ler e escrever (alfabetizado) e viver na condição ou estado de quem sabe ler e escrever (letrado). Tornar-se letrado é também tornar-se cognitivamente diferente: a pessoa passa a ter uma forma de pensar diferente da forma de pensar de uma pessoa analfabeta ou iletrada. O indivíduo que vive em estado de letramento não é só aquele que sabe ler e escrever, mas quem usa socialmente, prática e responde adequadamente às demandas sociais da leitura e da escrita (SOARES, 2010).

O conceito de letramento foi estendido para outras áreas, assim como a computação (*computer literacy*), e relaciona-se com uma gama de habilidades que abrangem desde o uso elementar até a programação de computadores e a resolução avançada de problemas. Letramento digital ou *computer literacy* seria então a capacidade de utilizar computadores e as tecnologias relacionadas a ele de maneira eficiente, entendendo como os computadores funcionam e operam de maneira mais próxima e desenvolvendo habilidades para o seu uso. *Computer literacy* também pode se referir ao nível de proficiência de alguém quanto ao uso de programas de computador e outros aplicativos associados aos computadores. Portanto, letramento digital também é um conceito mais abrangente que se diferencia da programação de computadores, entendida como *design* e codificação.

A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) possui um projeto chamado “Letramento em Programação”²⁵ que visa contribuir com a Educação Integral, desenvolvendo o Pensamento Computacional por meio de práticas de programação de computadores que está em consonância com o conceito de letramento digital:

²⁵ Em 2018, o Programa Letramento em Programação foi realizado a partir da parceria entre o Instituto Ayrton Senna, quatro instituições de Ensino Superior e 19 municípios dos estados do Amazonas, Pernambuco, Rio Grande do Sul e São Paulo, impactando cerca de 150 educadores e 3000 estudantes do Ensino Fundamental de escolas públicas.

Em outras palavras, pretende-se que, letrados em linguagens de programação diversas, estudantes e professores do Ensino Fundamental, de diversas áreas do conhecimento, de escolas públicas ampliem suas capacidades de criação e expressão no mundo digital. De forma mais específica, os objetivos do projeto são: (1) desenvolver competências para o desenvolvimento integral de estudantes; (2) formar educadores para que atuem como facilitadores de atividades de introdução à programação de computadores no cotidiano escolar; (3) produzir conhecimento sobre melhores práticas, estratégias de uso da programação, e sua relação com o desenvolvimento dos alunos; (4) trabalhar em rede com parcerias para construção coletiva das propostas, incluindo redes de ensino, universidades, especialistas da área e empresas parceiras (SBC, 2021, n.p.).

Através do uso de novos suportes tecnológicos trazidos pelas ferramentas digitais, se faz necessário também questionar os modos de inserção e de uso da escrita nas sociedades letradas contemporâneas. Nesse sentido, Coscarelli (2017) nos diz que a habilidade de digitação deve ser valorizada e desenvolvida na escola, pois, se antes era importante saber separar as sílabas, hoje, quem digita não precisa se preocupar em partir as palavras para alinhar o texto, pois o computador faz isso automaticamente. Se antes era preciso saber escrever com letra cursiva, de preferência legível e bonita, agora é preciso saber digitar, é preciso conhecer as fontes disponíveis no computador e como usá-las. A autora faz um alerta de que ainda não precisamos trocar o lápis e a caneta pelo teclado, mas devemos aceitar essa troca como algo previsto para um futuro próximo, esperando que isso não se dê apenas nas camadas privilegiadas da sociedade (COSCARELLI, 2017).

3.2.4 Computação Desplugada

O projeto *Computer Science Unplugged*, ou *CS Unplugged*, desenvolvido pela Universidade de Canterbury, Nova Zelândia, tem como objetivo o ensino de conceitos da Ciência da Computação sem o uso do computador (BELL *et al.*, 2015). O *site* do projeto *Unplugged* (www.csunplugged.org) disponibiliza gratuitamente um livro em diversos idiomas contendo atividades para ensinar os fundamentos da Ciência da Computação sem a necessidade de computadores. O livro “*Computer Science Unplugged*” consiste em uma coleção de atividades que podem ser desenvolvidas independentemente de recursos de *hardware* ou *software*. Assim, as “atividades desplugadas” são passíveis de aplicação em localidades remotas com acesso precário de infraestrutura (sem energia elétrica ou

computadores disponíveis) e, conforme informações do próprio livro, podem até²⁶ ser ministradas por não especialistas em computação (BELL *et al.*, 2015).

O livro está estruturado em três partes: “Representando as Informações”, “Algoritmos” e “Representando Procedimentos”. A primeira parte apresenta atividades que ilustram as formas utilizadas pelos computadores na representação dos dados tratando de temas como armazenamento e representação da informação (números binários, texto e imagens) e compressão de dados. A parte sobre “Algoritmos” aborda métodos computacionais de uso frequente no cotidiano, tais como os algoritmos de ordenação e de busca de informação. A última parte, “Representação de Procedimentos”, apresenta conceitos relacionados às ferramentas e técnicas do âmbito da computação, tais como autômatos de estados finitos, grafos e das linguagens de programação (BELL *et al.*, 2015).

Segundo Brackmann (2017), levando-se em consideração a situação socioeconômica brasileira, em que 48,8% das escolas não possuem um laboratório de informática e 5,5% sequer possuem energia elétrica, conforme informações do INEP (2017, *apud* BRACKMANN, 2017), o ensino de conceitos da computação através de atividades *offline* (sem o uso de máquinas ou aparatos eletrônicos), também conhecido como “Desplugada” ou “*Unplugged*” seria uma alternativa interessante para universalizar o acesso a esse conhecimento.

Embora essas atividades sejam de implementação relativamente simples e possam ser realizadas com alunos que ainda não têm acesso à tecnologia e em (praticamente) qualquer lugar, elas têm sido criticadas, segundo Valente (2016), pelo fato de, como apontado pelos pesquisadores que participaram do *National Research Council* em 2011, o trabalho com as tecnologias digitais tem algo especial que não pode ser explorado através de outras atividades. Isso poderia acarretar o desenvolvimento de uma visão distorcida da computação, ou ainda distanciá-los da própria área, uma vez que, a prática de programar o computador é fundamental e praticamente única.

3.2.5 STEM ou STEAM

No capítulo onde foi realizado um levantamento sobre os materiais disponíveis no mercado para o ensino de programação, chamou a atenção a frequência com que o termo

²⁶ A palavra “até” na frase citada do livro “*Computer Science Unplugged*” chama a atenção para refletir sobre quem deveria desempenhar a docência da atividade de programação no meio escolar. A palavra sugeriria que somente professores especialistas em computação poderiam ministrar aulas de programação.

STEM *Education* ou STEAM *Education* apareceu vinculado aos brinquedos programáveis. Quase sempre em lugar de destaque. Por isso, é importante uma breve análise do seu significado.

Segundo Pugliese (2017), o STEM *Education* é apresentado como uma metodologia ou uma proposta inovadora no ensino de Ciências. Nela, há uma ideia de rompimento com o ensino tradicional de Ciências, no qual o aluno interage muito pouco com o objeto de estudo e não vê conexões com o mundo empírico. No que diz respeito aos sistemas educacionais, diversos países têm se voltado para um formato de educação que enfatiza a Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, o chamado STEM *Education* (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Frequentemente, os programas educacionais STEM, tanto governamentais, quanto não governamentais, advogam que o STEM *Education* é uma forma libertadora do tradicionalismo e da aprendizagem não participativa, substituindo-os pela aprendizagem multidisciplinar, baseada em projetos e conectados às futuras escolhas profissionais.

Ainda segundo Pugliese (2017), STEM *Education* pode significar o óbvio, num primeiro momento, o ensino de Ciências e de Matemática incrementado com novos conteúdos de novas áreas que ganharam espaço na sociedade nas últimas décadas, principalmente a computação. Entretanto, o termo hoje possui uma conotação muito mais complexa e contém um emaranhado de significados sem consenso como também é o caso do termo Pensamento Computacional.

O STEM *Education* teve sua origem nos Estados Unidos na década de 1990 e trabalha com a ênfase nas quatro áreas do acrônimo, interferindo no currículo de Ciências, sugerindo uma abordagem específica. A abordagem adquiriu proporções significativas principalmente nos EUA, país no qual despontou inicialmente. O termo foi introduzido pela *National Science Foundation* (NSF) nos anos 1990 como SMET (*Science, Mathematics, Engineering and Technology*). Apenas na última década começou a ganhar visibilidade, especialmente a partir de 2001, quando uma das diretoras do NSF sugeriu o termo STEM ao invés de SMET, o que se disseminou pelo mundo por três fatores investigados por Pugliese (2017):

- O espaço que a inovação adquiriu nas sociedades, associado às transformações tecno-científicas;
- A publicação de uma série de relatórios indicando que os EUA passavam por uma escassez de profissionais capacitados nas áreas STEM e que perderiam competitividade econômica por isso;

- A publicação de relatórios internacionais indicando baixo desempenho e interesse dos estudantes norte-americanos em várias áreas, incluindo Ciências.

Ainda dentro da discussão sobre o que constitui a essência do movimento *STEM Education*, tem se constituído uma questão em torno da integração de STEM com as Humanidades, mais especificamente as Artes, dando origem ao termo STEAM (*Science, Technology, Engineering Arts and Mathematics*). Existe inclusive uma revista especializada em STEAM, o *Journal of STEAM Education*. Porém, alguns autores fazem ressalvas quanto à forma pela qual as Artes entram nesse processo, pois, muitas vezes, são encaradas como acessório lúdico ou de uma forma estritamente utilitarista, não propriamente como um campo do conhecimento. Nesse caso, as funções de sensibilização, educação, criatividade, criticidade ou esteticismo da Arte não são preconizadas, o que coloca em questionamento qual a verdadeira posição das Artes no acrônimo.

4 O PROCESSO DE APRENDIZAGEM HUMANA

Desde os primeiros filósofos da Grécia Antiga que se preocuparam com a origem da razão até os dias atuais, foram criadas muitas narrativas para explicar a aprendizagem nos seres humanos. Filósofos, pedagogos, psicólogos e neurocientistas buscaram e buscam investigar e explicar o complexo processo de aprendizagem e conhecimento através de muitos estudos como descrito a seguir. Contudo, os estudos do biólogo Jean Piaget são os que mais contribuem para pensar os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem.

4.1 ORIGENS DOS ESTUDOS SOBRE APRENDIZAGEM

As origens dos estudos acerca da aprendizagem humana remetem à campos da filosofia tais como teoria do conhecimento, lógica e epistemologia, desde a Grécia Antiga, quando se iniciou o pensamento filosófico, o conhecimento racional e o estudo da razão. Durante muitos séculos, a filosofia dividiu suas explicações acerca da origem da razão entre concepções inatista (também chamada de apriorista) e empirista, o que gerou influência nas teorias da aprendizagem produzidas posteriormente.

A explicação **inatista/apriorista** para a origem da razão afirma que nascemos portando princípios racionais e ideias inatas. Os escritos de Platão (séc. IV a.C.) relatam que Sócrates conversava com as pessoas na rua através do seu método da maiêutica, buscando retirar delas a “ideia” ou a reflexão que chamava de “essência da ideia” que já estaria presente no ser humano desde o nascimento, bastando “aflorar” através deste método de indagação. A influência da teoria inatista pode ser encontrada ainda no século XIX e XX nos testes de Alfred Binet, por exemplo, teórico que defendia a transmissão hereditária de habilidades e criou os testes de QI. Também a teoria da Gestalt que trata o *insight* como uma clareza súbita na mente, desconsiderando todo o esforço cognitivo do indivíduo para a construção do seu conhecimento.

A explicação inatista para a origem da razão foi questionada pelos filósofos empiristas ingleses do século XVI ao XVIII que rebateram as afirmações, indagando sobre como se explicariam as mudanças e as falsidades de ideias na concepção inatista, pois, sendo as ideias e os princípios da razão inatos, nenhuma experiência poderia modificá-los (CHAUI, 1999). Os filósofos criaram então a teoria **empirista**, contrapondo ao inatismo. Afirmavam que a razão é adquirida por nós através do conhecimento empírico, ou seja, através da experiência. Todos os seres humanos nasceriam uma “tábula rasa” onde nada foi gravado e todo o

conhecimento seria transferido. O conhecimento, para os empiristas, começaria com a experiência dos sentidos, as sensações se reuniriam e formariam a percepção de um objeto. As percepções se associariam por repetição, e de tanto se repetirem, formariam as ideias trazidas pela experiência que são levadas à memória e de lá a razão as retira para formar os pensamentos (CHAUI, 1999).

Quando o ensino individual da Idade Média foi substituído pelo ensino simultâneo ou em grandes classes etárias, certos profissionais já manifestavam a necessidade de introduzir intermediários entre a fala do professor e a compreensão dos estudantes. Mas foi apenas com a pedagogia experimental do século XX que se chegou efetivamente a compreender o alcance do problema. A criança não é um ser passivo cujo cérebro deve ser preenchido, mas, um ser ativo, cuja pesquisa espontânea necessita de fomento. Foi precisamente esse dado fundamental da sociologia do pensamento que pedagogos encontraram quando, depois de estabelecer que a criança não é passiva, mas ativa e que a razão, longe de ser inata no indivíduo, elabora-se pouco a pouco, descobriram que a vida no grupo é o meio natural dessa atividade intelectual, e a cooperação, o instrumento necessário para a formação do pensamento racional (PIAGET, 1998).

O movimento da Escola Nova, também chamada de Escola Ativa ou Escola Progressista, foi um movimento de renovação especialmente forte na Europa, nos Estados Unidos e no Brasil, que representou a mudança radical de perspectiva na educação: de seres passivos que nasciam com o conhecimento ou recebiam tudo do meio, para seres ativos nesta construção. Na Europa, os precursores da Escola Nova foram: Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) e os pedagogos Heinrich Pestalozzi (1746-1827) e Freidrich Fröebel (1782-1852), o psicólogo Edouard Claparède (1873-1940) e o educador Adolphe Ferrière (1879-1960). Já nos Estados Unidos, o grande nome do movimento foi o filósofo e pedagogo John Dewey (1859-1952). No Brasil, as ideias da Escola Nova foram introduzidas em 1882 por Rui Barbosa (1849-1923). No século XX, vários educadores se destacaram, especialmente após a divulgação do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, de 1932. Podemos mencionar Lourenço Filho (1897-1970) e Anísio Teixeira (1900-1971), grandes humanistas e nomes importantes de nossa história pedagógica. Assim, o movimento da Escola Nova, em todo o mundo ocidental, deixou legados e legatários, surgindo para propor novos caminhos para uma reconstrução educacional que atendesse às necessidades vigentes da época, assumindo uma visão mais social e mais humana em busca da formação natural e integral dos indivíduos. No Brasil esse movimento se desenvolveu no momento de profundas transformações econômicas, políticas e sociais, onde pairavam críticas ao modelo tradicional de educação e se articulava

um novo ideário de ensino mais instigador que se consolidou a partir do Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova em 1932.

O movimento escolanovista reuniu um conjunto de princípios que orientaram e orientam propostas pedagógicas em vários países. Piaget, embora não seja considerado um escolanovista, porque também não era educador, era um defensor da escola ativa, por considerar que sua teoria epistemológica ia ao encontro dos princípios desse movimento, que realçava os métodos ativos sobre os tradicionais e por considerar as diferenças de desenvolvimento das crianças em comparação aos adultos diferentemente das teorias tradicionais, adequando procedimentos didáticos aos estádios do desenvolvimento.

As teorias que defendem uma aprendizagem ativa por parte do indivíduo entendem que o conhecimento não é uma sensação, tampouco uma percepção, mas, sim uma construção elaborada pelo próprio sujeito. Comungam desta ideia teóricos como Lev Vygotsky (1896-1934), Maria Montessori (1870-1952), Célestin Freinet (1896-1966) e Paulo Freire (1921-1997).

Contudo, as concepções inatistas/apriorista e empirista acerca da aprendizagem humana traduzem-se em representações e comportamentos por parte dos docentes (nem sempre conscientes), que orientam ações pedagógicas no ambiente escolar até os dias de hoje, como nos mostra a pesquisa de Becker (1993). No caso do professor que possui uma concepção inatista do processo de aprendizagem humana, sua prática se traduzirá em ações do tipo *laissez-faire*, ou seja, de liberalismo total, onde os estudantes podem fazer o que desejarem sem punições ou cobranças, durante as aulas, visto que o professor acredita que o conhecimento já nasceu com o sujeito e só basta para isso “aflorar” a qualquer momento. Becker (1993) chamou este tipo de pedagogia de “não diretiva”, pois, possuindo essa concepção o professor “se policiaria” para interferir o mínimo possível no aprendizado do aluno. O professor orientado por uma concepção empirista pedirá silêncio o tempo todo na sua aula e realizará exaustivas exposições orais, onde os alunos apenas escutarão por horas as explicações do professor, pois, ele acredita que assim estará “depositando” o conhecimento nos seus alunos. Becker (1993) chamou este tipo de pedagogia de diretiva, porque o professor acredita no mito da transferência do conhecimento.

De acordo com Piaget, a escola acompanha o período de passagem do estado egocêntrico para o processo de socialização do indivíduo, podendo promover ações ativas que levariam à cooperação e à solidariedade. A Escola Ativa pressupõe a alternância entre o trabalho individual e o trabalho em grupo. Sendo a cooperação, indispensável para a elaboração da razão, o método de trabalho em grupo está fundado sobre mecanismos

essenciais da psicologia da criança (PIAGET, 1998). Na atualidade, os princípios da Escola Ativa foram revisitados através do conceito de “metodologias ativas” (BACICH; MORAN, 2018) que inclui também as ferramentas tecnológicas da atualidade.

Jean Piaget se ocupou desde os anos 1920 com a questão da aprendizagem humana. Período em que as concepções inatistas e apriorista orientavam as pesquisas e teorias da época e por isso, ao longo de muitas das suas obras, Piaget apresentou argumentos para refutar essas explicações e fortalecer sua hipótese de construção do conhecimento. Suas investigações, ao longo de mais de 50 anos, buscaram responder à questão de como se evolui de um **conhecimento menor para outro maior**. Para responder a essa questão ele transitou por várias áreas como pedagogia, lógica, filosofia, sociologia e psicologia, e, portanto, é considerado um epistemólogo e psicólogo. Suas investigações contabilizam mais de 70 livros e 330 artigos publicados na área, com argumentos bem fundamentados em extensa pesquisa empírica. A teoria criada por ele é chamada de Epistemologia Genética por se preocupar com a origem do conhecimento nos seres humanos. Nesse caso, “genética” não está relacionada aos “genes”, e sim à “gênese”, ou origem do conhecimento humano.

Se Piaget tivesse nascido no início do século XX e possuísse o aparato tecnológico que possuímos hoje, talvez suas pesquisas se aproximassem dos estudos das neurociências, ainda mais sendo ele um biólogo. Alguns estudos que procuram relações entre as neurociências e a epistemologia genética evidenciam convergências entre a teoria de Jean Piaget e o funcionamento cerebral como afirma Corso (2009) e Becker (2014). A vasta obra de Piaget é um todo que exige por parte do leitor um conhecimento daquilo que foi chamado por Battro (1976) de “Sistema de Piaget”, para não correr o risco de, conhecendo apenas um aspecto dos seus escritos, confundir uma parte com o todo da sua vasta produção científica.

A ideia de um pós-construtivismo começou a ser desenvolvida antes mesmo da morte de Piaget, por pesquisadores e estudiosos da sua teoria e a partir de um pedido do próprio Piaget na homenagem feita a ele na ocasião dos seus 80 anos. Naquele momento, Piaget teria pedido que seu legado fosse ampliado e que respostas fossem encontradas para as lacunas da sua teoria (GROSSI; BORDIN, 1993). Segundo Grossi e Bordin (1993), ele agiu humildemente, como deveria competir a todos nós, que não somos a fonte de todos os saberes, porque não somos capazes de abordar a infinitude que é a realidade. Foi o que Emília Ferreiro (FERREIRO; TEBEROSKY, 1999) fez na alfabetização, por exemplo, escutando a voz do mestre constatou que existem, não estádios amplos, como a macrogênese, mas níveis psicogenéticos pelos quais os alfabetizados percorrem até chegar a serem leitores e escritores. Constance Kamii (KAMII, 1988, 1990; KAMII; DEVRIES, 1985) contribuiu

enormemente para a teorização de aspectos relacionados ao desenvolvimento infantil no que se relaciona à educação infantil, através de propostas de aplicações da teoria de Piaget para a prática escolar. Vergnaud (2009) realizou análises das condutas das crianças, dos seus erros e acertos, diante de tarefas matemáticas, bem como da análise das representações que acompanham o pensamento infantil. É o que Inhelder *et al.* (1996) também realizou, sobretudo através da análise das representações infantis na solução de problemas, propondo aprofundamentos da teoria de Piaget. Aliás, o trabalho de Inhelder, ao dar ênfase nas microgêneses cognitivas, nos parece ser o que há de mais fértil nos estudos pós-piagetianos.

A principal crítica tecida à teoria de Piaget pelos pós-piagetianos ou neopiagetianos é a variabilidade, ou seja, as maneiras dinâmicas pelas quais as ações das pessoas diferem e mudam em todas as idades, em todas as culturas, entre os diferentes contextos, tarefas e estados emocionais (FISCHER, 1980; ROSE; FISCHER, 2009). Piaget previu que, à medida que um novo estágio fosse construído, toda a cognição se transformaria através de um salto qualitativo. No entanto, pesquisas posteriores encontraram irregularidades no desenvolvimento das noções de acordo com a idade e estágio cognitivo. Piaget apontou tal defasagem através do conceito de decalagem, mas, segundo os pós-piagetianos/neopiagetianos, o conceito seria um ponto de partida, mas não uma explicação para as variabilidades (FELDMAN, 2004). A ausência de sincronismo no desenvolvimento é chamada por Piaget de decalagem horizontal (PIAGET, 1978c [1972]). O conceito refere-se às diferenças de elaboração das noções encontradas em um mesmo estágio de desenvolvimento. Outros estudos foram desenvolvidos partindo deste ponto, tais como Feldman (2004) e Demetriou, Spanoudis e Mouyi (2010), propõem outras divisões para os estágios do desenvolvimento propostos por Piaget, mas sem o embasamento em vasta produção científica como os estudos piagetianos. Ainda assim, os próprios pós-piagetianos concordam que as descobertas posteriores não refutam a teoria construtivista de Jean Piaget.

4.2 EPISTEMOLOGIA GENÉTICA

Jean Piaget interessou-se por problemas de epistemologia e teorizou com base naquilo que considerou universal, em qualquer sujeito, que são as estruturas cognitivas. Podemos dizer que Piaget se ocupou mais com as **macrogêneses**, as grandes categorias (de espaço, tempo, causalidade, por exemplo), que explicam a aprendizagem do sujeito universal através das estruturas cognitivas. As macrogêneses são categorias fundamentais do conhecimento, sem as quais nenhuma adaptação à realidade e nenhum pensamento coerente seria possível.

Piaget construiu sua teorização baseado em um **sujeito epistêmico**, ou seja, aquele sujeito que não é alguém específico, mas é generalizável em qualquer tempo ou espaço.

Montangero e Maurice-Naville (1998) apresentam uma visão cronológica que divide a obra de Piaget em quatro períodos e nos ajuda a compreender um pouco mais sobre essa teoria e seus conceitos. No primeiro período das obras de Piaget (1920-1930), ele investigou a mentalidade infantil e a socialização progressiva do pensamento onde desenvolveu os conceitos de **egocentrismo e cooperação**. Já na segunda fase das suas investigações (anos 1930-1945) o teórico realizou um paralelo entre desenvolvimento intelectual e adaptação biológica. Foi nesse período que os conceitos de **assimilação e acomodação** como forma de adaptação da inteligência humana foram desenvolvidos. Na terceira fase (do fim dos anos 30 ao fim dos anos 50) Piaget realizou uma análise estrutural a serviço do estudo da formação das categorias do conhecimento. Nesse período, ele trabalhou junto com colaboradores e investigou sobretudo as **estruturas** do pensamento. Em uma fase de transição (fim dos anos 50 ao fim dos anos 60), Piaget focou nas **estruturas operatórias** do pensamento e se interessou pelos mecanismos do desenvolvimento. No período, desenvolveu o conceito de **sujeito epistêmico**. No quarto período das suas investigações Piaget preocupou-se em investigar como surgem os conhecimentos novos, além de retomar vários conceitos que constituem múltiplas maneiras de explicar o mesmo progresso do conhecimento.

Para a abordagem baseada em Piaget os conceitos de aprendizagem e desenvolvimento não são equivalentes. O **desenvolvimento**, segundo Piaget (1972), é o processo espontâneo ligado à embriogênese e se relaciona com a totalidade das estruturas do conhecimento. O desenvolvimento explica a aprendizagem, mas não é determinante para que ela aconteça. A maturação do organismo é condição prévia para que ocorra a aprendizagem, mas somente ela também não garante o processo. A **aprendizagem**²⁷ é provocada por situações e é oposto ao espontâneo. A aprendizagem, para Piaget, é uma adaptação que é a transformação produzida no sujeito ao assimilar e acomodar o conteúdo que acontece na ação. Para ocorrer aprendizagem é necessária uma assimilação que se prolongue em acomodação, pois aprender é construir estruturas através do processo de Abstração Reflexionante. Para Piaget e Gréco (1974 [1959]), aprendizagem e **conhecimento** também não são sinônimos. **Conhecer** é organizar, estruturar e explicar a partir da experiência. Somente a experiência ou a vivência, então, não é sinônimo de conhecimento. Podemos ter uma experiência, vivenciar algo, mas nem por isso conhecemos o objeto. Imaginar que um sujeito deva ter determinado

²⁷ Ele diferencia aprendizagem *strictu sensu* que é o resultado em função da experiência e aprendizagem *latu sensu* que é a união de aprendizagens.

comportamento somente porque já tem idade, ou porque foi colocado em contato com um determinado material, é um equívoco frequente em educação. Conhecer em epistemologia genética é conceituar e inserir em uma estrutura. Realizada essa diferenciação conceitual inicial, vamos ver agora de maneira mais detalhada, como se explica o processo de aprendizagem na teoria da Epistemologia Genética.

Na segunda fase de escritos de Piaget, na obra *O Nascimento da Inteligência* (PIAGET, 1975 [1936]), o autor nos fala acerca do problema biológico da inteligência e descreve ao longo de uma introdução bastante densa o que seria a continuidade existente entre a inteligência e os processos biológicos. Assim, a inteligência para a Epistemologia Genética, nada mais é do que **adaptação**, um conceito de origem biológica das espécies, que juntamente com o conceito de **organização** constitui o que Piaget chama de invariantes funcionais. As invariantes funcionais possuem esse nome pois são mecanismos que funcionam da mesma maneira desde as fases mais primitivas do desenvolvimento humano até a morte. É através do mecanismo de adaptação ao ambiente externo que o sujeito **assimila** tudo aquilo que as suas estruturas mentais internas lhe permitem assimilar e **acomoda** transformando essas estruturas, em um movimento contínuo de conservação da estrutura anterior e incorporação de algo novo de maneira ascendente, pois acomodar implica em transformação das estruturas internas do sujeito. Qualquer aprendizagem implica em **estruturas** subjacentes à ação que lhe deu origem, mas essa estrutura mental não é observável, é orgânica e específica para o ato de conhecer, responsável pela nossa capacidade de estabelecer relações lógicas. Para Piaget, uma estrutura é um conjunto de elementos relacionados entre si, interdependentes, de forma que não podemos definir ou caracterizar os elementos independentemente destas relações. Na origem das estruturas estão os esquemas, pois uma estrutura é o resultado da organização de sistemas de esquemas. O **esquema** é aquilo que é generalizável em uma ação, ou seja, o que se interioriza de uma ação é a sua generalização, isto é, o esquema que por sua vez possibilita a ação subsequente. Uma vez em contato com o meio, o sujeito é solicitado a adaptar-se e organizar-se (invariantes funcionais) construindo esquemas de assimilação. Os esquemas são coordenados em sistemas que por sua vez possibilitam novas assimilações. Ao estabelecer novas assimilações o sujeito constrói outros esquemas de ação que provocam transformações cognitivas que originarão novas estruturas mentais.

Dito de outra maneira, em termos de aprendizagem, ao nos depararmos com um conhecimento novo tentamos assimilá-lo aos esquemas e estruturas cognitivas que possuímos e que foram construídos desde o início de nossas vidas. Quando a assimilação não é possível, realizamos modificações estruturais (acomodações) para que o conhecimento novo possa ser

incorporado às estruturas cognitivas. Ao acomodar, o esquema se reconstrói e se prolonga, gerando um novo esquema de assimilação em outro nível, sempre mais elevado, de equilíbrio. Assim, o mecanismo da assimilação se complementa na acomodação, pois, ao contrário do que a palavra pode parecer significar, a acomodação é justamente a transformação da estrutura cognitiva quando acontece a aprendizagem.

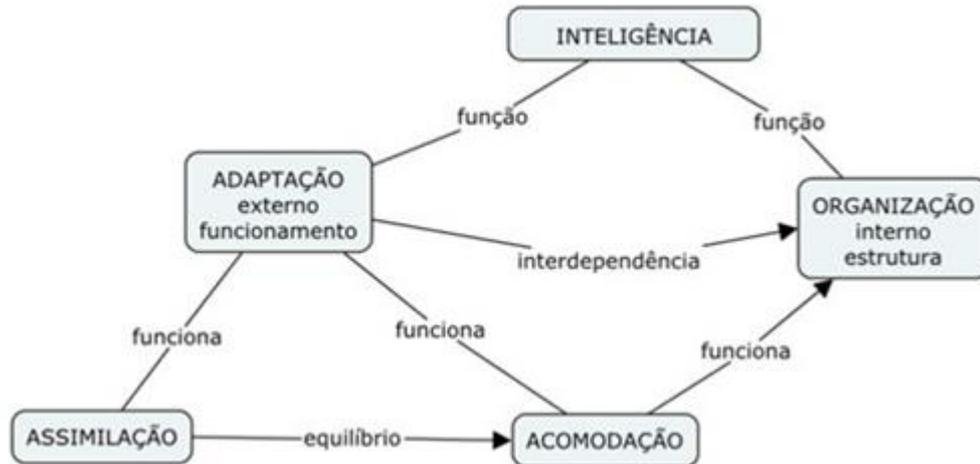
Portanto, um esquema é uma sequência de reações suscetível de se reproduzir frente a um desafio do meio e possível de ser generalizada para outra ação. Quando um esquema de assimilação se torna insuficiente para dar conta dos desafios que se colocam ao sujeito, ele se modifica (acomoda) para dar conta de novas assimilações (novas retiradas ou abstrações). Se outras dificuldades, ou desequilíbrios, se apresentarem ao sujeito ele realizará novamente acomodações nos seus esquemas para dar conta do desafio (em um nível superior como o movimento de espiral) e assim sucessivamente.

O equilíbrio entre assimilação e acomodação a que se refere Piaget não é um estado de inatividade, de equilíbrio mecânico (quando as forças se equivalem sem superposição), pelo contrário, é um movimento de constantes trocas entre o organismo e o meio, um processo ativo, de autorregulação, que exprime uma síntese, pois, o equilíbrio do sistema é alcançado justamente pelo movimento de conservação e integração. “Parece importante distinguir o estado de equilíbrio (fonte de permanência) da equilibração, processo de construção e, portanto, mecanismo de troca, mesmo que Piaget eventualmente troque um termo pelo outro” (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998, p. 163). O conceito de equilibração em Piaget pode ser explicado da seguinte maneira:

As perturbações cognitivas provocam um desequilíbrio (causa ou desencadeador da equilibração) que engendra regulações (meios pelos quais a equilibração se realiza). As regulações visam a compensar as perturbações, mas fazendo isso, geram novas construções (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998, p. 156).

O equilíbrio ou autorregulação, entre assimilação e acomodação, é o que gera a equilibração. Para Piaget (1972), a equilibração é um dos quatro fatores que explicam o desenvolvimento das estruturas cognitivas do sujeito. Os outros fatores são a maturação, a experiência e a transmissão social. Se pudéssemos representar através de um mapa conceitual os conceitos abordados até aqui, o resultado seria o seguinte:

Figura 17 – Mapa conceitual dos conceitos piagetianos



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O movimento de adaptação, por assim dizer, relaciona-se mais ao funcionamento do sistema cognitivo que assimila e acomoda, enquanto a organização relaciona-se mais com as estruturas construídas ao longo deste movimento que, por sua vez, são a base do funcionamento cognitivo do sujeito. Os movimentos de adaptação e de organização são inseparáveis, pois, segundo Piaget (1975 [1936]), é adaptando-se aos objetos que o pensamento se organiza e é organizando-se que o pensamento se estrutura.

Ainda no mesmo livro de Piaget sobre *O Nascimento da Inteligência* (1975 [1936]), que descreve minuciosamente os comportamentos do lactente desde o nascimento até os dezoito meses de idade (estádio sensório-motor do desenvolvimento), onde observa-se a lógica em ação que constitui a inteligência prática do bebê, Piaget nos diz que a inteligência é a busca intencional de meios para atingir um fim, ou seja, que a inteligência “nasce” através da intencionalidade manifestada no comportamento da criança por volta dos nove meses de idade. O autor conclui que o funcionamento da inteligência prolonga o da organização biológica, superando-o e realizando assim uma integração entre os planos biológicos e psicológicos da inteligência. A adaptação (ou inteligência) é um equilíbrio entre o processo de assimilação e o de acomodação.

A ação e a intencionalidade da ação, presente no bebê desde o início da vida, é uma das questões centrais na obra de Piaget. A ação do sujeito é o ponto de partida para a construção da inteligência humana, pois, para aprender, cada sujeito construirá para si os objetos do mundo e isso acontecerá através da sua própria ação física ou mental. Para realizar todo o processo de construção do conhecimento é necessário que o sujeito aja externamente sobre objetos e opere internamente nas suas estruturas mentais. Ninguém poderá fazer isto por

ele. Para a epistemologia genética, o indivíduo nasceria apenas com a “possibilidade” de aprender, pois, tudo dependerá do meio e da sua ação sobre ele desencadeada pelo interesse:

Em todos os níveis, a ação supõe sempre um interesse que a desencadeia, podendo-se tratar de uma necessidade fisiológica, afetiva ou intelectual (a necessidade apresenta-se neste último caso sob a forma de uma pergunta ou de um problema). [...] A ação humana consiste neste movimento contínuo e perpétuo de reajustamento ou de equilibração (PIAGET, 1980 [1964], p. 12-14).

Essa é a crítica epistemológica radical de Piaget às concepções inatista e empirista, pois, ambas acreditam num sujeito passivo que nasce com “prontidão”, só esperando “desabrochar” ou que recebe tudo depositado através do meio.

Além das invariantes funcionais, esquemas, estruturas e equilibração, Piaget investigou e produziu sobre os processos cognitivos na tentativa de responder sua questão central: “Como se passa de um estado de menor conhecimento para um estado de maior conhecimento?” (FERREIRO, 1997, p. 166). Neste sentido, o conceito de abstração nos ajuda a compreender um pouco mais o processo de cognição.

O **Processo de Abstração** (PIAGET *et al.*, 1995 [1977]) consiste em um processo ativo de retirar, extrair (nunca na sua totalidade) do meio aquilo que é possível assimilar através dos esquemas de assimilação num determinado momento e projetar em um nível superior, construindo os esquemas de ação do sujeito. Esse processo de assimilação retira informações/materiais dos observáveis (abstração empírica) ou dos não observáveis (abstração reflexionante), que são as coordenações das ações realizadas pela cognição. O produto das abstrações empíricas e reflexionantes, realizadas através da ação do sujeito, é um esquema de assimilação. Através do Processo de **Abstração Empírica** o sujeito assimila dados daquilo que é observável na **experiência física**. Dessa forma, podemos dizer que um objeto é verde, ou azul, que é leve ou pesado de acordo com suas características, desde que o sujeito possua esquemas para isso. Retirar dados observáveis através da experiência física é um processo de Abstração Empírica, mas, uma Abstração Empírica dependerá sempre de Abstrações Reflexionantes realizadas anteriormente para a construção cognitiva destas categorias. Já o processo de **Abstração Reflexionante** é estruturante, ou seja, é retirado dos não observáveis e dependerá das relações internas estabelecidas pelo sujeito, ou seja, da experiência *lógico-matemática*. Assim, dizer que o objeto é parecido com, ou que é tão grande como outro, é colocá-lo em relação, pois, essa propriedade não aparece no objeto, mas nas relações estabelecidas através da ação mental do próprio sujeito. O processo de Abstração Reflexionante comporta dois aspectos inseparáveis: o reflexionamento e a reflexão. O

reflexionamento é a projeção sobre um patamar superior daquilo que foi tirado do patamar inferior, é a diferenciação. Já a **reflexão** é um ato mental de reconstrução e reorganização sobre o patamar superior daquilo que foi assim transferido do inferior, é a integração (PIAGET *et al.*, 1995 [1977]). Uma representação gráfica do funcionamento do conceito de abstração reflexionante seria a seguinte:

Figura 18 – Representação gráfica do funcionamento do conceito de abstração reflexionante



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Quando o sujeito estabelece relações entre os objetos através do processo de abstração reflexionante, podemos dizer que o objeto foi modificado pela ação do sujeito e enriquecido por propriedades tiradas de suas coordenações, portanto, essa é uma **abstração pseudoempírica**. Trata-se de um caso particular de abstração reflexionante, e de nenhum modo, de uma decorrência da abstração empírica. Quando o sujeito toma consciência, através do mecanismo de Tomada de Consciência (PIAGET, 1977 [1974]), do produto de uma abstração reflexionante, ela é chamada de **abstração refletida**. O reflexionamento e a reflexão são processos inseparáveis, já a abstração pseudo-empírica e refletida são complementares (PIAGET *et al.*, 1995 [1977]).

A Abstração Reflexionante apoia-se sobre as coordenações das ações do sujeito, ou seja, o que é retirado da coordenação das ações é uma Abstração Reflexionante. Estas coordenações, e o próprio processo reflexionante, permanecerão inconscientes, ou podem dar lugar a tomadas de consciência e conceituações variadas. Para que a aprendizagem ocorra é necessária uma assimilação que se prolongue em acomodação, pois aprender é construir estruturas de assimilação através do Processo de Abstração Reflexionante (PIAGET *et al.*, 1995 [1977]).

4.2.1 Estádios do Desenvolvimento

O conceito de estágio²⁸ desempenha um papel bem menos importante do que supõe muitos dos intérpretes da teoria de Piaget. A noção de estágio em sua obra é muito mais um instrumento metodológico, um princípio de classificação descritivo, do que um princípio explicativo da sua teoria. Contudo, a noção de estágio corresponde, para Piaget, a uma realidade psicológica, pois trata-se de cortes naturais que se observam ao longo do desenvolvimento cognitivo.

O desenvolvimento psíquico inicia quando nascemos e alcança um estado de equilíbrio na fase adulta, o que não significa ausência de modificações, pelo contrário, as funções superiores da inteligência tendem a um “equilíbrio móvel” e quanto mais estável, maior a possibilidade de mobilidade (PIAGET, 1980 [1964]). Contudo, devemos distinguir no sistema psíquico as estruturas variáveis que se reorganizam em sucessivos equilíbrios para dar conta das assimilações, das estruturas estáveis que asseguram o funcionamento do sistema.

Compreender e explicar são funções comuns a todos os estágios do desenvolvimento, mas as compreensões e as explicações dos indivíduos variam muito de acordo com o desenvolvimento intelectual em que se encontra. Cada estágio constitui uma forma particular de equilíbrio em função das estruturas que o definem e a passagem de um estágio para outro é uma evolução mental no sentido de uma equilibração sempre mais completa.

A ideia de “estágio”, em epistemologia genética, relaciona-se a “degraus” de equilíbrio alcançados estruturalmente ao longo do desenvolvimento intelectual do sujeito. Piaget (1978c [1972], 1980 [1964]) e Piaget e Inhelder (1999 [1966]) distinguem, no desenvolvimento da lógica das ações na criança e no adolescente, três estágios principais: sensorio-motor, concreto e formal, sendo o segundo precedido por um longo período preparatório, ou seja, pré-operatório. Esses estágios foram minuciosamente detalhados em um quadro específico para as operações intelectuais e possuem uma continuidade do ponto de vista orgânico, a partir do nascimento, com o reflexo inicial de sugar o seio da mãe, e não apresentam cortes naturais bem nítidos. Aliás, o caráter integrativo dos estágios do desenvolvimento é justamente uma das suas características. As estruturas construídas em um determinado momento pelo sujeito tornam-se parte integrante das estruturas posteriores.

²⁸ O termo estágio, na teoria de Piaget, pode ser encontrado traduzido também como “estágio”. Na tradução das obras de Piaget do francês para o português, o termo *stade*, que significa estágio, muitas vezes, foi traduzido para a palavra estágio (*stage*). Estágio é um termo utilizado também pela medicina. Piaget nos fala de períodos que designam as grandes unidades do desenvolvimento e estágios e subestágios que descrevem as divisões desses períodos (GÖTZ; EICHLER, 2018).

Ainda assim, os estádios do desenvolvimento não se caracterizam por uma justaposição de propriedades diferentes, umas sobre as outras, mas por uma estrutura de conjunto. Essa estrutura será própria para cada período. No estádio das operações concretas, por exemplo, a estrutura do sujeito possuirá características lógicas do agrupamento de classificação e seriação, que são as estruturas lógicas elementares (PIAGET; INHELDER, 1971 [1959]). Já no estádio operatório formal, a estrutura será o grupo de INRC (Identidade, Negação, Recíproca e Correlativa) que comporta reversibilidades, como explicado posteriormente. Dessa maneira, um estádio concentra um nível de preparação e de conclusão ou fechamento quando se alcança certo patamar de equilíbrio. A preparação de aquisições posteriores pode incidir sobre mais de um estádio (com sobreposições entre preparações mais curtas e outras longas), e como existem vários graus de estabilidade nas conclusões, é necessário distinguir, em toda sequência dos estádios, os processos de formação ou gênese e as formas de equilíbrio finais que são bastante relativos. As formas de equilíbrio são as estruturas de conjunto, já os processos de formação se apresentam sob o aspecto de diferenciação da estrutura anterior e preparação da posterior (PIAGET, 1978c [1972]). É importante ressaltar ainda, que todos esses estádios se sucedem em uma ordem fixa e universal, mas a duração depende de fatores individuais e do meio, tais como experiência física e lógico-matemática, maturação e meio social em que o indivíduo se encontra. Por isso, a idade cronológica²⁹ em que cada criança atinge um estádio é bastante variável, mas a ordem não será alterada, tampouco suprimida.

Do nascimento até o aparecimento da linguagem, por volta dos dois anos de idade, a criança está no período da **inteligência sensório-motora**, que é a fase do predomínio da ação física e da inteligência essencialmente prática. Os primeiros meses de vida são de uma atividade mental muito intensa, o que ocasiona uma grande evolução no ser humano, das primeiras horas de vida até o surgimento da linguagem. Durante esse estádio, desenvolve-se o conhecimento prático, que constitui a subestrutura do conhecimento representativo posterior (PIAGET, 1972). Dentro do período sensório-motor, é possível distinguir três momentos até o surgimento da representação e dos esquemas. O primeiro é o exercício dos reflexos e o surgimento dos primeiros hábitos que se estendem até cerca de 8-9 meses. Estas atividades são o prenúncio da assimilação mental e constituem o ponto de partida de novas condutas adquiridas com ajuda da experiência. O segundo momento é o da organização das percepções e hábitos em reações circulares que representam a forma evoluída da assimilação. Por volta dos 12 meses, a criança já é capaz de buscar objetos desaparecidos, mas sem a coordenação

²⁹ É importante enfatizar, por se tratar de um equívoco comum, que a questão da idade não é fundamental para o desenvolvimento da estrutura cognitiva do sujeito e sim a ação física e mental sobre o mundo que o cerca.

dos deslocamentos e localizações sucessivas (PIAGET, 1975 [1936], 2006 [1937]). O terceiro momento é o da inteligência senso-motora propriamente dita, a qual representa uma inteligência prática que se refere à manipulação de objetos e que só utiliza, em lugar de palavras e conceitos, percepções e movimentos organizados em esquemas (PIAGET, 1980 [1964]). No final deste estágio, a criança começará a ter “representações mentais”, isto é, uma ideia dos objetos, podendo pensar neles ou em pessoas mesmo na sua ausência. Antes das representações, não é claro para a criança pensar nas coisas ausentes, ela pode ver um objeto e, quando esse objeto sumir do seu campo de visão, é como se não existisse mais. No plano prático, acompanhamos uma organização dos grupos de deslocamentos que, inicialmente, eram concentrados no próprio corpo, se descentram pouco a pouco e chegam a um espaço no qual a criança a situa como um elemento entre os outros.

O período de preparação e de organização das operações concretas de classes, relações e número se estende por cerca dos 2 anos até 11-12 anos de idade e está dividido em dois subperíodos: o da preparação funcional das operações (**pré-operatório**) e da estruturação operatória propriamente dita. Por volta de 2-3 anos até cerca dos 4 anos de idade é o subperíodo em que se dá a função simbólica em diferentes formas: imitação diferida, jogo simbólico, desenho, imagem mental e evocação verbal, além do início da interiorização dos esquemas de ação em representação. Com o surgimento da linguagem, as condutas da criança são profundamente modificadas. Por ser o momento do início da construção da representação mental, a criança encontra dificuldades em pensar o espaço que não está próximo e o tempo não presente dos esquemas de objeto, espaço, tempo e causalidade já utilizados na ação efetiva (PIAGET, 1978c [1972], 2006 [1937]). As primeiras estruturas representativas que se revelam nesse nível, por volta dos 4-5 anos de idade, aparecem através de questionamentos sobre a realidade (PIAGET, 1999 [1966]). Nesse momento, a criança não é capaz de conservar conjuntos e quantidades, faz afirmações sem demonstrações, não define os conceitos que emprega, limitando-se a justificar pelo uso: “isso é para...” (PIAGET, 1980 [1964]). No período pré-operatório, a criança não consegue definir o que é uma casa, por exemplo, ela consegue dizer apenas que uma casa é para morar, para dormir, etc. Neste momento, as intuições elementares são apenas esquemas perceptivos e de ação, ou senso-motores, mas transpostos ou interiorizados como representações. Até cerca de sete anos, a criança permanece pré-lógica e suplementa a lógica pelo mecanismo da intuição; é uma simples interiorização das percepções e dos movimentos sob a forma de imagens representativas e de “experiências mentais” que prolongam os esquemas senso-motores sem

coordenação propriamente racional. Por volta dos 6 anos de idade até 7-8³⁰, ela já está quase atingindo o “fechamento” da estrutura do período com a construção da noção de conservação e relacionando os estados e as transformações dos objetos. Até atingir o equilíbrio dessa estrutura, existe a ação e a representação mental dessa ação, mas não existe operação, que pressupõe a reversibilidade da ação. Como o próprio nome diz “pré-operatório”, não existe operação porque não existe ainda a noção de conservação e, com esta ausência, não existe a reversibilidade da ação. No período pré-operatório, existe uma inteligência que desempenha um papel importantíssimo, pois prolonga a inteligência sensório-motora do período pré-verbal e prepara as noções que se desenvolverão ao longo da vida até a idade adulta.

No subperíodo da **estruturação operatória** propriamente dito, o qual acontece por volta dos 7-8 até 11-12 anos, aproximadamente, a inteligência consiste em atividades mentais que se apoiam em representações do real (imagem mental, palavras, etc.). Nesse novo plano da conduta, após um longo período de preparação em que o pensamento permaneceu pré-lógico (do período pré-operatório, centrado no próprio ponto de vista ou nos estados do real), a criança atinge o estágio das operações concretas, geralmente em torno dos 7 anos, momento em que coincide, em média, com o início do Ensino Fundamental. Para a inteligência, trata-se do início da construção lógica, que constitui o sistema de relações que permite a coordenação dos pontos de vista entre si. Esses pontos de vista são tanto aqueles que correspondem a indivíduos diferentes, como aqueles correspondentes a percepções ou intuições sucessivas do mesmo indivíduo. A passagem da intuição para as ações operatórias acontece quando duas ações do mesmo gênero passam a compor uma terceira constituindo sistemas de conjuntos, ao mesmo tempo passíveis de composição de revisão e inversão (PIAGET, 1980 [1964]). Nessa fase, o raciocínio ainda se apoia no recurso concreto para realizar as abstrações e construir a lógica elementar do pensamento através da classificação e da seriação, que são as estruturas lógicas elementares do pensamento (PIAGET; INHELDER, 1971 [1951]). As noções de conservação são construídas e evidenciadas no estágio operatório-concreto de maneira sucessiva quanto a substância, peso e volume. Neste período, resulta um jogo de operações coordenadas entre si em sistemas de conjuntos, cuja propriedade mais notável, em oposição ao pensamento intuitivo da primeira infância (pré-operatório), é a de serem reversíveis. As grandes conquistas do pensamento, assim transformado, são as noções de tempo (e com ele velocidade e espaço), além da causalidade e noções de conservação, como esquemas gerais do

³⁰ Mais uma vez, chamamos a atenção do leitor para a questão da idade na teoria de Piaget que é uma idade aproximada, pois o que garante o desenvolvimento cognitivo não é necessariamente a idade cronológica e sim o desenvolvimento e o fechamento da estrutura que acontecerá através da própria ação do sujeito.

pensamento, e não mais, simplesmente, como esquemas de ação ou intuição (PIAGET, 1980 [1964]). Para que a representação aconteça, é necessário que a criança tome consciência do seu ponto de vista, e, para isso, é necessário se dar conta de que ele se situa entre outros, ou seja, diferenciando-se dos outros e coordenando-os com eles. É na medida em que a criança leva em consideração o ponto de vista alheio que compreende o seu (PIAGET; INHELDER, 1993 [1948]). As operações lógicas de que a criança é capaz ao nível do pensamento concreto consistem em “agrupamentos elementares” de classes e de relações, fundados alguns sobre uma forma inicial de reversibilidade, que poderíamos denominar inversão (negação), e os outros sobre uma segunda forma de reversibilidade que é a reciprocidade. Mas não existe, no nível das operações concretas de classes e relações, uma estrutura de conjunto geral que integre, em um único sistema, as transformações por inversão e as transformações por reciprocidade.

Então, no terceiro e último período, o das operações formais, que se inicia por volta dos 11-12 anos de idade e atinge o equilíbrio por volta dos 14-15 anos, abrem-se muitas transformações que se estendem por toda a vida adulta. O novo plano de condutas é o da lógica das proposições, no qual é possível raciocinar sobre enunciados, hipóteses e não somente sobre objetos concretos ou facilmente representados. Esse patamar de equilíbrio constitui o ponto de chegada da própria construção lógica, mas não exclui os progressos cognitivos anteriores tampouco os posteriores. O desenvolvimento psíquico, que se inicia quando nascemos, passa por etapas de equilíbrio até chegar à fase adulta, não significando ausência de modificações no último estágio, pelo contrário, as funções superiores da inteligência tendem a um “equilíbrio móvel” e quanto mais estável, mais haverá possibilidade de mobilidade, pois quanto mais as estruturas cognitivas atingem as funções superiores, mais têm possibilidade de assimilação (o qual não exclui novas integrações e superações) (PIAGET, 1980 [1964]).

O grupo das quatro transformações, característico da lógica das proposições do estágio operatório formal, mostra como as duas formas da reversibilidade operatória acabam por coordenar-se em um sistema único. Já a combinação, própria da lógica proposicional, se constitui graças a uma generalização da classificação. A lógica das proposições supõe quatro operações coordenadas: uma operação direta (I) e seu inverso (N), mas também a operação direta e o inverso do outro sistema que constituem a recíproca do primeiro (R) e a negação desta recíproca ou correlativa ($NR=C$). Esse grupo das quatro transformações (INRC) aparece em uma série de campos diferentes, nos problemas lógico-matemáticos, mas também nos problemas de proporções independentemente dos conhecimentos escolares (PIAGET, 1978c

[1972]). O grupo INRC é um modelo estrutural destinado a dar conta da complexidade própria do estado final do desenvolvimento lógico. O que caracteriza a estrutura do grupo INRC, com relação à estrutura anterior de agrupamento, é a composição em um único sistema de duas formas de reversibilidade, que existiam antes separadamente. A estrutura dupla que caracteriza o pensamento formal aparece claramente como um produto de coordenações que atingem um nível de equilíbrio final (o que não exclui as novas integrações e superações contínuas, características do pensamento adulto), é por isso que a análise dos mecanismos formais é indispensável para a obtenção de uma teoria operatória da inteligência que se propõe interpretar passo a passo as construções sucessivas e hierárquicas do pensamento em seu desenvolvimento (INHELDER; PIAGET, 1999 [1966]).

4.2.2 A construção do espaço

Piaget (2006 [1937]) investigou a construção do real através das categorias objeto, espaço, causalidade e tempo. Em relação ao espaço, identificou a psicogênese que se inicia com o espaço prático, prolonga-se no espaço subjetivo, e se transforma em objetivo antes de alcançar a representação, ou seja, através destas grandes categorias, a criança passa pelo espaço vivido, depois pelo espaço percebido até chegar à representação mental do espaço. Na construção do real (PIAGET, 2006 [1937]) é investigado como as crianças constroem o espaço prático que se desenrola no estágio sensorio motor ao longo dos 24 meses iniciais de vida do bebê até a consolidação da linguagem e outras formas de representação (PIAGET, 1978a [1945]). Diz Piaget que a noção de objeto é correlata à noção de espaço, que por sua vez se desenvolve em relação à noção de tempo. Já a causalidade é correlata à noção de objeto e o tempo se desenvolve paralelamente ao espaço e de maneira complementar ao objeto e à causalidade. No início da vida, não existe a noção de objeto na criança, pois o espaço para ela não é contínuo, o que existe é uma série de espaços diferentes centrados sobre o próprio corpo da criança, ou seja, um espaço egocêntrico. O objeto, nada mais é do que o quadro sensorial “à disposição” dos atos do bebê, e prolonga a atividade do indivíduo, sem ser concebido como criado pela própria ação (uma vez que o indivíduo desconhece exatamente a si próprio, nesse nível da sua percepção do mundo), é sentido e percebido apenas ligando aos dados mais imediatos e subjetivos da atividade sensorio-motora (PIAGET, 2006 [1937]). Na medida em que a criança constrói certo grau de objetivação é que o espaço começa a ser compreendido em função dos objetos, até que é concebido como uma substância permanente, independente da atividade do sujeito e ao qual a ação se une com a condição de submeter-se a certas leis

exteriores a ela. O indivíduo não ocupa mais o “centro do mundo”, ele se situa como um objeto entre outros objetos, tornando-se assim, parte integrante do universo que construiu ao sair da perspectiva própria (egocêntrica) (PIAGET, 2006 [1937]).

Juntamente com Inhelder (PIAGET; INHELDER, 1993 [1948]), foi investigado como as crianças são capazes de evocar um objeto através da função simbólica e da representação mental do espaço. As relações espaciais são reconstruídas através do enriquecimento da capacidade de representação. Assim, a criança inicia a construção através das relações topológicas em direção ao espaço projetivo e euclidiano que se desenvolve simultaneamente.

O primeiro espaço vivenciado pela criança é orgânico, postural, centrado e relativo ao próprio corpo. Enquanto se constitui indivíduo, o sujeito também constrói o espaço físico que o rodeia. É através do próprio corpo que a criança morde objetos, toca, empurra, puxa, sentindo e vivenciando através da experiência física. Com isso não se pretende dizer que a criança absorve informações sensoriais, mas que é através dessa experimentação que os processos lógicos de raciocínio são construídos. A partir do próprio corpo e do seu “ponto de vista” a criança estabelecerá relações de perto, longe; frente, atrás; maior, menor; igual e diferente. Assim, a noção de espaço para a criança é uma quando sua estrutura cognitiva permite vivenciar experiências concretas e realizar, sobretudo, abstrações empíricas, é outro quando as experiências são possíveis de serem representadas mentalmente e outro, completamente diferente, quando a capacidade de reversibilidade, no estágio operatório-concreto é estabelecida no pensamento.

Piaget e Inhelder (1993 [1948]), nos dizem quando ela se encontra no estágio sensório motor e realiza a experiência física a noção de espaço da criança é topológica. Neste período a criança estabelecerá relações de vizinhança, separação, envolvimento, continuidade e ordem. As relações topológicas realizadas pela criança proporcionam a construção da geometria dos objetos que a cerca, para então no estágio seguinte coordená-lo de tal maneira que será possível estabelecer a geometria do espaço no seu entorno. As relações projetivas coordenam os objetos em relação uns aos outros e levam em conta todos os pontos de vista sem conservar distâncias. Já as relações euclidianas são elaboradas a partir da noção de distância que também acontece inicialmente em relação ao próprio corpo, comparando sua própria altura com outras crianças e dos objetos que deseja alcançar. Assim, considerando a ordem sucessiva e evolutiva das noções espaciais, partimos de um espaço topológico, que se inicia no sensório motor e se estende ao longo do estágio pré-operatório, dos 2-7 anos aproximadamente, e que se reorganiza em um espaço projetivo e euclidiano posteriormente. Na medida em que as capacidades do estágio operatório concreto se desenvolvem, o espaço

topológico é reconstruído com o enriquecimento da reversibilidade do pensamento. Assim, a criança começa a pensar o espaço projetando-se nele. Com o espaço projetivo, o objeto não é mais considerado em si mesmo e passa a ser considerado em relação a outros “pontos de vista”, caso em que intervém uma relação de perspectiva ou pontos de vista de outros objetos sobre os quais se encontra projetado. Assim, as relações projetivas supõem uma coordenação entre objetos espaciais distintos, em oposição à análise intrínseca das relações topológicas próprias de cada objeto considerado em si mesmo (PIAGET, INHELDER, 1993 [1948]).

4.3 A ABORDAGEM MICROGENÉTICA

Bärbel Inhelder colaborou com Piaget em várias investigações sobre as grandes categorias do conhecimento, mas posteriormente focou seus estudos em como os sujeitos constroem individualmente, e por isso, de forma diferenciada, seus conhecimentos. Inhelder dedicou-se a investigar o percurso das descobertas da criança para resolver problemas, para tanto, usou de uma análise pormenorizada da ação de indivíduos quando resolvem determinadas situações, que se apresentam como problema, na busca de uma solução. Inhelder dedicou-se a investigar as **microgêneses**, que abarcam além das estruturas cognitivas, também os procedimentos e os processos individuais na aprendizagem. A análise microgenética é uma análise do “saber fazer” (*savoir-faire*) em cada sujeito na sua individualidade diante da resolução de problemas. Dessa maneira, ela interessou-se pelo **sujeito psicológico**, ou seja, um sujeito único, um indivíduo, que pensa de maneira diferente de qualquer outro.

Ao tratar de aspectos funcionais da construção do conhecimento, as macrogêneses se interessam pelo estudo do sujeito epistêmico. Por outro lado, ao se deter nos processos individualizados pelos quais o sujeito se adapta à realidade, as microgêneses descrevem o sujeito psicológico individual, contudo, estamos falando de um único sujeito que abarca características gerais e individuais, ou seja, um sujeito que é epistemológico e psicológico ao mesmo tempo. Essa é a ideia de uma abordagem compreensiva global, que seria a do sujeito cognoscente. É sempre esse sujeito na sua globalidade que é estudado. O que existe de comum é a ideia de um sujeito ativo e construtor, responsável pela construção do seu conhecimento que é ao mesmo tempo universal e individual.

Portanto, a análise categorial do sujeito epistêmico e a análise funcional do sujeito psicológico são complementares. Para uma melhor compreensão, abaixo temos uma

representação que busca esquematizar as abordagens macrogenéticas e microgenéticas da atividade cognitiva do sujeito:

Figura 19 – Representação sobre a atividade cognitiva do sujeito



Fonte: Cabral (2010, p. 57).

Para a investigação das microgêneses cognitivas é importante focar nas **estruturas** e nos **procedimentos**, pois Inhelder *et al.* (1996) nos dirá que para o estudo das microgêneses os dois são indissociáveis. O interesse está em como o sujeito aplica seus conhecimentos a contextos particulares, isto é, *como* aplica suas estruturas para assimilar problemas que encontra ao longo de sua atividade adaptativa. O “como” refere-se ao procedimento adotado pelo sujeito, mas por outro lado, o procedimento sempre particular e individualizado, dependerá das estruturas e esquemas assimilatórios construídos anteriormente ao longo da vida e da atividade cognitiva do indivíduo. Tais estruturas carregam um tanto de universalidade, pois possuem categorias de organização que são gerais, e um tanto de individualidade, pois são construídas de acordo com a ação própria de cada indivíduo. Para a microgenese o objetivo não é descrever as estruturas organizadoras do conhecimento como fez Piaget, mas realizar uma análise de cada sujeito do “saber fazer” ou *savoir-faire*.

Baseado na epistemologia genética podemos dizer que construir uma estrutura ou inventar um procedimento supõe assimilação de dados aos esquemas e conseqüentemente uma atribuição de significações, portanto as inovações de procedimentos contribuem para a formação de estruturas operatórias. Assim, um procedimento pode ser concebido como um

candidato à estruturalidade. Nesse contexto, o conceito de **esquemas** está sendo compreendido aqui segundo Inhelder *et al.* (1996, p. 16-17):

Há razões para pensar que um estudo dos funcionamentos cognitivos deve apoiar-se na elaboração do conceito e adquirir o sentido de um estudo das relações funcionais entre esquemas. Mas o esquema é uma unidade funcional ou estrutural? Não é raro falar, por exemplo, de esquemas nocionais ou presentativos (os *schémas* da psicologia cognitiva atual) para designar formas organizadas e específicas de conhecimento. Mas, mesmo nesse caso, o esquema é, ao mesmo tempo, organizante e organizado, e tem sentido de processo. É esse o sentido que reteremos, e um projeto de psicologia funcional se concretizará num estudo de processos funcionais ligados aos esquemas e a suas interações.

Piaget refere-se à esquemas para designar o caráter generalizável da ação, mas Inhelder enfocará os esquemas como organizadores da conduta que não são observados, mas podem ser inferidos uma vez que, como nos disse Piaget, por ser o esquema um instrumento de assimilação é ele que torna cognoscível os dados da experiência.

No último período das obras de Piaget, quando seu interesse se voltou para o estudo dos procedimentos, ele distinguiu dois sistemas complementares ligados a conduta: um sistema que visa compreender o conjunto de realidades físicas e lógico-matemáticas (sistema presentativo) e um sistema que serve para obter êxito em todos os domínios (sistema de procedimento), além de nomear e diferenciar os Esquemas Presentativos e os Esquemas de Procedimento. O **Esquema Presentativo** representa as estruturas estáveis do sujeito individual, é endógeno, organizador e estruturante, além de se conservar em caso de composição. Os esquemas presentativos se organizam formando sistemas que servem para sermos bem-sucedidos desde as ações mais elementares até a resolução de problemas mais abstratos. Já o **Esquema de Procedimento** está ligado aos processos individualizados dos sujeitos, é exógeno, e são meios orientados para um fim, pois possui mobilidade contínua. O sistema de procedimento visa compreender a realidade. Segundo Inhelder *et al.* (1996), o esquema de procedimento representa as heurísticas do sujeito e elucidar as heurísticas dos sujeitos parece ser de primordial importância para compreender alguns mecanismos da criatividade. Da síntese entre Esquema Presentativo e Esquema de Procedimento resulta um Esquema Operatório, ou seja, a síntese entre estrutura e procedimento resulta no esquema operatório.

Alguns esquemas operatórios são mais acionados e usados do que outros e por isso estão mais disponíveis do que outros, por isso, Inhelder *et al.* (1996) chama de **Esquemas Familiares** aqueles esquemas que são primeiramente acionados em vez de outros. Os esquemas familiares são as unidades cognitivas de procedimento fundamentais para uma

análise microgenética, pois segundo a autora eles desempenham um papel organizador decisivo no conhecimento “privado”, ou seja, nas maneiras pelas quais o indivíduo utiliza seus conhecimentos diante de uma situação nova. Diz Inhelder *et al.* (1996, p. 31) acerca dos esquemas familiares:

O caráter “familiar” de um esquema não é dado, ele próprio deve ser constituído, e essa elaboração toma, antes de tudo, o sentido de uma apropriação de esquemas gerais pelo sujeito individual. Todo esquema familiar é um esquema individualizado. As particularidades das construções que dele resultam não são, talvez, o mais importante. Elas não poderiam significar que a psicologia que as reconhece consagra-se a uma descrição sem fim de construções particulares, de diversidade infinita. O importante é que o processo de formação é um processo de individualização dos conhecimentos. Podemos, pois, falar de um “tornar-se familiar” dos esquemas familiares que se realiza, principalmente, por uma apropriação individual dos esquemas gerais. Os esquemas só serão familiares se eu os reconhecer como sendo os meus esquemas.

Portanto, o esquema familiar deve ser concebido, ao mesmo tempo, como uma unidade epistêmica que atribui significação à situação, e como um instrumento heurístico responsável pela orientação e pelo controle da pesquisa. Numa resolução de problemas o esquema conduz diretamente à solução ou lhe fazem obstrução, por isso o esquema familiar permite dar um “status” ao erro. A questão, segundo Inhelder *et al.* (1996, p. 30), está em saber se esses esquemas são ou não generalizáveis em outras situações. Sabendo-se que o processo de construção de esquemas tende à generalização então:

Guardemo-nos, entretanto, de pensar que os esquemas familiares possam subsistir, à maneira de ideias pré-formadas, enquanto unidades epistêmicas e heurísticas constituídas e disponíveis para um sujeito que só teria de evocá-las ou aplicá-las diretamente. Frente a uma situação nova, um esquema é um “possível”, ao mesmo tempo indeterminado, único e rico em virtualidades de atualizações.

O estudo dos procedimentos cognitivos possibilita revelar a dinâmica da conduta do sujeito, os fins, as escolhas dos meios e os controles, as heurísticas próprias ao sujeito que podem levar a um mesmo resultado através de caminhos diferentes, a fim de que possamos penetrar no funcionamento psicológico e separar as características gerais dos procedimentos ou encadeamentos finalizados e organizados da ação. As microgêneses cognitivas, em psicologia genética, tratam das realizações práticas, isto é, descrevem a inteligência do sujeito em ação diante de um problema de conteúdo específico. Colocam em destaque as condutas cognitivas individualizadas e recuperam toda a subjetividade do sujeito ao descobrir meios para atingir fins bastante precisos. A microgênese atribui papel importante às finalidades e avaliações produzidas pelo sujeito, pois visualiza o sujeito com os fins a que se propõe e os

valores que atribui. Portanto, investiga o sujeito enquanto constrói e utiliza individualmente seus conhecimentos.

Inhelder *et al.* (1996) nos diz que uma interpretação baseada na análise dos esquemas não seria suficiente na abordagem microgenética, pois pareceu-lhes que corriam o risco de não apreender certos aspectos do funcionamento psicológico. Ao longo de uma resolução de problemas o sujeito aplica e especifica os esquemas que tem como função organizar um conteúdo e atribuir significações, mas o sujeito também representa para si mesmo os fins e certas etapas da resolução. Portanto, a análise das resoluções de problemas não poderia prescindir de uma análise das **representações** elaboradas pelos sujeitos, uma vez que elas constituem um nível do funcionamento psicológico.

Afirma Piaget (1978a [1945], p. 87) o seguinte, acerca do conceito de representação:

[...] emprega-se o termo “representação” em dois sentidos muito diferentes. Na sua acepção mais lata, a representação confunde-se com o pensamento, isto é, com toda a inteligência que já não se apoia simplesmente nas percepções e movimentos (inteligência sensório-motora) e sim num sistema de conceitos ou esquemas mentais. Na acepção estrita, ela reduz-se a imagem mental ou a recordação-imagem, isto é, à evocação simbólica das realidades ausentes. Aliás, é evidente que essas duas espécies de representações, latas e estritas, apresentam relações mútuas: o conceito é um esquema abstrato e a imagem um símbolo concreto mas, embora já não se reduza o pensamento a um sistema de imagens, poder-se-á admitir que todo o pensamento se faz acompanhar de imagens, portanto, se pensar consiste em interligar significações, a imagem será um “significante” e o conceito um significado.

Piaget então ressaltou que o conceito de representação pode possuir um significado de pensamento no sentido *latu sensu* e de imagem mental no sentido *strictu sensu* na sua análise sobre a construção do símbolo pela criança (PIAGET, 1978a [1945]). Para Inhelder *et al.* (1996), importará o sentido *strictu sensu* do conceito, uma vez que para a microgênese a noção de representação, comporta ainda dois aspectos complementares: a semioticidade e a possibilidade de o sujeito refletir sobre os fins e os meios que ele se propõe. Esses dois aspectos definem a função essencialmente instrumental que a representação assume na conduta. Na análise microgenética, a semioticidade é abordada sob o ângulo de diferentes tratamentos permitidos pelos diversos modos de representação (gesto, imagem, linguagem). A representação do “como fazer”, em especial sob a forma de representações antecipadoras, mostra-se como um recurso ao qual o sujeito recorrerá para planejar as suas condutas. Os dois aspectos da representação são complementares e indissociáveis: concorrem para a formação de instrumentos cognitivos que se tornam, para o sujeito, *objetos para pensar com* (PAPERT, 1985; INHELDER *et al.*, 1996).

Portanto, o sujeito construirá modelos para organizar procedimentos por meio das representações e será através desses modelos criados pelo sujeito que se manifestará o aspecto axiológico das condutas cognitivas. Os modelos elaborados pelo sujeito desempenham certo papel, na medida em que garantem, ao mesmo tempo, a acomodação dos conhecimentos constituídos em função dos dados empíricos e a orientação dada às ações. Ao orientar a ação, os modelos exercem também uma função de avaliação, que determinam quais são as situações e as ações pertinentes, conseqüentemente especificando a articulação dos meios e dos objetivos.

[...] somos levados a reconhecer o papel das representações no funcionamento psicológico, vendo nelas “**representações significantes**”, que servem para precisar e exprimir os significados atribuídos pelos esquemas aos elementos das situações, assim como as ações do sujeito. O sujeito elabora, pois, organizações de representações significantes que exercem um papel central no planejamento progressivo da resolução pelo sujeito inexperiente. É exatamente aí que parece residir o principal papel funcional dos modelos do sujeito (INHELDER *et al.*, 1996, p. 37).

Assim como os esquemas familiares, as representações poderão auxiliar, dificultar ou até impedir a resolução de um problema. Partindo do método clínico piagetiano, Inhelder *et al.* (1996) buscaram alterações na dinâmica para investigar as microgêneses cognitivas. O método utilizado também é baseado na proposição da resolução de um problema, mas que desencadeia um processo longo, que é gravado em vídeo para posterior análise e com pouca interferência de questionamentos por parte do pesquisador com intuito de não interferir no procedimento do sujeito psicológico. No método piagetiano, o experimentador constantemente coloca-se perguntas e verifica suas hipóteses no diálogo vivo, mas nas novas pesquisas o experimentador dá a tarefa e abstêm-se de intervir, mas deve estar bem mais atento a observação dos comportamentos. Na abordagem microgenética não se trata de estudar somente as estruturas cognitivas, mas de definir um método que permita compreender melhor a dinâmica do progresso macrogenético apoiado em análises refinadas das condutas efetivas das crianças. Este aprimoramento da teoria de Piaget é o que nos parece mais promissor nos estudos pós-piagetianos.

5 METODOLOGIA

A **abordagem** escolhida para esta investigação é a pesquisa qualitativa que busca obter dados descritivos através do contato direto do pesquisador com o objeto de estudo. A escolha por esse tipo de abordagem justifica-se na medida em que somente ela possibilita a análise do processo cognitivo envolvido na atividade de programação proposta para a pesquisa. Uma abordagem qualitativa na perspectiva do estudo de caso tendo como referência os estudos de Inhelder *et al.* (1996) buscará analisar o progresso cognitivo macrogenético apoiado em análises detalhadas das condutas microgenéticas do sujeito, pois elas evidenciam características do processo interativo entre sujeito e objeto.

A investigação das microgêneses cognitivas põe em evidência os processos funcionais da cognição que intervém quando o sujeito aplica seus conhecimentos a contextos particulares. Mais do que as formas que o raciocínio pode tomar nos diferentes estádios do desenvolvimento cognitivo, os estudos sobre a dimensão local da atividade cognitiva do sujeito podem ser úteis a educação destacando as etapas de compreensão de um conhecimento realizadas pelo sujeito, detalhando as hipóteses, avanços, retrocessos, enfim, o desenrolar das descobertas do sujeito.

Segundo Lüdke e André (1986), a pesquisa qualitativa possui características básicas, tais como: o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento, os dados coletados são predominantemente descritivos, a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto, o “significado” dado às coisas é foco de atenção especial pelo pesquisador e a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Por isso, dizem os autores:

Não há, portanto, possibilidade de se estabelecer uma separação nítida e asséptica entre o pesquisador e o que ele estuda e também os resultados do que ele estuda. Ele não se abriga, como se queria anteriormente, em uma posição de neutralidade científica, pois está implicado necessariamente nos fenômenos que conhece e nas consequências desse conhecimento que ajudou a estabelecer (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 5).

De acordo com Yin (2016), a pesquisa qualitativa envolve uma ampla área de investigação e por isso o termo apresenta certa dificuldade de uma definição singular. Ainda assim, ele destaca cinco características da pesquisa qualitativa que, articuladas entre si, se convertem em uma real prática de pesquisa. São elas:

1. Estudar o significado da vida das pessoas, nas condições da vida real; 2. Representar as opiniões e perspectivas das pessoas (rotuladas nesse livro como os participantes) de um estudo. 3. Abranger as condições contextuais em que as pessoas vivem; 4. Contribuir com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que podem ajudar a explicar o comportamento social humano; e 5. Esforçar-se por usar múltiplas fontes de evidência em vez de se basear em uma única fonte (YIN, 2016, p. 36-37).

A perspectiva do estudo de caso é, conforme Yin (2005), uma investigação empírica que busca um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Cada indivíduo será um caso a ser analisado, ou seja, uma unidade dentro de um sistema mais amplo, que poderá apresentar semelhanças e/ou diferenças. O estudo de caso pode ser generalizável, conforme Yin (2005), a proposições teóricas e não a populações e universos. Nesse sentido, o estudo tem como objetivo principal expandir e generalizar teorias (generalização analítica) e não somente enumerar frequências (generalização estatística).

Segundo Saada-Robert (1996, p. 112-113), o estudo de caso é indispensável para a reconstrução da microgênese das representações por, pelo menos, três razões complementares:

O funcionamento dos conhecimentos apoia-se em processos qualitativos que somente uma análise aprofundada e detalhada, que vá até a “intimidade” das condutas que se estão desenrolando, permite reconstituir; 2) O desenrolar da resolução (projeto, meios, solução) forma uma totalidade indivisível sempre que se busca sua coerência interna (ao contrário do que ocorre em uma análise intersubjetiva, quando destacamos certas condutas marcantes); 3) O desenrolar da resolução supõe uma análise temporal dos dados, que se baseia em indícios observáveis a um tempo sincrônico (conjunto de indícios pertinentes a um momento T) e diacrônico (um mesmo indício – verbalização, mímica, gesto, ação, etc. - tomado em diferentes momentos da resolução). O estudo de caso permite colher esse tipo de dados.

Buscando aprimorar a metodologia proposta, bem como os experimentos que serviram de base para a investigação, foi realizado um estudo piloto com três sujeitos. Os resultados obtidos serviram de embasamento para realizar algumas modificações na metodologia e nos experimentos propostos para a coleta final de dados (CABRAL; ARAGÓN; SIMÕES, 2021a).

A investigação baseou-se numa coleta de dados gravada em vídeo que foi dividida em duas etapas: na **Etapa 1**, foram realizadas provas cognitivas baseadas no método clínico-piagetiano para a verificação do estágio do desenvolvimento intelectual de cada sujeito; na **Etapa 2**, os sujeitos deveriam resolver problemas, chamados de experimentos, construindo o algoritmo para fazer movimentar um robô com o material *Kids First Coding & Robotics*.

Cada sujeito constituiu um caso dentro de um universo maior. A coleta de dados completa aconteceu em um único encontro, foi gravada em vídeo e analisada com auxílio do software de análise qualitativa MAXQDA2020®. A gravação em vídeo para a coleta de dados foi realizada para que possa ser retomada tantas vezes quantas forem necessárias durante a análise, pois só progressivamente que poderemos identificar recortes que o sujeito faz para revelar seus procedimentos ou encadeamento de ações. Além disso, gravando em vídeo pode-se retomar a análise revendo o desempenho do sujeito, pois a visualização repetida torna a descrição mais precisa. Uma vez que existe inferência na análise, pois toda leitura é uma interpretação, a gravação em vídeo permite também que outros pesquisadores possam observar e discutir as condutas observadas e as conclusões acerca delas. Ao longo da coleta também foi utilizado um diário para anotações da pesquisadora para complementar a análise posterior dos dados.

5.1 SUJEITOS DA PESQUISA

Para a investigação dos processos cognitivos envolvidos na atividade de programação foram investigadas 21 crianças de 4 até 12 anos de idade, divididas da seguinte maneira:

- Sete crianças de 4-6 anos; 3 meninos e 4 meninas;
- Sete crianças de 7-9 anos; 4 meninos e 3 meninas;
- Sete crianças de 10-12 anos. 4 meninos e 3 meninas.

As crianças foram escolhidas entre aquelas escolarizadas, que frequentaram a Educação Infantil ou Ensino Fundamental e que possuem familiaridade com o uso de tecnologias digitais tais como computador, notebook, tablet, celular, videogame e brinquedos eletrônicos, especialmente de programação. A opção pelas crianças que utilizam tecnologia, justifica-se na medida em que o interesse dessa investigação está nas crianças chamadas Nativos Digitais (PRENSKY, 2001), os jovens da Geração Geek, Geração Alpha ou ainda Homo Zappiens (VEEN; VRAKING, 2009). Objetivou-se investigar indivíduos com e sem experiência de robótica educacional e programação. Tais características poderiam não ser encontradas em uma ou duas instituições de ensino, por isso a opção pela amostragem intencional. A indicação dos indivíduos foi realizada por profissionais de diferentes instituições de ensino, escola de tecnologia e programação, em variados níveis de ensino. Depois dessa indicação, os pais/responsáveis foram contatados através de mensagem de e-

mail (Apêndice 2) onde foi feito o esclarecimento sobre a investigação e o convite para a participação. Depois do aceite, a coleta de dados foi agendada para acontecer individualmente na própria casa do sujeito, ou, de acordo com a preferência dos pais, na casa da pesquisadora. No dia marcado, foi apresentado, para a assinatura dos pais/responsáveis, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 3), e também foi aplicado um questionário (Apêndice 4) com intuito de investigar alguns hábitos das crianças, tais como: se utiliza equipamentos eletrônicos, se costuma jogar jogos eletrônicos, se realiza atividade de programação e ou de robótica e por quanto tempo. Foi lido o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice 5), para a criança e só depois foi iniciada a coleta de dados. A pesquisa possui registro CAAE 47197821.0.0000.5347 na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Buscando o sigilo dos participantes, o grupo de sujeitos de 4-6 anos foi numerado de 1 até 7, assim temos o Sujeito 1 (S1), S2, S3, S4, S5, S6 e S7. O grupo de crianças de 7-9 anos recebeu a numeração de 11 até 17, assim temos o Sujeito 11 (S11), S12, S13, S14, S15, S16 e S17. Já o grupo de 10-12 anos de idade recebeu a numeração de 21 até 27, assim temos o Sujeito 21 (S21), S22, S23, S24, S25, S26 e S27.

5.2 PROVAS COGNITIVAS DA ETAPA 1

Na Etapa 1 foram aplicadas provas cognitivas baseadas no método clínico-piagetiano. O método é um procedimento de coleta e análise de dados para o estudo do pensamento da criança, também aplicável ao estudo do pensamento dos adultos, que se realiza mediante entrevistas ou situações abertas, nas quais se procura acompanhar o percurso do pensamento do sujeito ao longo da atividade, fazendo sempre novas perguntas para esclarecer respostas anteriores. É composto de algumas perguntas básicas e de outras que variam em função do que o sujeito vai dizendo e dos interesses que orientam a pesquisa que está sendo realizada (CARRAHER, 1998; DELVAL, 2002). O resultado das provas cognitivas evidencia o estágio do desenvolvimento cognitivo do sujeito, bem como as características do seu pensamento.

Sabemos que, de acordo com a epistemologia genética de Jean Piaget, somente a idade cronológica não garante o desenvolvimento das estruturas lógicas, que podem variar bastante de acordo com o contexto social de inserção de cada indivíduo. Assim, para avaliar o estágio do desenvolvimento intelectual, bem como o desenvolvimento das estruturas lógicas elementares de classificação e de seriação (PIAGET; INHELDER, 1971 [1959]) e as noções

iniciais de objeto, causalidade e espaço, foram realizadas nove provas cognitivas selecionadas diretamente das obras de Piaget. São elas:

1. Conservação de quantidades físicas e correspondência termo a termo com uso de fichas (PIAGET; SZEMINSKA, 1975 [1941]);
2. Conservação de quantidades físicas e massa com uso de massa de modelar (PIAGET; SZEMINSKA, 1975 [1941]);
3. Conservação de quantidades físicas com o transvasamento de líquido (PIAGET; SZEMINSKA, 1975 [1941]);
4. Inclusão de classes, classificação flores (PIAGET; INHELDER, 1971 [1959]);
5. Inclusão de classes, classificação frutos (PIAGET; INHELDER, 1971 [1959]);
6. Sieriação de bastonetes (PIAGET; INHELDER, 1971 [1959]);
7. Causalidade com o uso de perguntas (PIAGET, 2005 [1948]);
8. Espaço/horizontalidade através da prova do desenho da linha da água e do “barquinho” (PIAGET; INHELDER, 1993 [1948]);
9. Espaço/horizontalidade através da prova das árvores na montanha (PIAGET; INHELDER, 1993 [1948]).

As provas cognitivas de conservação de quantidades físicas utilizando fichas, massa de modelar e líquido (PIAGET; SZEMINSKA, 1975 [1941]) partem do estabelecimento de uma relação entre duas quantidades ($A = B$) organizadas espacialmente de maneira que as relações conceituais e perceptuais são iguais e parecem iguais (duas fileiras de fichas, duas bolinhas de massa de modelar, dois copos com água). No momento seguinte, a igualdade das quantidades não pode mais ser constatada simplesmente com base na percepção, pois a disposição espacial das quantidades a serem comparadas é diferente (A e B são iguais, mas parecem diferentes). A fase 2 resulta de uma transformação da fase 1 realizada à vista do sujeito, o que permitiria (em tese) ao sujeito perceber a relação entre as quantidades que estão sendo comparadas. Em cada uma destas fases, pede-se à criança que julgue a relação quantitativa que existe entre A e B ($A > B$, $A < B$ ou $A = B$) e justifique sua resposta. Os sujeitos que se encontram no estágio pré-operatório não executam ações mentalmente (operações), apenas acompanham a execução dessas ações no real, restringido suas constatações às percepções do estado inicial e final do objeto, portanto sem a reversibilidade do pensamento. Já o sujeito do estágio operatório concreto considera possível as transformações de $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow A$ como ações que coexistam, portanto reversíveis. Os sujeitos

que possuem a estrutura de conservação costumam dar respostas tais como: “*É o mesmo porque tem o mesmo, tanto faz o jeito de colocar*”; “*Não tirou nada daqui, é o mesmo tanto*”; “*É o mesmo, só separou, dá a impressão que tem mais*”; “*É o mesmo, só se tirar um pedaço pra mudar*”; “*É o mesmo, só mudou o formato do copo*”.

A prova cognitiva de inclusão de classes através da classificação de flores ou frutos consiste em dez cartas com o desenho de dois tipos diferentes de flores, sendo seis margaridas (A) e quatro rosas (B), por exemplo. A sequência de encaixes, ou inclusões é $A < B < C$, onde C corresponde à categoria flores. As perguntas que seguem, com relação às cartas com flores, são as seguintes: Gostas de flores? Que flores são estas? Se fizeres um ramo com todas as margaridas das cartas, quantas teriam? E das rosas? O ramo de margaridas é maior, menor ou a mesma quantidade em relação as rosas? Há mais margaridas ou mais rosas? Há mais margaridas ou mais flores? O mesmo ocorre para a categoria frutas. Os sujeitos com estrutura pré-operatória estão presos aos aspectos perceptivos e tendem a responder que existe mais margaridas do que flores ou objetos. Os sujeitos que incluem as classes costumam responder que: “*Tem mais flores porque margaridas e rosas são flores*”; “*Os dois são flores.*” “*Flores é tudo, girassol e rosas*”.

As provas que verificam a construção da estrutura de seriação avaliam a capacidade de colocar os elementos em série, ordem crescente ou decrescente de tamanho, peso ou volume. No caso da seriação de bastonetes, é mostrado os bastonetes ao sujeito, é questionado qual seria o nome daquele material, em seguida, é solicitado que construa uma “escada” com os bastonetes (ou o nome que a criança colocar). As crianças com estrutura pré-operatória tendem a proceder comparando o tamanho dos bastonetes um a um, do particular para o particular, para construir a seriação, já no estágio operatório as crianças procuram primeiro o maior de todos ou o menor de todos comparando o todo com as partes.

Nas provas cognitivas de causalidade (PIAGET, 2005 [1948]) com o uso de perguntas, busca-se a explicação que os sujeitos dão para alguns questionamentos tais como: “*Por que as nuvens se movimentam? O que é uma cama? O que faz as ondas do mar se movimentarem?*”, entre outras. É possível observar três grandes grupos de explicações para esses questionamentos. O primeiro grupo são as explicações causais cuja resposta comporta uma ideia de causa ou **finalidade** (Ex. *Uma cama é para dormir*). Um segundo grupo são as explicações com **justificações** gerais. Podemos encontrar motivações e até **fabulações** nas respostas das crianças (Ex. *As nuvens se movimentam porque alguém sopra*). Já nas explicações lógicas encontramos justificativas relacionadas com regras gerais, leis e relacionamento de ideias (Ex. *As ondas se movem por causa do vento*). Os sujeitos que se

utilizam de explicações causais e/ou gerais encontram-se em um período pré-causal ou pré-lógico em que o sujeito raciocina numa espécie de modelo interno característico do período pré-operatório. As respostas evoluem qualitativamente na medida em que as leis e normas que regem o universo começam a ser assimiladas (período operatório-concreto). Assim, o desenvolvimento cognitivo evolui de um pensamento egocêntrico para a descentração.

A prova cognitiva de espaço, para verificar a noção de horizontalidade e verticalidade (PIAGET; INHELDER, 1993 [1948]), consiste em apresentar duas garrafas plásticas iguais, uma contendo água com anilina azul até próximo da metade da garrafa e uma rolha que flutua, e a outra garrafa, totalmente vazia. É dito para a criança que a garrafa que contém água azul e a rolha simboliza um lago com um barco navegando. É solicitado, então, que a criança realize uma previsão de como se apresentará a linha da água e o “barquinho” quando a garrafa for inclinada parcialmente, totalmente e revirada. A inclinação é demonstrada com a garrafa vazia. A criança, de posse de uma folha de papel com o desenho das inclinações da garrafa, precisa marcar a sua previsão da linha d’água e do “barquinho” na folha. Uma vez concluído o desenho antecipador, o sujeito é confrontado com a experiência de inclinar a garrafa com a água colorida e observar o movimento da linha da água e do “barquinho”. É importante que a linha d’água fique na altura dos olhos da criança para que ela perceba bem a superfície da água de maneira horizontal. Já na prova cognitiva da verticalidade é apresentada uma montanha feita com massa de modelar e pequenas “árvores” confeccionadas com papel e palito. É dito para a criança que um vento muito forte soprou nessa montanha e derrubou todas as árvores e que agora ela precisará replantar as árvores na montanha. Com relação aos resultados dessa prova cognitiva, é possível observar, em um primeiro nível, que o sujeito não consegue abstrair, nem a superfície da água no que se refere aos níveis horizontais, nem a superfície da montanha, no que se refere à determinação das verticais. O desenho da criança não situa a água em relação à garrafa, e as árvores são colocadas “deitadas” acompanhando a encosta, pois a criança não tem a noção de horizontalidade e verticalidade construída. Num segundo nível, os sujeitos iniciam a construção da noção de horizontalidade e da verticalidade variando seus desenhos e representações, hora relacionando com a realidade, hora de maneira desconexa. No terceiro nível, as **verticais** e **horizontais** são antecipadas imediatamente, constituindo um sistema de conjunto de coordenadas.

5.3 MATERIAIS CRIADOS COM PROGRAMAÇÃO NA ETAPA 2

Para a investigação dos processos cognitivos envolvidos na construção do algoritmo para fazer movimentar um robô concreto sem a utilização de *software* de programação na tela de um computador, foram elaborados doze problemas para serem resolvidos pelos sujeitos com o uso da ferramenta *Kids First Coding & Robotics* produzido pela empresa Thames e Kosmos. O material é comercializado como brinquedo tecnológico para a atividade de programação, com indicação da faixa etária para uso que é de 4 até 8 anos de idade. O material não é vendido no Brasil e foi importado através da empresa Amazon.com. O brinquedo recebeu prêmios como *Winner Parents' Choice Gold Award* no ano de 2018 e *Toy of the Year* em 2019 nos Estados Unidos.

Para a construção do algoritmo de programação com esse material, não é necessário um dispositivo com tela como *tablet*, *smartphone* ou computador. Os comandos são indicados por cartas com símbolos que são encaixadas em uma grade iniciando com a carta “*start*” e finalizando com uma carta vermelha que indica “*fim*” da programação. À medida em que o robô passa pelas cartas contendo símbolos, um *scanner* óptico OID na parte inferior do robô lê os cartões de código, um por um, e memoriza o programa. As cartas de comando abrangem as principais áreas de codificação tais como sequenciamento, *loops*, eventos, condicionais, funções e variáveis. As peças integradas possibilitam a criação de personagens e anexos móveis que respondem de acordo com as instruções do programa. Conforme o *site* do material, as atividades propostas no manual do produto estão alinhadas com os padrões de educação em ciência da computação desenvolvidos pela *Computer Science Teachers Association* (CSTA) e pela *International Society for Technology in Education* (ISTE), bem como por cursos do Code.org. Na Figura 20, pode-se observar a apresentação visual da caixa do material.

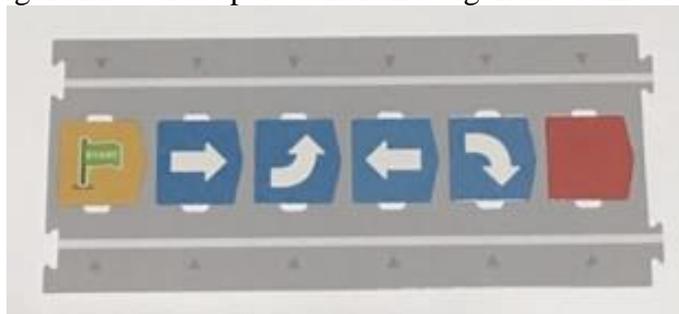
Figura 20 – Caixa do material Kids First Coding & Robotics



Fonte: Thames e Kosmos (2019).

Na Figura 21, pode-se observar a grade para a construção do algoritmo.

Figura 21 – Grade para construir o algoritmo com cartas



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No início da Etapa 2 da coleta de dados, foi questionado se o sujeito sabia o que é um robô e em seguida, foi solicitado que descrevesse esse robô. Depois, foi perguntado se o sujeito sabia como um robô se movimentava. Com esses questionamentos iniciais, objetivou-se recolher as representações iniciais do sujeito acerca do objeto e da atividade de programação. Os dados obtidos e analisados nesta parte da coleta de dados foram divulgados numa publicação específica (CABRAL; LAGO; ARAGÓN, 2021). Depois, foi realizado um “jogo de memória”, no qual foi apresentada uma sequência de cartas para memorização em 10 segundos, contendo comandos simples (para frente →, para trás ←, curva à direita ↓ ou curva à esquerda ↑). Em seguida, foi proposto que o sujeito repetisse a sequência encaixando as cartas na grade de programação. Inicialmente, foi apresentada uma sequência com três cartas (→ → ↓), depois com quatro cartas (→ ↓ → ↑), cinco cartas (→ ↑ → → ↓) e, finalmente, seis cartas (→ → ↓ ← ← ↑). Assim, pretendeu-se verificar a quantidade de comandos em sequência que é possível ser memorizada pelos sujeitos. Também se trata de uma

oportunidade para o sujeito experimentar a grade onde devem ser encaixadas as cartas para a construção do algoritmo. As cartas possuem uma posição de encaixe, o que não permite a colocação aleatória das cartas na grade. Os dados obtidos e analisados nesta parte também serão divulgados numa publicação específica.

Depois da aplicação do Projeto Piloto (CABRAL; ARAGÓN; SIMÕES, 2021a) as cartas com os comandos de programação foram divididas em uma caixa com divisórias para facilitar a visualização por parte do sujeito. A divisão das cartas/comandos para a construção do algoritmo de programação foi a seguinte:

- Carta de início da programação ('start');
- Carta de fim da programação ('fim');
- Cartas com movimento para frente e cartas com movimento para trás;
- Cartas com movimento de curva à direita e curva à esquerda;
- Cartas com giro da engrenagem no sentido horário, anti-horário, pausa da engrenagem e pausa do movimento;
- Cartas com efeitos sonoros;
- Cartas com efeitos luminosos;
- Cartas com números de 1 até 9;
- Cartas com *Loop*;
- Cartas com Função;
- Cartas com Condicionais (IF, DO, ELSE) e Operadores Lógicos (conjunção AND e disjunção OR).

5.4 EXPERIMENTOS

Cada **experimento** utilizado na pesquisa é chamado de “problema”. A resolução de problemas é entendida aqui como um momento privilegiado para estudar processos cognitivos funcionais, ou como diz Inhelder *et al.* (1996, p. 7):

[...] nosso propósito não é estudar a resolução de problemas em si mesma, considerando-a como a forma por excelência da inteligência humana, ou como uma classe de condutas cognitivas ausente na psicologia genética piagetiana. A resolução de problemas é, para nós, uma ocasião para estudar os processos funcionais que intervêm quando o sujeito aplica seus conhecimentos a contextos particulares, isto é, quando aplica suas estruturas à assimilação dos “universos de problemas” que encontra no curso de sua atividade adaptativa.

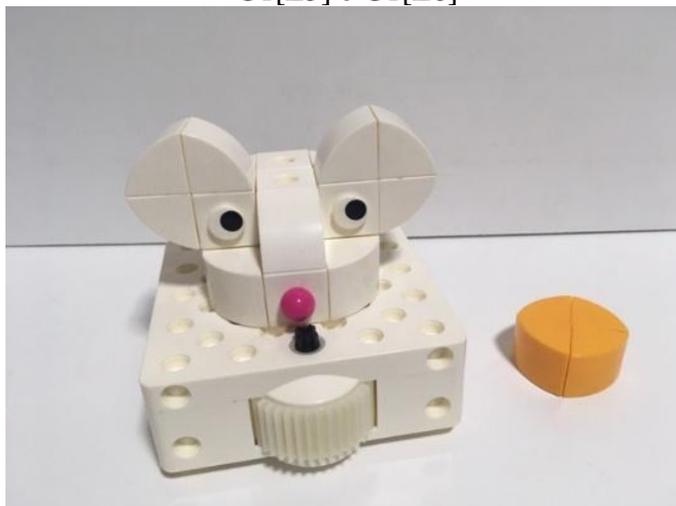
Então, o tipo de experimento, ou “problema” que serve para o estudo de microgêneses cognitivas, segundo Inhelder *et al.* (1996), deve atender a alguns requisitos para que o processo de resolução se desenrole permitindo a análise microgenética. O problema deve desencadear um processo longo para análise, deve apresentar-se como um verdadeiro “problema” a ser resolvido pelo sujeito, pois deve favorecer atividades cognitivas e seu exercício, deve apelar à imaginação e à inventividade do sujeito que precisa experimentar a necessidade de triunfar. Para escolher o “problema” mais adequado para o sujeito devemos ter como base os estudos da macrogênese e escolher sujeitos que possam compreender a tarefa sem resolvê-la imediatamente. Um bom problema não deverá ser demasiado fácil para o sujeito, pois neste caso o planejamento para resolução já estaria constituído desde o princípio, nem demasiado difícil, porque neste caso o sujeito não distinguirá “qual é afinal o problema”, e será impossível acompanhar a evolução da maneira pela qual ele elabora suas representações da situação. O sujeito deverá também dispor de referências, ou esquemas representativos, para situar os elementos necessários para a solução do problema. Para resolver um problema, de acordo com Inhelder *et al.* (1996), o sujeito sempre parte das suas estruturas estáveis construídas anteriormente em direção a exploração do meio, utilizando seus esquemas de procedimento.

A atitude do **experimentador** numa abordagem qualitativa baseada na metodologia proposta por Inhelder *et al.* (1996) é a de um observador durante o curso da resolução do problema, pois ele dá a tarefa ao sujeito, deixa-o livre e abstêm-se de intervir ativamente, mas deve estar muito mais atento à observação dos comportamentos tais como expressões faciais, balbucios, respiração, gestos e mímicas que acompanham os processos.

Os experimentos com programação criados com a ferramenta *Kids First Coding & Robotics* foram divididos em dois grupos. O Grupo 1 (G1) é composto por seis experimentos com o(a) ratinho(a) robô (E1, E2, E3, E4, E5 e E6). Já o Grupo 2 (G2) é constituído de outros seis experimentos com o(a) jogador(a) de futebol robô (E7, E8, E9, E10, E11 e E12), totalizando doze experimentos. Cada sujeito investigado escolheu um nome da sua preferência para designar os robôs.

Na Figura 22, podemos observar a forma do ratinho robô e o “queijo” que deve ser alcançado no final do mapa. Em seguida passamos para a explicação de cada um dos seis experimentos criados para ser resolvido com o ratinho robô no Grupo 1 (G1):

Figura 22 – Ratinho robô utilizado nos experimentos G1[E1], G1[E2], G1[E3], G1[E4], G1[E5] e G1[E6]

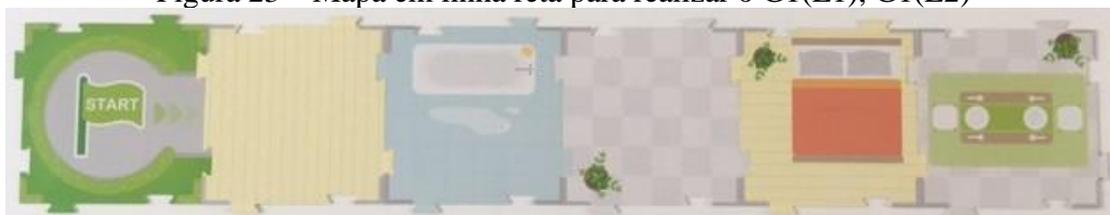


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G1[E1]: no primeiro experimento [E1] é apresentado para o sujeito o(a) ratinho(a) robô e uma sequência de seis quadrados dispostos em linha reta que formam o mapa (Figura 23). É solicitado que o sujeito programe o robô colocando as cartas na grade. A primeira programação deve fazer com que o ratinho chegue até a “cozinha” dessa casa imaginária para “pegar” um queijo que foi supostamente esquecido no chão. É solicitado que o sujeito escolha um nome para o ratinho robô. O mapa a ser percorrido pode ser observado na Figura 23.

G1[E2]: no segundo experimento [E2] é solicitado que o sujeito faça uma programação para o ratinho, saindo do ponto inicial (*start*), vá até a “cozinha” “pegar” o queijo esquecido e retorne ao ponto inicial. O mapa a ser percorrido pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 – Mapa em linha reta para realizar o G1(E1), G1(E2)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G1[E3]: no terceiro experimento [E3] é proposto um novo mapa, com os mesmos quadrados, mas dispostos em linha reta com curva. O sujeito deverá realizar uma

programação que leve o ratinho robô até a “cozinha” da casa imaginária, mas agora o trajeto é composto de uma reta e uma curva como pode ser observado na Figura 24.

G1[E4]: no quarto experimento [E4] é solicitado que o sujeito faça uma programação para o ratinho, saindo do ponto inicial (*start*), vá até a cozinha e retorne ao ponto inicial. O mapa a ser percorrido pode ser observado na Figura 24.

Figura 24 – Mapa contendo reta e curva para realizar o G1(E3), G1(E4)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G1[E5]: no quinto experimento [E5] é proposto um novo mapa, ainda com seis quadrados, mas disposto em zigue-zague. O sujeito deverá realizar uma programação que leve o ratinho robô até a “cozinha” da casa imaginária, conforme pode ser observado na Figura 25.

G1[E6]: no sexto experimento [E6] é solicitado que o sujeito faça uma programação para o ratinho, saindo do ponto inicial (*start*), vá até a cozinha em zigue-zague para “pegar” o queijo e retorne ao ponto inicial.

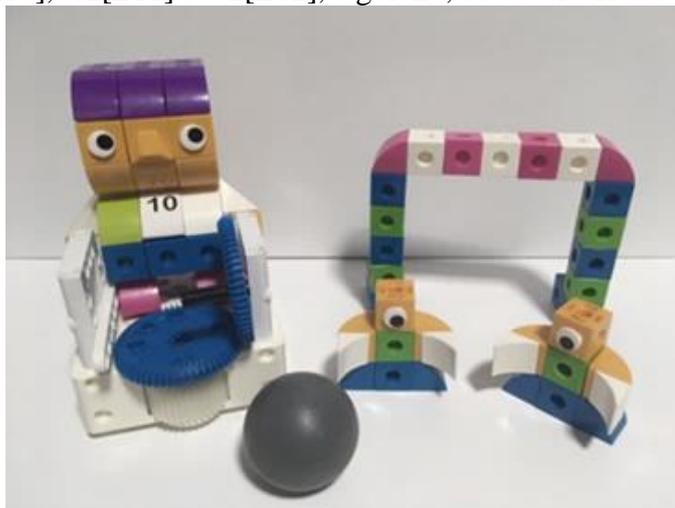
Figura 25 – Mapa em zigue-zague para realizar o G1(E5), G1(E6)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 (G2) de experimentos um novo mapa e um novo robô são propostos. Na Figura 26, podemos observar a forma do jogador de futebol robô que deve ser programado pelos sujeitos para resolver os desafios. Em seguida passamos pela explicação de cada um dos seis experimentos criados para ser resolvido com o jogador de futebol robô:

Figura 26 – Jogador de futebol robô utilizado nos experimentos G2[E7], G2[E8], G2[E9], G2[E10], G2[E11] e G2[E12], a goleira, os adversários e a bola



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G2[E7]: no sétimo experimento [E7] é apresentado o jogador de futebol robô e o mapa do “campo de futebol”. É solicitado que o sujeito escolha um trajeto a ser percorrido pelo robô e que programe para se deslocar até o quadrado do mapa onde está a goleira. É solicitado também que o sujeito escolha um nome para o jogador de futebol robô. O mapa a ser percorrido pelo robô ratinho pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 – Mapa para realizar o G2(E7)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G2[E8]: no oitavo experimento [E8] é solicitado que o sujeito programe o robô para se deslocar até a goleira e “chute” a bola para fazer o gol. A bola é lançada através do movimento de uma engrenagem, também programável, que é acionada quando o sensor detecta a carta com a função “estrela azul” que é adicionada ao mapa inicial. O comando ‘função’ desencadeia o algoritmo construído pelo sujeito que lançará a bola ao gol. O mapa a ser percorrido pelo jogador de futebol robô pode ser observado na Figura 28.

Figura 28 – Mapa para realizar o G2(E8)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G2[E9]: no nono experimento [E9] é solicitado que o sujeito programe o robô para se deslocar até a goleira e “chute” a bola, mas quando o robô encontrar um adversário no trajeto é necessário fazer um movimento de “drible”. O quadrado contendo o ‘evento1’ é inserido no mapa de acordo com a programação anterior do sujeito. O movimento deve ser incluído na programação através das cartas com a condicional IF – DO e as cartas de ‘curva à direita’ e ‘curva à esquerda’. A estrutura lógica IF-DO ou se-então executa o comando somente se a condição for verdadeira. O movimento de “drible” é realizado quando o sensor detecta a figura no mapa onde estão os “adversários”, conforme pode ser observado na Figura 29, abaixo:

Figura 29 – Mapa para realizar o G2(E9)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G2[E10]: no décimo experimento [E10] é solicitado que o sujeito programe o robô para se deslocar até a goleira e “chute” a bola, mas agora terão dois adversários pelo caminho e quando o robô encontrar um ou outro adversário no trajeto, é necessário fazer o movimento de “drible”. O quadrado contendo o ‘evento1’ e o ‘evento2’ é inserido no mapa de acordo com a programação anterior do sujeito. O movimento deve ser incluído na programação através das cartas com condicionais IF – DO e disjunção OR. O robô executa o “drible” quando o sensor identifica um símbolo no mapa ou outro onde foram posicionados os adversários, conforme pode ser observado na Figura 30, logo abaixo:

Figura 30 – Mapa para realizar o G2(E10)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G2[E11]: no décimo primeiro experimento [E11] é solicitado que o sujeito programe o robô para se deslocar até a goleira e “chute” a bola, mas agora terão dois adversários

localizados no mesmo ponto do mapa e quando o robô encontrar os dois adversários no trajeto, é necessário fazer o movimento de “drible”. Os “adversários” são posicionados de acordo com a localização do quadrado de ‘evento2’, que por sua vez está de acordo com a programação construída pelo sujeito. O movimento deve ser incluído na programação através das cartas com condicionais IF – DO e conjunção AND. Ao inserir a conjunção é necessário que o robô identifique os dois símbolos pra só então executar o drible no segundo símbolo onde foram posicionados os adversários, conforme pode ser observado na Figura 31, abaixo:

Figura 31 – Mapa para realizar o G2(E11)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

G2[E12]: no décimo segundo experimento [E12] é solicitado que o sujeito programe o robô para se deslocar até a goleira e “chutar” a bola realizando o movimento do experimento anterior, mas enquanto a condicional não for satisfeita o sujeito poderá incluir a execução de efeitos sonoros ou luminosos na programação. O movimento deve ser incluído na programação através da condicional ELSE. Ao combinar a condicional no algoritmo, enquanto a conjunção ‘AND’ não é atendida, sinais sonoros e luminosos escolhidos pelos sujeitos são emitidos. O mapa a ser percorrido é o mesmo do experimento anterior (Figura 31).

5.5 ANÁLISE DE DADOS

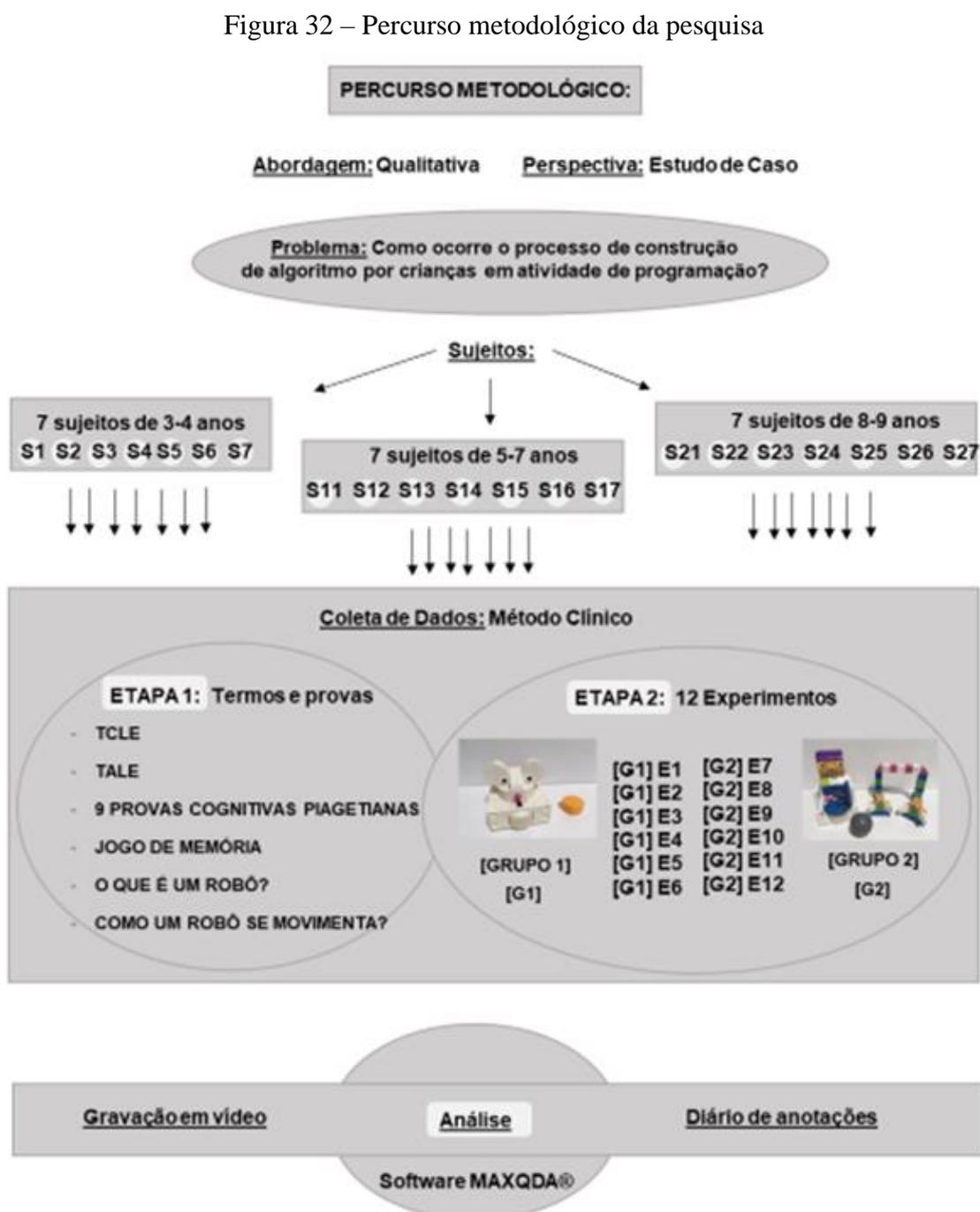
A maioria dos fenômenos psicológicos, tais como o pensamento, a aprendizagem, a memória, o raciocínio, a percepção, entre outros, não é diretamente observável pelo pesquisador. Alguns desses fenômenos podem ser constatados pelo próprio sujeito que os vivencia, mas ao cientista é possível apenas a observação de indícios. Ainda assim, o raciocínio do sujeito tende a refletir-se nas ações e nas escolhas que faz em cada situação. É possível avaliar a motivação de um indivíduo ao resolver um problema, por exemplo, através da sua persistência. Dessa maneira, o estudo de fenômenos psicológicos requer inferências. Inferir a natureza de eventos psicológicos a partir do comportamento observável não é uma questão simples. Os fenômenos psicológicos não existem isolados das suas interações e tornam a interpretação do comportamento uma tarefa desafiadora. O comportamento de alguém ao resolver um problema reflete não apenas seu raciocínio sobre o problema, mas seus objetivos e suas crenças sobre a situação. Logo, um comportamento observado é o resultado de uma interação entre diversos fatores que motivam, se situam em um contexto, organizam e possibilitam sua execução (CARRAHER, 1998).

Para descrever as atitudes dos sujeitos com relação a um objeto, os métodos tradicionais em psicologia eram inicialmente as entrevistas e as escalas, justamente uma tentativa de não incorrer em subjetivismos. Contudo, os entrevistados podem distorcer as informações e expressar atitudes diferentes das verdadeiras. Estudiosos de psicologia social têm enfatizado, nas últimas décadas, a importância de recorrermos a medidas que indicam atitudes sem que seja necessário consultar os sujeitos diretamente (CARRAHER, 1998). A evolução dos métodos de avaliação em psicologia social reflete uma tendência a, cada vez mais, buscar evitar as distorções conscientes e avaliar as atitudes a partir de inferências, usando indicadores mais sutis coletados de modo sistemático.

A análise baseada no estudo das microgêneses cognitivas de Inhelder *et al.* (1996) deve assegurar uma comunhão de abordagem onde a análise categorial do sujeito epistêmico e a análise funcional do sujeito psicológico sejam igualmente legítimas e complementares compartilhando com Piaget a ideia de um sujeito ativo e construtor que participa ativamente do conhecimento do universo e de si próprio. Inhelder *et al* (1996) sugere os seguintes tópicos de observação: focar nas sequências de ações e seus encadeamentos; enfatizar as relações entre procedimentos de descoberta e sistemas de compreensão; verificar como se organiza os passos em direção ao objetivo pretendido; observar o papel das representações no procedimento de resolução dos problemas; levantar hipóteses acerca dos processos que

sustentam a orientação dos passos percorridos pelo sujeito e inferir modelos subjacentes e sua organização funcional.

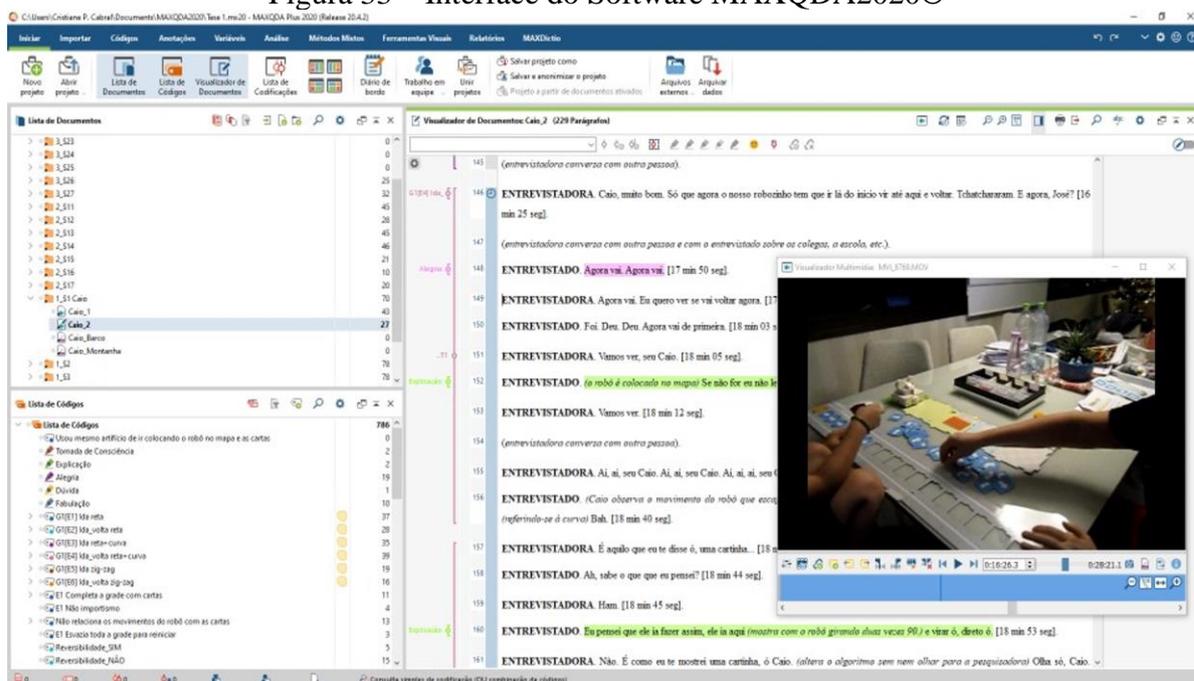
Abaixo podemos observar uma representação que sintetiza o percurso metodológico da pesquisa:



5.5.1 O Software de Análise qualitativa MAXQDA2020®

Para apoiar a análise dos dados dessa investigação foi utilizado um *software* específico para análise qualitativa de dados, chamado MAXQDA2020®.

Figura 33 – Interface do Software MAXQDA2020®



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O *software* foi desenvolvido para ser usado tanto em pesquisas qualitativas quanto quantitativas e métodos mistos. Através dele é possível lidar com muitos dados e uma quantidade grande de dados, como foi o caso da presente pesquisa. Suporta arquivos de texto, áudio, vídeo, imagem, PDF e tabelas. Está disponível como uma aplicação universal para sistemas operacionais Windows e macOS. Foi desenvolvido pela empresa VERBI Software localizado em Berlim, Alemanha.

6 ANÁLISE DE DADOS

A seguir, será apresentada a análise dos casos dos sujeitos participantes da pesquisa.

6.1 SUJEITOS DE 4-6 ANOS COM ESTRUTURA COGNITIVA PRÉ-OPERATÓRIA

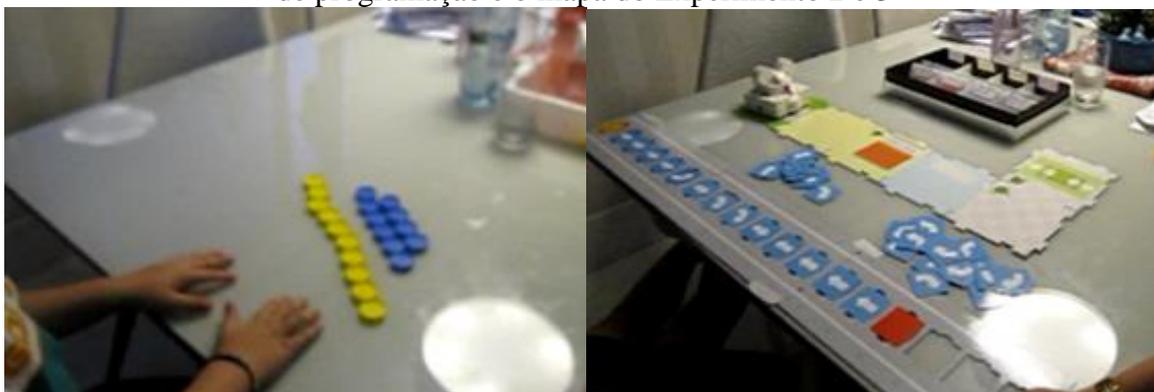
Inicialmente analisaremos os sujeitos de 4-6 anos de idade que possuem estrutura cognitiva pré-operatória, de acordo com os resultados das provas cognitivas realizadas na Etapa 1.

6.1.1 Análise dos casos

6.1.1.1 O Caso do Sujeito 1 (6a.6m.)

As respostas do Sujeito 1 (S1) nas provas cognitivas da Etapa 1 demonstraram que possui algumas noções em processo de fechamento, como a noção de conservação de quantidade e de líquido, e outras ainda em processo bastante inicial de desenvolvimento, como é o caso da conservação de massa. A ausência de sincronismo no desenvolvimento das noções é uma característica do desenvolvimento cognitivo explicada pela decalagem horizontal, pois, as estruturas operatórias que tratam de conteúdos diferentes são atravessadas por questões ligadas à percepção, especialmente nos sujeitos da faixa etária de 4-6 anos, o que acaba por atrasar o fechamento de uma noção em relação à outra. Com relação ao S1 podemos observar essa diferença claramente conforme o Quadro 31. O conjunto das provas cognitivas demonstram que o sujeito está no subperíodo das representações pré-operatórias do desenvolvimento cognitivo, mas, um pouco mais à frente em relação aos demais sujeitos da mesma faixa etária.

Figura 34 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 1 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas e correspondência termo a termo com uso de fichas. Etapa 2 com a grade de programação e o mapa do Experimento 2 e 3



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora iniciou a Etapa 2 da coleta de dados com as orientações comuns a todos os sujeitos para a resolução dos experimentos do Grupo 1 (G1). O sujeito deu o nome de “Tofu” para o robô. Após ouvir as orientações para o primeiro experimento (G1[E1]), o sujeito se apressou em construir o algoritmo inicial (G1[E1] T1). Procedeu estabelecendo correspondência, colocando a carta na grade e olhando para o quadrado no mapa, ao final disse: *S1: Beleza!*, demonstrando estar convicto da sua hipótese. Gravou os comandos na memória do robô com ajuda da pesquisadora e testou. O robô se deslocou ao longo do trajeto e parou no quadrado final do mapa. O sujeito vibrou com os braços erguidos e sorriu. O algoritmo construído para resolver G1[E1] pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Algoritmo construído pelo S1 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o segundo problema (G1[E2]). O sujeito disse: *S1: Xiii, deu ruim para mim*. Em seguida retirou a carta ‘fim’ da grade de programação e inseriu cinco cartas ‘para trás’ e disse: *S1: Completei a missão!* Compilou o programa e fez uma pausa, olhando a grade de programação. O seguinte diálogo se desenrolou:

S1: Não vai ir ...

P: Não? Por quê?

S1: Porque olha aqui eu botei tudo aqui, ele vai reto né?! Ai tu ‘viu’ que ele chegou até aqui e não voltou? (aponta para a grade de programação)

P: Aqui na grade o robô só grava a programação, ele vai executar os comandos no mapa.

S1: Ah, tá.

S1 testou alcançando o sucesso. Vibrou muito em pé na cadeira e fazendo uma “dancinha”. O algoritmo pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 – Algoritmo construído pelo S1 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora deu as orientações para resolver o terceiro experimento (G1[E3]). O sujeito perguntou se o robô teria que voltar também. A pesquisadora respondeu que sim, mas que primeiro faríamos o ratinho “Tofu” ir. O sujeito retirou todas as cartas da grade de programação, colocou cinco cartas ‘para frente’ e perguntou: S1: Cadê aquela “curva reta”? A pesquisadora apontou as cartas de curva na caixa e o sujeito inseriu ‘curva à esquerda’ (G1[E3] T1). Salvou e testou. O robô escapou do limite do mapa. O sujeito disse: *S1: Ué, como assim?* Demonstrando não ter compreendido o movimento executado pelo robô. A pesquisadora disse: *P: O robô executa ordens através da programação, mas precisamos explicar direitinho na linguagem dele.* O sujeito olhou para o mapa e depois para a grade e disse: *S1: Sabe o que aconteceu? Eu não percebi. É que ‘tava’ cinco aqui.* S1 demonstrou, através da fala, a tomada de consciência de que o mapa havia sido alterado e com isso, um quadrado foi subtraído. Corrigiu o algoritmo, retirando uma carta ‘para frente’ e reposicionando a última carta (G1[E3] T2), compilou a programação e testou observando o movimento executado pelo robô no mapa. O objeto se deslocou ao longo da reta, realizou um giro e parou sem alcançar o fim. O sujeito exclamou: *S1: Robô sacana, velho!* A pesquisadora perguntou: *P: O que aconteceu?* O sujeito fez uma pausa e em seguida alterou o algoritmo, inserindo ‘para frente’ depois da curva (G1[E3] T3) e disse: *S1: Agora vai!* Compilou a programação e testou. O objeto se deslocou corretamente pelo mapa, executando o giro e avançando no último quadrado do mapa. O sujeito vibrou novamente em pé na cadeira e “dançando”. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 4:

Quadro 4 – Algoritmos construídos pelo S1 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	FIM	X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T3	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o quarto experimento (G1[E4]). O sujeito retirou a carta ‘fim’ do algoritmo e colocou uma carta ‘para frente’, em seguida retirou a mesma, colocou uma carta de ‘curva à direita’ e inseriu mais cinco cartas. Compilou a programação e testou (G1[E4] T1). O sujeito falou animado: *S1: Agora vai! Agora vai!* O robô se movimentou, mas no final do mapa o objeto se deslocou para fora do limite. O sujeito perguntou: *S1: Tinha que botar outra dobra? Sabe o que eu pensei? Que ele ia fazer assim, ele ia aqui (mostra um giro de 180° com o robô no final do mapa) e virar ó, direto ó.* A pesquisadora repetiu a orientação mostrando, também com o robô, o giro de 90° que o objeto realizaria a cada comando ‘curva’. O sujeito substituiu a carta ‘para frente’ por uma de ‘curva à direita’ e disse: *S1: Vai! Agora vai com certeza!* Compilou e testou a programação (G1[E4] T2). Quando o robô executou a segunda curva no mapa, S1 ergueu os braços, sorrindo para comemorar o êxito, mas em seguida o robô se deslocou para trás escapando do limite. O sujeito olhou para a grade e disse: *S1: Ahhhhh ... Sabe o que eu fiz? Era pra ter botado o reto. Agora vai ó.* Inseriu uma carta ‘para frente’, salvou e testou (G1[E4] T3). Depois do giro, o robô avançou um quadrado, mas em seguida se deslocou para trás, escapando novamente no final do mapa. S1 inseriu uma terceira curva no algoritmo, compilou e testou (G1[E4] T4) sem alcançar o êxito novamente. S1 disse: *Não é possível!* Alterou o comando, trocando uma das curvas por uma carta ‘para frente’ (G1[E4] T5). No momento em que o robô estava gravando a programação, o sujeito tomou consciência e disse: *Não! Falta uma coisa.* A pesquisadora perguntou: *Quer arrumar?* E o sujeito respondeu: *Tá. Vamos ver se vai.* O que demonstrou, neste momento, que o sujeito possuía dúvidas com relação a sua hipótese. Testou o robô que se deslocou para fora do mapa. O seguinte diálogo transcorreu:

S1: Esse era o problema.

P: Tu já sabias que ia dar esse problema?

S1: Sabia.

P: Mostra aqui onde está o problema (aponta a grade de programação).

S1: O problema é aqui ó (aponta a 11ª. carta) é aqui que eu tenho que botar a dobra ó. Aqui ó.

O sujeito construiu o sexto algoritmo substituindo a 11ª. carta por uma ‘curva à esquerda’, acrescentou mais uma carta ‘para trás’ ao final (G1[E4] T6) e disse: *S1: Agora vai!* Neste momento o sujeito perguntou se esta seria a última atividade e a pesquisadora respondeu que poderíamos encerrar a qualquer momento se ele estivesse cansado. O sujeito testou o robô que executou os movimentos. Depois do quarto giro o sujeito exclamou: *S1: Ahhh!* Demonstrando surpresa com o movimento realizado. O robô se deslocou de ré para o início do mapa. O seguinte diálogo se desenrolou:

S1: Ah, mas tá indo (o robô estacionou na carta de início). Tá aqui o problema (apontando a 9ª. carta no algoritmo), mas pelo menos foi.

P: É essa carta aí o problema?

S1: É, mas chegou lá.

P: Tu achas que aí é o problema?

S1: Era, porque eu não tinha colocado a dobra.

P: E era essa “dobra” aí?

S1: Era.

O sujeito pediu para encerrar, argumentando que estava cansado e assim foi realizado. Os algoritmos construídos ao longo de seis tentativas podem ser observados no Quadro 5.

Quadro 5 – Algoritmos construídos pelo S1 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	
G1[E4] T1	início	→	→	→	→	↑	→	↓	→	←	←	←	←	FIM			X
G1[E4] T2	início	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	←	←	←	←	FIM			X
G1[E4] T3	início	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	←	←	←	←	FIM		X
G1[E4] T4	início	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	↓	←	←	←	←	FIM		X
G1[E4] T5	início	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	←	←	←	←	FIM		X
G1[E4] T6	início	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↑	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Através da análise das condutas do S1 é possível afirmar que o sujeito encontrou rapidamente a solução para G1[E1] e G1[E2], mas procedeu através de tentativas, reformulando as hipóteses, para resolver G1[E3] e G1[E4]. Nos dois primeiros problemas, a solução foi encontrada com apenas um algoritmo, ou seja, assim que foram lançadas as orientações o sujeito logo construiu a solução para o problema, sem a necessidade de reorganizar a ação através dos testes, além disso, manifestou, verbalmente, a certeza da sua hipótese. Procedeu estabelecendo a correspondência visual entre as cartas e os quadrados no mapa, sem apoiar no concreto. Já no procedimento de resolução do G1[E3] e G1[E4], a cada

tentativa de construção do algoritmo, o sujeito testava o movimento do robô, observava o resultado e em seguida modificava os comandos a partir dos observáveis da ação. As condutas de “inserir uma curva” em (G1[E4] T2), “inserir uma terceira curva” em (G1[E4] T3), “trocar uma curva por ‘para frente’ em (G1[E4] T4) e “trocar ‘para trás’ por curva” em (G1[E4] T5) são procedimentos, “passo a passo” realizados pelo sujeito através da assimilação dos observáveis dos testes, tomadas de consciência e abstrações pseudo-empíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física. Na sexta tentativa de construção do algoritmo do G1[E4] o sujeito alcançou o êxito, mas observa-se que não foi de uma maneira intencional, inclusive demonstrando surpresa com o resultado positivo alcançado, pois, pretendia que o robô retornasse de frente até o início do mapa. Ainda que esse não tenha sido o movimento realizado pelo robô, S1 deu-se por satisfeito e pediu para encerrar, alegando estar cansado. A síntese do percurso cognitivo do S1 pode ser observada no Quadro 6.

Quadro 6 – Síntese do percurso cognitivo do S1

SUJEITO 1 – 6a.06m.	
G1[E1] T1 ✓	G2[E7]
G1[E2] T1 ✓	G2[E8]
G1[E3] T1 T2 T3 ✓	G2[E9]
G1[E4] T1 T2 T3 T4 T5 T6 ✓	G2[E10]
G1[E5]	G2[E11]
G1[E6]	G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os resultados das provas cognitivas de S1, um pouco mais à frente do que os demais investigados do grupo da mesma faixa etária, se refletiu também nos resultados alcançados na resolução dos experimentos. Para a pesquisadora restou a dúvida se o sujeito conseguiria alterar o G1[E4] T4 para fazer o robô retornar de frente até o início do mapa, visto que, conforme o último diálogo antes do encerramento, S1 tinha convicção de que o comando que estava errado na linha de códigos era a 9ª carta de comando, quando na verdade, não estava. Para realizar o movimento desejado, ele precisaria alterar a curva do 11º. comando e inverter os quatro seguintes colocando ‘para frente’ para obter sucesso, o que poderia se apresentar como uma dificuldade de descentração do ponto de vista. Observa-se que o sujeito não representou o movimento com o corpo, com as mãos ou colocando o robô no mapa para dar

suporte ao procedimento de resolução do problema. Em vez disso, S1 apoiou-se na correspondência visual entre as cartas e os quadrados no mapa, na representação mental do movimento, na assimilação dos observáveis dos testes e na regulação das ações para alcançar êxito. O tempo total do S1 foi de 58min., mantendo-se na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 2 encontrada na síntese dos casos.

6.1.1.2 O Caso do Sujeito 2 (5a.6m.)

As respostas do Sujeito 2 (S2) nas provas cognitivas da Etapa 1 demonstraram que se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em desenvolvimento bastante inicial, assim como a maior parte dos sujeitos da faixa etária de 4-6 anos de idade, como pode ser observado no Quadro 31. O conjunto das provas cognitivas demonstram que o sujeito está no subperíodo das representações pré-operatórias do desenvolvimento cognitivo.

Figura 35 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 2 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas e massa com uso de massa de modelar. Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Na Etapa 2, logo depois das orientações iniciais, S2 disse que não saberia como resolver o problema. O sujeito não quis nomear o robô. A pesquisadora repetiu as orientações e ele então contou em voz alta, apontando com o dedo, os seis quadrados no mapa e colocou seis cartas na grade de programação. Por um erro na contagem (contou seis, mas dispôs uma carta de comando a mais), o sujeito inseriu sete cartas na grade, como pode ser observado na primeira tentativa de construção do algoritmo (G1[E1] T1). S2 se interessou em como fazer para ligar e desligar o robô, a pesquisadora demonstrou e ele quis experimentar também. Depois, retirou todas as cartas na grade, colocou apenas duas cartas e verbalizou: *S2: Eu botei ir pra frente e pra cima.* (G1[E1] T2). Ao testar o robô, não demonstrou surpresa com o

movimento realizado, indicando que era o movimento previsto. Pediu para desligar o robô, a pesquisadora disse que se o robô fosse desligado, demoraria muito para se localizar novamente no mapa. O sujeito então contou as cartas em voz alta e foi colocando na grade seis cartas ‘para frente’. Disse: S2: *Botei a mesma ordem.* (G1[E1] T3) Referindo-se ao primeiro algoritmo construído e demonstrando que existia intencionalidade na ação. Salvou e testou, observando os movimentos executados pelo robô. O objeto escapou no final do mapa. O sujeito disse: S2: *Por que ele não pegou o queijo?* A pesquisadora disse que o robô apenas se aproximaria do queijo para “pegar” e questionou: P: *Tem como mudar essa programação pra ele chegar ali onde está o queijo e parar?* O sujeito pediu para fazer a atividade no chão e a pesquisadora disse que o robô precisaria de uma superfície muito lisa para se deslocar e que no chão havia um tapete e que não funcionaria. Depois retirou uma carta de ‘para frente’ do algoritmo (G1[E1] T4), compilou e testou. Enquanto o robô se localizava no mapa, S2 disse que não possuía certeza se o robô “chegaria no queijo”. A dúvida de S2 provavelmente se relaciona com o primeiro teste realizado em que desejava colocar seis cartas na grade, mas por um erro de contagem colocou sete cartas e o robô não executou o movimento desejado. O robô se deslocou e estacionou com sucesso no final do trajeto. Ao verificar o próprio êxito, S2 demonstrou muita alegria gritando e vibrando em pé na cadeira onde estava. Disse: S2: *Agora eu pirei!* O que provocou risos na pesquisadora. A sequência das modificações no algoritmo pode ser observada no Quadro 7.

Quadro 7 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E1] T2	INÍCIO	→	↑	FIM						X
G1[E1] T3	INÍCIO	→	→	→	→	→	→	FIM		X
G1[E1] T4	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM			V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No segundo experimento do primeiro grupo (G1[E2]) foi proposto o deslocamento de ida e volta do robô no mapa em linha reta. Depois de lançar as orientações, o sujeito colocou o robô no final do mapa de frente para o início do mapa, retirou e recolocou as cinco cartas ‘para frente’ na grade. A pesquisadora perguntou: P: *Com essa programação ele vai e volta?* O sujeito respondeu que sim e falou: S2: *Eu já dei a ordem.* O sujeito compilou, testou iniciando o deslocamento no quadrado “start” do mapa e observou que o robô se deslocou

para frente e parou G1[E2] T1. A pesquisadora perguntou o que seria necessário fazer para o robô ir e voltar. O sujeito respondeu que não sabia. Retirou a carta ‘fim’ da grade e disse: S2: *Ele vai pra frente e acabou.* A pesquisadora falou: *Mas eu queria que ele também voltasse.* O sujeito disse que não saberia como resolver, mas em seguida acrescentou cinco cartas ‘para trás’ na grade de programação (G1[E2] T2), conservando as cinco cartas que havia colocado, gravou e testou. Quando o robô começou a retornar, a pesquisadora disse: *Ele está voltando, mas tem que parar ali, pra ficar certinho.* O sujeito respondeu, antes mesmo do robô finalizar a programação: *É porque eu botei cinco.* A pesquisadora interpretou a frase como a confirmação de que a reversão do movimento alcançaria êxito. O robô executou o movimento corretamente. O sujeito reagiu com alegria, pulando em pé na cadeira outra vez e disse: S2: *De novo!* Os algoritmos construídos para resolver G1[E2] podem ser observados no Quadro 8.

Quadro 8 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM						X
G1[E2] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora propôs o desafio seguinte. Para solucionar G1[E3] o sujeito retirou da grade de programação as cartas ‘para trás’ e uma das cartas ‘para frente’, o que evidenciou que observou a alteração no mapa. Inseriu uma carta de ‘curva à esquerda’ e perguntou: S2: *E daí ele dá uma curva pra cima?* A pesquisadora demonstrou, com o robô, o giro de 90°. que o robô realizaria ao comando da carta de ‘curva’ e o sujeito questionou: *Ah. E ele não anda?* A pesquisadora respondeu que não. S2 adicionou mais uma carta de ‘curva à esquerda’ no algoritmo (G1[E3] T1) e ao testar o movimento do robô no mapa, o sujeito realizou correspondência visual entre as cartas na grade e o movimento do robô no mapa. O objeto executou dois giros no final do trajeto e o sujeito disse: S2: *Eu acho que essa ordem não deu aqui ó.* Trocou a última carta do algoritmo por ‘para frente’ (G1[E3] T2), salvou e testou com sucesso. Vibrou alegremente pulando na cadeira, mais uma vez. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 9.

Quadro 9 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	início	→	→	→	→	↑	↑	FIM	X
G1[E3] T2	início	→	→	→	→	↑	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Ao ser solicitada a construção do algoritmo para a ida e volta do robô no mapa (G1[E4]) o sujeito inverteu a 5ª e a 6ª carta de comando que estava na grade (G1[E4] T1) e recolocou o robô no final do mapa, de frente para o início, repetindo a conduta realizada no G1[E2]. A pesquisadora disse que o robô deveria iniciar no início do mapa, do 'start' ir e voltar. O sujeito salvou e testou o robô, que escapou do limite final do trajeto. S2 inverteu a direção da curva (G1[E4] T2), compilou e testou. O objeto escapou novamente. O sujeito disse: *Achei o problema!* Apontou para a 5ª. carta e inverteu colocando 'para frente' (G1[E4] T3) e acabou por repetir o algoritmo de G1[E3] T2, sem intencionalidade. Compilou e testou. O robô se deslocou pelo mapa até o fim, mas estacionou em vez de retornar. O seguinte diálogo transcorreu:

P: Como é que faz pra voltar?

S2: Agora eu quero como era antes (modificou o mapa para reta sem curva)

P: Assim, com curva, não tem como fazer pra voltar?

S2: Fica quietinha que o rato vai almoçar.

A pesquisadora interpretou a fala do sujeito como uma desistência da resolução do problema e passou a observar a ação do S2, que modificou o mapa para reta sem curva, como realizado em G1[E1]. Os algoritmos construídos ao longo das três tentativas para resolver G1[E4], sem alcançar o êxito, podem ser observados no Quadro 10.

Quadro 10 – Algoritmos construídos pelo S2 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E4] T1	início	→	→	→	←	↓	→	FIM	X
G1[E4] T2	início	→	→	→	←	↑	→	FIM	X
G1[E4] T3	início	→	→	→	→	↑	→	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito repetiu a construção do algoritmo que havia elaborado anteriormente em G1[E1] T3, gravou e colocou o robô no início do mapa. Quando o objeto já se movimentava o sujeito disse: *S2: Opa, botei seis.* Retirou uma carta da grade e disse: *S2: Tomara que ele não passe.* Observa-se que o sujeito tomou consciência do erro e tentou corrigi-lo ao mesmo

tempo em que o objeto se deslocava pelo mapa, como se fosse possível a alteração imediata do movimento. O robô escapou do limite. A pesquisadora lembrou ao S2 que seria necessário gravar a programação com a alteração, para que o robô executasse os comandos, assim foi feito, testou e o robô estacionou no final do mapa. O seguinte diálogo se desenrolou:

P: E aquela volta com a curva não dá pra fazer?

S2: Aquela eu não queria. (retira a carta vermelha do fim do algoritmo) Como é que eu faço pra ele dar a volta?

P: Como fizeste para ele voltar no outro? Não te lembras?

S2: Não.

P: E agora? Eu também não lembro. Voltar é como?

S2: Botando esse aqui? (mostra a carta 'para trás')

P: Então coloca.

S2: (coloca uma carta 'para trás' na grade) É quantos?

P: Eu não sei, eu me esqueço, eu quero saber.

S2: Eu acho que é cinco. (coloca cinco cartas 'para trás' na grade)

O sujeito testou o movimento do robô. Pegou o queijo na mão e disse que iria entregar para o ratinho. Nesse momento a mãe do S2 se aproximou e disse: *Que legal esse robô, muito bom meu filho!* Ele então salvou e testou o mesmo movimento por mais oito vezes seguidas e depois disse: *Eu não quero mais brincar disso.* A pesquisadora encerrou a coleta de dados.

Através da análise das condutas cognitivas do S2 é possível dizer que o sujeito resolveu os três primeiros experimentos e desistiu no G1[E4], solicitando retornar ao segundo experimento onde obteve êxito, por prazer e para demonstrar o resultado para sua mãe. Foi observado que S2 realizou algumas ações de experimentação do material antes de chegar à solução final dos primeiros experimentos, tais como: questionou como ligar e desligar o robô; desejou realizar a atividade no chão e demonstrou dúvida quando o robô não “pegou” o queijo e experimentou a carta de curva logo no primeiro experimento. O encontro com um material novo provoca a adaptação dos esquemas do sujeito ao objeto, por isso as experimentações realizadas pelo sujeito, que também foram observadas em outros sujeitos investigados.

Foi no G1[E1] que o S2 realizou a maior parte dos testes com o material. Para resolver o problema inicial inseriu sete comandos ‘para frente’ por um erro de contagem, alterou a hipótese, diminuindo para seis comandos ‘para frente’, de acordo com a hipótese perceptiva, ou seja, correspondendo os comandos com a quantidade total de quadrados no mapa. Depois dos testes, colocou somente cinco cartas ‘para frente’ na grade, alcançando o êxito. A conduta de resolução de problemas do S2 é baseada em um “passo a passo” realizado através da assimilação dos observáveis da ação, tomadas de consciência e abstrações pseudoempíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física até alcançar a solução final. Para fazer com que o robô revertisse o movimento em G1[E2], S2 colocou o

objeto no fim do mapa, de frente para o início, assim como outros investigados da mesma faixa etária. Disse que não sabia como resolver o problema, pois o robô “iria para frente e acabou”, mas depois inseriu cinco comandos ‘para trás’, estabelecendo a relação de equivalência com o algoritmo de ida. Ao testar o movimento do robô, S2 disse, enquanto observava a execução do movimento, que “havia colocado cinco”, o que foi interpretado pela pesquisadora como a confirmação da hipótese pelo sujeito. Assim, observa-se a abstração pseudoempírica realizada pelo sujeito, pois enquanto o robô revertia o movimento, o sujeito constatou a confirmação de sua hipótese, ou seja, a coordenação da ação foi realizada apoiando-se no concreto.

Em G1[E3] observa-se que S2 percebeu a alteração do mapa, colocando quatro cartas ‘para frente’ e demonstrou dúvida com relação ao funcionamento das curvas, mesmo tendo realizado testes logo no primeiro experimento. Para S2 ao comando 'curva', o robô realizaria a conversão e se deslocaria ‘para frente’, por isso precisou testar o comando e regular a ação através dos observáveis até reverter o movimento. Em G1[E4], S2 posicionou novamente o robô no final do mapa, de frente para o início, com a intenção de reverter o movimento. Depois, posicionou o robô no início do mapa e procedeu, construindo o algoritmo. Inverteu a direção da 5ª e 6ª cartas, demonstrando o início da capacidade de reversibilidade do pensamento, mas que não foi suficiente para resolver o problema. Depois disso, S2 procedeu regulando a ação até que repetiu o algoritmo de ida e acabou desistindo do procedimento de resolução na terceira tentativa, sem construir a reversão do movimento.

Mesmo que S2 tenha retornado ao primeiro experimento, onde encontrou êxito, a solução não foi repetida de imediato. Verbalizou que não recordava a sequência para solucionar o problema, mas colocou uma carta de retorno na grade e depois de não obter resposta da pesquisadora, colocou outras cinco cartas ‘para frente’, dizendo não ter certeza da sua hipótese. A conduta demonstrou que, ainda que tenha alcançado o êxito anteriormente, a ação do S2 na resolução do G1[E2] não levou à conceituação, pois, o sujeito recorreu novamente à coordenação das ações para resolver o experimento. O sujeito tentou alterar o movimento do robô enquanto o objeto se deslocava pelo mapa, conduta também observada em outros sujeitos da mesma faixa etária e atribuída à relação de causalidade estabelecida pelo sujeito, sem a consolidação da relação com o algoritmo de programação. Com isso, não queremos dizer que S2 não estabeleceu relação de causalidade com o algoritmo ao longo do percurso, mas que sua conduta oscilou como é característica do subestádio pré-operatório. A síntese do percurso cognitivo pode ser observada no Quadro 11.

Quadro 11 – Síntese do percurso cognitivo do S2

SUJEITO 2 – 5a.06m.						
G1[E1]	T1	T2	T3	T4	✓	G2[E7]
G1[E2]	T1	T2	✓			G2[E8]
G1[E3]	T1	T2	✓			G2[E9]
G1[E4]	T1	T2	T3	✗		G2[E10]
G1[E5]						G2[E11]
G1[E6]						G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O percurso cognitivo do S2 demonstra que é possível atingir um avanço parcial na resolução dos experimentos que envolvem reversão do movimento, mesmo sem a consolidação da capacidade de reversibilidade do pensamento, desde que os observáveis da ação sejam assimilados e reelaborados em nível superior ao longo do encadeamento das ações, mas que só é possível quando existem esquemas assimilatórios para isso. Neste sentido os “erros” ao longo do percurso de resolução dos problemas tem um papel importantíssimo, pois, foram assimilados pelo sujeito e provocaram a modificação da sua estratégia. O tempo total do S2 foi de 54min., mantendo-se na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 2 encontrada na síntese dos casos.

6.1.1.3 O Caso do Sujeito 3 (5a.7m.)

As provas cognitivas do Sujeito 3 (S3) na Etapa 1 demonstraram que se encontra no subperíodo pré-operatório com as noções investigadas em estado inicial de construção. Contudo, foi observado que as respostas corretas na prova de conservação de massa e de líquido, por exemplo, aconteceram em função de abstrações pseudo-empíricas. Esse pode ser considerado um avanço em relação aos sujeitos que não modificaram suas hipóteses, mesmo assistindo os resultados das ações nas manipulações, contudo, um nível bastante inicial e que não refletiu significativamente nas respostas da Etapa 2. O conjunto das provas cognitivas demonstraram que o sujeito está no subperíodo das representações pré-operatórias do desenvolvimento cognitivo como pode ser observado no Quadro 31.

Figura 36 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 3 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas com o transvasamento de líquido. Etapa 2 com o mapa do Experimento 5 e 6



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora iniciou a Etapa 2 com as orientações comuns a todos os sujeitos para a resolução dos experimentos. O sujeito deu o nome de “Ratinho” para o robô. Logo que foi lançado o primeiro desafio (G1[E1]), S3 completou toda a grade de programação com cartas ‘para frente’. A pesquisadora disse: *P: Cada cartinha que colocar na grade o robô “anda” um quadrado no mapa.*, mas, S3 manteve a hipótese expressa no algoritmo (G1[E1] T1). Salvou a programação e quando ia colocar o robô no mapa para testar, perguntou: *S3: Como vai andar se tá sem cartinha?* A pesquisadora respondeu: *P: Ele (robô) guardou tudo na memória, agora vai fazer tudo aqui no mapa.* O robô executou os comandos e escapou do limite do mapa. S3 reorganizou o algoritmo dizendo: *Pera. Cinco. Tiro esse, tiro esse, tiro esse (cartas ‘para frente’), e ponho esse (reposiciona ‘fim’). Uma, duas, três, quatro, cinco, seis (contou). Tiro esse (retirou uma carta ‘para frente’). E esse aqui eu coloco aqui (reposicionou ‘fim’)* (G1[E1] T2). Esta fala ilustra a reorganização da ação que ocorreu em nível mental. Nem sempre os sujeitos verbalizam o pensamento, mas neste caso ficou bastante evidente. S3 gravou e testou. Enquanto o robô se localizava no primeiro quadrado, o sujeito disse: *Na terra dos robôs eles não precisam se localizar.* A fala do sujeito exemplifica suas representações mentais acerca do funcionamento dos robôs. O assunto foi aprofundado em um artigo específico (CABRAL; LAGO; ARAGÓN, 2021). O robô se deslocou corretamente no mapa, o sujeito sorriu. Os algoritmos construídos para a resolução do G1[E1] podem ser observados no Quadro 12.

Quadro 12 – Algoritmos construídos pelo S3 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E1] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM						V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Logo que o segundo desafio foi lançado pela pesquisadora (ir e voltar em linha reta), o sujeito verbalizou que sabia como resolver, retirou todas as cartas da grade de programação e tentou inverter a posição da grade de programação. A pesquisadora lembrou que a grade possuía um sentido. S3 então tentou colocar as cartas na grade no sentido contrário e disse: “*Esse aqui não quer ... Esse aqui não gruda.*” referindo-se ao encaixe da grade em um único sentido. Através de tentativas, S3 observou que a parte de trás da carta possuía o comando ‘para trás’ e encaixava na grade de programação. Inseriu cinco cartas ‘para trás’ e disse: S3: *Deu.* A pesquisadora lembrou que seria necessário colocar ‘fim’ para o robô “entender as ordens” e assim foi feito (G1[E2] T1). Perguntou o que o robô faria com aquelas “ordens”. O sujeito respondeu: S3: *Voltá.* A pesquisadora falou que gostaria que o robô “fosse e voltasse” (mostrando com o dedo o movimento no mapa) e perguntou se aquela programação faria com que o robô se deslocasse no mapa em movimento de ida e volta. Antes mesmo de testar, S3 começou a reconstruir o algoritmo, invertendo todas as cinco cartas ‘para frente’ (G1[E2] T2). A pesquisadora questionou sobre o movimento que o robô deveria fazer com aquela programação e S3 respondeu: *Vai pra frente e depois vira pra cá, vai pra cá. (apontando a ida e a volta do robô no mapa).* A pesquisadora insistiu perguntando: *Está tudo escrito aí, isso que tu me disseste?* S3 fez um gesto afirmativo com a cabeça, gravou e posicionou o robô no final do mapa de frente para o início. O robô emitiu sinal sonoro de erro. A pesquisadora disse que o robô sempre precisaria iniciar o trajeto partindo do quadrado de início e perguntou se o robô realizaria o movimento de ida e volta com aquela programação. S3 afirmou novamente que sim. Posicionou no início. O robô executou a programação enquanto o sujeito observava atentamente o objeto que foi até o final do mapa e estacionou. Imediatamente o sujeito inverteu as cartas, colocando ‘para trás’ (G1[E2] T3), gravou e testou. O robô deu a ré e escapou do limite. S3 inverteu novamente o sentido das cartas (G1[E2] T4). Mais uma vez a pesquisadora perguntou o que o robô deveria fazer com aquela programação e o sujeito mostrou no mapa o movimento de ida e volta. Testou sem atingir o êxito. S3, com as mãos para cima, disse que não sabia como proceder, que “não tinha nenhuma ideia para resolver o problema”. A pesquisadora questionou se gostaria de fazer “outra atividade” com o robô e o

sujeito concordou. Os algoritmos construídos para resolver G1[E2], sem alcançar êxito, podem ser observados no Quadro 13 abaixo.

Quadro 13 – Algoritmos construídos pelo S3 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E2] T1	INÍCIO	←	←	←	←	←	FIM	NT
G1[E2] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E2] T3	INÍCIO	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T4	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o desafio seguinte. O sujeito disse: *S3: Agora que eu não sei (pausa)*. Mesmo assim o sujeito construiu um algoritmo para solucionar o problema (G1[E3] T1), compilou a programação, contudo, ainda desequilibrado cognitivamente com o resultado do experimento anterior, perguntou para a pesquisadora: *S3: Mas como é que ele volta, me diz? Isso eu não sei*. Observa-se que a perturbação causou desequilíbrio no sujeito e por isso o questionamento permaneceu em seu pensamento, mesmo tendo avançado para o experimento seguinte. Para resolver G1[E3], S3 colocou o comando ‘curva à esquerda’ na expectativa de que o robô realizasse a conversão e avançasse um quadrado. Testou. Depois de observar o movimento realizado, S3 colocou uma carta ‘para frente’ em cima do mapa, na frente do robô. A pesquisadora disse que era necessário colocar as cartas na grade, o sujeito colocou a carta ‘para frente’ na parte de cima da grade de programação, na mesma direção da curva, fora dos encaixes. A partir do ponto de vista do sujeito, esse era justamente o movimento que o robô deveria executar no mapa. A pesquisadora perguntou: *P: Aí tem encaixe pra carta?* O sujeito disse que não e fez uma pausa. Retirou a carta ‘fim’ da grade de programação, inseriu o comando ‘para frente’ (G1[E3] T2) e testou atingindo o êxito. Vibrou alegremente. Os algoritmos construídos podem ser observados no Quadro 14.

Quadro 14 – Algoritmos construídos pelo S3 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o quarto experimento. O sujeito imediatamente inverteu todas as cartas na grade de programação (G1[E4] T1), demonstrando o início da capacidade da reversibilidade, mas que não é suficiente para resolver o problema. A pesquisadora pediu para o sujeito demonstrar com o dedo, no mapa, o movimento que o robô executaria com o algoritmo construído e o sujeito mostrou o retorno a partir do fim do mapa. O sujeito compreendeu que o robô precisava retornar, por isso reverteu os comandos no algoritmo, mas não incluiu a ida e a volta na mesma operação. A pesquisadora perguntou: *P: Com essa programação aí, ele vai fazer isso que mostraste com o dedo?* O sujeito respondeu: *S3: Ah, não sei. Porque só dá pra colocar virado pra um lado.* No experimento anterior, o sujeito conseguiu demonstrar o movimento de ida e volta do robô, mas não conseguiu operar mentalmente esse movimento para construir o algoritmo que resolvesse o experimento. Desta vez, em G1[E4] S3 demonstrou somente o movimento de retorno, evidenciando o desequilíbrio cognitivo, sem encontrar solução para o problema. Sua fala ilustrou a hipótese mental: “*só dá pra colocar virado pra um lado.*” Tal impossibilidade ocorre em função da sua estrutura cognitiva pré-operatória que não comporta a operação mental e conseqüentemente a capacidade de reversibilidade do pensamento. O sujeito testou o algoritmo, o robô retornou e escapou do mapa. O seguinte diálogo transcorreu:

S3: Ué, não dá pra colocar a cartinha pra dois lados, então ele só vai pra um.
P: Não tem como fazer com essa programação aí?
S3: Não.
P: O ratinho só pode ir e não pode voltar?
S3: Só.

Se comparado ao algoritmo anterior (G1[E3] T2), é possível observar que o sujeito inverteu o sentido de todas as cartas, ou seja, possuía como necessidade a inversão das cartas para reverter o movimento, mas, não conseguiu incluir a ida e a volta no mesmo algoritmo. Para ele seria possível somente ir ou somente voltar, tal hipótese é ilustrada com a fala “*Ué, não dá pra colocar a cartinha pra dois lados, então ele só vai pra um*”. A hipótese do sujeito para a resolução do problema pode ser observada no algoritmo do Quadro 15.

Quadro 15 – Algoritmo construído pelo S3 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E4] T1	início	←	←	←	←	↓	←	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora questionou se o sujeito gostaria de realizar mais uma “atividade” com o robô, o sujeito concordou e a pesquisadora lançou o próximo desafio (G1[E5]). O sujeito, antecipando a etapa seguinte e demonstrando seu desequilíbrio cognitivo, verbalizou a preocupação com o retorno do robô:

S3: Mas aí, depois, ‘tu pega’ ele e coloca de volta aqui.

P: Prá voltar?

S3: Sim.

P: Ah, prá voltar nós vemos depois, vamos fazer ele ir primeiro. Se não conseguir, não tem problema, pode ser?

S3: Uhum.

A preocupação do S3 com o retorno do robô no trajeto demonstra que não possuía solução para fazer o robô retornar no mapa e o desequilíbrio cognitivo em que se encontrava lhe deixava incomodado. Para resolver o G1[E5] o sujeito primeiro disse que não saberia como proceder. A pesquisadora demonstrou o movimento no mapa com o robô nas mãos. O sujeito retirou todas as cartas da grade, fez uma pausa, passou o dedo pelo mapa em zigue-zague, representou o movimento sobre o mapa com o robô nas mãos e construiu o algoritmo (G1[E5] T1). Antes de testar, a pesquisadora solicitou que o sujeito demonstrasse com o dedo, no mapa, o movimento que o robô executaria com a programação. O sujeito apontou a ida e a volta, depois gravou a programação e testou. O robô escapou do limite. A pesquisadora questionou:

P: Tu sabes qual a cartinha que não deu certo aí?

S3: Não.

P: Ele fez esse movimento (mostra com o dedo o movimento executado no mapa). Sabes qual é a cartinha errada?

S3: Não sei qual a cartinha.

P: Sabes como resolver esse problema?

S3: (som negativo).

P: Tu achas que esse problema tem solução?

S3: Acho que sim, só não quero fazer.

Foi observado que o sujeito respondeu rapidamente aos questionamentos desta vez, demonstrando não estar mais interessado na solução dos experimentos. A pesquisadora perguntou se o sujeito desejava continuar a atividade e o sujeito respondeu que não. A coleta de dados foi encerrada. O algoritmo construído como tentativa para resolver o problema pode ser observado no Quadro 16.

Quadro 16 – Algoritmo construído pelo S3 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E5] T1	início	→	↑	→	↑	→	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Através da análise das condutas do S3 é possível afirmar que o sujeito conseguiu resolver o G1[E1] e o G1[E3], que são algoritmos do movimento em um único sentido, por meio de regulações ativas. Porém, quando foi solicitada a construção da programação de ida e volta do robô, envolvendo a reversibilidade da ação, o sujeito procedeu invertendo a posição da grade, a posição das cartas e posicionando o robô no final do mapa em G1[E2], até que verbalizou a impossibilidade dizendo que “só daria para colocar virado para um lado” em G1[E4]. Ainda assim, o sujeito conseguiu representar, através da ação física, o movimento de ida e volta do robô com as mãos, mas não conseguiu operar mentalmente essa ação de maneira que encontrasse a solução para a construção do algoritmo, pois o plano das ações concretas e o plano da representação mental não se desenvolvem de maneira concomitante. Em G1[E3], S2 procedeu posicionando o robô no mapa para apoiar sua representação mental do movimento. A síntese do percurso cognitivo do S3 pode ser observada no Quadro 17.

Quadro 17 – Síntese do percurso cognitivo do S3

SUJEITO 3 – 5a.07m.	
G1[E1] T1 T2 ✓	G2[E7]
G1[E2] T1 T2 T3 T4 X	G2[E8]
G1[E3] T1 T2 ✓	G2[E9]
G1[E4] T1 X	G2[E10]
G1[E5] T1 X	G2[E11]
G1[E6]	G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Ao longo do percurso cognitivo de resolução dos experimentos o sujeito procedeu através da assimilação dos observáveis da ação, tomadas de consciência e abstrações pseudo-empíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física, contudo, esta regulação não foi suficiente para alcançar o êxito no caso dos experimentos que envolviam a reversibilidade do movimento (G1[E2] e G1[E4]). A reversão do movimento do robô não se apresentou como uma possibilidade ao sujeito em função da estrutura cognitiva pré-operatória, e por isso, neste momento, a união dos movimentos para ir e para voltar, no

mesmo algoritmo, não é uma possibilidade de resolução do problema. Já nos experimentos somente de ida (G1[E1] e G1[E3]) o sujeito alcançou o êxito através de duas tentativas em cada procedimento, ou seja, com a regulação da ação depois do teste da primeira hipótese. As coordenações inferenciais ou abstrações pseudo-empíricas, se dão quando o sujeito se utiliza de elementos concretos para estabelecer relações que não poderiam existir sem a presença destes, o que aconteceu nos experimentos G1[E1] e G1[E3]. O tempo total do S3 foi de 1h22min., acima da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 2 encontrada na síntese dos casos.

6.1.1.4 O Caso do Sujeito 4 (4a.11m.)

Na Etapa 1 da coleta de dados, o Sujeito 4 (S4) respondeu aos questionamentos com argumentos bastante iniciais relacionados à percepção como pode ser observado no Quadro 31, o que é esperado para o momento, dado o desenvolvimento cognitivo que evolui do sensorio-motor (puramente perceptivo) para o pré-operatório onde as percepções são enriquecidas pelas intuições, ou pensamento intuitivo, incapaz de agrupamentos, mas apoiado em tateamentos empíricos da ação. O conjunto das provas cognitivas demonstraram que o sujeito está no subperíodo das representações pré-operatórias do desenvolvimento cognitivo.

Figura 37 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 4 e a prova cognitiva de inclusão de classes com o uso de flores e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora iniciou a Etapa 2 com orientações comuns a todos os participantes. O sujeito deu o nome de “Bianca” para o robô. A pesquisadora lançou o primeiro experimento e perguntou: *P: Então, como faz essa programação?* O sujeito fez uma pausa e disse que não saberia como fazer. A pesquisadora repetiu as orientações e o sujeito colocou cartas na grade

de programação. S4 perguntou: *S4: Até o fim? (aponta o final da grade)* A pesquisadora respondeu que ele é quem saberia quantas cartas colocar na grade. O sujeito contou seis quadrados no mapa e depois contou as cartas que havia colocado na grade estabelecendo a correspondência. Havia seis cartas na grade, mas o sujeito contou cinco e por isso colocou mais uma carta. Contou novamente e observou o equívoco, retirou as cartas extras (G1[E1] T1), gravou e testou o robô alcançando o êxito. Ao verificar o próprio êxito, o sujeito bateu palmas e sorriu alegremente. O primeiro algoritmo construído pelo S4 pode ser observado no Quadro 18.

Quadro 18 – Algoritmo construído pelo S4 para a solução do G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o segundo desafio e o sujeito perguntou: *S4: Então tem que falar pra ela voltar?* A pesquisadora respondeu: *P: Sim, tem que dizer, mas com as cartinhas.* O sujeito inverteu todas as cartas na grade (G1[E2] T1). A pesquisadora questionou: *P: Com essa programação o robô vai e volta?* O sujeito respondeu que sim. Testou o objeto que se movimentou pra trás e escapou do mapa. O seguinte diálogo se desenrolou:

P: Foi para trás, por quê?

S4: (aponta para o algoritmo)

P: Hummm ...

S4: Mandando para trás, aí vai beeem pra trás. Agora vamos botar para frente.

O sujeito inverteu o sentido de três cartas, colocando ‘para frente’, mas quando chegou na quarta carta, colocou novamente todas ‘para trás’ (G1[E2] T2). A pesquisadora questionou o que o robô faria com aquela programação, o sujeito disse que a “Bianca” iria até o queijinho e voltaria. Salvou a programação e testou o robô que escapou do mapa. O seguinte diálogo se desenrolou:

P: Ah, não acredito! Foi para trás. E aí? Qual é o problema?

S4: É que ... Você disse para ‘nós botar’ as cartinhas pra trás e ela foi para trás, só mudaste as regras, daí, as regras ‘é ir’ pra trás, voltar para a casinha, ela foi para a casa.

P: Tá, mas ela tem que sair daqui e ir lá buscar o queijinho, depois ela volta para casinha (mostra no mapa o movimento de ida e volta com o dedo). Como é que faz?

S4: É? (inverte as cartas na grade, colocando todas para frente) Assim.

P: O que ela vai fazer com essa programação aí?

S4: Vai até o queijinho.

P: Tá, mas e vai voltar também?

S4: *Siiiiim.*

O sujeito gravou o algoritmo (G1[E2] T3) e testou o robô que se deslocou até o final do trajeto e estacionou. S4 colocou o robô no final do mapa de frente para o início do mapa e inverteu as cartas na grade de programação. A pesquisadora lembrou que seria necessário sair do quadrado verde de ‘início’. O sujeito inverteu as cartas e afirmou que com aquele algoritmo o robô realizaria o movimento de ida e volta (G1[E2] T4). Salvou a programação e testou. O robô deu a ré e escapou do mapa. O seguinte diálogo se desenvolveu:

P: Ahhh, que danada essa Bianca, ela não obedece a gente, né? E aí, o que aconteceu?

S4: É que de novo daí você falou, prá nós fazê ela voltar para casa, daí ela vai para trás.

P: Huuumm.

S4: Por isso que ela vai para trás toda hora.

P: Pois é. (pausa) Como será que faz essa programação para ela ir e voltar?

S4: Olha você disse pra nós botar as ordens né?

P: Huuumm.

S4: Ela vai para trás, pra obedecer as regras, né, e essa é a regra que ela tem que fazer, é por isso que ela vai para trás.

P: Tem algum jeito de fazer a programação para ela ir e depois voltar?

S4: Tem.

P: Como é que faz?

S4: Pra voltar eu já expliquei.

P: Tá.

S4: Agora falta ir.

P: Pois é.

S4: Ó, para ir você pode virar a flechinha, virar, virar, virar até chegar o queijo.

P: Tá.

S4: Daí ela obedece às regras e isso é a regra.

P: Isso mesmo, aí ela vai até lá?

S4: É.

P: E tem como fazer as duas coisas juntas na programação? Ir e voltar?

S4: Juntas? Ir e voltar?

P: É, junto na programação, ir e voltar.

S4: Não, não dá, ela ... Daí ela só obedece uma regra, não dá pra duas ao mesmo tempo.

P: Ah, não dá as duas regras ao mesmo tempo?

S4: Não dá para andar para trás e para frente para vir aqui.

P: Não vai? Ah....

S4: Porque aí ela não obedece, ela tem que ir para um lado só a Bianca.

Ao longo do diálogo acima o sujeito explica para a pesquisadora, com riqueza de detalhes, como o robô se deslocou no movimento de ida e depois, no movimento de volta, mas não conseguiu explicar o movimento nas duas direções concomitantemente. O sujeito verbalizou a impossibilidade de resolução do problema em função da sua estrutura cognitiva pré-operatória e da consequente ausência da operação e da reversibilidade do pensamento. A frase “*Ela só obedece uma regra, não dá pra duas ao mesmo tempo*”, sintetiza a hipótese do

sujeito. Os algoritmos construídos para resolver o G1[E2] podem ser observados no Quadro 19.

Quadro 19 – Algoritmos construídos pelo S4 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E2] T1	início	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T2	início	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T3	início	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E2] T4	início	←	←	←	←	←	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora questionou se S4 gostaria de continuar resolvendo os experimentos e o sujeito respondeu que sim. O terceiro experimento (G1[E3]) foi lançado e S4 inverteu as cartas que já estavam na grade do experimento anterior e disse: *S4: Pronto (G1[E3] T1)*. A pesquisadora perguntou o que o robô faria com aquela programação e o sujeito contou as cartas do mapa e em seguida contou as cartas da grade. Retirou uma carta ‘para frente’ e fez uma pausa. Não testou (NT). A pesquisadora disse: *P: Tem cartas para fazer curva na caixa*. O sujeito incluiu a curva e perguntou: *S4: É assim?* A pesquisadora respondeu: *P: Tu que sabes*. Ainda assim, o sujeito respondeu com convicção da sua hipótese: *S4: Isso, é assim*. Gravou a programação e disse: *S4: Pronto Bianca, obedece às suas regras*. Testou (G1[E3] T2). O robô chegou no final do mapa e girou sem avançar para o quadrado seguinte. A pesquisadora perguntou: *P: O que aconteceu aqui?* O sujeito incluiu mais uma carta de ‘curva à esquerda’ (G1[E3] T3) e testou. Depois de observar o movimento executado pelo robô, fez uma pausa olhando a grade, retirou a penúltima carta (‘curva à esquerda’), olhou o mapa por um momento e disse: *S4: Eu não sei qual que é, eu cansei*. A pesquisadora encerrou a coleta de dados. Os algoritmos construídos como tentativas para a resolução do G1[E3] podem ser observados no Quadro 20.

Quadro 20 – Algoritmos construídos pelo S4 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	início	→	→	→	→	→	FIM		NT
G1[E3] T2	início	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T3	início	→	→	→	→	↑	↑	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Através da análise das condutas do S4 é possível dizer que logo que o G1[E1] foi lançado o sujeito possuía como hipótese completar a grade de programação com cartas, assim como fizeram outros sujeitos da mesma faixa etária. Tal intenção manifesta-se no questionamento “*Até o fim?*”, apontando o final da grade de programação. Depois disso o sujeito procedeu contando os quadrados no mapa e as cartas na grade estabelecendo a correspondência para resolver o problema e alcançou o êxito com uma tentativa.

Os diálogos que se desenrolaram ao longo do procedimento de resolução do G1[E2] ilustram com riqueza de detalhes, as impossibilidades da estrutura cognitiva do sujeito para encontrar uma solução que incluísse a ida e a volta do robô no mesmo algoritmo. A frase: “*Dai ela só obedece uma regra, não dá pra duas ao mesmo tempo*”, sintetiza a hipótese do sujeito de acordo com sua estrutura cognitiva pré-operatória e ausência da capacidade de reversibilidade estabelecida. Observa-se que as hipóteses do S3 são as mesmas do S2 para resolver G1[E2], ou seja, todos os comandos numa única direção. A síntese do percurso cognitivo do S4 pode ser observada no Quadro 21.

Quadro 21 – Síntese do percurso cognitivo do S4

SUJEITO 4 – 4a.11m.	
G1[E1] T1 ✓	G2[E7]
G1[E2] T1 T2 T3 T4 ✗	G2[E8]
G1[E3] T1 T2 T3 T4 ✗	G2[E9]
G1[E4]	G2[E10]
G1[E5]	G2[E11]
G1[E6]	G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para a pesquisadora ficou a dúvida se o sujeito conseguiria construir o algoritmo para solucionar o G1[E3] onde envolvia o comando ‘curva’, mas S4 desistiu de concluir o experimento por ter cansado e/ou se desinteressado, como verbalizou. Também não ficou claro se a última modificação foi realizada pelo sujeito depois da intervenção da pesquisadora com a frase “*P: Tem cartas de fazer curva na caixa.*” Esta, com certeza, não foi a melhor intervenção segundo o método clínico, pois sugeriu que algo estaria faltando na sequência de comandos. O tempo total do S4 foi de 1h12min., acima na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 2 encontrada na síntese dos casos.

6.1.1.5 O Caso do Sujeito 5 (5a.9m.)

Na Etapa 1 da coleta de dados, o Sujeito 5 (S5) respondeu aos questionamentos com argumentos bastante iniciais relacionados à percepção como pode ser observado no Quadro 31. O conjunto das provas cognitivas demonstraram que o sujeito está no subperíodo das representações pré-operatórias do desenvolvimento cognitivo.

Figura 38 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 5 e a prova cognitiva de seriação com o uso de bastonetes e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito deu o nome de “Ratinha” para o robô S5. Ouviu as orientações iniciais da pesquisadora. Em seguida completou a grade de programação com cartas ‘para frente’ (G1[E1] T1). A pesquisadora perguntou “o que o robô faria com aquela programação”. O sujeito demonstrou com o dedo, no mapa, o trajeto do robô, depois gravou e testou. Observou o deslocamento do robô e quando o objeto se aproximou do final do mapa o sujeito disse: *S5: Para, para, para! (trocou rapidamente a última carta da grade de programação por uma carta de ‘curva à esquerda’, mas o robô ultrapassou o limite). De novo!* O seguinte diálogo se desenvolveu:

P: Por que passou?

S5: Porque eu demorei muito pra colocar essa ficha aqui (carta com curva à esquerda). (...)

P: O que tem que fazer?

S5: Colocar essa daqui (coloca a carta de curva em cima da carta vermelha de fim).

P: Aí não dá pra colocar, tem que ter a carta vermelha para avisar que é o fim, para ela parar.

O diálogo evidenciou que o sujeito desejou alterar o movimento do robô enquanto este se deslocava no mapa, por meio da troca de cartas na grade, como se fosse possível alterar de

imediatamente o movimento do robô por “controle remoto”. O S5 testou mais uma vez o robô no mapa com a mesma programação. A pesquisadora questionou se o robô “chegaria até o queijo” e estacionaria no final e S5 respondeu que sim e testou, mas o robô escapou novamente do limite. A pesquisadora questionou:

P: Como é que faz pra ela parar aí?

S5: (faz gesto de não sei com os braços).

P: Lembra que eu te disse que cada cartinha que colocasse na grade o robô andaria um quadrado no mapa?

S5: Uhum.

P: Quantas cartas têm?

S5: Um, dois, três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez, onze, doze.

P: E aqui quantos quadrados têm?

S5: Um, dois, três, quatro, cinco, seis.

P: Está certo o número aqui e aqui?

S5: Não.

P: Como é que faz?

S5: Eu acho que tem que colocar mais nesse aqui (apontando para o mapa).

P: Mais quadrados? Não pode. Na casa da Ratinha só tem esses quadrados. Dá pra fazer de outro jeito?

S5: (pausa) Dá pra colocar uma cerquinha aqui.

P: E na programação? Dá pra mexer?

S5: Acho que dá.

P: Então mexe, vamos ver.

O diálogo acima evidenciou a ausência da relação de causalidade entre a programação construída na grade e o movimento executado pelo robô no mapa. O sujeito contou doze cartas na grade e contou seis quadrados no mapa, mas não estabeleceu a correspondência necessária. A solução encontrada pelo sujeito para o robô “parar no final do mapa” foi colocar uma “cerquinha”. A justificativa do S5 contém resquício do estágio sensório-motor quando é atribuída uma causalidade própria aos objetos, desconsiderando a própria ação do sujeito sobre o objeto. A pesquisadora insistiu perguntando: *P: Não dá pra mexer aqui na programação pra ela parar ali? S5: Acho que a gente podia tentar. P: Então tenta.* O sujeito alterou a última carta do algoritmo substituindo ‘para frente’ por ‘curva à esquerda’ e disse *S5: Vou tentar.* Evidenciando dúvida com relação a sua hipótese. Gravou a programação e testou (G1[E1] T2). O robô se deslocou e quando se aproximou do final do mapa o sujeito segurou o objeto com as mãos para não exceder o limite. Como o sensor, localizado na parte de baixo do robô, não escapou do mapa, o objeto continuou funcionando. O sujeito deu gargalhadas e disse: *Calma ratinha! (risos).* Até que o robô parou. O sujeito disse: *E se mudar essa daqui?* Modificou a 10ª. carta de comando acrescentando ‘curva à direita’(G1[E1] T3). Compilou a programação e testou o objeto que escapou do mapa e parou. Observa-se que o sujeito realizou a regulação da sua ação modificando o algoritmo, mas não assimilou a

orientação inicial da pesquisadora que dizia que “cada carta disposta na grade, faria com que o robô se deslocasse um quadrado no mapa”, conseqüentemente, tampouco estabeleceu a correspondência termo a termo para a resolução do problema. A assimilação não aconteceu porque não encontrou esquemas assimilatórios para isso e S5 manteve sua hipótese.

A pesquisadora repetiu as orientações iniciais de “*para cada carta ‘para frente’ na grade de programação o robô se deslocaria um quadrado no mapa*”. O sujeito olhou para o mapa, apontou, contou e depois fez o mesmo na grade de programação. Retirou a 3^a. e a 6^a. cartas ‘para frente’ deixando seis cartas ‘para frente’ e duas ‘curvas’, além de espaços vazios na grade (G1[E1] T4) e disse: S5: *Acho que agora deu*. O sujeito não testou (NT). A pesquisadora disse que não poderia deixar espaços sem cartas na grade, pois o robô não “compreenderia” a programação e o sujeito recolocou cartas ‘para frente’ nos espaços vazios (G1[E1] T5). Gravou e testou. Quando o robô chegou ao final do mapa, o sujeito colocou novamente a mão para conter o objeto que continuou executando a programação. A pesquisadora disse: P: *Nem a cerquinha segura ela*. S5 pegou o robô do final do mapa e recolocou em cima da grade de programação e disse: *Vou tentar de novo*. Salvou e testou pela segunda vez o mesmo algoritmo com a expectativa de obter resultados diferentes, como evidencia o diálogo abaixo:

S5: Espero que ela não escape. (o robô se aproximou do final do mapa e da ponta da mesa) Para, para, para, para!

P: Tem de deixar um espaço pra ela parar. (puxa o mapa para traz deixando um pedaço da mesa aparecer) Quando ela escapa do mapa, ela para.

S5: Por isso que eu queria deixar aqui (colocar a ponta do mapa no limite da mesa).

P: Mas aí ela vai cair no chão. O robô não é esperto, esperto somos nós que damos as ordens para ela. Mas se escapa do mapa ela para. E se ela não enxergar, com o sensor, que saiu do mapa, ela não para e cai no chão.

O sujeito recolocou o robô na grade, compilou e testou a mesma programação. A pesquisadora perguntou:

P: Agora vai?

S5: Sim.

P: Tu mudaste a programação?

S5: Não.

P: Então como é que vai?

S5:(silêncio)

Quando o robô chegou no final do mapa, S5 segurou novamente o robô com as mãos impedindo-o de exceder o limite do mapa, depois retirou o objeto do mapa e repetiu, mais

uma vez, a ação. Depois de quatro testes do mesmo algoritmo, sem demonstrar intenção de interromper o procedimento, a pesquisadora buscou “ensinar” a resolução do problema, explorando o raciocínio do sujeito. O seguinte diálogo se desenrolou:

P: Olha só. Eu te disse que cada cartinha que eu colocasse aqui (aponta grade), ela andaria um quadrado aqui (aponta o mapa), certo?! Então ó ... uma cartinha, ela anda um quadrado (pega uma carta da grade e coloca sobre o mapa), outra cartinha, ela anda outro quadrado, outra cartinha, ela anda outro. Mais uma cartinha, outro. Mais uma cartinha, outro quadrado. O que eu faço com essas aqui que sobraram? (aponta as cartas que restaram na grade)

S5: Tira quando ela chegar aqui.

P: Tira? Mas estão sobrando ordens pra ela. Com essas daqui (aponta as cartas sobre o mapa) ela chega até aqui (aponta o fim do mapa). Acho que essas daqui estão sobrando. Vamos tirar?

S5: (balança a cabeça afirmativamente, mas não parece convicta).

P: Pode ser?

S5: (balança a cabeça afirmativamente).

P: Podemos tirar?

S5: (balança a cabeça afirmativamente).

P: Então vamos retirar. (retira as cartas que sobraram na grade) e vamos colocar essas.

S5: (coloca na grade as cartas que estavam sobre o mapa).

A pesquisadora colocou a primeira carta na grade e o sujeito seguiu colocando e contando as cartas, mas deixou espaços em branco. A pesquisadora disse que não poderia deixar espaços na grade. O sujeito completou novamente com cartas ‘para frente’ G1[E1] T6]. A pesquisadora questionou: *P: Agora ela vai até ali? S5: Eu acho que vai. P: Vamos combinar assim, se ela não for, eu vou fazer uma programação para ela ir, combinado? S5: Combinado.* O sujeito gravou o algoritmo e testou o robô que escapou do mapa. Os algoritmos construídos para a resolução do G1[E1] podem ser observados no Quadro 22.

Quadro 22 – Algoritmos construídos pelo S5 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª	11ª	12ª	
G1[E1] T1	início	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E1] T2	início	→	→	→	→	→	→	→	→	→	↑	FIM	X
G1[E1] T3	início	→	→	→	→	→	→	→	→	↓	↑	FIM	X
G1[E1] T4	início	→		→	→		→	→	→	↓	↑	FIM	NT
G1[E1] T5	início	→	→	→	→	→	→	→	→	↓	↑	FIM	X
G1[E1] T6	início	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora então disse ao sujeito que iria construir uma programação para a robô “Ratinha” chegar até o final do mapa e “pegar o queijo” esquecido. Colocou cinco cartas ‘para frente’, contando em voz alta, apontando para a grade e para o quadrado no mapa, indicando a correspondência. Gravou a programação e testou. O robô estacionou no limite do mapa. O sujeito fez expressão de surpresa, depois ergueu os braços. O seguinte diálogo aconteceu:

S5: Parou!

P: Por que parou agora?

S5: Porque aqui tem ... Tá sem ficha, eu acho. (aponta o final da grade de programação)

P: Quando tá sem ficha ela para?

S5: Devia ser.

De acordo com o diálogo acima, o sujeito não estabeleceu correspondência entre as cartas de comando do algoritmo na grade com os movimentos executados pelo robô e atribuiu a parada à ausência de cartas no final do algoritmo na grade de programação. A explicação da pesquisadora, realizando a ação de indicar as cartas e os quadrados no mapa, não foi assimilada pelo sujeito pois sua estrutura cognitiva, no momento, não possibilitou tal conexão. O seguinte diálogo se desenrolou:

P: Me diz uma coisa, tem algum jeito de fazê-la voltar?

S5: (pausa) Uhum (afirmativo).

P: Como é que faz, mostra pra mim?

S5: (inverteu as cartas na grade e acrescentou mais uma ‘para trás’)

P: Quantas cartas são para ela voltar?

S5: (conta as cartas) Uma, duas, três, quatro, cinco e seis.

P: E aqui no mapa? (aponta o mapa)

S5: (aponta a carta e o quadrado do mapa) Um, dois, três, quatro, cinco ... Uhm. (pausa)

P: Tá certo?

S5: Devia tá.

P: Tá faltando ou tá sobrando?

S5: Tá sobrando.

P: Então tira.

S5: (pausa, olha o mapa) Não, não tá.

O sujeito gravou a programação e colocou o robô posicionado no fim do mapa de frente para o início e ligou. O robô emitiu um sinal sonoro de erro. A pesquisadora perguntou: *P: E agora? Sabes como resolver?* O sujeito respondeu: *E5: Não, não sei.* O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 23.

Quadro 23 – Algoritmos construídos pelo S5 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.
G1[E2] T1	INÍCIO	←	←	←	←	←	←	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A coleta de dados foi encerrada, mas a pesquisadora decidiu fazer mais algumas intervenções para investigar se o sujeito resolveria o problema através do ensino. A pesquisadora disse que construiria uma programação para o robô “ir e voltar” no mapa e colocou cinco cartas ‘para frente’ e cinco cartas ‘para trás’ na grade apontando a carta e o quadrado no mapa e falando em voz alta a correspondência. Gravou a programação e testou. O robô executou o movimento desejado. O sujeito demonstrou alegria, vibrou e disse: S5: *Uhul!* A pesquisadora perguntou: P: *Me explica o que está escrito aqui nessa programação pra ela fazer. Quais são as ordens aí?* O sujeito disse: S5: *Ela vai pra freeeente. (passa o dedo por todas as doze cartas da grade até o fim). Depois ela para aqui. Pega o queijinho. E anda com o queijinho pra depois voltaaaaar (passa o dedo novamente por todas as cartas ao contrário)”*.

Através da análise das condutas do S5 é possível dizer que a estrutura cognitiva pré-operatória do sujeito não permitiu avanços significativos na resolução dos problemas propostos, contudo o percurso cognitivo do S5 contém achados preciosos para a investigação. O primeiro ponto a ser destacado é que S5 relacionou o tamanho da grade de programação com o tamanho do mapa, assim como outros sujeitos investigados. Sua hipótese inicial, bastante relacionada à percepção, é de que seria necessário completar a grade de programação com cartas para fazer com que o robô alcançasse o final do mapa. Tal hipótese está ilustrada no primeiro algoritmo construído (G1[E1] T1).

No procedimento de resolução do G1[E1] a provocação da pesquisadora, parece ter desequilibrado S5, que verbalizou que estavam “sobrando cartas na grade”, depois disse que “estava certo”, isto porque o sujeito contou seis cartas na grade e cinco quadrados no mapa. Excluindo o primeiro quadrado “start”, de localização, são cinco quadrados, incluindo o quadrado, são seis. Provavelmente em função da sua relação perceptiva do espaço, primeiro afirmou que estava sobrando, depois disse que estava correto. Além disso, S5 atribuiu uma causalidade própria ao objeto e não relacionou, de maneira consistente, a programação com o movimento realizado pelo robô. Por este motivo o sujeito encontrou soluções alternativas para fazer com que o robô estacionasse no final do trajeto, tais como: segurar o robô com a mão; construir uma “cerquinha” e puxar um pouco o mapa para o robô parar no final da mesa. A

hipótese é confirmada quando o sujeito observou o algoritmo construído pela pesquisadora e justificou que o robô parou “porque a grade de programação estava sem cartas”.

Ao longo das três primeiras tentativas, S5 modificou as cartas do algoritmo, evidenciando que realizou a regulação da sua ação, mas em G1[E1] T2 e G1[E1] T3, ainda que tivesse sido alterado, o algoritmo continuava ocupando todo o espaço da grade de programação. A hipótese do sujeito sofreu perturbação quando a pesquisadora repetiu a orientação de que o robô se movimentaria um quadrado no mapa quando uma carta é colocada na grade, mas não foi suficiente para desequilibrá-lo. Neste momento o sujeito apontou e contou as cartas na grade e o quadrado no mapa e reorganizou o algoritmo deixando espaços vazios na grade. Observa-se que o sujeito colocou seis cartas ‘para frente’ na grade, além das lacunas. Porém, quando a pesquisadora disse que não poderia deixar espaços em branco na grade, o sujeito retomou a hipótese inicial e completou a grade com cartas, repetindo o algoritmo anterior (G1[E1] T3). Depois de testar o quinto algoritmo (G1[E1] T5) sem alcançar o êxito, a pesquisadora buscou “ensinar” como construir o algoritmo para S5 e realizou a explicação apontando e estabelecendo a relação do quadrado no mapa com a carta na grade. S5 observou a explicação da pesquisadora e ao final, completou a grade com cartas, tal como fez na sua primeira tentativa. A conduta do sujeito, de completar a grade de programação com cartas, mesmo com a intervenção da pesquisadora, evidencia a não superação da hipótese inicial, relacionada à percepção, de que para fazer o robô chegar até o final do mapa é necessário completar a grade de programação com cartas. Mesmo que a pesquisadora tenha explicado o procedimento, as informações não foram assimiladas pelo sujeito, que não possui, neste momento, estrutura cognitiva, tampouco esquemas assimilatórios para tanto. A hipótese inicial (G1[E1] T1) e a hipótese final (G1[E1] T6) do percurso cognitivo do S5 foram exatamente as mesmas, como pode ser observado no Quadro 23.

Com relação à reversibilidade em G1[E2], a capacidade não está estabelecida, neste momento, na estrutura cognitiva de S5. É possível dizer que o sujeito demonstrou o início da reversão, invertendo as cartas na grade, mas não foi suficiente para resolver o problema. S5 não incluiu a ida e a volta num mesmo algoritmo. Aliás, S5 também colocou o robô no final do mapa, de frente para o início, como fizeram outros sujeitos investigados da mesma faixa etária. A explicação final do S5 para o funcionamento do algoritmo (G1[E2] T1), solicitada pela pesquisadora, evidenciou que não relacionou as cartas de comando na grade com o movimento do robô, ou seja, não estabeleceu a correspondência e a relação de causa e efeito

de cada comando do algoritmo de programação com os quadrados no mapa. A síntese do percurso cognitivo para a elaboração do algoritmo, pode ser observada no Quadro 24.

Quadro 24 – Síntese do percurso cognitivo do S5

SUJEITO 5 – 5a.09m.								
G1[E1]	T1	T2	T3	T4	T5	T6	X	G2[E7]
G1[E2]	T1	X						G2[E8]
G1[E3]								G2[E9]
G1[E4]								G2[E10]
G1[E5]								G2[E11]
G1[E6]								G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

É necessário sublinhar ainda que, a tentativa da pesquisadora de “ensinar” o algoritmo para o sujeito não alcançou êxito, ou seja, a explicação não encontrou conexão nas possibilidades de assimilação do sujeito. A experiência nos mostrou que para o sujeito não foi possível construir o algoritmo de programação, ainda que extremamente básico, na visão dos adultos, por não possuir o desenvolvimento cognitivo para tanto. O tempo total do S5 foi de 42min., mantendo-se abaixo da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 2 encontrada na síntese dos casos.

6.1.1.6 O Caso do Sujeito 6 (5a.7m.)

Na Etapa 1 da coleta de dados o Sujeito 6 (S6) respondeu aos questionamentos com argumentos bastante iniciais relacionados à percepção como pode ser observado no Quadro 31. Destaca-se no percurso do S6 a primeira prova cognitiva em que o sujeito não estabeleceu a correspondência termo a termo na contagem e todas as vezes em que foi questionado “quantos ao todo” o sujeito recontava as fichas, indicando não possuir a síntese e a inclusão hierárquica necessárias para a construção do número. Na fila de fichas da pesquisadora havia dez unidades e na fila de fichas do sujeito havia nove, mesmo assim o sujeito disse que “havia o mesmo tanto de fichas nas duas filas”. O conjunto das provas cognitivas demonstraram que o sujeito está no subperíodo das representações pré-operatórias do desenvolvimento cognitivo.

Figura 39 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 6 e a prova cognitiva de espaço/horizontalidade através da prova das árvores na montanha e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito deu o nome de “Tyron” para o robô ratinho. Após ouvir as orientações iniciais da pesquisadora, colocou uma carta ‘para frente’ abaixo do mapa, avançou o robô com as mãos um quadrado e disse: *S6: Daí ele anda*. Repetiu o mesmo movimento e a fala por mais quatro vezes. A pesquisadora questionou: *P: E quantas são?* O sujeito respondeu: *S6: São...Uma, duas, três, quatro, cinco (conta e aponta para cada quadrado no mapa)*. A pesquisadora disse que seria necessário colocar a carta vermelha “avisando” ao robô de que era o fim. O sujeito gravou a programação e testou o movimento no mapa. O robô se deslocou e parou no final do trajeto. *S6 sorriu e disse animado: Chegou! Comeu o queijinho!* O algoritmo construído para resolver G1[E1] pode ser observado no Quadro 25.

Quadro 25 – Algoritmos construídos pelo S6 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O segundo experimento foi lançado e o seguinte diálogo se desenrolou:

S6: Ele anda, anda, anda (passa os dedos em cima das cartas que estão na grade). Depois ele volta. (retira a carta vermelha de fim)
P: E quantas tem que colocar para ele voltar?
S6: Hã...Tem que botar...Hã... Uma, duas, três, quatro, cinco, seis (conta os quadrados do mapa).
P: Quantas ele foi pra frente?
S6: Uma, duas, três, quatro, cinco. (conta as cartas na grade apontando)
P: E tem que voltar quantas?
S6: Uma, duas, três, quatro, cinco. (coloca cinco cartas “para trás” na grade).

O sujeito passou os dedos nas cartas que já estavam na grade, conservando a primeira parte do algoritmo (ida) e incluindo a segunda parte (volta). Compilou a programação e testou

no mapa. O robô se deslocou até o final e retornou parando corretamente no início do trajeto. O sujeito sorriu e disse: *S6: Consegui!* O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 26.

Quadro 26 – Algoritmos construídos pelo S6 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou as orientações para o terceiro experimento e perguntou como construir a programação. O sujeito respondeu: *S6: Ele tem que ir reto, dobrar e deu (passando o dedo sobre o mapa).* O S6 retirou todas as cartas da grade e disse: *Primeiro começa com a bandeira (coloca a carta 'início'). Daí ele vai ter que seguir uma reta (coloca a carta 'para frente'), uma reta (repete a ação). Ó, esse é o quarto (apontou para a carta de 'para frente' e para o quadrado no mapa), esse é o banheiro, esse é aquele dali (aponta o mapa).* Inseriu o comando de 'curva à esquerda' e uma carta 'para frente'. Salvou e testou. Através da narração do S6 foi possível observar a correspondência estabelecida pelo sujeito entre o quadrado no mapa e a carta de comando. Depois das três cartas 'para frente' o sujeito colocou 'curva à esquerda' e 'para frente', desconsiderando o próximo quadrado no mapa, gravou e testou (G1[E3] T1). O sujeito observou o movimento do robô que realizou a curva antes do final no mapa e através dos observáveis concluiu: *S6: Eu botei errado.* Alterou o algoritmo colocando seis cartas 'para frente', que é o total de quadrados no mapa, (G1[E3] T2) e disse: *S6: Vamos ver se ele consegue.* demonstrando não ter certeza da sua hipótese. O robô escapou do mapa. O sujeito disse: *S6: Peraí que eu tive uma ideia.* Alterou o algoritmo retirando uma carta 'para frente' e inserindo curva. Testou o objeto (G1[E3] T3) que escapou novamente. S6 disse: *S6: Eu botei assim! P: Mas quantos tu colocaste? S6: Ó, daí ó, um, um (aponta para o mapa e aponta para a carta na grade). Reto, reto. Reto, reto. Reto, reto. Reto...(pausa). Ah não, tinha que dobrar.* O sujeito alterou a programação inserindo mais uma curva (G1[E3] T4) e disse: *S6: Acho que agora ele vai.* Testou o robô que girou duas vezes no final do mapa. O seguinte diálogo aconteceu:

S6: Eu botei certo.

P: Tá certa a tua programação?

S6: Acho que não.

P: Sim ou não?

S6: Sim, ó. (passa o dedo por cima das cartas de 'curva à esquerda'). (pausa) Não sei.

P: Tu não sabes?

S6: Não.
P: Tu achas que tem como arrumar a programação pra ele chegar até aqui?
S6: Acho que sim.
P: Tu queres arrumar?
S6: (balança a cabeça negativamente).
P: Cansou?
S6: (balança a cabeça afirmativamente).

A pesquisadora encerrou a coleta. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 27 logo abaixo:

Quadro 27 – Algoritmos construídos pelo S6 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	↑	→	FIM		X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E3] T3	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	FIM	X
G1[E3] T4	INÍCIO	→	→	→	→	↑	↑	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Através da análise das condutas do S6 é possível dizer que o sujeito resolveu os dois primeiros experimentos com apenas uma tentativa, mas procedeu apoiando concretamente a representação do movimento a ser realizado pelo robô, que foi sendo construída na medida em que colocava as cartas na grade, contava e realizava a correspondência entre as cartas e os quadrados. Tal conduta é muito interessante no percurso cognitivo de S6 e foi relacionada com a questão da construção do número ainda em processo, evidenciada na Parte 1. Todas as vezes em que a pesquisadora questionou sobre a quantidade de “cartas para frente” ou “cartas para voltar”, o sujeito respondeu contando, sem dizer o total, o que demonstra a construção do número ainda em processamento. Assim, não existe, neste momento, a noção de agrupamento que constitui também a construção do número pela criança. É importante destacar que a habilidade da contagem é fundamental para que os sujeitos construam o algoritmo, o que não se resume em simplesmente “falar a sequência numérica”, mas realmente estabelecer a síntese da ordem e a inclusão hierárquica para que ocorra efetivamente a contagem.

No terceiro experimento, observa-se que S6 inseriu uma carta de ‘curva à esquerda’ e uma carta ‘para frente’ logo em seguida (G1[E3] T2), o que chamou a atenção da pesquisadora, pois, a mesma conduta não foi recorrente nos sujeitos com características cognitivas semelhantes. Porém, na tentativa seguinte (G1[E3] T2), o mesmo procedimento não se repetiu. S6 construiu uma hipótese ligada à percepção, ou seja, ao total de quadrados no mapa. Em G1[E3] T3, S6 colocou uma ‘curva’ no final do algoritmo, demonstrando

convicção da sua hipótese. Ao não alcançar êxito, estabeleceu a correspondência entre comandos e mapa e tomou consciência da necessidade de uma curva. Contudo, quando o robô girou duas vezes, ao final do trajeto, não encontrou solução para o problema, pedindo para encerrar. Observa-se que S6 regulou a ação através dos observáveis com o intuito de resolver o problema, contudo, não foi suficiente, pois precisaria ter substituído a última carta por uma carta ‘para frente’. S6, com estrutura cognitiva pré-operatória, encontra-se no momento da construção do espaço topológico, bastante centrado no seu próprio ponto de vista, sem a necessária objetivação que ocorrerá no período seguinte (operatório-concreto) onde se desenvolverá a construção paralela do espaço projetivo e do espaço euclidiano. A síntese do percurso cognitivo para a elaboração do algoritmo, pode ser observada no Quadro 28.

Quadro 28 – Síntese do percurso cognitivo do S6

SUJEITO 6 – 5a.07m.	
G1[E1] T1 ✓	G2[E7]
G1[E2] T1 ✓	G2[E8]
G1[E3] T1 T2 T3 T4 ✗	G2[E9]
G1[E4]	G2[E10]
G1[E5]	G2[E11]
G1[E6]	G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para a pesquisadora ficou a dúvida se o sujeito conseguiria resolver ou não o experimento, pois, sua desistência pareceu ter ocorrido por ter se cansado e/ou se desinteressado da atividade, por outro lado, sua conduta demonstra o tempo de concentração possível para S6. O tempo total do S6 foi de 44 min, mantendo-se abaixo da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 2 encontrada na síntese dos casos.

6.1.1.7 O Caso do Sujeito 7 (5a.2m.)

Na Etapa 1 da coleta de dados o Sujeito 7 (S7) respondeu aos questionamentos com argumentos bastante iniciais, relacionados à percepção, o que foi classificado como estado inicial do desenvolvimento das noções, observado no Quadro 31. S7 recorreu à fabulação diversas vezes ao longo da Etapa 1 e na Etapa 2. O conjunto das provas cognitivas

demonstraram que o sujeito está no subperíodo das representações pré-operatórias do desenvolvimento cognitivo.

Figura 40 – Etapa 1 da coleta de dados com o Sujeito 7 e a prova cognitiva de espaço/verticalidade através da prova do desenho da linha d’água e barquinho e Etapa 2 com o mapa do Experimento 1 e 2



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Na Etapa 2 a pesquisadora falou sobre as orientações iniciais. O sujeito deu o nome de “Robô Ratinho”. S7 fez uma pausa, olhando o material, e a pesquisadora disse: *P: Pode colocar as cartinhas. Quantas cartinhas tu achas que tem que colocar para o Robô Ratinho chegar até aqui (aponta o final do mapa)?* O sujeito completou a grade de programação com cartas ‘para frente’, gravou a programação e testou (G1[E1] T1). O robô se deslocou escapando no final do trajeto. Depois de testar, o seguinte diálogo se desenrolou:

P: Passou, né?! Como é que faz pra ele parar bem aqui? Tu sabes?
S7: (pausa) Tem que colocar o queijo ali ó (apontando para fora do mapa).
P: Tem que botar o queijo lá? Mas eu queria que o queijo ficasse aqui e que ele parasse bem aqui.
S7: Só que ele não consegue parar.
P: Por quê?
S7: Porque os ratos, eles são muito violentos.

É possível observar que o S7 encontrou como solução para o problema “colocar o queijo fora do mapa”, não relacionando os comandos do algoritmo com a movimentação do robô no mapa. Como a pesquisadora disse que não seria possível colocar o queijo fora do limite do mapa, o sujeito resolveu o problema com uma fabulação, ou seja, segundo S7 o robô não parou no final do mapa “*porque os ratos, eles são muito violentos.*”. A pesquisadora perguntou se o sujeito havia encontrado um “rato violento” e o sujeito disse que sim, que “*havia mordido o pé da sua mamãe*”, “*que quando estava se maquiando o rato passou pelo sofá*” e que “*viu o rato mordendo um queijo, mas o queijo falava e o rato disse que estava com fome, o queijo respondeu pra não comer ele, mas o rato comeu*”. Depois desta conversa

encantadora e rica em fabulações, a pesquisadora retomou as orientações iniciais para a resolução dos experimentos. Perguntou:

P: Quantos desses eu tenho que colocar para ele andar só até aqui?
S7: Um pra parar (olha para a carta 'fim'), um pra andar, um pra andar, um pra andar, um pra andar. (passando o dedo por toda a grade de programação)
P: Quantos andar?
S7: Um, dois, três...Um, dois, três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez. (conta as cartas 'para frente' que estão na grade)
P: Dez pra andar?! E quantos mapas têm aqui pra andar?
S7: Um, dois, três, quatro, cinco, seis. (conta apontando cada quadrado do mapa)
P: Seis mapas pra andar?! Eu tenho que colocar tudo isso pra ele andar até ali?
S7: (faz gesto negativo com a cabeça)
P: Não?! Quantos eu tenho que colocar?
S7: Um, dois, três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez. (conta novamente as cartas na grade).
P: Tem que colocar tudo isso? E aí ele vai parar aqui?
S7: (faz gesto de positivo com a cabeça).
P: Tem certeza?
S7: (faz gesto de positivo com a cabeça).
P: Vamos testar?

Gravou a mesma programação no robô (G1[E2] T2). Testou o movimento no mapa e o objeto escapou novamente do limite. Apesar de ter realizado o gesto de negativo com a cabeça, para dizer que não seriam necessárias tantas cartas para fazer o robô se deslocar por seis quadrados no mapa, o sujeito não superou a hipótese inicial e, no momento seguinte, confirmou que precisaria da grade completa de cartas para fazer o robô chegar até o final do mapa. Observa-se também que cada vez que a pesquisadora questionou “*Quantos eu tenho que colocar?*” o sujeito respondeu sem totalizar os comandos, mas contando as cartas ou os quadrados no mapa, sem evidenciar a síntese da ordem e da inclusão hierárquica da construção do número. O robô foi testado e escapou novamente do limite. A pesquisadora disse: *P: Passou de novo!* O sujeito argumentou que seria necessário colocar o queijo fora do mapa para que o robô parasse. A pesquisadora disse que não seria possível. S7 então falou que seria necessário retirar um quadrado do mapa e assim foi feito. O sujeito gravou a mesma programação (G1[E2] T3), testou e o objeto escapou do mapa. O seguinte diálogo aconteceu:

P: Eu queria que ele parasse em cima do mapa.
S7: Mas não vai parar.
P: Não tem como fazer isso?
S7: (faz gesto de negativo com a cabeça).
P: Nem se a gente mexer aqui na programação? (aponta para a grade)
S7: (faz gesto de negativo).
P: Não tem como? Se a gente mexe aqui na programação, ele vai fazer alguma coisa diferente aqui?
S7: (faz gesto de negativo).
P: Não? Ele vai continuar ultrapassando ali?

S7: (faz gesto de positivo).

A coleta de dados foi encerrada. Os algoritmos construídos ao longo de três tentativas de resolução do problema podem ser observados no Quadro 29.

Quadro 29 – Algoritmos construídos pelo S7 para resolver G1[E3]

G1[E1] T1	início	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E2] T2	início	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E2] T3	início	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Através da análise das condutas do S7 é possível dizer que o sujeito não abandonou a hipótese inicial, ligada à percepção, de completar a grade com cartas para fazer o robô chegar até o final do mapa. Além disso, argumentou que alterar o algoritmo não modificaria o movimento do robô. Para solucionar o problema, S7 sugeriu retirar um quadrado do mapa, evidenciando a ausência de relação de causalidade entre o algoritmo de programação e o movimento executado pelo robô, assim como o S5 que sugeriu colocar mais quadrados no mapa. A questão da construção do número, ainda em processamento, também foi evidenciada na conduta do S7, o que dificultou a resolução do problema. Todas as vezes em que a pesquisadora questionou acerca das quantidades totais, o sujeito respondeu contando os objetos sem concluir o total, assim como fez S6. Ainda assim, S6 resolveu os experimentos iniciais, o que não foi possível para S7, evidenciando as decalagens horizontais próprias do desenvolvimento da cognição. A síntese do percurso cognitivo do S7 pode ser observada no Quadro 30.

Quadro 30 – Síntese do percurso cognitivo do S7

SUJEITO 7 – 5a.02m.	
G1[E1] T1 T2 T3 X	G2[E7]
G1[E2]	G2[E8]
G1[E3]	G2[E9]
G1[E4]	G2[E10]
G1[E5]	G2[E11]
G1[E6]	G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O percurso cognitivo de S7 se mostrou muito interessante para a investigação, seja pelas fabulações, de muita criatividade, seja pela hipótese relacionadas à percepção visual que relacionou o tamanho da grade com o tamanho do mapa para solucionar o problema. O tempo total do S7 foi de 1h08min., mantendo-se na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 2 encontrada na síntese dos casos.

6.1.2 Síntese dos casos

Os dados obtidos na Etapa 1 da coleta de dados demonstraram que os sete sujeitos da faixa etária de 4-6 anos de idade encontram-se no subperíodo das representações pré-operatórias, pois a maioria das respostas aos questionamentos nas provas cognitivas possuíam argumentos predominantemente perceptivos, ainda que algumas respostas tenham sido classificadas em processamento e algumas, no caso do S1, na etapa de fechamento. Observe-se na Tabela 2 que o desenvolvimento das noções investigadas não avança da mesma maneira em todos os sujeitos, isto porque existem **decalagens horizontais** no processo de desenvolvimento cognitivo que dependerão das experiências e dos fatores individuais. Contudo, a principal característica dos sujeitos investigados de 4-6 anos de idade, no subestádio pré-operatório, é o início da construção da representação mental e a ausência da reversibilidade do pensamento estabelecida, capacidade fundamental da estrutura cognitiva do estágio seguinte, o operatório-concreto. No Quadro 31, podemos observar a síntese dos resultados obtidos com as provas cognitivas aplicadas nos sujeitos de 4-6anos de idade para verificar o estágio do desenvolvimento cognitivo dos investigados e conseqüentemente as características do seu pensamento³¹.

³¹ No capítulo 5, sobre Metodologia, foram explicadas as provas cognitivas piagetianas, bem como as classificações dos argumentos apresentados.

Quadro 31 – Síntese das Provas Cognitivas realizadas na Etapa 1 com os sujeitos de 4-6 anos de idade

SÍNTESE DAS PROVAS COGNITIVAS REALIZADAS NA ETAPA 1			
OPERATÓRIO-CONCRETO			
PRÉ-OPERATÓRIO			
	INICIAL Predomínio da Percepção	EM PROCESSO	FECHAMENTO Operação
CONSERVAÇÃO TERMO	S2 S3 S4 S5 S6	S7	S1
CONSERVAÇÃO MASSA	S1 S2 S4 S5 S7 S6	S3	
CONSERVAÇÃO LÍQUIDO	S4 S7 S6	S2 S5 S3	S1
INCLUSÃO FLORES	S2 S3 S4 S5 S6 S7	S1	
INCLUSÃO FRUTOS	S2 S3 S4 S5 S6	S1 S7	
SERIAÇÃO BASTONETES	S2 S3 S4 S5 S7 S6	S1	
ESPAÇO VERTICAL	I	IIA S1 S2 S3 S4 S6	III
		IIB S5 S7	
ESPAÇO HORIZONTAL	I S7 S5 S6	IIA	III
		IIB S3 S4	
		IIC S1 S2	
CAUSALIDADE	FABULAÇÃO S7 (2X)	FINALIDADE S7 (2X) S6 (3X) S5 (2X) S3 (2X) S2 (3X) S1 (1X)	
	PERCEPÇÃO S7 (2X) S6 (3x) S5 (3X) S4 (5X) S3 (3X) S2 (3X) S1 (2X)	JUSTIFICAÇÃO 1 S4(1x) S3(1x) S1 (3X)	JUSTIFICAÇÃO 2
	POSSIBILIDADE 0 / 1 S6(1x) S4(1x) S3(1x)	POSSIBILIDADE 2 / 3 S7(1x) S5(1x) S2(1x)	POSSIBILIDADES (...) S1

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A média de tempo utilizada pelos sujeitos de 4-6 anos de idade para resolver os experimentos foi de 1 hora. S3 e S4 mantiveram-se acima da média de tempo e S5 e S6 abaixo da média. O menor tempo foi do S5 com 42min. e o maior tempo foi do S3 com 01h.12min. Na tabela a seguir, é possível observar o tempo dos sujeitos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total utilizado para a resolução.

Tabela 2 – Tempo utilizado pelos sujeitos de 4-6 anos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total

Sujeito	Etapa 1	Etapa 2 G1	Etapa 2 G2	Tempo Total
S1	00:30:23	00:28:21	00:00:00	00:58:44
S2	00:27:43	00:26:42	00:00:00	00:54:25
S3	00:28:15	00:54:26	00:00:00	01:22:41
S4	00:32:56	00:39:27	00:00:00	01:12:23
S5	00:19:27	00:22:33	00:00:00	00:42:00
S6	00:24:00	00:20:00	00:00:00	00:44:00
S7	00:28:19	00:40:21	00:00:00	01:08:40
				07:02:53

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os dados obtidos no Grupo 1 (G1) de experimentos com sete sujeitos investigados de 4-6 anos de idade permitem dizer que a maior parte (S1, S2, S3, S4 e S6) alcançou o êxito no G1[E1], quando é necessário construir um algoritmo que faça com que o robô percorra um mapa em linha reta. Dentre estes, somente três sujeitos resolveram o problema com uma tentativa/hipótese (S1, S4 e S6). Ainda assim, o procedimento de resolução do problema é diferente nos três casos de êxito. No caso do S1 o sujeito resolveu o problema logo que foram propostas as orientações iniciais, através da contagem e da correspondência entre as cartas de comando e os quadrados do mapa. Já S4 possuía como hipótese inicial, completar a grade de programação com cartas, depois de assimilar os observáveis do teste com o robô, regulou a ação e procedeu contando os quadrados e estabelecendo correspondência entre os comandos e os quadrados no mapa para chegar ao êxito. S6 colocou as cartas abaixo da grade de programação e procedeu representando o movimento, contando os quadrados e as cartas e estabelecendo a correspondência entre os quadrados no mapa e as cartas na grade para chegar à conclusão de que seriam necessárias cinco cartas ‘para frente’ para resolver o problema. Assim, S4 e S6 alcançaram o êxito a partir da própria ação sobre o objeto, das abstrações pseudo-empíricas que realizaram e do suporte da representação mental que foi sendo elaborada na medida em que estabeleciam a correspondência entre as cartas e o mapa. S2 e S3, que também resolveram G1[E1], necessitaram de várias tentativas e regulações das ações para resolver o problema, apoiando-se na representação do movimento e procedendo através da assimilação dos observáveis, tomadas de consciência e abstrações pseudo-empíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e a reorganização da ação física na busca da solução. É importante ressaltar que “alcançar êxito” nesta investigação está sendo considerado “saber fazer”, ou seja, construir o algoritmo que execute o movimento corretamente.

Com relação aos dois sujeitos que não resolveram o G1[E1] (S5 e S7) é possível dizer que, nos dois casos, os sujeitos estavam presos aos aspectos perceptivos e por isso não foram desequilibrados cognitivamente pelos testes realizados com o robô, pois não foram capazes de assimilar os observáveis aos seus esquemas e não modificaram a hipótese inicial. Tanto S5, quanto S7, possuíam como hipótese para a resolução do problema, a necessidade perceptiva de completar a grade de programação com cartas de comando para que o robô se deslocasse até o final do mapa. A grade de programação, disposta inicialmente abaixo do mapa em linha reta, possui quase o tamanho equivalente do mapa e, por isso, S5 e S7 prenderam-se ao aspecto perceptivo do comprimento, relacionando o tamanho do algoritmo com o tamanho da grade de programação. Mesmo que S5 e S7 tenham presenciado o movimento executado pelo robô ao executar a programação, os resultados dos testes não foram suficientes para provocar um desequilíbrio cognitivo, pois, os sujeitos não possuíam esquemas assimilatórios para a compreensão de tais resultados. Portanto, os observáveis da ação são sempre algo em relação ao sujeito, pois, o que pode ser observável para alguém, pode não ser para outro indivíduo. Em alguns momentos, S5 e S7 não estabeleceram a relação de causalidade entre a programação e os movimentos executados pelo robô no mapa. S5 tentou trocar as cartas na grade, como se fosse possível alterar de imediato o movimento do robô; pediu para colocar mais quadrados no mapa para solucionar o problema em vez de alterar a programação; sugeriu colocar uma “cerquinha” no final do mapa para conter o robô, entre outras soluções. Já S7 justificou com fabulações a impossibilidade de resolução do problema tal como “os ratos são muito violentos”. Além disso, os dois sujeitos não realizaram a correspondência entre os quadrados no mapa e as cartas de comando na grade, ou seja, para cada comando ‘para frente’ no algoritmo de programação, o robô avançaria um quadrado no mapa, o que parece dar suporte ao desenvolvimento da representação do movimento para a resolução dos problemas do Grupo 1. S2 também trocou cartas na grade de programação desejando alterar o comando do robô de imediato, sem estabelecer a relação de causalidade com o algoritmo construído.

É importante ressaltar que todos os sujeitos investigados de 4-6 anos já possuíam a função simbólica constituída, característica fundamental para a interpretação dos símbolos nas cartas de programação, que se desenvolve ao longo do subperíodo pré-operatório. Tal afirmação é possível, visto que todos os investigados se utilizaram das cartas com símbolos coerentes para a resolução dos experimentos, mesmo aqueles que não alcançaram o êxito, nos casos do S5 e S7, que colocaram corretamente na grade de programação cartas ‘para frente’

em vez de cartas aleatórias, o que aconteceria se não tivessem construído o símbolo, o significante e o significado.

Entende-se que o algoritmo construído pelos sujeitos investigados, em cada uma das tentativas, traduziu a hipótese mental acerca da solução do problema. Cada vez que a testagem do robô foi realizada, possibilitou-se a assimilação e a reconstrução da hipótese desde que possuíssem esquemas para isso, em um movimento contínuo de integração e reconstrução da estrutura cognitiva e de autorregulação da aprendizagem.

No segundo experimento (G1[E2]), onde o mapa possuía uma reta com a necessidade de ir e voltar, três sujeitos alcançaram êxito (S1, S2 e S6), entre estes, somente dois (S1 e S6) na primeira tentativa. S2 necessitou de duas tentativas para resolver o problema. Contudo, o procedimento de resolução de cada um dos sujeitos é diferente. S1 resolveu o experimento de imediato. S6 contou os quadrados no mapa e as cartas na grade estabelecendo a correspondência e construindo a representação dos movimentos para apoiar a solução. Já o S2 testou o material, colocou o robô no final da grade de frente para o início, até que conservou o algoritmo inicial para inserir o restante dos comandos, ou seja, procedeu assimilando os aspectos observáveis da ação e realizando regulações cognitivas através da abstração pseudo-empírica. Os três sujeitos que resolveram G1[E2] utilizaram o mesmo algoritmo na solução: cinco comandos ‘para frente’ e cinco comandos ‘para trás’.

S3 e S4, que não resolveram G1[E2] e construíram algoritmos similares com somente a ida ou somente a volta, sem a inclusão da ida e da volta na mesma operação, demonstraram que possuem noções iniciais da reversibilidade por inversão. Tanto S3, quanto S4, demonstraram condutas interessantíssimas para ilustrar essas noções iniciais, bem como a impossibilidade da estrutura cognitiva de resolver o problema. S3 tentou inverter a posição da grade de programação e depois a posição das cartas, sem alcançar êxito, demonstrou profunda insatisfação com a perturbação cognitiva que não foi reequilibrada. Já S4 sintetizou a hipótese relacionada a sua estrutura cognitiva pré-operatória, com ausência da reversibilidade estabelecida, através da frase: *“Daí ela só obedece uma regra, não dá pra duas ao mesmo tempo”*, referindo-se ao movimento do robô.

No caso dos três sujeitos de 4-6 anos que alcançaram o êxito no G1[E3] (S1, S2 e S3), destaca-se que nenhum deles resolveu o problema na primeira tentativa, foi necessário primeiro observar o funcionamento do objeto para assimilar os observáveis e modificar a ação, procedendo através de abstrações pseudo-empíricas. Os três sujeitos também relacionaram o comando da carta ‘curva’ com o movimento “dobrar e avançar” e por isso não alcançaram o êxito na primeira hipótese, utilizando o comando ‘curva’. S1 perguntou onde

estava a “curva reta” se referindo ao comando ‘curva’. Já S2 concluiu que “o giro não andava” depois da pesquisadora demonstrar concretamente o movimento com o robô. S3 regulou a ação após observar o movimento de curva executado pelo robô no mapa. É importante ressaltar que, no caso do S2, onde a pesquisadora demonstrou o movimento do robô ao comando ‘curva à esquerda’, a explicação encontrou relação com os esquemas do sujeito, mas poderia não ter sido assim, caso não possuísse esquemas assimilatórios para isso. Foi o que aconteceu no caso do S5, por exemplo, quando, depois do sujeito ter realizado muitos testes, a pesquisadora procurou “explicar” o algoritmo de programação para resolver o G1[E1], mas naquele momento, o sujeito não possuía estrutura cognitiva, tampouco esquemas assimilatórios para tanto. Assim, não abandonou a hipótese inicial, ligada à percepção, de completar a grade de programação com cartas para fazer o robô se deslocar até o final do mapa.

Com relação aos investigados que não alcançaram o êxito em G1[E3] (S4 e S6), observa-se que os sujeitos não compreenderam o funcionamento do comando ‘curva’ em que o robô executa somente um giro de 90° sobre o próprio eixo e não se desloca “para frente”, necessitando um comando para avançar depois do giro. Mesmo presenciando os resultados dos testes, estes não foram suficientes para desequilibrar cognitivamente os sujeitos. Alguns “erros” ocorridos nos procedimentos poderiam estar relacionados com o desconhecimento do material. A dificuldade com as curvas, por exemplo, poderia ser interpretada desta maneira, contudo questiona-se o motivo da não regulação das ações pelos sujeitos mesmo presenciando o resultado dos testes, pois nenhum sujeito da faixa etária de 4-6 anos, que realizou o experimento G1[E3] inseriu o comando ‘para frente’ depois do comando curva. Para além desta interpretação dos dados, relaciona-se tal conduta ao egocentrismo³², ou centrismo infantil, característica eminente do subestádio pré-operatório quando ocorre o fenômeno da indiferenciação entre o ponto de vista da criança e dos demais, centrado no próprio corpo. Neste sentido, é possível dizer que a relação de movimento que os sujeitos realizaram ao comando “curva à direita” ou “curva à esquerda” na construção do algoritmo relaciona-se com o movimento do corpo humano que ao realizar uma conversão, numa esquina, em meio a uma caminhada, por exemplo, segue seu caminho em frente depois da conversão, sem “aguardar” um novo comando. Outra possibilidade de interpretação deste resultado poderia

³² No texto em que Piaget responde às observações de Vygotsky, mesmo depois de sua morte precoce, Piaget diz que o termo egocentrismo não foi bem empregado e que deveria ter falado de “centrismo” em oposição à descentração.

estar relacionada ao próprio símbolo impresso na carta, contudo, procedimentos observados nos sujeitos de mais idade, até o operatório-concreto reforçam a primeira hipótese.

No quarto experimento (G1[E4]), onde o mapa possuía uma reta com curva e a necessidade de ir e voltar, três sujeitos do grupo de 4-6 anos de idade iniciaram a resolução do problema, mas somente S1 alcançou o êxito, contudo, procedeu através de seis tentativas com regulações de suas ações através dos observáveis para construir o algoritmo que resolvesse o problema. Conforme o objeto se deslocava no mapa, o ponto de vista do sujeito, em relação ao objeto, necessitava de descentração, o que não foi possível de imediato ou por antecipação para o S1, que realizou reformulações de suas hipóteses através das tentativas, erros e regulações das ações passo a passo na construção da solução do problema.

Com relação aos sujeitos que iniciaram o G1[E4], mas não alcançaram êxito (S2 e S3), é possível afirmar que a reversibilidade estabelecida impediu o avanço em direção à solução. No caso do S3 foi observado que o sujeito estava bastante incomodado por não visualizar uma solução para o problema, prova disso é que repetiu sua dúvida quando já havia avançado para a resolução do experimento seguinte. O sujeito disse: “S3: *Mas como é que ele volta, me diz? Isso eu não sei.*”, demonstrando seu desequilíbrio cognitivo que não encontrou solução e isso lhe deixava intrigado. Já S2, tão logo percebeu que não conseguiria resolver o problema de reversão, retomou o experimento anterior, onde havia encontrado êxito, sem demonstrar tanta preocupação quanto o S3. Para interromper os questionamentos da pesquisadora que insistia na solução para o robô “ir e voltar” no mapa, S2 disse: “*Fica quietinha que o rato vai almoçar.*” Importante destacar ainda que, os sujeitos S2 e S6, que resolveram o experimento G1[E2], envolvendo a reversão, encontraram dificuldades para resolver G1[E4] que também envolve a mesma capacidade. No caso do S2, como dito anteriormente, o sujeito retornou ao experimento que obteve êxito, já o S6 desistiu antes mesmo de chegar ao G1[E4]. Até mesmo S1, que reformulou sua hipótese por seis vezes até alcançar êxito, não possuía a reversibilidade estabelecida, prova disso é que seu procedimento de resolução do problema foi baseado na assimilação dos observáveis da ação, tomadas de consciência e abstrações pseudo-empíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física, passo a passo, rumo à solução do problema. O algoritmo final construído por S1 para G1[E4] não foi exatamente aquele que o sujeito desejava inicialmente, pois pretendia fazer com que o robô retornasse de frente para o início do mapa, mas, ao acaso, o robô retornou de ré. Ainda assim o sujeito se deu por satisfeito e pediu para encerrar a coleta de dados.

A conduta de colocar o robô no final do mapa, de frente para o início, foi uma atitude que se repetiu no caso do S2, S3, S4 e S5 e ainda que evidencie a ausência da reversibilidade

operatória estabelecida nos sujeitos demonstra a intenção de reverter o movimento e noções iniciais de reversão, o que poderia ser considerado o primórdio da capacidade de reversibilidade do pensamento. O início da construção da conservação (que ocorre desde o estágio sensório-motor, anterior) até o fechamento dessa capacidade, é justamente o prenúncio da reversibilidade operatória que será consolidada no estágio seguinte (operatório-concreto). No subestádio das representações pré-operatórias os sujeitos estão elaborando mentalmente tudo aquilo que foi construído no espaço prático do estágio sensório-motor. A criança compreende o início e o fim, mas não compreende a transformação, justamente por ser uma operação mental que ela ainda não realiza neste momento. Sabemos que a representação no subperíodo pré-operatório é reelaborada a partir das construções sensoriais, mas não abrange situações mais complexas, tampouco transformações como ocorre no estágio seguinte. Ainda assim, foi possível observar condutas que indicam as origens da capacidade de reversibilidade se estabelecendo, como foi o caso do S2 ao “inverter a posição da grade”, ou do S3 ao reverter a direção dos comandos do algoritmo que estava na grade.

A partir dos dados obtidos é possível dizer que a correspondência entre o quadrado do mapa e a carta de comando na grade de programação foi um esquema de ação que estava presente em todos os procedimentos e guiou a resolução dos problemas para a construção do algoritmo. Importante dizer que a mesma capacidade de correspondência “termo a termo” estará presente na construção do número pela criança e que ficou evidente, em alguns casos, como o do S6, que a construção do número estava em processamento. Na presente investigação, a correspondência entre o quadrado do mapa e a carta de comando na grade de programação foram relacionadas com a capacidade inicial de representação do movimento dos sujeitos deste estágio que será reelaborada em um nível superior no estágio seguinte. Será justamente essa representação que acompanhará os sujeitos e dará suporte à resolução do problema como veremos nos casos seguintes.

No Quadro 32, podemos observar a síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 4-6 anos com estrutura cognitiva pré-operatória.

Quadro 32 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 4-6 anos e estrutura cognitiva pré-operatória

Experimento:	G1 [E1]	G1 [E2]	G1 [E3]	G1 [E4]	G1 [E5]	G1 [E6]	G2 [E7]	G2 [E8]	G2 [E9]	G2 [E10]	G2 [E11]	G2 [E12]
S1	1T V	1T V	3T V	6T V	*	*	*	*	*	*	*	*
S2	4T V	2T V	2T V	3T X	*	*	*	*	*	*	*	*
S3	2T V	4T X	2T V	1T X	1T X	*	*	*	*	*	*	*
S4	1T V	4T X	3T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S5	6T X	1T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S6	1T V	1T V	4T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S7	3T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / VERMELHO: ausência de êxito

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observa-se que os sujeitos investigados de 4-6 anos demonstraram, desde a impossibilidade total de resolver os experimentos de construção do algoritmo, até tentativas iniciais de resolução dos problemas. Todos os sujeitos de 4-6 anos demonstraram dificuldade na reversão dos movimentos, capacidade em estado bastante inicial, neste momento, na estrutura cognitiva dos sujeitos. Alguns sujeitos resolveram a reversão do deslocamento em linha reta, mas quando o movimento envolve curvas e conseqüentemente, a descentração do ponto de vista, não conseguem solucionar. Em alguns casos evidenciaram dificuldades em estabelecer relações de causalidade entre o algoritmo e o movimento desencadeado. Nenhum sujeito de 4-6 anos de idade verbalizou a existência de regularidades nos algoritmos, ou seja, comandos que se repetem ao longo da programação. Os sujeitos de 4-6 anos com estrutura cognitiva pré-operatória não avançaram até o Grupo 2 de experimentos que envolvia condicionais e operadores lógicos.

Todos os responsáveis pelas crianças de 4-6 anos marcaram no questionário aplicado na Etapa 1 que os/as filhos/as não participaram de aulas de tecnologia anteriormente, tais como robótica e programação. O mesmo aconteceu com S1, que se destacou por seu desempenho, mas o próprio sujeito afirmou que assistiu algumas aulas de robótica na escola, onde experimentou o material Cubetto que andava sobre um “tapete” e que posteriormente as aulas presenciais foram suspensas, em função da pandemia mundial de Covid-19 e não teve mais contato com o material. De fato, S1 demonstrou desempenho um pouco superior em relação aos demais sujeitos da mesma faixa etária, mas seu bom desempenho foi relacionado com sua estrutura cognitiva verificada na Etapa 1 da coleta de dados.

6.2 SUJEITOS DE 7-9 ANOS COM ESTRUTURA COGNITIVA EM TRANSIÇÃO DO PRÉ-OPERATÓRIO PARA O OPERATÓRIO-CONCRETO

Analisaremos aqui os casos dos sujeitos de 7-9 anos de idade que possuem estrutura cognitiva em transição do pré-operatório para o operatório concreto, de acordo com os resultados obtidos nas provas cognitivas realizadas na Etapa 1.

6.2.1 Análise dos casos

6.2.1.1 O Caso do Sujeito 11 (7a.6m.)

As respostas do Sujeito 11 (S11) na Etapa 1 da coleta de dados, demonstraram que se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em desenvolvimento ou na etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas indicam que o sujeito está em transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e operatório-concretas. Destaca-se que, ao contrário dos demais sujeitos investigados na mesma faixa etária, S11 encontra-se com a maior parte das noções em etapa de fechamento.

Figura 41 – Etapa 1 com o Sujeito 11 e a prova cognitiva de horizontalidade. E tapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para resolver o experimento. O sujeito nomeou o robô de “Skip”. Iniciou a resolução do G1[E1] dizendo: *Esse é muito fácil, quero ver ele funcionando.* Enquanto colocava as cartas na grade de programação falava: *Uma cartinha, um quadrado, uma cartinha, um quadrado... então só falta uma.* Colocou cinco cartas/comandos ‘para frente’ e disse: *Pronto.* Testou o robô que se deslocou corretamente no trajeto do mapa. O algoritmo construído pelo S11 pode ser observado no Quando 33.

Quadro 33 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	início	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito demonstrou interesse em saber o que aconteceria caso fossem colocadas cartas extras na grade de programação. Pediu para testar, colocando dois comandos extras ‘para frente’ na grade. Assim o fez, e o robô escapou do mapa estacionando logo em seguida. Também colocou a carta ‘fim’ depois da carta de início para verificar o que aconteceria e o robô emitiu um sinal sonoro de erro. Depois destes testes realizados pelo sujeito, a pesquisadora lançou o segundo experimento e o sujeito disse: *S11: Um, dois, três, quatro, cinco (apontando com o dedo as cartas na grade de programação). Um, dois, três, quatro, cinco (apontando novamente.) Tá ... Agora ... (colocou cartas ‘para trás’ na grade). Um, dois, três, quatro, cinco (contou as cartas que colocou por último na grade), pronto.* Gravou a programação, testou e o robô se deslocou corretamente ao longo do mapa. O sujeito disse em voz alta, para que a sua mãe escutasse no outro cômodo da casa: *Mãe! Fiz ele ir e voltar, coloquei cinco pra frente e cinco pra trás, bem fácil.* O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 34.

Quadro 34 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o terceiro experimento e o sujeito disse: *S11: Isso é bem fácil, deixa eu tirar esses de ré aqui (retira cartas do algoritmo na grade). Aí ele vai dar a volta aqui... (aponta a curva no mapa) Um, dois, três, quatro, cinco ... não, tem que ser quatro, isso, tem que ser quatro, senão ele passa.* Por último, inseriu uma carta de ‘curva à esquerda’ (G1[E3] T1) e gravou a programação. Antes de testar, o sujeito questionou a pesquisadora sobre o que aconteceria se o robô iniciasse no próximo quadrado, depois do “start”. Antes mesmo da resposta da pesquisadora, ele indagou se o robô emitiria um sinal sonoro de erro, o que de fato, aconteceria. O sujeito então testou o robô com a programação, mas o objeto parou antes de alcançar o fim do mapa. S11 olhou para a grade e olhou para o mapa. A pesquisadora questionou: *Ué? O que aconteceu?* O sujeito retirou a carta ‘fim’ e inseriu mais uma ‘para frente’ no final do algoritmo e disse, apontando para o robô: *S11: Skip, vamos fazer a programação de novo?* Salvou (G1[E3] T2) e testou. O robô alcançou o final

do mapa. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 35.

Quadro 35 – Algoritmos construídos pelo S11 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quarto experimento. Na primeira tentativa de resolução o sujeito retirou a carta ‘fim’ conservando o algoritmo construído. Representou, com as mãos em cima do mapa, o movimento previsto para ser realizado pelo robô e inseriu a carta que considerou adequada na grade de programação. Procedeu desta maneira até finalizar o algoritmo. Inseriu cinco cartas ‘para frente’, sem estabelecer a equivalência, mas evidenciando descentração. Salvou e testou o robô (G1[E4] T1). O objeto escapou do mapa em função do movimento da 12ª. carta (‘curva à direita’). O sujeito retirou a 9ª carta que também era de ‘curva à direita’ para regular a ação. Reposicionou as cartas seguintes conforme pode ser observado em G1[E4] T2. Testou o robô, que escapou do trajeto. Na terceira tentativa o sujeito representou novamente com as mãos os movimentos a serem executados no mapa. Retirou duas cartas de ‘curva à direita’ e reposicionou as demais. Salvou e testou (G1[E4] T3). O robô realizou os giros e na reta final escapou do mapa. O sujeito retirou a última carta ‘para frente’, compilou a programação e testou (G1[E4] T4). O robô executou corretamente o movimento. S11 demonstrou alegria e todos aplaudiram. Os algoritmos construídos para a solução do problema podem ser observados no Quadro 36.

Quadro 36 – Algoritmos construídos pelo S11 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	17ª.	18ª.	19ª.	20ª.	
G1[E4] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↑	↓	↓	↓	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E4] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	→	↑	↓	↓	↓	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E4] T3	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↓	→	→	→	→	→	FIM				X
G1[E4] T4	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↓	→	→	→	→	FIM					V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o quinto desafio com o mapa em zigue-zague e o sujeito, antecipando a etapa seguinte, disse: *S11: O problema vai ser voltar com esse*. A pesquisadora disse para que não se preocupasse com o retorno, pois resolveríamos depois. Mais uma vez o

sujeito representou com as mãos o movimento a ser executado no mapa e foi inserindo as cartas na grade (G1[E5] T1). O sujeito disse: *S11: Acho que não vai dar certo.*, demonstrando não ter certeza da sua hipótese. Gravou e testou o robô, que executou o movimento corretamente. Alegrementemente exclamou em voz alta: *S11: Consegui mãe! Olha aqui o que eu fiz!* O algoritmo construído para resolver G1[E5] pode ser observado no Quadro 37.

Quadro 37 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G1[E5] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sexto desafio foi lançado pela pesquisadora, o sujeito retirou a carta 'fim', conservou o algoritmo inicial e procedeu, representando o movimento com as mãos e inserindo cartas de comando. S11 disse: *Peraí, me perdi, fui pegar na caixa a carta e me perdi. Vou testar pra ver onde o robô parou (no algoritmo anterior).* Salvou a programação e testou (G1[E6] T1). O robô escapou do mapa. O sujeito apontou, corretamente, a penúltima carta ('curva à direita') como causa do erro, mas disse que não possuía certeza se aquela era a carta errada, pois agora havia "se perdido" no algoritmo que estava com 16 comandos. Disse que retornaria de onde havia parado, se referindo ao movimento de ida do robô. Retirou cinco cartas do algoritmo e testou (G1[E6] T2). O robô executou corretamente o movimento de ida. O sujeito então retirou a carta de fim, conservando, mais uma vez, o movimento de ida, continuou inserindo as cartas de comandos (G1[E6] T3) e disse: *S11: Sabe, eu gosto de pensar.* Testou e o robô escapou do mapa. S11 apontou uma das primeiras cartas como motivo do erro e iniciou a alteração de todo o algoritmo (G1[E6] T4). Ao final disse: *S11: Eu acho que eu baguncei tudo, tenho que tirar tudo.* Salvou a programação e testou. O robô escapou novamente do mapa. O sujeito disse: *S11: Vou querer parar e trocar para outro, um pouquinho mais fácil, esse tá muito difícil. Eu não sei qual é a carta.* O algoritmo estava com 23 cartas. Os algoritmos construídos podem ser observados no Quadro 38.

Quadro 38 – Algoritmos construídos pelo S11 para resolver o G1[E6]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	17ª.	18ª.	19ª.	20ª.	21ª.	22ª.	23ª.		
G1[E6] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	↓	→	FIM									X
G1[E6] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM														X
G1[E6] T3	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	FIM			X
G1[E6] T4	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↓	→	↓	↓	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	FIM		X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Através da análise das condutas do S11, no Grupo 1 de experimentos, é possível dizer que resolveu os dois primeiros experimentos sem maiores dificuldades, logo que o experimento foi lançado, o sujeito contou os quadrados do mapa realizando a correspondência e colocou as cartas na grade. Neste caso, não poderíamos dizer que o êxito precedeu a ação, mas que o sujeito procedeu construindo a representação através da correspondência entre quadrado no mapa e as cartas de comando, o que possibilitou a resolução dos problemas na primeira tentativa. A conduta de contagem e correspondência foi ilustrada pela fala: “*Uma cartinha, um quadrado, uma cartinha, um quadrado*”, e acompanhou o sujeito nos dois primeiros experimentos. No G1[E2], além desta conduta, S11 reverteu a ação, inserindo a mesma quantidade de cartas ‘para trás’ para fazer o robô retornar, estabelecendo a equivalência entre os algoritmos. A explicação, ao acaso, para a sua mãe, de como resolveu o problema, evidenciou a tomada de consciência e a compreensão do funcionamento.

No G1[E3] e G1[E4] S11 observou a subtração de um dos quadrados do mapa em relação ao mapa anterior, colocando corretamente quatro cartas ‘para frente’, mas, inseriu uma carta de ‘curva’ sem a carta ‘para frente’ na primeira tentativa, por isso precisou testar, assimilar os observáveis e regular a ação para alcançar o êxito. No quarto experimento, S11 construiu o esquema de ação de representar com as mãos o movimento do robô para apoiar a representação mental do movimento. Nos experimentos que se seguiram (G1[E5], G1[E6] e G1[E7]), o mesmo esquema foi repetido para apoiar a representação acerca do movimento do robô e construir a solução do problema.

Quando o G1[E5] foi lançado, S11 antecipou o problema da volta. O sujeito encontrou a solução do problema apoiando-se na representação do movimento do robô com as mãos e em abstrações pseudoempíricas. Quando os algoritmos estavam com muitos comandos, tais como em G1[E4] e em G1[E6], S11, apresentou dificuldade para realizar a correspondência entre as cartas e os movimentos, além disso, estes são os algoritmos de reversão do movimento, o que exige também a descentração do sujeito. No G1[E6], o sujeito modificou o algoritmo através de quatro tentativas sem alcançar êxito. Começou a manifestar dificuldade quando o algoritmo estava com dezesseis comandos e acabou desistindo da resolução, quando o algoritmo estava com vinte e três cartas, pois, já não conseguia mais estabelecer correspondência entre os quadrados no mapa e as cartas na grade. Observa-se que o sujeito não percebeu a regularidade de movimentos de reta e curva que se repetem tanto no trajeto da ida, como na volta do robô.

Com a desistência do sujeito, foi proposto o primeiro experimento do Grupo 2 (G2). Foram apresentados o jogador de futebol robô e o mapa do campo de futebol. S11 nomeou o

robô de “Willy”. A pesquisadora orientou para resolver o G2[E7] e o sujeito começou a construir o algoritmo. Disse: *S11: Nesse eu estou me sentindo bem, porque esse está fácil.* Foi observado que o sujeito repetiu o esquema de ação construído no experimento anterior, representando com as mãos o movimento do robô no mapa e colocando a carta correspondente na grade. Compilou e testou. O robô chegou até o final do mapa na frente da goleira. O algoritmo construído para resolver G2[E7] pode ser observado no Quadro 39.

Quadro 39 – Algoritmo construído pelo S11 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	↑	→	→	↓	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o G2[E8] e o sujeito disse que não saberia como resolver. A pesquisadora mostrou as cartas de ‘iniciar função’ e de ‘giro da engrenagem no sentido horário’ que seriam necessárias para construir a programação. Mesmo assim, S11 disse que não saberia como fazer. A pesquisadora colocou a primeira carta na grade (‘iniciar função’) e disse para o sujeito que quando o sensor do robô encontrasse aquela carta deveria girar a engrenagem e perguntou qual deveria ser a próxima carta a ser inserida. S11 colocou a carta de ‘giro da engrenagem no sentido horário’ na grade de programação. Depois disto a pesquisadora demonstrou diretamente no robô que o giro da engrenagem projetaria a bola na goleira e que então seria possível inserir um sinal sonoro para a comemoração do “gol”. O sujeito escolheu uma carta com o efeito sonoro “*Huh?*” para completar o algoritmo. Salvou e testou a programação com êxito. S11 comemorou. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 40.

Quadro 40 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o G2[E9] e o sujeito disse que não sabia como proceder. A pesquisadora mostrou os comandos necessários para a construção do algoritmo: as condicionais ‘IF’, ‘DO’ e a carta ‘evento1’ que desencadeia o “drible”. S11 repetiu que não saberia como fazer. A pesquisadora colocou então a carta com a condicional ‘IF’ na grade e disse que aquele comando diria para o robô “se alguma coisa acontecer, tal como encontrar um adversário no caminho” e mostrou a carta ‘DO’ que avisaria o robô para “fazer alguma

coisa”³³. A pesquisadora perguntou o que o robô deveria fazer e o sujeito respondeu: *O drible*. A pesquisadora mostrou, movimentando o robô, o drible e perguntou como seria possível realizar aquele movimento através das cartas de comando. S11 mostrou as cartas de giro. A pesquisadora perguntou para o sujeito onde estava o adversário que seria “driblado” e ele mostrou no mapa o quadrado que continha o símbolo de ‘evento1’ e a pesquisadora disse que aquele símbolo indicaria para o sensor do robô que seria o local de “driblar” e perguntou novamente se o sujeito sabia como fazer a programação e ele disse que não. A pesquisadora inseriu as três cartas iniciais na grade e pediu para que colocasse as cartas que executariam o comando de “drible” e assim o fez. Salvou e testou atingindo o êxito. O algoritmo construído para resolver G2[E9] pode ser observado no Quadro 41.

Quadro 41 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi lançado o experimento seguinte (G2[E10]) e a pesquisadora perguntou para o sujeito como deveria ser construído o algoritmo. S11 respondeu que era difícil e não sabia fazer. A pesquisadora novamente interveio no procedimento de resolução. O sujeito salvou a programação. Neste momento o pai do S11 se aproximou do local onde estava sendo realizada a coleta de dados e o sujeito disse: *Olha pai, esses dois já estão programados (se referindo ao algoritmo do G2[E7] e G2[E8] na grade). Se tu ver isso (mostra a carta ‘função’ do G2[E8]) tu gira a engrenagem pra jogar a bola e aqui é um barulho pra comemorar. Se tu ver esse (apontando a carta ‘evento1’ do G2[E8]) tu dribla assim (mexendo o próprio corpo) ou esse (apontando a outra carta ‘evento2’) tu dribla assim (mexendo o próprio corpo)*. Observa-se, através da explicação do sujeito ao pai, que, apesar de não ter conseguido construir o algoritmo espontaneamente, S11 compreendeu o funcionamento da programação, assimilando os observáveis dos testes e a explicação da pesquisadora, além de representar o movimento do robô com o próprio corpo. O algoritmo construído para resolver G2[E10] pode ser observado no Quadro 42.

³³ Ao longo de todas as coletas de dados do Grupo 2 de experimentos é possível observar que a pesquisadora explicou o comando das cartas de condicionais e operadores lógicos com traduções que poderiam estar mais próximas da gênese dos conhecimentos dos sujeitos. Por isso não foi falado em “SE, ENTÃO, SENÃO” como é comum em aulas de programação.

Quadro 42 – Algoritmo construído, com intervenção da pesquisadora, para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF		OR		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A coleta prosseguiu, pois o sujeito demonstrou interesse em continuar. A pesquisadora explicou que no desafio G1[E11] os dois adversários estariam juntos no segundo quadrado com ‘evento2’ no mapa, portanto, o robô passaria pelo ‘evento1’ e só poderia realizar o drible no ‘evento2’, onde estavam os dois adversários. A pesquisadora perguntou se o sujeito saberia construir a programação para que o robô realizasse tal movimento. S11 fez uma pausa e respondeu que não. A pesquisadora construiu a solução. O algoritmo construído para resolver G2[E11] pode ser observado no Quadro 43.

Quadro 43 – Algoritmo construído, com intervenção da pesquisadora, para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		AND		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para finalizar, a pesquisadora lançou o último desafio, dizendo ao sujeito que ele iria dar a ordem para o robô fazer “alguma coisa” enquanto o drible não fosse realizado. No primeiro momento S11 disse que não havia compreendido a explicação. A pesquisadora repetiu e incluiu a carta com a condicional ELSE na grade de programação. S11 escolheu duas cartas de efeito luminoso e uma carta de efeito sonoro. O robô executou corretamente a sequência de movimentos. S11 vibrou. Depois disto, a coleta foi encerrada. O algoritmo construído para resolver G2[E12] pode ser observado no Quadro 44.

Quadro 44 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↑	↓	ELSE				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os experimentos do Grupo 2 receberam interferência da pesquisadora para a resolução. A atitude da pesquisadora de interferir no procedimento de resolução se deu porque o sujeito não demonstrou intenção de encerrar, pelo contrário, demonstrou motivação para verificar os próximos movimentos do robô. Tal procedimento não estava previsto inicialmente, mas depois da execução do “projeto piloto” da investigação (CABRAL

ARAGÓN; SIMÕES, 2021b) algumas melhorias foram agregadas à metodologia de pesquisa para que os sujeitos não encerrassem a atividade com o sentimento de fracasso.

Em G2[E7] o sujeito resolveu o experimento estabelecendo relação entre os símbolos das cartas e os comandos. Em G2[E8], G2[E9] e G2[E12], o sujeito contribuiu com algum comando no algoritmo. Já em G1[E10] e G1[E11], o sujeito verbalizou que não saberia resolver e somente observou a construção e a explicação da pesquisadora.

Foi observado, por meio da explicação do sujeito ao pai, que S11 conseguiu compreender o funcionamento do algoritmo, inclusive relacionando a sequência de códigos com os movimentos executados pelo robô no mapa. Para a pesquisadora ficou a dúvida se o sujeito conseguiria reconstruir o algoritmo sozinho, já que no experimento seguinte o ele disse que não saberia como resolver o problema. A síntese do percurso cognitivo do S11 pode ser observada no Quadro 45.

Quadro 45 – Síntese do percurso cognitivo do S11

SUJEITO 11 – 7a.6m.									
G1[E1]	T1	✓							
G1[E2]	T1	✓							
G1[E3]	T1	T2	✓						
G1[E4]	T1	T2	T3	T4	✓				
G1[E5]	T1	✓							
G1[E6]	T1	T2	T3	T4	✗				
						G2[E7]	T1	✓	
						G2[E8]	T1	✓	
						G2[E9]	T1	✓	
						G2[E10]	T1	✓	
						G2[E11]	T1	✓	
						G2[E12]	T1	✓	

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O tempo total do S17 foi de 1h45min, ficando assim na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S11 nunca participou de aulas de tecnologia.

6.2.1.2 O Caso do Sujeito 12 (9a.9m.)

As respostas do Sujeito 12 (S12) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em desenvolvimento ou na etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas indica que o sujeito

está em transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e operatório-concretas, pois as respostas ficaram equilibradas entre a etapa de processamento e de fechamento.

Figura 42 – Etapa 1 com o Sujeito 12 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas com uso de massa de modelar. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Logo que as orientações iniciais foram lançadas, S12 contou a quantidade de quadrados no mapa apontando com o dedo e disse: *Acho que é assim, meio fácil, mas às vezes a gente esquece algum detalhe.* Depois disso, construiu o primeiro algoritmo (G1[E1] T1), gravou a programação e testou. O robô executou o movimento corretamente. O sujeito vibrou e disse: *S12: Eu quero um desses pra mim!* O algoritmo construído pode ser observado no Quadro 46.

Quadro 46 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O segundo experimento foi lançado. O sujeito conservou a parte inicial da programação e inseriu duas cartas de ‘curva à esquerda’, mais cinco cartas ‘para trás’, gravou a programação e testou (G1[E2] T1). Depois da execução dos dois giros, o objeto se deslocou para fora do mapa. O sujeito olhou por alguns instantes para a grade de programação e para o mapa onde estava o robô, fez o movimento de ida e volta com as mãos sobre o trajeto e disse: *S12: Acho que eu coloquei as cartas ao contrário.* Ao ser questionado, afirmou que saberia como alterar a programação, retirou algumas e inverteu as cinco cartas colocando-as ‘para trás’. Depois disse: *S12: Espera! Ela programa tudo assim (movimenta a mão pela grade de programação do início até o final). Então, eu sei por que ela deu a volta, porque ela programa tudo para cá, assim... (novamente movimenta a mão pela grade programação).*

(Pausa) Ai, agora 'tá confuso. É porque eu pensei assim, ó: se ela estava aqui (aponta para o fim do mapa), agora é só ela seguir reto. O sujeito continuou invertendo as cartas. A pesquisadora perguntou: P: Com essa programação ela vai e volta? (G1[E2] T2) O sujeito respondeu que não. A pesquisadora repetiu que o robô teria que sair do ponto de partida, ir e voltar no mapa. O sujeito construiu o segundo algoritmo (G1[E2] T2), gravou e testou a programação, desta vez atingindo êxito. Depois disso, vibrou e disse: S12: Eu inverti aqui, mas eu não entendi muito bem. Os algoritmos construídos podem ser observados no Quadro 47.

Quadro 47 – Algoritmos construídos pelo S12 para resolver G1[E2].

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	↑	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T2	INÍCIO	←	←	←	←	←	FIM								NT
G1[E2] T3	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou o sujeito para o terceiro experimento. Ele colocou quatro cartas 'para frente', uma carta de 'curva à esquerda', representou o movimento com as mãos no mapa, fez uma pausa e disse: S12: Não sei... Depois, posicionou uma carta 'para frente' na parte de cima da grade, verificando a direção do movimento, e depois a encaixou ali. S12 disse: Eu acho que vou errar, mas ok... demonstrando não ter convicção da sua hipótese. Então, compilou, testou e vibrou ao alcançar êxito. Observou-se que o sujeito utilizou as mãos para representar o movimento do robô no mapa. Também incluiu uma carta 'para frente' depois de inserir a carta de giro no G1[E2]. A tomada de consciência da direção do movimento do robô no experimento G1[E2] e a verificação da direção do movimento no experimento G1[E3], por meio da ação de colocar as cartas em cima da grade, demonstraram que o desenvolvimento da noção de espaço no caso do S12 ainda está centrado no próprio ponto de vista, ou seja, muito mais topológico do que projetivo. O algoritmo construído pode ser observado no Quadro 48.

Quadro 48 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

avançar ao próximo grupo de experimentos (Grupo 2). A pesquisadora concordou, mas antes perguntou ao sujeito como ele resolveria a ida e a volta em zigue-zague. O sujeito respondeu que faria “a mesma programação ao contrário”, demonstrando, de certa maneira, a reversibilidade do pensamento, pois, caso o robô retornasse de frente, o algoritmo seria o mesmo da ida, e de ré seria o inverso. A desistência do sujeito pode ter relação com a dificuldade de reversão do movimento, já que a programação aumentou em complexidade e quantidade de comandos. O algoritmo construído para resolver G1[E5] pode ser observado no Quadro 50.

Quadro 50 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G1[E5] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Por meio da análise das condutas do S12, é possível dizer que o sujeito conseguiu resolver espontaneamente o primeiro grupo de experimentos. Em G1[E1], S12 resolveu o problema “achando muito fácil”, como verbalizou Procedeu contando e estabelecendo correspondência entre os quadrados do mapa e as cartas na grade, mas não demonstrou certeza da hipótese. Em G1[E2], observa-se que o sujeito não compreendeu o motivo do robô escapar do mapa no primeiro teste, retirou as cartas e colocou somente cartas ‘para trás’, demonstrando uma conduta que não incluiu os dois movimentos na mesma operação. Pela fala do sujeito, é possível concluir que ele tomou consciência do sentido do movimento do robô no momento em que disse: *“Espera! Ela programa tudo assim.”*. Tal tomada de consciência levou à regulação da ação, contudo, não foi suficiente para resolver o problema. Quando a pesquisadora questionou: *“com essa programação ela vai e volta?”*, o sujeito regulou sua ação incluindo o movimento de ida e volta no mesmo algoritmo de programação. Visto que ele verbalizou que “estava confuso” e que “não havia entendido muito bem”, é possível concluir que o procedimento de resolução do problema não estava evidente para S12 até então. No procedimento de resolução do problema do S12, aconteceu um movimento de retomada da hipótese demonstrada nas condutas dos sujeitos pré-operatórios, em que ele inseriu somente o algoritmo de retorno na grade para reverter o movimento, mas que foi logo superada no momento seguinte. Assim, não é possível afirmar que o sujeito compreendeu/conceituou, mas sim que ele assimilou os observáveis da ação e resolveu o problema por meio de abstrações pseudoempíricas.

Em G1[E3], S12 representou o movimento com as mãos enquanto construía o algoritmo, inseriu uma carta ‘para frente’ logo depois da curva, o que não foi comum nas condutas investigadas de resolução em G1[E3], mas observamos que o sujeito utilizou o comando ‘curva’ no experimento anterior, o que facilitou a resolução do problema seguinte. Mesmo assim, S12 não estava convicto da sua hipótese. No experimento seguinte (G1[E4]), o sujeito encontrou dificuldade para realizar a correspondência entre a carta e o movimento a ser executado pelo robô quando o algoritmo alcançou dezessete cartas. Por isso, ele acabou desistindo. Além disso, G1[E4] é o algoritmo de reversão do movimento, o que também pode ter dificultado a solução do problema, pois este necessita da descentração do ponto de vista. Observamos que, no quarto experimento, S12 construiu o esquema de ação de posicionar o robô no mapa e colocar a carta correspondente na grade, apoiando a representação do movimento no objeto concreto.

Em G1[E5], no mapa em zigue-zague, S12 construiu a solução com uma só tentativa, repetindo o esquema anterior. Tal esquema iniciou com a postura das cartas na frente do robô, depois foi repetido para representar o movimento com as mãos e mais uma vez para colocar o robô no mapa e as cartas na grade. S12 não quis resolver o experimento seguinte (ida e volta em zigue-zague), provavelmente por relacionar a dificuldade que encontrou em G1[E4] com o tamanho do algoritmo. Ainda assim, S12 verbalizou que construiria o algoritmo colocando cartas ao contrário para realizar o retorno. A afirmação evidencia a intenção de reverter o movimento e, de certa maneira, a reversibilidade inicial do pensamento do sujeito, contudo, não resolveria o problema, caso o sujeito inserisse duas curvas no final do algoritmo de ida. Esta ação faria com que o robô se posicionasse de frente para o ponto inicial e, a partir daí, o movimento realizado seria o mesmo do algoritmo da ida. S12 verbalizou que inverteria os comandos, mas a solução só resolveria o problema se o robô retornasse de ré.

Na sequência, a pesquisadora explicou o primeiro experimento do Grupo 2 (G2). Foram apresentados o jogador de futebol robô e o mapa do campo de futebol. O sujeito nomeou o robô de “Tijolo”. A pesquisadora orientou o sujeito para resolver o G2[E7] e ele começou a construir o algoritmo: colocou três cartas ‘para frente’ na grade de programação, pôs o robô sobre o terceiro quadrado do mapa com as mãos, girou o objeto e colocou uma carta em sua frente, depois colocou a mesma carta na grade de programação e assim sucessivamente até que deu por finalizado o algoritmo (G1[E7] T1). Então, salvou e testou, obtendo êxito. S12 vibrou. O algoritmo construído para resolver G1[E7] pode ser observado no Quadro 51.

Quadro 51 – Algoritmo construído pelo S12 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Depois disso, a pesquisadora orientou para o G2[E8] e o sujeito apontou a carta ‘loop’ como sendo a carta de “giro da engrenagem”. A pesquisadora disse que não seria esta e mostrou as cartas de ‘girar a engrenagem’, depois disse ao S12 que o jogador “chutaria a bola” quando o sensor “encontrasse” no mapa o quadrado com ‘evento1’ (apontou) e questionou como fazer tal programação. S12 disse que não saberia como fazer. A pesquisadora colocou a primeira carta na grade e pediu que ele continuasse. O sujeito colocou a carta de ‘girar a engrenagem no sentido horário’. A pesquisadora disse que seria possível inserir uma carta com um efeito sonoro para comemorar o gol depois de “chutar a bola” e pediu para que o sujeito escolhesse uma carta de comando. S12 escolheu a carta com o sinal sonoro ‘aplausos da torcida’, compilou e testou, alcançando êxito. O sujeito exclamou: *Que show!* A pesquisadora pediu para ele explicar “com as suas palavras” a programação construída. S12 disse: *Essa aqui indica pra ele chutar a bola (apontando a carta função), essa aqui pra onde chutar a bola, onde a rodinha daqui gira (apontando a carta de ‘girar a engrenagem no sentido horário’) e aqui as pessoas comemorando o gol pro time dele (apontando a carta ‘torcida’).* O algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver G1[E8] pode ser observado no Quadro 52.

Quadro 52 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Em seguida, a pesquisadora orientou o sujeito para o próximo experimento e perguntou se ele saberia como resolver. S12 disse que não, então a pesquisadora procedeu explicando o algoritmo e o sujeito colocou duas cartas de curva para fazer o “drible” do robô, depois gravou e testou a programação. A pesquisadora pediu para que ele explicasse a programação. O seguinte diálogo se desdobrou: *S12: IF é que tinha um adversário pra driblar, então ele tinha que driblar o adversário para ele não pegar a bola e aqui é o drible (apontando para as cartas de giro). P: Qual é a carta que representa onde está o adversário? S12: (aponta a carta ‘evento1’).* O algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver G1[E9] pode ser observado no Quadro 53.

Quadro 53 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.
G2[E9] T1	IF		DO	↓	↑	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Depois disso, a pesquisadora orientou o sujeito para o experimento seguinte e perguntou se ele saberia como resolver, ao que obteve a negativa. A pesquisadora explicou o algoritmo colocando as cartas IF, ‘evento1’ e ‘DO’ na grade e dizendo: *Nós vamos dizer para o sensor do robô que caso ele encontre esse desenho (aponta ‘evento1’) onde justamente está o adversário, ele deve realizar o drible.* Então, a pesquisadora questionou qual deveria ser o movimento a ser realizado pelo robô para “driblar” o adversário. O sujeito colocou as cartas de giro na grade, salvou e testou a programação. A pesquisadora pediu que ele explicasse o algoritmo. S12 disse: *Aqui ele tinha que driblar esse adversário (apontando a carta com ‘evento1’) ou driblar esse (aponta a carta com ‘evento2’), driblar os dois, essas cartas indicam que ele tinha que driblar e esse era o drible.* O algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver G1[E10] pode ser observado no Quadro 54.

Quadro 54 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF		OR		DO	↓	↑	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Na sequência, foi proposto o G2[E11] e o sujeito fez uma pausa, pegou algumas cartas e falou que não saberia como fazer. A pesquisadora procedeu explicando o algoritmo, salvou e testou a programação. Já próximo da finalização do trajeto pelo robô, o sujeito disse: *S12: Ah, agora entendi!* A pesquisadora pediu que ele explicasse o que havia entendido. S12 disse: *Aqui não tinha mais adversário (apontando a carta ‘evento1’) então ele podia passar reto, normal; aqui era o sinal que ele tinha que driblar (apontando a segunda carta com símbolo) e aqui era o drible.* A fala do sujeito se deu quando ele assimilou os observáveis da ação e tomou consciência do movimento, contudo, sua explicação traduz o que ele observou e não o funcionamento das condicionais e da conjunção ‘AND’. O algoritmo construído com interferência da pesquisadora para resolver G1[E11] pode ser observado no Quadro 55.

Quadro 55 – Algoritmo construído, com interferência da pesquisadora, para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		AND		DO	↓	↑	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para solucionar o último experimento, o sujeito escolheu um efeito luminoso para incluir na programação. Antes de testar e observar o resultado da ação, a pesquisadora perguntou o que o robô deveria fazer com aquela programação. S12 respondeu: *Aqui ele pode passar reto, normal (apontando para a primeira carta com o símbolo); aqui tem dois, então ele tem que driblar (aponta para a segunda carta com o símbolo); e aqui 'tá o drible (aponta para as cartas com giro) e, quando ele fizer o gol, faz esse (aponta efeito luminoso)*. Então, o sujeito testou o robô e a pesquisadora chamou sua atenção para o efeito luminoso que aconteceu desde o início do deslocamento do robô. S12 disse: *Nossa! Eu amei!*. Pela explicação do sujeito, pode-se concluir que ele atribuiu a causa do movimento de “drible” do robô à presença dos dois “adversários” e não à conjunção ‘AND’. O algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver G1[E12] pode ser observado no Quadro 56.

Quadro 56 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↓	↑	ELSE		FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 de experimentos, S11 resolveu o G2[E7], que envolve o deslocamento do robô, mas demonstrou dificuldades nos demais experimentos. Ele generalizou o esquema de ação de colocar o robô no mapa e cartas na grade, construído no Grupo 1 de experimentos, para construir a representação do movimento do G2[E7] e guiar a resolução do problema de deslocar o jogador de futebol robô no mapa do “campo de futebol”. Nos experimentos seguintes do Grupo 2, ficou evidente a impossibilidade de resolução dos experimentos de maneira espontânea. Assim, a pesquisadora procedeu explicando os algoritmos, já que o sujeito não demonstrou interesse em encerrar a atividade. S12 contribuiu com algum comando em todos os algoritmos que se seguiram, com exceção de G1[E11]. A pesquisadora procedeu explicando os algoritmos, testando e solicitando a “leitura” do sujeito para verificar a compreensão. Observou-se que as explicações dos algoritmos realizadas por S12, no Grupo 2 de experimentos, não traduziam o funcionamento das condicionais na programação e estavam relacionadas aos movimentos observados ao realizar o teste com o robô e com o símbolo das

cartas. S12, inclusive, relacionou o funcionamento da conjunção ‘AND’ com a presença ou não dos “bonecos adversários”, que são observáveis dos testes. No Quadro 57, é possível observar a síntese do percurso cognitivo do S12.

Quadro 57 – Síntese do percurso cognitivo do S12

SUJEITO 12 – 9a.9m.									
G1[E1]	T1	✓			G2[E7]	T1	✓		
G1[E2]	T1	T2	✓		G2[E8]	T1	✓		
G1[E3]	T1	✓			G2[E9]	T1	✓		
G1[E4]	T1	T2	T3	✗	G2[E10]	T1	✓		
G1[E5]	T1	✓			G2[E11]	T1	✓		
G1[E6]					G2[E12]	T1	✓		

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Antes de finalizar a coleta, a pesquisadora questionou a opinião do sujeito sobre o que teria sido mais fácil e o que teria sido mais difícil ao longo da atividade. S12 disse que o mais fácil foi “*A parte com o jogador de futebol*” e o mais difícil foi “*O do rato, aquele assim (fez o gesto de zigue-zague com a mão)*”, justamente o experimento em que o sujeito construiu a solução com uma tentativa, apoiado na representação do movimento, mas desistiu de resolver o experimento seguinte que envolvia a reversão desse movimento.

O tempo total do S12 foi de 1h28min, ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S12 já participou de aulas de tecnologia.

6.2.1.3 O Caso do Sujeito 13 (9a.9m.)

As respostas do Sujeito 13 (S13) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em desenvolvimento ou na etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas indicam que o sujeito está em transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e operatório-concretas, pois as respostas ficaram equilibradas entre a etapa de processamento e de fechamento.

Figura 43 – Etapa 1 com o Sujeito 13 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas com o transvasamento de líquido. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para a resolução do primeiro experimento. O sujeito escolheu o nome “Stitch” para o robô e construiu o algoritmo. Ele contou os quadrados do mapa apontando com o dedo e colocou quatro cartas ‘para frente’ na grade, representou o movimento com as mãos em cima do mapa e disse: *S13: Um, dois, três, quatro, vira aqui e para de frente para o queijo*. Depois, inseriu uma curva, salvou a programação e testou (G1[E1] T1). Ao verificar que o robô girou antes do final do mapa, disse: *S13: Ué, mas eu tinha contado... Eu esqueci de perguntar uma coisa. Quando ele dobrasse, ele passaria um bloco também?* A pesquisadora repetiu as orientações iniciais. O sujeito disse: *S13: Então já sei o que eu vou fazer*. Alterou a programação retirando o comando ‘para frente’(G1[E1] T2), gravou e executou. O sujeito, então, bateu palmas ao verificar o próprio êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E1] podem ser observados no Quadro 58.

Quadro 58 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E1] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O segundo experimento foi lançado e o sujeito retirou a carta ‘fim’ e a ‘curva à esquerda’, contou apontando o quadrado no mapa e a carta na grade e perguntou para a pesquisadora qual seria o movimento executado na carta de curva. A pesquisadora repetiu a orientação demonstrando o movimento com o robô. O sujeito disse: *Então, eu vou botar duas de giro pro mesmo lado. Eu já contei certinho e vai dar certo*. Ele colocou duas cartas de ‘curva à direita’ e perguntou: *S13: E quando ele virar assim (apontando para o final do mapa) eu boto de frente?* A pesquisadora esclareceu que a parte pontiaguda da carta indicaria

a direção do movimento de acordo com a frente do robô. O sujeito disse: *S13: Ah, então tem que colocar trás, né?* O sujeito, então, construiu o algoritmo e testou (G1[E2] T1). O robô escapou do mapa depois dos dois giros. O sujeito disse: *S13: Ué, mas não é a frente? Quando ele virou a frente, ele entende assim, não é?* S13 alterou o algoritmo colocando as cartas do retorno ‘para frente’, salvou e testou a programação (G1[E2] T2). O robô parou antes de chegar no último quadrado do mapa. O sujeito disse: *S13: A casinha dele é aqui, não aqui.* A pesquisadora perguntou: *P: E se tivesse que chegar até o próximo quadrado, o que teria que fazer?* O sujeito respondeu: *S13: Colocar mais uma carta aqui (apontando a grade de programação).* A pesquisadora considerou isso como êxito, pois o sujeito também estava satisfeito com o resultado. Os algoritmos construídos podem ser observados no Quadro 59.

Quadro 59 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↓	↓	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	↓	↓	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após ouvir a explicação do terceiro experimento, o sujeito bateu palmas e contou apontando o mapa e a grade. Disse: *S13: Um, dois, três, quatro*, retirou a quinta carta ‘para frente’, inseriu uma curva e ‘para frente’. Ressalta-se que o sujeito já havia experimentado o movimento da curva no primeiro problema. S13 agora inseriu corretamente o comando ‘curva’ e ‘para frente’ e perguntou se poderia construir o algoritmo para ir e voltar. A pesquisadora disse que sim. Ele perguntou: *S13: Termina no “start” ou na casinha dele?* A pesquisadora respondeu que deveria ir até o quadrado “start”. S13 construiu o algoritmo (G1[E3][E4] T1), salvou e testou. O robô escapou do mapa. O sujeito disse: *S13: Mas eu coloquei a curva.* A pesquisadora disse: *P: O robô só faz aquilo que ordenamos com a programação.* O sujeito apontou cada carta da grade de programação representando o movimento com as mãos e falando em voz alta o comando, alterou a 11ª carta, gravou e testou, alcançando êxito (G1[E3][E4] T2). Então, ele bateu palmas alegremente e disse: *S13: Quanto mais difícil, mais legal!* Os algoritmos construídos podem ser observados no Quadro 60.

Quadro 60 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E3][E4]

CARTAS:	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	
G1[E3] T1 G1[E4] T1	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↑	↑	→	→	↓	→	→	→	→	FIN	X
G1[E3] T2 G1[E4] T2	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↑	↑	→	↓	→	→	→	→	FIN		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quinto experimento e S13 disse: *Agora eu quero acertar de primeira.* O sujeito foi colocando as cartas na grade ao mesmo tempo em que falava em voz alta os comandos. Ele pediu para incluir a ida e a volta no mesmo algoritmo e a pesquisadora permitiu. Quando o algoritmo estava com dez comandos, S13 recomeçou a correspondência, verbalizando o comando em voz alta e colocou mais cartas. Quando chegou na 14ª carta, ele disse: *S13: Nossa, já me perdi todo.* O sujeito reiniciou a correspondência apontando o quadrado no mapa e a carta na grade, colocou quatro cartas na grade e disse: *S13: Me perdi de novo.* Então, recomeçou contando a carta e o comando, colocou mais duas cartas e a carta ‘fim’, gravou e testou a programação (G1[E5][E6] T1). O robô escapou do mapa. S13 realizou a correspondência das cartas a partir da 12ª (‘curva à direita’), falando o comando e apontando o quadrado no mapa. O sujeito alterou a 16ª carta, gravou a programação (G1[E5][E6] T2) e disse: *S13: Isso eu ‘tava com dúvida, tu viu que eu tinha calculado?* Então, ele testou o robô. Quase chegando ao ponto final, o robô escapou do mapa. S13 disse: *Eu sabia que eu ia errar! Sabe o que eu descobri? Que é um assim, um assim, um assim e tem dois seguidos para o mesmo lado (referindo-se à 16ª e à 18ª carta de ‘curva à direita’)* Nesse outro, quando eu errei, eu já poderia ter ajustado esse. A fala do sujeito evidenciou a observação da regularidade da direção do movimento na sequência do algoritmo. Depois disso, ele salvou e testou (G1[E5][E6] T3). O robô escapou do limite do mapa e S13 disse: *Sabia que ia dar errado.* Então, alterou as últimas cartas (G1[E5][E6] T4), compilou e testou. O robô executou o movimento corretamente. O sujeito vibrou. Ao final da primeira parte, o sujeito pediu para lançar antes de continuar, o que foi permitido pela pesquisadora. Os algoritmos construídos para resolver G1[E5] e G1[E6] podem ser observados no Quadro 61.

Quadro 61 – Algoritmos construídos pelo S13 para resolver o G1[E5] e G1[E6]

CARTAS:	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª	21ª	22ª	
G1[E5] T1 G1[E6] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↑	→	↓	→	→	FIN		X
G1[E5] T2 G1[E6] T2	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↓	→	↓	→	→	FIN		X
G1[E5] T3 G1[E6] T3	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	→	FIN		X
G1[E5] T3 G1[E6] T4	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIN	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Através da análise das condutas do S13, é possível dizer que ele agiu realizando regulações cognitivas a partir dos observáveis dos experimentos no Grupo 1, pois utilizou de algumas tentativas em todos os problemas para alcançar êxito.

Foi observado que, no procedimento de resolução do G1[E1], S13 escolheu inserir uma curva para que o robô estacionasse de frente para o queijo e considerou que o robô executaria um giro e um deslocamento “para frente” colocando somente uma carta de ‘curva’. Por meio deste procedimento, S13 experimentou, logo no primeiro problema, o funcionamento do comando curva. Já no G1[E2], a dificuldade para a resolução do problema relacionou-se com a necessidade de descentrar o ponto de vista, já que o sujeito optou por realizar o retorno do robô na posição “de frente” e não “de ré”. Depois de realizar as duas curvas, o comando seguinte deveria ser ‘para frente’ e não ‘para trás’, como realizou em G1[E2] T1. Todos os sujeitos da mesma faixa etária do S13 que resolveram G1[E2] inserindo curvas para retornar de frente colocaram primeiro o comando ‘para trás’, observaram o teste do robô e então regularam a ação colocando ‘para frente’.

Outro ponto importante a ser destacado é a questão do retorno do robô para a base, que estacionou antes do quadrado ‘start’ no mapa. No momento da realização, a pesquisadora considerou o movimento intencional, porém, no momento da análise, ficou a dúvida se o sujeito desejava mesmo realizar a parada antes do fim ou se ele apenas justificou seu erro. Contudo, o sujeito verbalizou o que seria necessário para concluir o trajeto, o que pode ser considerado êxito.

Nos experimentos G1[E3] e G1[E4], S13 optou por resolver os dois experimentos em um só algoritmo, evidenciando a intenção de reverter o movimento, mas procedeu por meio de regulações para alcançar êxito no retorno do robô. Mesmo tendo testado o comando curva desde o primeiro experimento, S13 precisou regular a ação por meio dos observáveis para construir o algoritmo e utilizou o esquema de ação correspondendo o quadrado e a carta para se apoiar na representação do movimento. A dificuldade de S13 ficou relacionada aos comandos de curvas, pois observou-se que ele estabeleceu a equivalência entre a ida e a volta inserindo quatro cartas para o retorno do objeto.

Para resolver os experimentos G1[E5] e G1[E6] juntos, S13 recorreu novamente ao procedimento de contagem e correspondência, relacionando cada carta com seu comando no mapa. Ele construiu o algoritmo de ida logo na primeira hipótese, mas também demonstrou dificuldades na construção da reversão do movimento. Depois, procedeu regulando a ação ao longo das quatro tentativas G1[E5][E6]. Na terceira hipótese, S13 tomou consciência da regularidade das direções dos giros ao longo do algoritmo, contudo, não observou que o

algoritmo se repetia por duas vezes, visto que inseriu duas curvas para realizar o retorno de frente para o início.

No Grupo 2, a pesquisadora orientou para G2[E7]. Foram apresentados o jogador de futebol robô e o mapa do campo de futebol. O sujeito nomeou o robô de “Juninho”, começou a construir o algoritmo e colocou as cartas na grade de programação. Foi observado que S13 falava os movimentos em voz baixa enquanto colocava as cartas correspondentes. Antes de gravar, conferiu apontando com uma mão a grade de programação e com a outra a carta no mapa, estabelecendo a correspondência e repetindo o esquema de ação do experimento anterior. Então, colocou ‘fim’, compilou e testou. O robô deslocou-se corretamente no mapa. O algoritmo construído para resolver G1[E7] pode ser observado no Quadro 62.

Quadro 62 – Algoritmo construído pelo S13 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o G2[E8] e perguntou qual seria, na opinião do S13, a carta que faria girar a engrenagem para “chutar a bola” no gol. O sujeito retirou corretamente da caixa a carta com a engrenagem e disse que não sabia qual seria o lado correto da carta (‘girar no sentido horário’ ou ‘girar no sentido anti-horário’). A pesquisadora demonstrou o movimento com o robô. O sujeito disse *Já sei, então...* e colocou a carta ‘girar no sentido horário’ na grade de programação. S13 escolheu o sinal sonoro ‘aplausos da torcida’ para a comemoração do gol. A pesquisadora lembrou que seria necessário “avisar” o jogador de futebol que estava no local para marcar o gol e mostrou a carta ‘função’ com a estrela azul. O sujeito salvou e testou a programação. Logo depois, vibrou com o êxito erguendo os braços. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 62.

Quadro 63 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora explicou o experimento G2[E9] e disse que eles teriam adversários no caminho e que seria necessário driblá-los, depois questionou se o sujeito saberia realizar a programação. S13 olhou para as cartas na caixa por alguns segundos; pegou a carta de condicional, olhou e a devolveu para a caixa; pegou a carta de sinal sonoro, olhou e também a

devolveu; por fim, disse que não saberia resolver. A pesquisadora explicou o algoritmo colocando as condicionais ‘IF’, ‘DO’ e ‘evento1’ na grade, dizendo: *P: Nós vamos dizer para o sensor do robô que, caso ele encontre esse desenho, onde justamente está o adversário, ele deve realizar o drible.* A pesquisadora questionou qual deveria ser o movimento a ser realizado pelo robô para “driblar” o adversário. O sujeito escolheu as cartas de curva e as colocou na grade, gravou e testou, obtendo êxito. A bolinha bateu na trave e S13 exclamou: *Bah, na trave!* A pesquisadora pediu que o sujeito explicasse “com as suas palavras” a programação. S13 fez uma pausa e depois disse: *S13: Aqui indica o começo, aqui indica a placa do adversário, né... (pausa) daí... (pausa) inglês, eu ainda não estudei... daí, faz o zigue-zague, o drible, e acaba.* A pesquisadora questionou como o sujeito sabia que a primeira carta indicava o começo. O sujeito respondeu que era por causa da “bandeirinha verde” impressa na carta ‘IF’. O algoritmo construído para resolver G2[E9] pode ser observado no Quadro 64.

Quadro 64 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o experimento seguinte, perguntou se o sujeito saberia como resolver e ele disse que não. A pesquisadora mostrou as cartas com a conjunção ‘AND’ e ‘evento2’, que seriam necessárias para fazer a programação e perguntou se ele sabia como organizar. O sujeito modificou o algoritmo na grade e disse: *S13: Se for assim, é que eu ‘tô com sorte.* Observa-se que o sujeito conservou o algoritmo anterior e inseriu as cartas sugeridas pela pesquisadora, além de outras. Ele tentou gravar a programação (G2[E10] T1), mas o robô emitiu sinal sonoro de erro. Então, ele disse que teria uma ideia e modificou a programação. Ao final, disse: *S13: Não sei se vai ler assim, mas...* Gravou e testou. O robô emitiu sinal sonoro de erro. Novamente, o sujeito disse: *S13: Ué... (pausa)* A pesquisadora auxiliou na construção do algoritmo (G2[E10] T3). O sujeito salvou e testou, alcançando êxito. Os algoritmos construídos para resolver G2[E10] podem ser observados no Quadro 65.

Quadro 65 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E10] T1	IF		DO	↑	↓		AND	↑	↓	FIM	X
G2[E10] T2	IF		DO	↑	↓		OR	↑	↓	FIM	X
G2[E10] T3	IF		OR		DO	↑	↓	FIM			V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o próximo experimento e perguntou se o sujeito saberia resolver o problema. Ele pediu para que a explicação fosse repetida e assim foi feito. Então, escolheu a carta ‘2’ e a inseriu, modificando o algoritmo do experimento anterior que estava na grade (G2[E11] T1). A pesquisadora pediu que o sujeito antecipasse o que o robô deveria fazer com aquela programação. S13 disse: *Começa quando avistar essa daqui (aponta a carta ‘dois’), tem dois adversários e tem que fazer esse movimento aqui.* Ele tentou salvar a programação, mas o robô emitiu sinal sonoro de erro. S13 disse: *Sabia.* A pesquisadora perguntou se ele conseguiria corrigir a programação. O sujeito ficou em silêncio. A pesquisadora explicou a construção do algoritmo e colocou as cartas na grade (G2[E11] T2). O sujeito escutou e perguntou: *Mas como assim... se ele não tem que driblar esse daqui? (apontou a carta de ‘evento1’).* A pesquisadora falou que o robô guardaria na memória que passou pela primeira carta (‘evento1’), mas não executaria o drible, que só seria realizado quando o robô visualizasse a segunda carta também (‘evento2’). O seguinte diálogo se desdobrou: *S13: Mas como é que avisa ele que não pode driblar? P: “É que o sensor tem que ‘ver’ esta carta (aponta para ‘evento1’), guardar na memória, e também esta (aponta para ‘evento2’), para depois realizar o drible. Diferente da programação anterior, em que o robô executou o drible, nesta carta ou nesta carta também. S13: Ah! Agora entendi.* O sujeito posicionou o robô, gravou e testou, alcançando êxito. A pesquisadora pediu que ele explicasse o algoritmo. O sujeito disse: *S13: Começa. Viu, esse (aponta carta de evento) e esse (aponta para a outra carta de evento) para fazer o drible (aponta as cartas de ‘curva à esquerda’ e ‘curva à direita’), então tu tem que ver esse antes de ver esse pra fazer o drible.* O algoritmo construído para resolver G2[E11] pode ser observado no Quadro 66.

Quadro 66 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		2	DO	↑	↓	FIM		X
G2[E11] T2	IF		AND		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o último experimento, inseriu a carta ‘ELSE’ na grade e o sujeito colocou dois efeitos luminosos. S13 mostrou a carta ‘loop’ e perguntou se ela faria com que o robô girasse em torno de si mesmo e a pesquisadora explicou a função do ‘loop’. O sujeito não utilizou o comando, depois gravou e testou a programação. A pesquisadora pediu que ele explicasse o algoritmo e S13 disse: *Começa esse, avista esse e esse para fazer o drible, mas enquanto não acontece tem essas luzes aqui (apontando para as cartas)*. A partir desta fala é possível concluir que os observáveis da ação ao realizar os testes com o robô e a fala da pesquisadora foram assimilados pelo sujeito. O algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver G2[E12] pode ser observado no Quadro 67.

Quadro 67 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↑	↓	ELSE			FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observou-se que S13 estava bastante empenhado na resolução dos experimentos, chegando a verbalizar: “*Quanto mais difícil mais legal!*”. É o que Papert (2002) chamou de “*hard fun*” (ou “diversão difícil”). S13 construiu seu esquema de ação apontando o quadrado no mapa, falando e inserindo a carta na grade desde o primeiro experimento. Tal esquema de ação foi generalizado para a resolução dos experimentos até G2[E7].

Contudo, no Grupo 2 de experimentos, o sujeito não resolveu os problemas de maneira espontânea e, como não manifestou intenção de encerrar, a pesquisadora interveio demonstrando a solução. Observa-se que S13 tentou construir uma hipótese ao menos em cada algoritmo inserindo comandos em todos eles, ainda que tivesse verbalizado desconhecer as soluções.

A partir do G2[E8], observa-se que o sujeito relacionou o símbolo e o significado de algumas cartas, demonstrando a coerência das ações, contudo, precisou de auxílio para concluir o algoritmo. Em G2[E9], ele construiu a programação com ajuda da pesquisadora, mas identificou a carta de início contendo a condicional ‘IF’, que possui uma bandeirinha verde como as demais cartas que iniciam os algoritmos.

Em G2[E10], S13 realizou um esforço cognitivo para assimilar e acomodar o conhecimento novo, assim, procedeu conservando o algoritmo construído anteriormente em G2[E9] e inserindo outras cartas de maneira coerente, realizou mais uma tentativa combinando possibilidades, mas chegou ao êxito com auxílio da pesquisadora. Então, ele explicou o funcionamento do algoritmo de acordo com os observáveis e explicações.

No G2[E11], o sujeito testou o funcionamento da carta com números, mas sem alcançar êxito, e também recebeu auxílio da pesquisadora. Na explicação do sujeito para o funcionamento do algoritmo, observa-se a assimilação dos observáveis dos testes e das explicações. Contudo, podemos constatar que a fala do sujeito não se repetiu no algoritmo seguinte (G2[E12]) para a conjunção ‘AND’, apesar de ter explicado coerentemente o funcionamento da condicional ‘ELSE’. No Quadro 68, é possível observar a síntese do percurso cognitivo do S13.

Quadro 68 – Síntese do percurso cognitivo do S13

SUJEITO 13 – 9a.9m.						
G1[E1]	T1	T2	✓	G2[E7]	T1	✓
G1[E2]	T1	T2	✓	G2[E8]	T1	✓
G1[E3]	T1	T2	✓	G2[E9]	T1	✓
G1[E4]				G2[E10]	T1	T2 T3 ✓
G1[E5]	T1	T2	T3 T4	G2[E11]	T1	T2 ✓
G1[E6]			✓	G2[E12]	T1	✓

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Alguns participantes da pesquisa, sobretudo aqueles que chegaram até a resolução do Grupo 2 de experimentos, relataram a dificuldade que possuíam com a língua inglesa. Ainda que a pesquisadora tivesse falado a função de cada carta e traduzido a palavra, muitos sujeitos questionaram novamente e argumentaram que “não sabiam inglês”, como foi o caso do S13.

O tempo total do S13 foi de 1h46min, ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme os dados coletados na entrevista com a mãe, S13 já participou de algumas aulas de robótica na escola e se interessa por tecnologia.

6.2.1.4 O Caso do Sujeito 14 (8a.11m.)

As respostas do Sujeito 14 (S14) na Etapa 1 demonstraram que este se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em desenvolvimento ou na etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas indicam que o sujeito está em transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e

operatório-concretas, pois a maior parte das respostas foram classificadas em etapa de processamento.

Figura 44 – Etapa 1 com o Sujeito 14 e a prova cognitiva de inclusão de classes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora expôs as orientações iniciais do Grupo 1 de experimentos. O sujeito deu o nome de “Queijinho” para o robô e em seguida contou o número de quadrados no mapa, depois colocou a quantidade correspondente de cartas na grade, inseriu a carta ‘fim’ e salvou a programação. Então, testou e o robô se deslocou corretamente pelo mapa. O algoritmo construído para resolver G1[E1] pode ser observado no Quadro 69.

Quadro 69 – Algoritmo construído pelo S14 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora expôs as orientações para o segundo experimento. O sujeito retirou a carta ‘fim’ e colocou uma carta ‘para trás’, depois contou os quadrados do mapa totalizando seis. A pesquisadora lembrou que o quadrado inicial do mapa não deveria ser considerado, mesmo assim S14 colocou seis cartas ‘para trás’ na grade de programação gravou e testou (G1[E2] T1). O robô escapou do limite do mapa ao retornar. A pesquisadora perguntou se ele saberia alterar o algoritmo para que o “ratinho chegasse até o queijo”. S14 retirou duas cartas ‘para trás’, compilou e executou a programação (G1[E2] T2). O robô se deslocou até o final do mapa e retornou, mas parou antes de atingir o fim. S14 disse: *Tinha que ter colocado uma, eu tirei duas, mas era uma!*. Então, ele acrescentou uma carta ‘para trás’ na grade, salvou e testou (G1[E2] T3). O objeto se deslocou corretamente pelo mapa. O sujeito falou: *S14: Dessa vez foi!*. Observa-se que o S14 se utilizou do resultado das suas ações físicas para

realizar regulações cognitivas até alcançar êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E2] podem ser observados no Quadro 70.

Quadro 70 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	←	←	←	←	FIM			X
G1[E2] T3	INÍCIO	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Logo depois das orientações para a resolução do terceiro experimento, o sujeito fez uma expressão de surpresa, mas disse: *S14: É fácil!* Construiu o algoritmo inicial para o experimento. A pesquisadora pediu para que ele antecipasse o movimento que o robô deveria realizar no mapa com aquela programação. O sujeito apontou o deslocamento incluindo a curva e o avanço no último quadrado do mapa, comando que não estava no algoritmo. O sujeito salvou, testou a programação (G1[E3] T1) e baixou a cabeça com expressão de desânimo ao observar o resultado da ação. Em seguida, modificou o algoritmo inserindo mais uma carta ‘para frente’, gravou (G1[E3] T2) e disse: *S14: Agora vai!* Executou a programação e o robô escapou do limite do mapa. O sujeito disse: *S14: Mas o que eu fiz de errado? Eu acho que já sei.* Então, transformou o algoritmo repetindo a hipótese inicial (G1[E3] T3). Quando o robô começou a executar o movimento no mapa, o sujeito disse que o robô faria “a mesma coisa de antes”. Depois de observar o resultado da ação, o sujeito modificou o algoritmo inserindo mais uma carta de “curva à esquerda” na grade (G1[E3] T4). Ao verificar que o robô não realizou o movimento desejado, retornou novamente à hipótese inicial, dizendo que estava faltando uma carta ‘para frente’ (G1[E3] T5), testou e modificou mais uma vez, alcançando êxito na sexta tentativa (G1[E3] T6). S14 demonstrou muita alegria gritando e batendo palmas. Observa-se que o sujeito procedeu assimilando os observáveis da ação, tomando consciência e realizando abstrações pseudoempíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física, mas a cada teste realizado ele retrocedeu ao algoritmo inicial até alcançar êxito. Os seis algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 71.

Quadro 71 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	FIM	X
G1[E3] T3	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T4	INÍCIO	→	→	→	→	↑	↑	FIM	X
G1[E3] T5	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T6	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quarto experimento. O sujeito disse que estava “nervoso”, em função de ter resolvido o experimento anterior, conservou a parte inicial do algoritmo e inseriu cinco cartas ‘para trás’, sem estabelecer a relação de equivalência com o algoritmo de ida, e testou (G1[E4] T1). O robô realizou o movimento correto de ida e depois de atingir o fim do mapa começou a andar para trás, ao que o sujeito reagiu com animação, mas em seguida o robô escapou do mapa. O sujeito disse: *Me esqueci de uma coisa, faltou eu colocar para o outro lado*. Inseriu uma carta de ‘curva à direita’, invertendo os movimentos do algoritmo de ida (G1[E4] T2), testou e o robô escapou novamente. Então, ele fez uma modificação inserindo mais uma curva (G1[E4] T3). O robô realizou um giro de 180° e o sujeito continuou colocando comandos ‘para trás’, demonstrando dificuldade de descentração. Depois, realizou mais duas tentativas de modificação do algoritmo sem alcançar êxito e disse: *S14: Era mais fácil no começo*. Logo após, ele pediu para trocar de experimento. Os algoritmos construídos como tentativas para resolver G1[E4] podem ser observados no Quadro 72.

Quadro 72 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	
G1[E4] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	←	←	←	←	←	FIM				X
G1[E4] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	←	←	←	←	←	FIM			X
G1[E4] T3	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	←	←	←	←	←	FIM		X
G1[E4] T4	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	←	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E4] T5	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	→	→	←	←	←	←	←	←	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora explicou o quinto experimento. O sujeito construiu o algoritmo para solucionar o problema, mas o robô escapou do limite do mapa no 5º comando (G1[E5] T1). S14 inverteu a direção da curva no 3º comando e testou (G1[E5] T2) sem alcançar êxito,

alterou o algoritmo repetindo a primeira hipótese (G1[E3] T3), depois alterou a 5ª carta e o robô avançou até o quarto quadrado do mapa (G1[E5] T4). S14 inseriu mais duas cartas de comando (G1[E5] T5) e o robô escapou do limite do mapa. Então, ele alterou a direção da 7ª curva (G1[E5] T6) e o robô percorreu o caminho até o quinto quadrado do mapa. O sujeito inseriu mais duas cartas (G1[E5] T7) e o robô escapou do mapa. Ele alterou a curva da 9ª carta e o robô chegou ao final do mapa, completando o desafio. S14 disse: *S14: Eu gostei muito de ir, voltar pro começo, ir, voltar pro começo, mas o que mais eu gostei é que não precisei tirar a parte que eu consegui.* Nota-se que o sujeito passou pela tomada de consciência acerca da conservação do algoritmo, verbalizando que observou não precisar alterar a parte da programação que estava correta, apenas inserir mais comandos para completar o desafio, o que caracteriza um movimento de conservação e inclusão. Os algoritmos construídos como tentativas para resolver G1[E5] podem ser observados no Quadro 73.

Quadro 73 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G1[E5] T1	INÍCIO	→	↑	→	↑	→	FIM					X
G1[E5] T2	INÍCIO	→	↓	→	↑	→	FIM					X
G1[E5] T3	INÍCIO	→	↑	→	↑	→	FIM					X
G1[E5] T4	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	FIM					X
G1[E5] T5	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↓	→	FIM			X
G1[E5] T6	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	FIM			X
G1[E5] T7	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↑	→	FIM	X
G1[E5] T8	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou o sujeito para o sexto experimento. Ele começou posicionando as cartas pelo final da grade, olhando para a sequência que já estava ali e inserindo comandos na posição inversa do fim para o começo. A ação do sujeito evidenciou, mais uma vez, a conservação do algoritmo inicial e a capacidade de reversibilidade em desenvolvimento ao inverter o movimento inicial das cartas, mas não o suficiente para resolver o problema. Ele disse: *S14: Prontinho.* Depois, salvou e testou G1[E6] T1. O robô escapou do mapa no 14º. movimento programado. A pesquisadora perguntou onde estava o erro e o sujeito respondeu: *S14: Em tudo isso aqui (apontando o dedo pela grade), menos*

esses dois (apontando para as duas últimas cartas na grade), porque esses dois deu a volta ali (apontando o final do mapa). A pesquisadora perguntou se o sujeito teria alguma ideia de como realizar os ajustes para fazer o robô retornar ao início, ao que ele respondeu “*não ter nenhuma ideia*”. A pesquisadora então questionou se ele gostaria de continuar com a atividade no mapa seguinte e S14 respondeu que sim. Observa-se que S14 procedeu invertendo a direção das cartas do fim para o começo, demonstrando a reversibilidade inicial do pensamento, e conservou o algoritmo de ida, mas encontrou dificuldade em descentrar o ponto de vista em relação ao robô. Ao ser questionado sobre onde estaria o problema no algoritmo, o sujeito não conseguiu estabelecer a correspondência entre os comandos e os movimentos no mapa. Então, desistiu quando a programação estava com dezessete cartas. O algoritmo construído como tentativa de resolver G1[E6] pode ser observado no Quadro 74.

Quadro 74 – Algoritmo construído pelo S14 para resolver o G1[E6]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	17ª.	
G1[E6] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	←	↑	←	↑	←	↑	FIN	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A partir da análise das condutas do S14 é possível dizer que o sujeito procedeu assimilando os observáveis da ação, tomando consciência e realizando abstrações pseudoempíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física. Evidência disto é que ele utilizou várias tentativas, alterando a hipótese em cada experimento até alcançar êxito. S14 se manteve muito animado ao longo dos experimentos do Grupo 1.

No G1[E1], S14 resolveu o experimento depois de contar os quadrados no mapa. Em G1[E2], ele não estabeleceu a equivalência do movimento e procedeu por meio de regulações para alcançar êxito, regulou a ação retirando duas cartas e na ação seguinte inseriu um comando, assim obtendo sucesso.

Em G1[E3], S14 apresentou dificuldade com o comando ‘curva’, assim como outros sujeitos investigados. Ele inseriu somente a carta ‘curva’, desejando realizar o movimento de curva e avanço, como verbalizou pela antecipação. Tal conduta reafirma a hipótese de que os sujeitos acreditam que aos comandos das cartas ‘curva à direita’ ou ‘curva à esquerda’ o robô executará a conversão do movimento e o avanço. Em G1[E4], algoritmo que deve reverter o movimento, S14 procedeu pelos observáveis da ação e das regulações ao longo de cinco tentativas, mas isso não foi suficiente e ele acabou por desistir. O sujeito não estabeleceu a relação de equivalência entre o algoritmo de ida e o de volta e desistiu quando o algoritmo estava com dezesseis comandos. No procedimento de resolução do G1[E3] e do G1[E5],

observa-se o movimento de retomada da hipótese inicial para então seguir na busca da solução do problema.

No quinto experimento, S14 precisou de oito tentativas para alcançar êxito e também procedeu passo a passo. Em G1[E6], ele desistiu de construir a reversão do movimento logo na primeira hipótese, quando o algoritmo estava com dezessete cartas. Observa-se que o sujeito relacionou a reversão do movimento do robô realizada nos dois últimos quadrados do mapa com as últimas duas cartas de comando no algoritmo, quando, na verdade, ela está relacionada ao 11^o. e ao 12^o. comandos, conforme G1[E6] T1.

A pesquisadora orientou o sujeito para o Grupo 2 de experimentos. Ele escolheu o nome “Jogador” para o robô, realizou a construção do algoritmo e salvou (G2[E7] T1). A pesquisadora pediu que ele antecipasse o que aconteceria demonstrando com as mãos qual seria o movimento no mapa a ser executado com aquela programação e assim o sujeito fez. Depois, testou e o robô escapou do limite. A pesquisadora perguntou qual seria o problema e o sujeito respondeu que não sabia dizer. A pesquisadora questionou se o sujeito gostaria de resolver o problema ou encerrar e ele disse: *S14: Eu acho que eu coloquei duas vezes, aí fiz errado (retirando as curvas)*. Então, alterou as cartas na grade de programação (G2[E7] T2), gravou e executou. Quando o robô chegou ao final do trajeto, o sujeito colocou o braço no final do mapa e disse: *S14: Aqui não! (tentando segurar o robô para que não escapasse do mapa)*. A mesma atitude foi observada nos sujeitos com estrutura cognitiva pré-operatória, mas estes não relacionaram o problema com o algoritmo. O sujeito falou: *S14: Então, eu acho...* e alterou a programação, compilou e testou (G2[E7] T3). O robô escapou do limite. S14 disse: *O que eu fiz de errado? Agora eu vou mudar isso daqui, vou querer ir prá lá reto, prá lá, prá lá e pronto. Porque assim é fácil, eu achei fácil assim*. Com essa fala, o sujeito demonstrou sua mudança de estratégia. Desta vez, S14 foi colocando as cartas na grade à medida em que posicionava o robô com as mãos no mapa, depois salvou e testou (G2[E7] T4). Ao executar o giro da 8^a Carta, o robô se deslocou para o lado oposto ao desejado. A pesquisadora perguntou se ele saberia dizer qual era o comando errado. O sujeito apontou a 8^a carta e inverteu o sentido (G2[E7] T5). Ao obter êxito, vibrou e disse: *S14: Agora ‘tu tem’ que me ensinar a chutar a bola!* Observa-se que não foi possível para o sujeito identificar o próprio erro nas três primeiras tentativas. No entanto, com a mudança de estratégia (a partir da quarta tentativa) ele conseguiu alcançar êxito regulando as ações por meio dos observáveis. Os algoritmos construídos para resolver G1[E7] podem ser observados no Quadro 75.

Quadro 75 – Algoritmos construídos pelo S14 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	↑	↑	↓	→	→	→	→	FIM	X
G2[E7] T2	INÍCIO	→	↑	↓	→	→	→	→	FIM		X
G2[E7] T3	INÍCIO	→	↑	↑	→	→	→	→		FIM	X
G2[E7] T4	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↑	→	FIM	X
G2[E7] T5	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou S14 para o G2[E8]. O sujeito disse que não saberia fazer. A pesquisadora perguntou qual seria, na opinião dele, a carta que faria girar a engrenagem para “chutar a bola” no gol. O sujeito retirou da caixa a carta com a ‘função’ em que há a estrela azul, assim como no mapa. A pesquisadora perguntou por qual motivo ele havia escolhido aquela carta e o sujeito respondeu que era por causa da “bandeirinha verde”. A pesquisadora disse que aquela carta avisaria ao sensor de que o robô estaria no lugar certo para “chutar a bola” no gol e questionou qual seria a carta que faria a engrenagem girar para realizar o movimento. O sujeito mostrou a carta ‘girar engrenagem no sentido horário’ e colocou na grade. A pesquisadora pediu que o sujeito escolhesse um efeito sonoro para comemorar o “gol”. S14 escolheu o efeito sonoro ‘Hi!’. S14 perguntou e a pesquisadora respondeu como seria aquele efeito, em seguida, ele trocou a carta por “aplausos da torcida”, gravou a programação e disse: *S14: Agora ele vai fazer (chutar a bola) como se já soubesse o que ia acontecer.* Então, testou e o robô executou o movimento corretamente. O sujeito vibrou. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 76.

Quadro 76 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou o sujeito para o G2[E9] e questionou se ele saberia realizar a programação. S14 respondeu que não. A pesquisadora colocou a primeira carta na grade e explicou os comandos até o fim para solucionar o problema. O sujeito identificou e colocou as cartas de ‘curva à esquerda’ e ‘curva à direita’ para realizar o “drible”. A pesquisadora pediu que o sujeito antecipasse o que o robô deveria fazer com aquela programação. O seguinte diálogo se desenrolou:

S14: *Eu não sei o que que é 'IF'.*

P: *'IF' é 'Se', se ele encontrar alguma coisa ...*

S14: *'DO'.*

P: *E aí faz alguma coisa, o quê? Tu sabes o que está aqui na programação para o robô fazer?*

S14: *Não.*

P: *Não? Nenhuma ideia?*

S14: *Se, 'DO', 'IF', 'DO' (pausa demonstrando dúvida).*

P: *Não tem problema, vamos salvar essa também e vamos ver o que ele vai fazer.*

S14 compilou e executou, então vibrou com o gol. Observa-se que, ainda que a pesquisadora tenha realizado a explicação do funcionamento do algoritmo, esta não foi assimilada pelo sujeito, pois ele não encontrou esquemas assimilatórios para tanto, além disso, o sujeito demonstrava estar cansado, mas não queria desistir. O algoritmo construído para resolver G2[E9] pode ser observado no Quadro 77.

Quadro 77 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

S14 perguntou se este seria o último experimento. A pesquisadora respondeu que não, mas que poderíamos encerrar caso estivesse cansado e o sujeito respondeu que resolveria mais este. A pesquisadora o orientou para G2[E10] e perguntou se ele saberia como resolver. O sujeito disse que não. A pesquisadora mostrou as cartas 'OR' e 'evento2', que seriam necessárias para fazer a programação, e perguntou se ele saberia resolver. S14 disse que não. A pesquisadora explicou o algoritmo e, quando perguntou como fazer o drible, o sujeito colocou corretamente as cartas de curva, salvou e testou, obtendo êxito. S14 pediu para encerrar alegando estar cansado e assim foi feito. O algoritmo construído para resolver G2[E10] pode ser observado no Quadro 78.

Quadro 78 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF		OR		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 de experimentos, à medida que os experimentos ficaram mais difíceis, S14 persistiu, mas sem a mesma empolgação demonstrada no Grupo 1.

Em G2[E7], observa-se que S14 modificou a estratégia depois de três tentativas e ainda utilizou a regulação para encontrar a solução final. É importante destacar que foi

somente neste experimento que S14 construiu o esquema de ação de colocar o robô no mapa e a carta na grade, o que serviu de suporte para a construção da representação dos movimentos a serem realizados.

A partir do G2[E8], observa-se que o sujeito não conseguiu resolver de maneira espontânea os experimentos envolvendo condicionais, assim como outros investigados, mas como ele não demonstrou intenção de encerrar, a pesquisadora interveio no procedimento explicando os algoritmos e solicitando a “leitura” do sujeito. S14 verbalizou sua dificuldade dizendo que não sabia o significado das cartas ‘IF’ e ‘DO’ no G1[E9] e em seguida pediu para finalizar. A partir da “leitura” do S14, observa-se que os observáveis e as explicações da pesquisadora não foram assimilados pelo sujeito, pois ele não encontrou esquemas para tanto, inclusive causando o desinteresse pela atividade, justamente por não encontrar possibilidades de conexão em sua estrutura cognitiva. No Quadro 79, é possível observar a síntese do percurso cognitivo do S14.

Quadro 79 – Síntese do percurso cognitivo do S14

SUJEITO 14 – 8a.11m.												
G1[E1]	T1	✓										
G1[E2]	T1	T2	T3	✓								
G1[E3]	T1	T2	T3	T4	T5	T6	✓					
G1[E4]	T1	T2	T3	T4	T5	✗						
G1[E5]	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	✓			
G1[E6]	T1	✗										
G2[E7]	T1	T2	T3	T4	T5	✓						
G2[E8]	T1	✓										
G2[E9]	T1	✓										
G2[E10]	T1	✓										
G2[E11]												
G2[E12]												

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

É importante destacar ainda a dificuldade e a desistência dos sujeitos da mesma faixa etária do S14 quando o algoritmo se aproximou de 15 comandos, pois fica cada vez mais complexa a coordenação das ações para realizar a correspondência entre os quadrados no mapa e as cartas na grade, além da necessidade de descentração. Além disso, observa-se que as dificuldades se manifestam mais frequentemente na reversão do movimento. Contudo, alguns sujeitos relacionaram o algoritmo ao movimento, demonstrando a relação de causalidade estabelecida, ao contrário de outros sujeitos pré-operatórios investigados. Ainda que S14 tenha contido o robô com o braço, ele regulou a ação modificando o algoritmo de programação, ao contrário de alguns sujeitos investigados no estágio pré-operatório, que não estabeleceram a relação de causalidade entre o algoritmo e o movimento realizado no mapa.

O tempo total do S14 foi de 1h41min, ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S14 já participou de aulas de tecnologia.

6.2.1.5 O Caso do Sujeito 15 (8a.7m.)

As respostas do Sujeito 15 (S15) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em desenvolvimento ou na etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas indicam que o sujeito está em transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e operatório-concretas ainda que a maior parte das respostas tenham sido classificadas em etapa de processamento.

Figura 45 – Etapa 1 com o Sujeito 15 e a prova cognitiva de conservação de quantidades físicas e correspondência termo a termo com uso de fichas. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora iniciou com as orientações para o Grupo 1 de experimentos. O sujeito disse que estava “muito louco”, demonstrando euforia, colocou o nome de “Jeremias” no robô e perguntou se a carta ‘para frente’ faria com que o robô se projetasse no primeiro quadrado. A pesquisadora respondeu que o robô realizaria apenas movimentos de localização inicialmente. S15 colocou duas cartas na grade de programação e disse que havia colocado as cartas daquela maneira pois gostaria que o robô desviasse da “cama” que estava impressa no mapa. A pesquisadora pediu para que o sujeito testasse a programação para verificar se o robô “desviaria da cama” e assim foi realizado (G1[E1] T1). Após verificar o resultado da ação, a qual não teve êxito, S15 deu uma risada e alterou o algoritmo, depois construiu a segunda

tentativa (G1[E1] T2) e contou as cartas e os quadrados do mapa estabelecendo correspondência. A pesquisadora questionou o que o robô deveria fazer no 5º comando da programação (‘curva à direita’). O sujeito disse que era para ele “virar”. A pesquisadora pediu que ele mostrasse em qual local no mapa isso aconteceria e o sujeito mostrou com o dedo o quarto quadrado, depois gravou e executou a programação, observou o deslocamento do robô e exclamou: *S15: Ah, não! (quando o robô girou)*. Depois disso, ele alterou o algoritmo colocando cinco cartas ‘para frente’ (G1[E1] T3), posicionou o robô para salvar a programação e o robô emitiu sinal de erro por estar com o sensor fora da carta. Então, ele posicionou novamente e apertou ‘start’, ainda sem posicionar o sensor. Observou-se que o sujeito estava bastante agitado. A pesquisadora pediu então para que o sujeito “respirasse fundo” e se acalmasse para “poder ajudar o Jeremias”. O sujeito posicionou o robô com o sensor na primeira carta, compilou e testou. O robô deslocou-se e estacionou corretamente ao final do trajeto. Os algoritmos construídos para resolver G1[E1] podem ser observados no Quadro 80.

Quadro 80 – Algoritmo construído pelo S15 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	↓	FIM				X
G1[E1] T2	INÍCIO	→	→	→	↓	→	FIM	X
G1[E1] T3	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora expôs as orientações para o segundo experimento. O sujeito retirou a carta ‘fim’ e disse: *Essas aí continuam*. Depois disso, ele colocou duas cartas de ‘curva à esquerda’ e cinco comandos ‘para trás’, contou as cinco primeiras cartas ‘para frente’ e as cinco cartas ‘para trás’ e falou: *S15: Aqui é pra voltar. Ele vai fazer o contorno e vai voltar*. A contagem evidenciou a intenção do sujeito em colocar a quantidade de cartas estabelecendo equivalência. Além disso, ele colocou as cartas na posição ‘para trás’, demonstrando a intenção de reverter o movimento, contudo, não levou em consideração o deslocamento e a mudança do ponto de vista. O sujeito salvou e testou a programação (G1[E2] T1). O robô se deslocou até o final do mapa e, depois da curva, escapou. O sujeito disse: *S15: Por que ele ‘tá indo pra trás?’* A pesquisadora repetiu a mesma pergunta. O sujeito disse: *S15: Eu acho que é porque eu coloquei assim (apontando as cartas ‘para trás’) e eu acho que tem que colocar assim (apontando as cartas ‘para frente’), porque ele vai girar, vai parar assim e ele vai pra trás e não pra frente*. Então, ele alterou o algoritmo, gravou e executou, alcançando êxito

(G1[E2] T2). A pesquisadora perguntou: *P: O que foi feito diferente agora?* O sujeito respondeu: *S15: Eu coloquei pra frente, quando chega aqui (aponta o final do mapa) ele foi pra trás e não é pra trás, é pra frente.* Observa-se que o sujeito tomou consciência do motivo do erro a partir do resultado da sua ação. Os observáveis foram assimilados e a ação foi modificada por meio de abstrações pseudoempíricas. Os algoritmos construídos para resolver G1[E2] podem ser observados no Quadro 81.

Quadro 81 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	↑	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após ouvir as orientações para o terceiro experimento, o sujeito disse que “já ia fazer para ir e voltar” e construiu o algoritmo (G1[E3][E4] T1), gravou e executou. Quando o robô escapou do limite do mapa, ainda na reta, o sujeito disse: *S15: Não sei por que... ou será que eu botei errado alguma coisa...* A pesquisadora questionou: *P: Tens alguma ideia para resolver?* O sujeito alterou as cartas na grade de programação, compilou e testou (G1[E3][E4] T2). O robô escapou novamente. O sujeito disse que não tinha ideia de como resolver. A pesquisadora indagou se ele gostaria de continuar ou avançar para o próximo experimento e ele respondeu que gostaria de ir para o seguinte. Assim foi feito. Observa-se que S15 não percebeu a subtração de um quadrado do mapa e manteve o algoritmo de deslocamento inicial do experimento anterior. Além disso, ele não incluiu o comando ‘para frente’ depois da curva, demonstrou dificuldades para realizar a correspondência entre os quadrados no mapa e as cartas de comando, e não construiu nem mesmo o algoritmo de ida. Os algoritmos construídos para tentar resolver G1[E3][E4] podem ser observados no Quadro 82.

Quadro 82 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G1[E3][E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14	
G1[E3] T1 G1[E4] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	↑	→	→	→	→	↑	FIM	X
G1[E3] T2 G1[E4] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	↑	→	→	→	↑	FIM		X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O quinto experimento foi exposto ao sujeito, que iniciou a construção do algoritmo e disse: *S15: Eu entendi por que daquela vez ele fez errado. Eu esqueci os dois que estavam*

aqui (apontando o 7º e o 8º encaixes). Aí, ele fez o mesmo comando. Observa-se que o sujeito passou pelo processo de tomada de consciência da ação realizada no experimento anterior enquanto estava no experimento seguinte, contudo, seu raciocínio não resolveria o problema, visto que ele não observou a subtração de um quadrado no mapa. O sujeito continuou colocando cartas na grade e perguntou: *S15: Posso fazer esse mini progresso? Só vou fazer esse aqui para ver se dá certo.* A pesquisadora respondeu que sim. O sujeito salvou e testou (G1[E5][E6] T1). No quinto comando, o robô escapou do mapa. O “mini progresso” a que o sujeito se referiu é a sequência de regularidade do algoritmo. O sujeito inverteu a direção do giro (G1[E5][E6] T2) e disse: *S15: Vamos ver agora,* então gravou e executou. O robô avançou corretamente até o quarto quadrado do mapa e parou. O sujeito continuou inserindo as cartas na grade, repetindo a regularidade. Disse que faria a programação para ir e voltar, compilou e testou (G1[E5][E6] T3). O robô se deslocou corretamente até o 5º quadrado do mapa, depois começou a retornar de ré e estacionou um quadrado antes do final do trajeto. O sujeito disse: *Tem que trocar, ah não, vou ter que tirar muitas cartas.* Então, ele retirou as cartas da grade a partir da 6ª, construiu a quarta hipótese, salvou e testou sem obter êxito (G1[E5][E6] T4). Depois disso, alterou novamente, gravou (G1[E5][E6]T5) e disse: *S15: Agora tem que ir pra frente.* O sujeito colocou mais uma ‘curva à esquerda’ e ‘para frente’. A partir do seu ponto de vista, realmente o robô deveria seguir naquela direção da curva, mas o sujeito desconsiderou o deslocamento do objeto, gravou e executou a programação (G1[E5] T6). S15 disse que estava fazendo tudo por partes e se desse certo faria toda a programação ao contrário. Por meio desta fala é possível observar a capacidade de reversibilidade se estabelecendo, pois S15 compreende que precisa reverter o movimento, contudo, assim como no caso do S12, se o robô estiver de frente para o início, o movimento é o mesmo do G1[E5] e não o contrário. O robô girou duas vezes no quarto quadrado do mapa e retornou. O sujeito olhou a programação e disse: *S15: Ah, faz sentido!* Retirou a 8ª carta de ‘curva à esquerda’, colocou ‘curva à direita’, gravou e testou (G1[E5] T7). O robô escapou do mapa. A pesquisadora perguntou se o sujeito saberia dizer onde estava o erro e ele respondeu que “não fazia ideia”. Mesmo assim, ele alterou as últimas cartas e disse: *S15: Agora tem que dar certo* Depois disso, compilou e falou: *S15: Parece que a gente ‘tá há dias aqui.* Então, executou a programação (G1[E5] T8). O robô não atingiu o fim do mapa. O sujeito suspirou fundo demonstrando desânimo. A pesquisadora disse: *P: Quando o robô chega aqui (aponta o quarto mapa), ele está girando para dois lados. Tu sabes onde está isso na programação?* O sujeito respondeu que não e fez uma pausa. A pesquisadora indagou se o sujeito gostaria de continuar, encerrar ou ir para o próximo mapa. O sujeito disse que estava cansado, mas que

desejava muito seguir para o “jogador de futebol” e assim foi feito. Os algoritmos construídos na tentativa de resolver G1[E5] podem ser observados no Quadro 83.

Quadro 83 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G1[E5][E6]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	
G1[E5] T1 G1[E6] T1	INÍCIO	→	↑	→	↑	→	FIM								X	
G1[E5] T2 G1[E6] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	FIM								X	
G1[E5] T3 G1[E6] T3	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	←	↓	←	↑	←	↓	FIM	X
G1[E5] T4 G1[E6] T4	INÍCIO	→	↑	→	↓	↑	FIM								X	
G1[E5] T5 G1[E6] T5	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	FIM							X	
G1[E5] T6 G1[E6] T6	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	FIM					X	
G1[E5] T7 G1[E6] T7	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	↓	→	FIM					X	
G1[E5] T8 G1[E6] T8	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	↓	↑	→	FIM				X	
G1[E5] T9 G1[E6] T9	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	↓	↑	→	↑	FIM			X	

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A partir da análise das condutas do S15 é possível dizer que ele procedeu assimilando os observáveis da ação, tomando consciência e realizando abstrações pseudoempíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física. Evidência disto é que o sujeito utilizou várias tentativas em cada experimento até alcançar êxito. Durante o Grupo 1 de experimentos, S15 se manteve muito animado.

No G1[E1] S15, estava bastante agitado, eufórico, desejando manipular o robô. Ele realizou testes incluindo curvas, pois desejava desviar dos objetos impressos no mapa. Depois de três tentativas, construiu o algoritmo que resolveu o problema. No experimento seguinte, conservou o algoritmo inicial e incluiu o retorno com curvas, mas precisou regular a ação por meio dos observáveis para alcançar êxito, pois usou comandos ‘para trás’ em vez de ‘para frente’ depois da curva, evidenciando a reversão, mas demonstrando dificuldade na descentração do ponto de vista.

No experimento seguinte, no mapa com curva, S15 uniu o movimento de ida e volta em um só algoritmo, mas demonstrou dificuldade em encontrar a solução. Não observou a alteração no mapa que diminuiu de cinco para quatro quadrados na reta. S15 manteve o

algoritmo do experimento anterior, alterando somente o fim, portanto, não construiu a ida do robô, tampouco a volta. Depois de duas tentativas, ele desistiu quando o algoritmo estava com treze comandos. Então, pediu para avançar ao experimento seguinte.

No quinto experimento, o sujeito também pediu para unir o algoritmo de ida com o da volta, mas encontrou dificuldades. Para resolver G1[E5][E6] S15 disse que construiria um “mini progresso” demonstrando a observação da regularidade no algoritmo que poderia se repetir depois da solução inicial. Ele verbalizou que resolveria “por partes” para depois “construir ao contrário” para reverter o movimento. Contudo, dependendo da posição que o robô se encontrasse, o algoritmo não seria “ao contrário”, mas o mesmo deslocamento da ida. Observa-se que a ideia de reverter o movimento somente por meio da inversão dos comandos, desconsiderando a posição do robô, é bastante frequente. S15 acabou por desistir quando o algoritmo estava com doze cartas, sem construir nem mesmo a ida.

A pesquisadora expôs as orientações para o segundo mapa do Grupo 2 e apresentou o jogador de futebol robô. O sujeito chamou o robô de “Isaquias”, construiu a programação, salvou e testou (G2[E7] T1). O robô não chegou até a goleira. S15 alterou a programação, gravou e executou (G2[E7] T2). Antes de atingir a meta, o robô girou à esquerda. O sujeito rapidamente trocou o 8º comando por ‘curva à direita’, compilou e testou (G2[E7] T3). O robô alcançou a goleira. S15 vibrou com seu êxito. Os algoritmos construídos para resolver G2[E7] podem ser observados no Quadro 84.

Quadro 84 – Algoritmos construídos pelo S15 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	↑	→	↑	→	FIM			X
G2[E7] T2	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↑	→	FIM	X
G2[E7] T3	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O oitavo experimento foi exposto ao sujeito. Ele disse que não saberia resolvê-lo. A pesquisadora perguntou qual seria a carta que faria a engrenagem girar e o sujeito mostrou ‘giro da engrenagem’. A pesquisadora o orientou dizendo que seria necessário colocar a carta de início da função e só depois a carta de giro da engrenagem e pediu para ele escolher uma carta de “efeito sonoro” para comemorar o gol. O sujeito escolheu a carta ‘aplausos da torcida’, salvou e testou. S15 vibrou com o resultado da ação e pediu para repetir o movimento. A pesquisadora solicitou que o sujeito explicasse a programação “com as suas palavras” e ele disse: S15: *Quando ver a estrela ele vai girar a engrenagem e vai fazer o gol,*

daí aqui faz o som do gol e os aplausos. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 85.

Quadro 85 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora expôs o nono experimento ao sujeito, perguntou se ele saberia fazer a programação e o sujeito disse. *S15: Ele tem que despertar, né? Ele tem que saber que ele está ali no adversário pra driblar.* A pesquisadora concordou. O sujeito olhou a caixa de cartas por alguns instantes e disse que não saberia como fazer. A pesquisadora procedeu explicando e colocando as três primeiras cartas na grade, em seguida, pediu para que o sujeito colocasse comandos que fariam com que o jogador de futebol realizasse o “drible”. O sujeito disse que não saberia fazer. A pesquisadora então mostrou, com o robô, o movimento que deveria ser feito. O sujeito continuou dizendo que não saberia como fazer. A pesquisadora completou o algoritmo com cartas de curva. O sujeito salvou e testou com êxito. S15 vibrou com o resultado. A pesquisadora perguntou se o sujeito saberia explicar a programação. Ele disse: *S15: Isso tudo aqui é pra driblar, né? Quando ele ver aquilo é pra driblar, não sei o que esses dois fazem (apontando a carta ‘IF’ e a carta ‘DO’) e aqui ele vai pra lá e pra cá (apontando as duas cartas de giro).* Observa-se que o sujeito assimilou parcialmente os observáveis dos testes e a explicação da pesquisadora, ou seja, aquilo que encontrou coerência nos seus esquemas assimilatórios, sobretudo o funcionamento das curvas. Para a pesquisadora ficou a dúvida se o sujeito não soube fazer o drible por desatenção ou cansaço, visto que outros sujeitos no mesmo estádio cognitivo conseguiram inserir ao menos as cartas de curva para realizar “drible”. O sujeito pediu para encerrar alegando estar cansado e assim foi feito. O algoritmo construído para resolver G2[E9] pode ser observado no Quadro 86.

Quadro 86 – Algoritmo construído, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2, à medida que os experimentos ficaram mais difíceis, S15 foi demonstrando desinteresse. No G2[E7], S15 construiu um algoritmo para o deslocamento do jogador de futebol robô em três tentativas. Chama a atenção que S15 procedeu estabelecendo

somente correspondência visual entre o mapa e os comandos e não se apoiou em objetos concretos para dar suporte a sua representação do movimento, como fizeram outros investigados.

Os dois experimentos seguintes passaram por interferência da pesquisadora, pois o sujeito não manifestou interesse por encerrar. Na explicação do G2[E8], S15 descreveu a ação com base nos observáveis realizados no teste e nos símbolos das cartas. Já em G2[E9], o sujeito verbalizou a assimilação parcial que realizou nos testes dizendo não saber o que as cartas de condicionais representavam e descrevendo o movimento ao comando das curvas, o qual foi bastante utilizado por ele. No Quadro 87, é possível observar a síntese do percurso cognitivo do S15.

Quadro 87 – Síntese do percurso cognitivo do S15

SUJEITO 15 – 8a.7m.												
G1[E1]	T1	T2	T3									✓
G1[E2]	T1	T2										✓
G1[E3]												
G1[E4]	T1	T2										✗
G1[E5]												
G1[E6]	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			✗
G2[E7]	T1	T2	T3									✓
G2[E8]	T1											✓
G2[E9]	T1											✓
G2[E10]												
G2[E11]												
G2[E12]												

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A síntese do percurso nos mostra que S15 tentou unir a solução de ida e volta do mapa com reta e curva e também do mapa em zigue-zague, mas não alcançou êxito. Em G1[E3][E4], o sujeito não observou a alteração do mapa. Em G1[E5][E6], ele não construiu nem mesmo a ida do robô. No Grupo 2 de experimentos, S15 recebeu auxílio da pesquisadora para construir os algoritmos.

Observou-se que o sujeito estava muito eufórico e talvez esse comportamento também tenha dificultado a resolução dos experimentos. Ele manifestou estar “cansado” e pediu para encerrar depois do G2[E9].

O tempo total do S15 foi de 1h45min, ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S15 nunca participou de aulas de tecnologia.

6.2.1.6 O Caso do Sujeito 16 (7a.10m.)

As respostas do Sujeito 16 (S16) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções divididas entre a etapa de processamento e a etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas indicam que o sujeito está em transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e operatório-concretas.

Figura 46 – Etapa 1 com o Sujeito 16 e a prova cognitiva de seriação com o uso de bastonetes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora expôs as orientações iniciais. O sujeito nomeou o robô de “Sr. Ratinho”. S16 disse: *Deixa eu ver quantos cômodos (contou apontando os quadrados no mapa)*. Então, colocou cinco cartas ‘para frente’ na grade de programação, salvou e testou, obtendo êxito. O algoritmo construído pode ser observado no Quadro 88.

Quadro 88 – Algoritmo construído pelo S16 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Logo que as orientações foram propostas para resolver o segundo experimento o sujeito disse: *S16: Bom, assim já ‘tá certo para pegar o queijinho*. Depois disso, retirou a carta de fim e inseriu cinco cartas ‘para trás’, gravou e testou. O objeto se deslocou corretamente. O algoritmo construído pode ser observado no Quadro 89.

Quadro 89 – Algoritmo construído pelo S16 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10.	11.	12.	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O terceiro experimento foi exposto ao sujeito. Ele retirou a 7ª carta (‘para trás’) que estava na grade do algoritmo anterior e inseriu uma ‘curva à direita’, uma ‘curva à esquerda’ e cinco cartas ‘para trás’, estabelecendo equivalência com o algoritmo de ida. Observou-se que o sujeito não notou a alteração do trajeto, assim não levando em consideração a redução do número de quadrados na reta do mapa em decorrência da curva (G1[E3][E4] T1). O sujeito salvou e testou o robô, que escapou do mapa ao final do percurso. Com expressão de surpresa o sujeito perguntou: *S16: Mas por que ele não dobrou pra cima?* A pesquisadora respondeu: *P: O robô só faz o que ordenamos. Dá uma olhada na tua programação.* O sujeito apontou as cartas na grade e no mapa, realizando a correspondência e dizendo: *S16: Ele vai, vai, vai e por que ele não fez a curva pra cima? Peraí... Um, dois, três, quatro, cinco... (conta as cartas) Um, dois, três, quatro (conta os quadrados no mapa) (pausa).* O sujeito reorganizou o algoritmo, retirando uma comando ‘para frente’ e mantendo cinco ‘para trás’, agora sem estabelecer a equivalência (G1[E3][E4] T2), depois compilou e testou. O robô foi até o final da reta, realizou os dois giros e retornou escapando do limite do mapa. O sujeito disse: *S16: Por que ele não subiu aqui e desceu?* O sujeito pegou o robô e fez alguns movimentos com o objeto sobre o mapa. A pesquisadora perguntou: *P: Tu sabes onde está o erro?* O sujeito respondeu que não. A pesquisadora perguntou se ele desejava continuar, mas o sujeito pediu para encerrar alegando não conseguir localizar o erro e também estar cansado. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3][E4] podem ser observados no Quadro 90.

Quadro 90 – Algoritmos construídos pelo S16 para resolver o G1[E3][E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	
G1[E3] T1 G1[E4] T1	início	→	→	→	→	→	↓	↑	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E3] T2 G1[E4] T2	início	→	→	→	→	↓	↑	←	←	←	←	←	FIM	X	

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A análise das condutas do S16 no Grupo 1 de experimentos nos permite dizer que o sujeito resolveu rapidamente G1[E1] e G1[E2] por meio da contagem e da correspondência entre os quadrados no mapa e as respectivas cartas de comando. Ele conservou o algoritmo de ida e reverteu o movimento seguinte correspondente, realizando a equivalência entre algoritmos com uma tentativa em cada problema.

Já em G1[E3], S16 pediu para unir os algoritmos de ida e volta, mas não observou, no primeiro momento, a alteração do mapa, que havia diminuído em quantidade de quadrados. Somente depois da testagem é que ele assimilou os observáveis e corrigiu a ação. Observa-se que S16 construiu o algoritmo de ida e reverteu todos os comandos no algoritmo de volta,

mas inseriu somente um comando de ‘curva’ com a expectativa de que o robô realizasse a conversão e avançasse um quadrado no mapa, o que não ocorreu. O sujeito conseguiu realizar o deslocamento até o fim da reta, mas não realizou o movimento de curva. Assim, não construiu nem mesmo o algoritmo de ida do robô. S16 não assimilou o funcionamento das curvas mesmo depois da realização dos testes com o robô. Quando o algoritmo estava com quatorze cartas, ele pediu para encerrar. A hipótese de S16, expressa em G1[E3][E4] T1, e a conduta de unir os dois experimentos numa única solução, demonstram que a reversibilidade é uma capacidade em construção no caso do S16. No Quadro 91, é possível observar a síntese do percurso cognitivo do S16.

Quadro 91 – Síntese do percurso cognitivo do S16

SUJEITO 16 – 7a.10m.			
G1[E1]	T1	✓	G2[E7]
G1[E2]	T1	✓	G2[E8]
G1[E3]	T1	T2	G2[E9]
G1[E4]		✗	G2[E10]
G1[E5]			G2[E11]
G1[E6]			G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A dificuldade de S16 na resolução do G1[E3] e G1[E4] relaciona-se com o tamanho do algoritmo, problema este também evidenciado na conduta de outros sujeitos investigados da mesma faixa etária e com estrutura cognitiva semelhante em relação à questão do comando ‘curva’, em que é necessário inserir, além da curva, também ‘para frente’.

O tempo total do S16 foi de 41min, ficando abaixo da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S16 nunca participou de aulas de tecnologia.

6.2.1.7 O Caso do Sujeito 17 (7a.3m.)

As respostas do Sujeito 17 (S17) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções divididas entre a etapa de processamento e a etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas indica que o sujeito está em

transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e operatório-concretas, ainda que a maior parte das respostas tenham sido classificadas em etapa de processamento.

Figura 47 – Etapa 1 com o Sujeito 16 e a prova cognitiva da verticalidade. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora deu as orientações iniciais. O sujeito chamou o robô de “Fofura”, começou a organizar as cartas na grade e disse: *S17: Só sei que vai ser difícil*. Então, contou apontando os quadrados no mapa e colocou cinco cartas ‘para frente’ na grade, estabeleceu a relação entre as cartas e o mapa para a resolução do problema, gravou e testou, obtendo êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E1] pode ser observado no Quadro 92.

Quadro 92 – Algoritmo construído pelo S17 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Logo que as orientações foram propostas para resolver o segundo experimento, o sujeito disse: *S17: Essa é fácil*. Conservou a sequência de cartas que estava na grade e inseriu cinco cartas ‘para trás’ na grade de programação, depois salvou e testou. S17 vibrou com seu êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 93.

Quadro 93 – Algoritmo construído pelo S17 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O terceiro experimento foi explicado e o sujeito contou os quadrados no mapa e retirou uma carta na grade de programação. Ele disse: *S17: Ah, fácil!* Depois disso, alterou a

sequência de cartas (G1[E3] T1), gravou e testou. O robô se deslocou e estacionou no final da reta. O sujeito falou: *Ué, não foi? Tem que botar duas? Entendi agora.* Então, colocou duas cartas de ‘curva à esquerda’ na grade (G1[E3] T2), compilou e testou. O robô girou duas vezes e parou. O sujeito disse: *Ué, mas eu fiz certo, duas, duas. São três? (pausa) Não! Tem que girar e botar pra frente!* O sujeito alterou a programação (G1[E3] T3) e vibrou ao verificar seu êxito. Os algoritmos construídos para resolver o G1[E3] podem ser observados no Quadro 94.

Quadro 94 – Algoritmos construídos pelo S17 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM		X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	↑	FIM	X
G1[E3] T3	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após ouvir as orientações para o quarto experimento, o sujeito disse: *S17: Acho que eu sei.* Então, alterou as cartas na grade (G1[E4] T1). O seguinte diálogo ocorreu: *S17: Quando que vai acabar? P: Tu cansaste? S17: Não cansei, mas quando vai acabar? A pesquisadora falou que o sujeito poderia desistir a qualquer momento, caso não se sentisse em condições de continuar. O sujeito salvou a programação e testou. O robô escapou do mapa logo no primeiro movimento. O sujeito fez uma pausa e disse: S17: Ah! Coloquei errado. Em seguida, retirou a primeira carta da grade e falou: S17: Coloquei pra voltar primeiro... (apontando a terceira carta) então tem que trocar (retira as três primeiras cartas). Ah, ‘tô cansado, não quero mais fazer, ‘tô exausto.* A coleta foi encerrada. O algoritmo construído pode ser observado no Quadro 95.

Quadro 95 – Algoritmo construído pelo S17 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	
G1[E4] T1	INÍCIO	↓	→	↓	→	→	→	→	FIM	X

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A partir da análise das condutas cognitivas do S17 ao resolver os experimentos, observamos que o sujeito resolveu os dois primeiros problemas com certa facilidade, assim como S16, inclusive com algoritmos idênticos. Inicialmente, S17 contou e colocou as cartas correspondentes na grade e depois conservou o algoritmo de ida para inserir os comandos de reversão do movimento.

Em G1[E3], S17 precisou assimilar os observáveis da ação, tomar consciência e realizar abstrações pseudoempíricas para regular a ação mental e corrigir a ação física. Desta maneira, conseguiu resolver o problema da curva quando colocou inicialmente somente o comando “curva” com a expectativa de realizar a conversão e o avanço. Depois disso, o sujeito testou, assimilou os observáveis e corrigiu a ação colocando duas curvas. Novamente testou, assimilou os observáveis e corrigiu a ação colocando “curva” e “para frente” para então alcançar êxito. Já em G1[E4], observa-se que S17 não conservou o algoritmo inicial para inserir a reversão do movimento, mas colocou somente o algoritmo de retorno e tomou consciência do erro ao assimilar os observáveis do teste. Contudo, desistiu de resolver o problema alegando estar cansado. S17 demonstrou a intenção de reverter o movimento, mas não integrou as duas ações em uma única operação. No Quadro 96, é possível observar a síntese do percurso cognitivo do S17.

Quadro 96 – Síntese do percurso cognitivo do S17

SUJEITO 17 – 7a.3m.						
G1[E1]	T1	✓				G2[E7]
G1[E2]	T1	✓				G2[E8]
G1[E3]	T1	T2	T3	✓		G2[E9]
G1[E4]	T1	✗				G2[E10]
G1[E5]						G2[E11]
G1[E6]						G2[E12]

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observou-se que S17 perdeu o interesse na atividade e por isso pediu para encerrar. Para a pesquisadora ficou a dúvida se o sujeito conseguiria resolver os próximos experimentos, pois lhe pareceu que ele teria condições de avançar não fosse o seu desinteresse. O procedimento de resolução de S17 foi muito semelhante ao procedimento do S16, mas o primeiro não reuniu os dois experimentos numa única solução.

O tempo total do S17 foi de 46min, ficando abaixo da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S17 já participou de aulas de tecnologia.

6.2.2 Síntese dos casos

Os dados obtidos na Etapa 1 demonstraram que os sete sujeitos de 7-9 anos de idade encontram-se em processo de transição do subperíodo pré-operatório para o operatório-concreto, pois as respostas aos questionamentos nas provas cognitivas variam entre a etapa de processamento e a de fechamento. S11 apresentou mais respostas relacionadas ao subperíodo operatório-concreto. Todos os sujeitos desta faixa etária envolvidos neste estudo podem ser considerados em estágio de transição entre o subperíodo pré-operatório e o operatório-concreto. A principal característica do período é o início da capacidade de reversibilidade do pensamento. No Quadro 97, podemos observar a síntese dos resultados obtidos com as provas cognitivas aplicadas nos sujeitos de 7-9 anos de idade para verificar o estágio do desenvolvimento cognitivo dos investigados e, conseqüentemente, as características do seu pensamento.

Quadro 97 – Síntese das Provas Cognitivas realizadas na Etapa 1 com os sujeitos de 7-9 anos de idade

SÍNTESE DAS PROVAS COGNITIVAS REALIZADAS NA ETAPA 1			
OPERATÓRIO-CONCRETO			
PRÉ-OPERATÓRIO			
	INICIAL Predomínio da Percepção	EM PROCESSO	FECHAMENTO Operação
CONSERVAÇÃO TERMO		S14 S15	S11 S12 S13 S16 S17
CONSERVAÇÃO MASSA		S14 S15 S17	S11 S12 S13 S16
CONSERVAÇÃO LÍQUIDO		S14 S15 S16 S17	S11 S12 S13
INCLUSÃO FLORES			S11 S12 S13 S14 S15 S16 S17
INCLUSÃO FRUTOS			S11 S12 S13 S14 S15 S16 S17
SERIAÇÃO BASTONETES		S11 S12 S13 S14 S15 S16 S17	
ESPAÇO VERTICAL	I	IIA S11 S12 S13 S15 S16	III
		IIB S14 S17	
ESPAÇO HORIZONTAL	I	IIA	III S11 S13 S15 S17
		IIB S12	
		IIC S14 S16	
CAUSALIDADE	FABULAÇÃO S17(1X)	FINALIDADE S11(2X) S12(2X) S13(2X) S14(2X) S15(2X) S16(2X) S17(2X)	
	PERCEPÇÃO S11(2X) S12(1X) S15(3X) S17(1X)	JUSTIFICAÇÃO 1 S11(1X) S12(3X) S13(4X) S14(4X) S15(1X) S16(4X) S17(2X)	JUSTIFICAÇÃO 2 S11(1X)
	POSSIBILIDADE 0 / 1	POSSIBILIDADE 2 / 3 S13 S16 S17	POSSIBILIDADES (...) S11 S12 S14 S15

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A média de tempo utilizada pelos sujeitos de 7-9 anos de idade para resolver os experimentos foi de 1h20min. S16 e S17, que não avançaram para o Grupo 2 de experimentos, ficaram bem abaixo da média de tempo, os demais se mantiveram na média. O menor tempo foi do S16 com 41min e o maior tempo foi do S13 com 01h46min. Na Tabela 3,

é possível observar o tempo dos sujeitos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total utilizado para a resolução.

Tabela 3 – Tempo utilizado pelos sujeitos de 7-9 anos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total

Sujeito	Etapa 1	Etapa 2 G1	Etapa 2 G2	Tempo Total
S11	00:31:28	00:48:53	00:25:25	01:45:46
S12	00:28:07	00:38:57	00:20:56	01:28:00
S13	00:29:50	00:49:49	00:26:50	01:46:29
S14	00:22:46	00:55:06	00:23:31	01:41:23
S15	00:35:34	00:48:41	00:21:16	01:45:31
S16	00:21:36	00:19:28	00:00:00	00:41:04
S17	00:22:52	00:23:36	00:00:00	00:46:28
				09:54:41

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os dados obtidos no Grupo 1 (G1) a partir dos experimentos com sete sujeitos de 7-9 anos de idade nos permitem dizer que todos os investigados nessa faixa etária resolveram o primeiro experimento envolvendo o mapa em linha reta e que a maior parte (cinco sujeitos, S11, S12, S14, S16 e S17) utilizou somente uma tentativa/hipótese para terminá-lo G1[E1]. Aqueles que não resolveram com a primeira hipótese (S13 e S15) realizaram testagens com o comando ‘curva’ no primeiro problema e por isso utilizaram duas ou três tentativas para solucionar o problema. Tais testes influenciaram a resolução dos experimentos seguintes envolvendo o mesmo comando. Todos os sujeitos evidenciaram a contagem para resolver o primeiro experimento. Nem todos evidenciaram a correspondência entre o quadrado no mapa e a carta de comando na grade por meio da verbalização, mas o fizeram a partir da relação visual. S11 e S12 disseram que o problema era “muito fácil”, ainda assim evidenciaram a contagem apontando as cartas com o dedo.

No segundo experimento, G1[E2], para fazer o robô ir e voltar em linha reta, a maior parte dos investigados, quatro, (S11, S14, S16 e S17) utilizaram a estratégia de construir o algoritmo com cinco cartas ‘para frente’ e cinco cartas ‘para trás’ para reverter o movimento, fazendo com que o robô retornasse de ré para o ponto inicial. A mesma solução foi adotada pelos sujeitos de 4-6 anos que resolveram o experimento. Entre os quatro sujeitos, somente S14 precisou de mais de uma tentativa para resolver o problema, pois não estabeleceu a equivalência entre o algoritmo de ida e o da volta. Os demais sujeitos incluíram curvas no algoritmo com a intenção de fazer com que o robô retornasse de frente para o início. S13 e S15 já haviam testado o comando ‘curva’ no primeiro experimento, o que fez com que

inserir comandos depois da ‘curva’. S12, S13 e S15 utilizaram comandos ‘para trás’ depois da curva na tentativa de reverter o movimento. Após testar e assimilar os observáveis, regularam a ação colocando ‘para frente’ depois da conversão. A conduta indica a intenção de reverter o movimento, mas revela a dificuldade de descentração do ponto de vista em relação ao robô. S12 e S15 estabeleceram a equivalência entre os algoritmos de ida e da volta, colocando a mesma quantidade de comandos. S13 disse que a “casinha do ratinho” era um quadrado antes do *start* do mapa e se deu por satisfeito com quatro comandos para retornar.

No G1[E3], os sujeitos incluíram curvas para o retorno de frente do robô, o que acabou por se apresentar como um grande desafio para os investigados construírem a solução do mapa com reta e curva. S13, S15 e S16 incluíram o algoritmo de ida e volta na mesma operação, o que foi interpretado como uma característica da reversibilidade em estado inicial do pensamento. S15 e S16 não observaram a alteração do mapa, que diminuiu o número de quadrados na reta e precisaram regular a ação, ainda assim, sem êxito. S16 manteve o algoritmo anterior e incluiu ‘curva à direita’ e os comandos seguintes ao contrário do movimento de ida, o que também foi caracterizado como início da reversibilidade. Ele percebeu a alteração do mapa ao testar o robô e corrigiu a ação, mas manteve os comandos ao contrário e colocou ‘curva à direita’ sem o comando ‘para frente’. S16 não havia experimentado o comando ‘curva’, pois, no algoritmo anterior, reverteu o movimento inserindo comandos ‘para trás’, não alcançou êxito e pediu para encerrar. S15 e S16 demonstraram dificuldade em relacionar as cartas quando o algoritmo estava com quatorze comandos e não construíram nem mesmo o algoritmo de ida. Já S13 resolveu o problema com duas tentativas, verbalizando que “quanto mais difícil, mais legal”. S12 precisou de apenas uma tentativa para resolver o problema, já os demais precisaram de duas, três ou até seis hipóteses, ou seja, procederam assimilando os observáveis da ação, tomando consciência e realizando abstrações pseudoempíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física. S12 posicionou a carta ‘para frente’ na parte de fora da grade, comparando o comando, fez uma pausa e depois o inseriu na grade, sem convicção da hipótese, mas acabou por alcançar êxito na primeira tentativa. S11, S14 e S17, que também não haviam experimentado o comando ‘curva’, não acrescentaram o comando ‘para frente’ depois da conversão em G1[E3] e precisaram regular a ação para alcançar êxito. S12 e S13, que já haviam testado o comando no algoritmo anterior e colocado ‘para trás’ depois da curva, agora inseriram ‘para frente’ neste local. Observa-se que em G1[E3] os sujeitos iniciaram a representação dos movimentos a partir do concreto (mãos, robô ou cartas) para dar suporte à

representação mental do movimento e resolver o problema. Este foi o caso do S12, do S13 e do S16.

No G1[E4], S11 e S13, únicos sujeitos que resolveram o problema envolvendo reversão, procederam representando o movimento do robô com as mãos. S12 e S16 utilizaram o esquema de ação de colocar o robô no mapa e inserir a carta com o movimento correspondente na grade de programação, mas não construíram a solução do problema. Por meio da conduta de correspondência entre o movimento a ser realizado no mapa e a carta/comando a ser inserida na grade de programação, observa-se o estabelecimento da representação mental do movimento, que apoia a resolução do problema e também demonstra a relação de causalidade entre o movimento do robô e a programação. A partir daqui, chamaremos de “esquema de ação robô-mapa-comando” a conduta que se repetiu nos investigados e possibilitou a construção da representação mental dos movimentos a serem realizados e sustentou o procedimento de resolução dos problemas de construção do algoritmo envolvendo o deslocamento do robô.

Em G1[E5], quando o mapa foi alterado para zigue-zague, somente cinco sujeitos de 7-9 anos prosseguiram na atividade e apenas quatro encontraram solução. Destes, S13 e S15 incluíram o algoritmo de ida e volta na mesma programação desejando reverter o movimento, mas somente S13 alcançou êxito. S15 desistiu da resolução depois de nove tentativas quando o algoritmo estava com 12 comandos. Já S11, S12 e S14 procederam resolvendo um algoritmo por vez, primeiro o da ida e depois o da volta. S11 e S12 resolveram o experimento com apenas uma tentativa por meio da representação do movimento com as mãos e do esquema de ação robô-mapa-comando. Já S14 procedeu assimilando os observáveis da ação, tomando consciência e realizando abstrações pseudoempíricas que possibilitaram a regulação da ação mental e reorganizaram a ação física passo a passo ao longo de oito tentativas até alcançar êxito.

Somente S13, que optou por unir os dois algoritmos em uma única operação, resolveu G1[E6]. Ele construiu a ida desde a primeira hipótese, regulou a ação passo a passo para reverter o movimento e verbalizou a tomada de consciência das regularidades no algoritmo, mas não observou que a programação se repetia nos dois sentidos. S13 chegou ao êxito em de quatro tentativas. S11 construiu quatro hipóteses e testou, mas demonstrou dificuldades em estabelecer a correspondência entre as cartas de comando e os quadrados no mapa e desistiu quando o algoritmo estava com 23 comandos. Ele chegou a retomar o algoritmo inicial, mas não conseguiu resolver o problema. S11 não verbalizou a regularidade dos movimentos nos comandos do algoritmo. S14 procedeu inserindo comandos ao contrário do que havia

colocado no algoritmo de ida, evidenciando a intenção de reverter a ação e a reversibilidade por inversão, mas a conduta não foi suficiente para resolver o problema. Então, ele desistiu quando o algoritmo alcançou 17 cartas, pois também não conseguia estabelecer correspondência entre as cartas e o mapa. S12 não iniciou a construção da solução para G1[E6], pois verbalizou o desejo de avançar para o experimento seguinte. Ao ser questionado sobre como deveria ser o algoritmo para fazer o robô retornar do trajeto em zigue-zague, caso construísse a solução, disse que faria o mesmo algoritmo da ida, mas ao contrário. Tal afirmação evidencia a intenção de reverter o movimento e a reversibilidade por inversão, mas poderia não resolver o problema, caso o sujeito inserisse duas curvas no final do percurso. A ação faria com que o robô se posicionasse de frente para o ponto inicial e, a partir daí, o movimento a ser realizado é o mesmo do algoritmo da ida. Assim, conclui-se que o algoritmo do G1[E6] reúne um agrupamento de ações, percepções e antecipações representativas que precisa ser situado em um sistema total de transformações coerentes, mais acessível aos sujeitos de 7-9 anos. S13 e S15 que uniram o algoritmo de ida e volta na mesma hipótese, também demonstram a intenção de reverter o movimento, contudo, verbalizaram dificuldade em estabelecer a correspondência entre as cartas e o mapa quando o algoritmo estava com 14 comandos. Ambos verbalizaram a tomada de consciência da regularidade observada nos comandos do algoritmo. S13 utilizou quatro tentativas para solucionar o problema e S15 de nove hipóteses, mas sem alcançar êxito. S13 procedeu falando o movimento e colocando a carta na grade, conduta que apoiou a construção da representação do movimento. Já S15 fez o que chamou de “mini progresso”, testando o movimento do robô com a intenção de repetir os comandos, como verbalizou, o que também caracterizou, para a pesquisadora, a identificação de regularidades. Contudo, demonstrou dificuldade em lidar com a correspondência do algoritmo contendo muitos comandos e, assim como S12, pretendia construir o retorno revertendo as cartas da ida, o que não funcionou. S15 não construiu a ida, tampouco a volta do robô. S11 verbalizou que “gostava de pensar”, assim como S13, e verbalizou em G1[E3] que, “quanto mais difícil, melhor”, demonstrando o que Papert (2002) chamou de *hard fun*.

No Quadro 98, podemos observar a síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 7-9 anos e estrutura cognitiva em transição do pré-operatório para o operatório-concreto no Grupo 1 de experimentos.

Quadro 98 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 7-9 anos e estrutura cognitiva de passagem do pré-operatório para o operatório-concreto no Grupo 1 de experimentos (G1)

Experimento:	G1	G1	G1	G1	G1	G1
Sujeito:	[E1]	[E2]	[E3]	[E4]	[E5]	[E6]
S11	1T V	1T V	2T V	4T V	1T V	6T X
S12	1T V	2T V	1T V	3T X	1T V	*
S13	2T V	2T V	2T V		4T V	
S14	1T V	3T V	6T V	5T X	8T V	1T X
S15	3T V	2T V	2T X		9T X	
S16	1T V	1T V	2T X		*	*
S17	1T V	1T V	3T V	1T X	*	*

LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / VERMELHO: ausência de êxito

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os dados obtidos no Grupo 2 (G2) de experimentos com sete sujeitos investigados de 7-9 anos de idade permitem dizer que somente cinco sujeitos avançaram até chegar aos experimentos com o robô jogador de futebol, destes, quatro sujeitos (S11, S12, S13 e S14) repetiram o esquema de ação robô-mapa-comando, que se evidenciou ao longo dos percursos cognitivos, para resolver G2[E7], experimento que também envolve deslocamento. A característica de um esquema de ação é justamente a sua possibilidade de generalização e, neste caso, observamos que os sujeitos generalizaram o esquema robô-mapa-comando do Grupo 1 para o Grupo 2 de experimentos. S15 procedeu regulando a ação por meio dos observáveis. A partir do esquema de ação robô-mapa-comando, três sujeitos (S11, S12, S13) resolveram o experimento com uma hipótese. S14 utilizou cinco tentativas para resolver o problema, sendo as três primeiras com uma estratégia e as duas seguintes com outra. Depois que S14 mudou a estratégia, passou a se apoiar no esquema de ação robô-mapa-comando para dar suporte à representação dos movimentos e resolver o problema e precisou de apenas duas tentativas para alcançar êxito, o que nos leva a pensar que tal esquema facilitou a resolução do problema em seu caso.

Os experimentos que se seguiram sofreram a interferência da pesquisadora, pois todos os investigados da faixa etária de 7-9 anos manifestaram a impossibilidade de resolução do problema de maneira espontânea, mas mantiveram o interesse na atividade.

No G2[E8], observa-se que os sujeitos verbalizaram que não saberiam construir o algoritmo, contudo, depois da intervenção da pesquisadora, relacionaram alguns símbolos e o respectivo significado por meio das imagens impressas nas cartas/comandos de programação e da operação mental. Tal relação só foi possível porque os sujeitos possuem a função simbólica estabelecida. No caso do comando ‘função’, que desencadeia a sequência de códigos que realiza o “chute” da bola, é necessário relacionar a estrela azul impressa no mapa

com a carta contendo o mesmo símbolo, para então construir o algoritmo. Alguns sujeitos observaram o símbolo “bandeirinha verde” presente nas cartas ‘start’, ‘função’ e ‘IF’ e relacionaram corretamente com a carta inicial da programação. Dos cinco sujeitos que resolveram G1[E8], quatro escolheram a carta ‘aplausos da torcida’ para comemorar o gol. Isto é comumente chamado de programação intuitiva em atividade de programação para crianças, mas é importante ressaltar que as relações estabelecidas pelos sujeitos provêm de estruturas cognitivas construídas anteriormente e, sobretudo, da função simbólica. Antes do estabelecimento dela, não há como se falar em atividade de programação, “intuitiva ou não” para crianças. No estágio sensorio-motor (antes dos três anos de idade), não existe função simbólica estabelecida, portanto, a atividade de programação para bebês não é uma possibilidade.

Nenhum sujeito investigado da faixa etária de 7-9 anos de idade em processo de transição do subperíodo pré-operatório para o operatório-concreto conseguiu resolver espontaneamente G2[E9], experimento que envolve condicionais. Neste experimento, a carta não continha um símbolo que relacionaria ao movimento, mas ao significante impresso, no caso de ‘IF’ e ‘DO’. Para além disso, seria necessário construir o significado das condicionais a partir dos observáveis dos testes e da explicação da pesquisadora, o que se revelou uma dificuldade para os sujeitos de 7-9 anos. Depois de testar e observar o movimento executado pelo robô, os sujeitos que explicaram o algoritmo descreveram os observáveis da ação ou as cartas na grade de programação. Além disso, manifestaram dificuldade com as palavras em inglês e, quando foi solicitada a antecipação do movimento, no caso do S14, por exemplo, ele disse que não sabia o que o robô faria com aquele algoritmo.

Para resolver G2[E10] era necessário utilizar as condicionais (‘IF’ e ‘DO’) e a disjunção ‘OR’. S14 verbalizou que os experimentos estavam muito difíceis e que resolveria somente “mais este”, ou seja, pela dificuldade encontrada pelo sujeito ele acabou se desinteressando pela atividade, pois a assimilação já não se encontrava próxima das suas possibilidades. S11 relatou o funcionamento do algoritmo para seu pai, demonstrando ter assimilado os observáveis da ação e a explicação da pesquisadora. S12 explicou o funcionamento do algoritmo por meio da descrição dos comandos na grade. Já a conduta do S13 diferenciou-se dos demais, uma vez que o sujeito tentou construir o algoritmo a partir da sequência de comandos que estavam na grade do experimento anterior, ou seja, S13 realizou um esforço cognitivo de adaptação ao objeto, mas mesmo assim não conseguiu organizar o algoritmo para que este solucionasse o problema. S13 reconheceu, neste experimento, o comando com o símbolo da “bandeirinha verde”, que indica o início do algoritmo e dá

indícios por onde iniciar a construção da solução: por meio da carta/comando com a condicional 'IF'. Os sujeitos de 7-9 anos manifestaram dificuldade com o significado das palavras em inglês.

No experimento G2[E11], era necessário utilizar as condicionais ('IF' e 'DO') e a conjunção 'AND'. S11 verbalizou que não saberia como resolver o problema, mesmo tendo explicado o algoritmo anterior para o pai. Já S12 exclamou que havia entendido o funcionamento do algoritmo a partir da observação do funcionamento do robô na testagem, porém a explicação do sujeito descreveu o movimento relacionando à presença ou não do boneco adversário para realizar o drible. Ocorre que o robô não identifica os bonecos adversários em si, como acontece com o sensor ultrassônico, por exemplo, e sim a leitura pelo sensor óptico de um símbolo impresso no mapa é que desencadeia a condicional. Assim, conclui-se que S12 narrou o que assimilou a partir dos observáveis da ação. S13 relacionou a carta contendo o numeral '2' com a presença de dois adversários para realizar o drible, o que estaria coerente com a lógica das ações, mas não com a lógica de programação. A carta '2' refere-se à repetição de comandos e ainda que tenha identificado regularidades nos algoritmos, S13 não as relacionou a este comando. No caso do S13, a explicação para o funcionamento do algoritmo demonstrou coerência com a lógica de programação.

Somente S11, S12 e S13 chegaram até o último experimento. A explicação do S12 para o funcionamento do G2[E12] confirmou a hipótese anterior da pesquisadora, pois novamente o sujeito narrou o que assimilou a partir dos observáveis da ação e não explicou o funcionamento das condicionais. Já S13, que realizou também vários questionamentos acerca do funcionamento do algoritmo com as condicionais, explicou com mais detalhes o funcionamento delas naquele sistema, apontando as cartas e narrando os comandos. Ressalta-se que S13 foi o único sujeito de 7-9 anos que construiu mais de uma hipótese de solução para os experimentos do Grupo 2, mas demonstrou certa indiferenciação com relação ao funcionamento dos operadores lógicos nas suas explicações.

No Quadro 99, podemos observar a síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 7-9 anos e estrutura cognitiva em transição do pré-operatório para o operatório-concreto no Grupo 1 (G1) e Grupo 2 (G2) de experimentos.

Quadro 99 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 7-9 anos e estrutura cognitiva de passagem do pré-operatório para o operatório-concreto no Grupo 1 (G1) e Grupo 2 (G2) de experimentos

Experimento:	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G2	G2	G2	G2	G2	G2
Sujeito:	[E1]	[E2]	[E3]	[E4]	[E5]	[E6]	[E7]	[E8]	[E9]	[E10]	[E11]	[E12]
S11	1T V	1T V	2T V	4T V	1T V	6T X	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V
S12	1T V	2T V	1T V	3T X	1T V	*	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V
S13	2T V	2T V	2T V		4T V		1T V	1T V	1T V	3T V	1T V	1T V
S14	1T V	3T V	6T V	5T X	8T V	1T X	5T V	1T V	1T V	1T V	*	*
S15	3T V	2T V	2T X		9T X		3T V	1T V	1T V	*	*	*
S16	1T V	1T V	2T X		*	*	*	*	*	*	*	*
S17	1T V	1T V	3T V	1T X	*	*	*	*	*	*	*	*

LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / LARANJA: êxito com interferência / VERMELHO: ausência de êxito

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observa-se que os sujeitos investigados de 7-9 anos conseguiram construir o algoritmo para resolver grande parte dos problemas do Grupo 1 envolvendo o deslocamento do robô, mas demonstram dificuldade na reversão do movimento, principalmente quando o este incluía curvas e exigia descentração do ponto de vista e o agrupamento de ações. Evidencia-se a inclusão do movimento de ida e volta no mesmo algoritmo no caso de quatro sujeitos, o que foi classificado como característica da reversibilidade inicial por inversão, mas sem garantia de êxito. Os sujeitos de 7-9 anos de idade demonstraram relações de causalidade entre os comandos do algoritmo e os movimentos do robô, bem como o encadeamento da sequência de ações, conduta que não ficou evidente nos sujeitos de 4-6 anos. Contudo, quando aos algoritmos aumentaram de tamanho (cerca de 15 comandos ou mais), os sujeitos demonstram dificuldades nesta relação. No grupo de 7-9 anos, foram verbalizadas com bastante frequência as tomadas de consciência das regularidades ao longo da sequência de comandos, o que não foi demonstrado pelas crianças de 4-6 anos, o que não teve influência no procedimento de resolução. O esquema de ação robô-mapa-comando foi evidenciado e generalizado ao longo dos experimentos, o que serviu de suporte para a construção da representação mental do movimento e facilitou a resolução do problema. Ainda assim, quando o movimento envolve curvas e descentração do ponto de vista em relação ao robô, os sujeitos demonstram dificuldade. O aprendizado do funcionamento das curvas no algoritmo de programação também é ponto de destaque no grupo de 7-9 anos, visto que todos os investigados inseriram um comando ‘curva’ com a expectativa de obter o movimento de curva e avanço ao primeiro contato com o comando. Na primeira hipótese, todos os sujeitos inseriram o comando ‘para trás’ depois do comando ‘curva’. Precisaram testar, assimilar os observáveis, para só então

reorganizar o algoritmo inserindo o comando ‘curva’ e o comando ‘para frente’ para obter êxito, demonstrando a importância do material concreto para a verificação das hipóteses.

Espontaneamente, nenhum sujeito resolveu os experimentos do Grupo 2 envolvendo condicionais e operadores lógicos, mas também não demonstraram intenção de desistir, o que levou à interferência da pesquisadora no procedimento e à demonstração da construção do algoritmo envolvendo os comandos mais sofisticados da lógica formal. As explicações dos sujeitos para os algoritmos envolvendo condicionais e operadores lógicos evidenciaram coerência, mas não o funcionamento dos comandos e a lógica de programação.

É importante destacar ainda que os responsáveis por quatro crianças (S12, S13, S14 e S17) marcaram no questionário da entrevista que os/as filhos/as participaram anteriormente de aulas de tecnologia, tais como robótica e programação. Já outros três (S11, S15 e S16) não teriam contato anterior com estas aulas. De maneira geral, não foram encontradas diferenças significativas entre os sujeitos que tiveram contato anterior com aulas de tecnologia e os que não tiveram. A exceção está no caso do S13, como demonstrada nos experimentos do Grupo 2.

6.3 SUJEITOS DE 10-12 ANOS COM ESTRUTURA COGNITIVA OPERATÓRIO-CONCRETO

Analisaremos aqui os casos dos sujeitos de 10-12 anos de idade que possuem estrutura cognitiva operatório concreto, de acordo com os resultados obtidos nas provas cognitivas realizadas na Etapa 1.

6.3.1 Análise dos casos

6.3.1.1 O Caso do Sujeito 21 (12a.00m.)

As respostas do Sujeito 21 (S21) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 8. O conjunto das provas cognitivas demonstram que o sujeito está no subperíodo das operações concretas.

Figura 48 – Etapa 1 com o Sujeito 21 e a prova cognitiva de conservação. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou S21 para a resolução dos experimentos. O sujeito escolheu o nome “Jerry” para o robô rato. Ao iniciar a resolução do problema, contou o número de quadrados no mapa e colocou a quantidade de cartas correspondente na grade de programação e algumas curvas (G1[E1] T1). A pesquisadora perguntou o que o robô deveria fazer com aquela programação. O sujeito demonstrou o deslocamento com as mãos até o fim do mapa e, depois um movimento, que chamou de “pegar o queijo”. A pesquisadora sugeriu que ele testasse a programação para observar o movimento do robô e assim foi realizado. Enquanto o robô compilava o algoritmo, o sujeito perguntou: *S21: Por que ele não fez o movimento?* A pesquisadora respondeu que na grade de programação o robô gravaria o movimento e depois o executaria no mapa. O sujeito observou e quando o objeto escapou do mapa, disse: *S21: Então, eu não posso colocar esse daqui.* Retirou as cartas com curvas para “pegar o queijo”, finalizando a solução para resolver o primeiro experimento (G1[E1] T2). Os algoritmos construídos para resolver G1[E1] podem ser observados no Quadro 100.

Quadro 100 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G1[E1] T1	início	→	→	→	→	→	↑	↓	→	FIM	X
G1[E1] T2	início	→	→	→	→	→	FIM				V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o segundo experimento e o sujeito construiu o algoritmo para resolver o problema. Disse: *S21: Então, cinco de novo.* Ele estava se referindo à quantidade de cartas para reverter o movimento. O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 101.

Quadro 101 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou o sujeito para G1[E3]. S21 disse: *Agora tira um, porque não é mais cinco, é quatro.* Ele se referia à alteração de quantidade de quadrados no mapa. S21 inseriu uma curva e uma reta a mais do que o necessário, salvou e testou (G1[E3] T1). Observou o robô escapar do limite, fez uma pausa e modificou o algoritmo (G1[E3] T2). O robô executou o movimento corretamente. Ele vibrou com seu êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 102.

Quadro 102 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G1[E3] T1	início	→	→	→	→	↑	→	↑	→	FIM	X
G1[E3] T2	início	→	→	→	→	↑	→	FIM			V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quarto experimento. O sujeito disse: *S21: Agora vou 'fazer ele' virar para o outro lado, não quero mais que ele vire para aquele lado (referindo-se aos dois giros em G1[E2]).* Inseriu as cartas na grade de programação, salvou e testou (G1[E4] T1). Quando o robô escapou do mapa, o sujeito falou: *S21: Esqueci de colocar pra ele virar de volta.* Então, alterou o algoritmo. Disse: *S21: Ele vai, daí ele tem que virar para lá (mexe o corpo para indicar o lado em que o robô deve dobrar). Você está aqui e tem que virar para lá. Na verdade, ele está aqui, ó (mexe o corpo), ele está reto, certo? Ele está aqui (aponta no mapa onde ele está) e tem que virar para cá.* Ao movimentar o próprio corpo na tentativa de identificar a direção do giro do robô, observa-se a necessidade do sujeito de se localizar no espaço a partir do próprio corpo/ponto de vista. S21 organizou o algoritmo, compilou e testou (G1[E4] T2). O robô dobrou para o lado inverso ao desejado ao executar o 11º movimento. O sujeito corrigiu invertendo a direção da 11ª carta e inseriu um comando para chegar até o final do mapa, depois salvou e testou (G1[E4] T3). O robô parou antes do final do mapa. O sujeito falou: *S21: Era para você ter continuado, Jerry!* Inseriu mais uma carta 'para frente', salvou e testou com êxito (G1[E4] T4). S21 vibrou com o sucesso e disse: *S21: Vai, Jerry! Vai, Jerry! Vai, Jerry!* Os algoritmos construídos para resolver G1[E4] podem ser observados no Quadro 103.

Quadro 103 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	
G1[E4] T1	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	→	→	→	FIM			X
G1[E4] T2	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↑	→	→	→	FIM		X
G1[E4] T3	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↓	→	→	→	FIM		X
G1[E4] T4	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↓	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora prosseguiu com as orientações para o quinto experimento. Enquanto construía o algoritmo, o sujeito ainda movimentava o próprio corpo representando os giros que o robô deveria executar no mapa. Disse: *S21: Agora que eu peguei o raciocínio. Então, aqui tem um para frente, daí aqui tem um para baixo. Calma, ele está aqui, agora tem que subir. Sobe, meu filho, sobe. Você foi para lá, agora você tem que virar para lá de novo. Você está aqui, tem que virar para cá.* A partir da fala do S21 é possível concluir que ele tomou consciência da regularidade nos comandos no algoritmo, ou seja, ‘para frente’, ‘curva à esquerda’, ‘para frente’, ‘curva à direita’ ($\rightarrow \uparrow \rightarrow \downarrow$). S21 conferiu cada comando por meio do esquema de ação robô-quadrado-carta. Disse: *S21: Ele vem para cá, para frente, daí vira (posiciona o robô no mapa), daí vem para cá, e ele tem que virar (posiciona o robô no mapa), vai pra frente e ele vira (posiciona o robô), e ele vai para frente, aí ele vira de novo ... Ele só vira! (risos) Vai pra frente. Tá!* Salvou e testou a programação, alcançando êxito. Depois, vibrou e falou: *S21: De primeira!* O algoritmo construído para resolver G1[E5] pode ser observado no Quadro 104.

Quadro 104 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G1[E5] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi lançado o sexto experimento. O sujeito conservou a primeira parte do algoritmo e inseriu duas cartas de ‘curva à esquerda’ e outros comandos. Desta vez, o procedimento adotado foi colocar a carta na frente do robô para verificar o sentido do giro e em seguida colocar na grade de programação. O sujeito salvou e testou (G1[E6] T1), mas o robô escapou do mapa ao executar o 14º movimento. S21 olhou para o robô e falou: *S21: Poxa, Jerry! (pausa) Calma, onde é que eu parei? Eis a questão.* Representou cada movimento falando e mexendo as mãos no mapa. Em um determinado momento, disse que a 9ª carta estava errada. Na sequência, localizou os dois giros de retorno (11ª e 12ª cartas) como causa do erro e depois

o 14º Comando. Então, ele verbalizou a dificuldade em realizar a correspondência quando o algoritmo atingiu vinte cartas. Alterou a 14ª carta e inseriu mais uma carta de ‘para frente’ ao final do algoritmo (G1[E6] T2), conferiu os movimentos por meio do esquema de ação robô-mapa-comando, salvou e testou, alcançando êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E6] podem ser observados no Quadro 105.

Quadro 105 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E6]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	17ª.	18ª.	19ª.	20ª.	21ª.	22ª.	
G1[E6] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	↓	→	↓	→	↑	→	↓	FIN		X
G1[E6] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIN	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A análise das condutas cognitivas do Sujeito 21 ao longo do Grupo 1 de experimentos permite dizer que ele testou o robô logo no início e verbalizou dúvida sobre o movimento a ser executado na grade de programação. Tais condutas foram categorizadas como adaptação cognitiva ao material, pois é por meio do mecanismo de adaptação ao ambiente externo que o sujeito assimila tudo aquilo que as suas estruturas mentais internas lhe permitem e acomoda transformando essas estruturas em um movimento de conservação e incorporação de algo novo de maneira ascendente. Assim, S21 realizou um teste inicial com o material buscando se adaptar. Em G1[E2], a partir da expressão “então cinco de novo” é possível concluir que o sujeito conservou a quantidade de cartas iniciais para incluir os movimentos seguintes. Inseriu duas cartas de ‘curva à esquerda’, o que fez com que o robô se posicionasse de frente para o ponto inicial do mapa, para reverter o movimento, e colocou cinco cartas ‘para frente’, evidenciando a descentração do ponto de vista, a reversão da ação inicial e a equivalência entre o algoritmo de ida e volta.

No terceiro experimento, S21 observou a alteração no mapa, pois verbalizou que “não eram cinco, mas quatro quadrados no mapa”, contudo, precisou regular a ação por meio dos observáveis do teste para alcançar êxito, pois inseriu dois comandos a mais na programação e tomou consciência apenas depois de observar o resultado da ação. Em G1[E4], ele verbalizou a intenção de inverter as curvas inseridas em G1[E2], talvez para experimentar mais um movimento, e foi o que fez. Começou a mexer o próprio corpo para construir a representação dos movimentos e procedeu regulando a ação em quatro tentativas até alcançar êxito. Inseriu quatro cartas para frente para retornar, de acordo com o algoritmo de ida. Ao testar o robô, verificou a necessidade de inserir a curva para o retorno. Ainda que tal movimento estivesse no algoritmo que fez o robô se deslocar de A→B, S21 não repetiu a mesma curva de B→A.

Observa-se que S21 resolveu o problema passo a passo, rumo à solução final, precisou testar cada etapa e assimilar os observáveis para então reorganizar a ação e modificar o comando seguinte.

No quinto experimento, S21 tomou consciência da regularidade do algoritmo e conseguiu construir a solução na primeira hipótese. Observa-se que repetiu a movimentação do próprio corpo para se localizar em relação ao objeto e depois se apoiou no posicionamento do robô no mapa para representar a direção dos movimentos. Já em G1[E6], o sujeito repetiu o esquema de ação de “colocar as cartas na frente do robô” para dar suporte à representação mental do movimento. Ao construir o algoritmo, comando por comando, movimentando o próprio corpo e colocando a carta na frente do robô, S21 evidencia possuir dificuldade de descentrar o ponto de vista. Além disso, não tomou consciência da regularidade no algoritmo, que se repete no retorno do robô. Assim, conclui-se que a reversibilidade operatória é uma capacidade em processamento no caso de S21.

O sujeito estava muito animado e prosseguiu para o Grupo 2 de experimentos. Foi apresentado o mapa do campo de futebol e o jogador de futebol robô. S21 deu o nome de “Patosvaldo” para o robô. A pesquisadora falou sobre as orientações iniciais para o G2[E7]. O sujeito colocou a carta na frente do robô para conferir o movimento e depois na grade de programação, então salvou e testou, alcançando êxito. Ele vibrou batendo palmas. O algoritmo construído para resolver G2[E7] pode ser observado no Quadro 106.

Quadro 106 – Algoritmos construídos pelo S21 para resolver o G1[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram expostas as orientações para o oitavo experimento. O sujeito encontrou na caixa a carta ‘início da função azul’, identificando a “bandeirinha verde”, que simboliza a carta de início de cada algoritmo, e colocou na grade. Localizou as cartas com o giro da engrenagem e testou girando a engrenagem do robô com as mãos, até que escolheu a carta ‘girar a engrenagem no sentido horário’. Por fim, colocou a carta ‘aplausos da torcida’, gravou e executou. O robô realizou o movimento corretamente. S21 ergueu os braços e vibrou. O fato de o sujeito testar o giro da engrenagem com as próprias mãos, reforça a necessidade da experimentação do objeto pela criança. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 107.

Quadro 107 – Algoritmo construído pelo S21 para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o nono experimento. S21 mexeu nas cartas da caixa, falou que não saberia como resolver o problema e em seguida disse: *S21: Ah, já sei!* Colocou a carta ‘evento1’ na grade e perguntou: *Coloco o vermelho (‘fim’)?* A pesquisadora questionou a opinião do sujeito, ao que ele respondeu que “achava que sim”. O sujeito tentou compilar a programação (G2[E9] T1) e o robô emitiu sinal sonoro de erro. S21 disse que não saberia como resolver o problema e a pesquisadora explicou os comandos enquanto organizava na grade de programação. O algoritmo foi testado com sucesso (G2[E9] T2). A pesquisadora solicitou que o sujeito explicasse a programação “com as suas palavras”. O seguinte diálogo se desenrolou:

S21: Eu posso colocar palavras, né?

P: Sim.

S21: Qual é a primeira palavra?

P: IF é “Se... se alguma coisa acontecer.”

S21: (apontando as cartas) Se encontrar o adversário, faz o drible, né? (circula com os dedos a 4ª e 5ª cartas).

Observa-se que o sujeito apresentou dificuldades para recordar o significado da carta com a condicional “IF”, até mesmo da tradução da palavra, e tal significado é fundamental para que o sujeito construa o algoritmo de programação do nono experimento. Os algoritmos construídos para resolver G1[E9] podem ser observados no Quadro 108.

Quadro 108 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1		FIM					X
G2[E9] T2	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O décimo experimento foi lançado. A pesquisadora perguntou se o sujeito saberia fazer a programação, ao que ele respondeu que não. Foram entregues as cartas necessárias para a programação e o sujeito construiu o algoritmo com interferência da pesquisadora (G2[E10] T1), gravou e testou atingindo êxito. Disse: *S21: É inglês puro!* O algoritmo construído para resolver G2[E10] pode ser observado no Quadro 109.

Quadro 109 – Algoritmo construído com interferência da pesquisadora para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF		OR		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

As orientações para G2[E11] foram propostas. O sujeito pegou a carta com a condicional ‘ELSE’ e alterou a 3ª carta. Falou: *S21: Só pode ser essa, tu estavas guardando esta carta pra ti (a carta estava sobre a mesa)*. A pesquisadora sorriu. O sujeito tentou salvar a programação e o robô emitiu sinal sonoro de erro (G2[E11] T1). S21 disse que não sabia como resolver o problema. A pesquisadora indicou a carta com a condicional “AND” e o sujeito a colocou na grade, gravou e o robô executou a programação corretamente. A pesquisadora pediu que o sujeito explicasse a programação “com as suas palavras”. O seguinte diálogo aconteceu:

S21: (aponta para a carta ‘IF’ e faz uma pausa).

P: Se ...

S21: Ah tá, eu ia falar com, mas... se encontrar (aponta pra a carta ‘IF’) e você faz o driblezinho (aponta para a carta ‘AND’).

P: Então ele faz o drible aqui? (aponta para o quadrado do mapa com ‘evento1’)

S21: Não.

P: Onde é que ele faz o drible?

S21: Ali. (aponta o quadrado do mapa com ‘evento2’)

P: Por que?

S21: Boa pergunta. Olha ... Os ‘starts’ têm isso daqui. (aponta para a bandeira verde nas cartas). Huummm... não sei o porquê.

P: Não sabe o porquê de ele só executar aqui o drible?

S21: Porque ele não é inteligente. Desculpa, ele não é inteligente para adivinhar que não tem um bonequinho aqui. Então ele vai ...

Quando a pesquisadora perguntou: “*P: Não sabe o porquê de ele só executar o drible aqui?*” S21 não justificou por meio da relação entre o algoritmo e o movimento do robô, mas sim elaborando uma fabulação como justificativa. O sujeito respondeu: “*Porque ele não é inteligente. Desculpa, ele não é inteligente para adivinhar que não tem um bonequinho aqui. Então ele vai ...*” referindo-se ao experimento G2[E11]. Enquanto a pesquisadora realizava os questionamentos, S21 tomou consciência, observando o início dos três algoritmos que estavam sobre a mesa, das bandeiras verdes nas cartas que iniciavam cada algoritmo. Disse: “*S21: Os ‘starts’ têm isso daqui. (aponta para a bandeira verde nas cartas).*” É justamente este símbolo (bandeira verde) que dá indícios aos sujeitos por onde iniciar a solução do problema, mas para que tal abstração pseudoempírica seja realizada é necessário que tenham construído anteriormente o significado do símbolo, ou seja, de que uma bandeira verde pode

indicar o início da programação. Os algoritmos construídos para resolver G1[E11] podem ser observados no Quadro 110.

Quadro 110 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		ELSE		DO	↑	↓	FIM	X
G2[E11] T2	IF		AND		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Por fim, as orientações para o último experimento foram lançadas. O sujeito disse: *S21: Eu posso trocar? Eu vou testar primeiramente o do pinguim, queria testar o robô com luzinha de balada. Baladeiro ele. Vou colocar uma luz colorida nele.* Salvou e testou por duas vezes observando o sinal sonoro e os efeitos luminosos emitidos pelo robô. O algoritmo construído para resolver G2[E12] pode ser observado no Quadro 111.

Quadro 111 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↑	↓	ELSE				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito se manteve muito alegre e vibrante ao longo de toda a atividade e não foi diferente ao se aproximar do fim. Disse que gostaria de receber um robô “Patosvaldo” de presente.

No Grupo 2 de experimentos, observa-se que o esquema de ação que apoiou a representação do problema iniciou “movimentando o próprio corpo” (G1[E4] e G1[E5]) para se localizar no espaço e foi reorganizado para “posicionar o robô no mapa” (G1[E5]), depois para “colocar cartas na frente do robô” (G1[E6]) e , por fim, para “movimentar as mãos no mapa” (G1[E6]), o que se repetiu no G2[E7]. Tal esquema de ação serviu de procedimento para que o sujeito pudesse construir a representação mental apoiado em objetos concretos.

No oitavo experimento, S21 reconheceu as cartas de comando por meio dos símbolos e seus significados construídos anteriormente, mas precisou testar concretamente o giro da engrenagem com as mãos, evidenciando a necessidade de objetos concretos para ajudá-lo a pensar.

Nos procedimentos de resolução que seguiram, ficou evidente que o sujeito não conseguiria resolver os problemas de maneira espontânea, mas ele também não manifestou intenção de desistir, por isso, a pesquisadora interferiu explicando os comandos, numa

tentativa de “ensinar” a programação. Contudo, S21 construiu hipóteses de organização do algoritmo em todos os experimentos, com exceção do G1[E10], evidenciando um esforço cognitivo de adaptação ao objeto.

As explicações do sujeito sobre o algoritmo com condicionais evidenciaram assimilações deformantes daquilo que foi visualizado nos testes e escutado da pesquisadora, pois foi assimilado e acomodado àquilo que era possível aos seus esquemas cognitivos naquele momento e, por isso, o objeto foi deformado para que a acomodação acontecesse.

Observa-se que S21 relacionou o símbolo no mapa com o símbolo da carta, por exemplo, em G2[E9] e inseriu na programação as cartas de comando estabelecendo relação coerente, mas isso não foi suficiente para resolver o problema de lógica de programação. O mesmo aconteceu em G2[E10] quando ele relacionou a carta que a pesquisadora estaria supostamente “guardando” com a carta necessária na programação, mas foi somente com a interferência da pesquisadora que ele alcançou êxito. S21 demonstrou dificuldades para lembrar o significado de ‘IF’ e em G2[E10] disse que a resolução dos problemas era “inglês puro”. Em G2[E11], S21 justificou o não funcionamento do robô por meio de fabulação e, no último experimento, testou por duas vezes o objeto observando atentamente o movimento.

Assim, a coerência das ações encontrada de acordo com a estrutura cognitiva do sujeito não é a mesma lógica de programação que envolve condicionais e operadores lógicos. Ao passar por perturbações cognitivas, como ocorreu em cada um dos experimentos do Grupo 2, o sujeito buscou reequilibrar-se construindo hipóteses de acordo com esta coerência e com o que a estrutura cognitiva lhe permitia naquele momento. A síntese do percurso cognitivo do S21 pode ser observada no Quadro 112.

Quadro 112 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 21

SUJEITO 21 – 12a.11m.	
G1[E1] T1 T2 ✓	G2[E7] T1 ✓
G1[E2] T1 ✓	G2[E8] T1 ✓
G1[E3] T1 T2 ✓	G2[E9] T1 T2 ✓
G1[E4] T1 T2 T3 T4 ✓	G2[E10] T1 ✓
G1[E5] T1 ✓	G2[E11] T1 T2 ✓
G1[E6] T1 T2 ✓	G2[E12] T1 ✓

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A síntese do percurso cognitivo do S21 evidencia que ele resolveu os experimentos do Grupo 1 por meio de tentativas e reorganizações, sobretudo, na reversão dos movimentos. Ele resolveu alguns problemas do Grupo 2, mas recebeu auxílio da pesquisadora nos experimentos com condicionais e operadores lógicos para concluir. Ainda assim, realizou tentativas de solucionar os experimentos do segundo grupo, o que ocorreu com menos frequência nos sujeitos de menos idade.

O tempo total do S21 foi de 1h19min ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S21 não participou de aulas de tecnologia anteriormente.

6.3.1.2 O Caso do Sujeito 22 (11a.11m.)

As respostas do Sujeito 22 (S22) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão em etapa de fechamento, já na prova da seriação, o sujeito procedeu do particular para o particular e foi classificado em processamento. O conjunto das provas cognitivas demonstram que S22 está no subperíodo das operações concretas.

Figura 49 – Etapa 1 com o Sujeito 22 e a prova cognitiva da conservação de massa. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora prosseguiu com as orientações iniciais. O sujeito escolheu o nome de “Junin” para o robô rato, colocou quatro cartas na grade, em seguida contou o número de quadrados no mapa e dispôs mais uma carta ‘para frente’, inseriu ‘fim’, salvou e testou a programação (G1[E1] T1). O robô se deslocou corretamente pelo mapa e parou no limite. S22 sorriu. O algoritmo construído para resolver G1[E1] pode ser observado no Quadro 113.

Quadro 113 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	início	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi lançado o segundo experimento. O sujeito conservou o algoritmo inicial de ida, inseriu duas cartas de ‘curva à direita’, contou os quadrados do mapa do fim para o começo e inseriu cinco cartas ‘para frente’ (G1[E2] T1), gravou e executou. Ele sorriu ao constatar seu êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 114.

Quadro 114 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	↓	↓	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O terceiro experimento foi proposto. O sujeito perguntou se o robô também deveria voltar. A pesquisadora disse que sim e S22 organizou rapidamente o algoritmo de ida e volta na mesma solução estabelecendo a correspondência visual entre o mapa e as cartas na grade. Depois, compilou e testou, alcançando êxito. S22 sorriu. O algoritmo construído para resolver G1[E3] pode ser observado no Quadro 115.

Quadro 115 – Algoritmos construídos pelo S22 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	
G1[E3] T1	início	→	→	→	→	↑	→	↑	↑	→	↑	→	→	→	→	FIM	V
G1[E4] T1																	

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram propostas as orientações para o quinto experimento. S22 questionou novamente se o robô voltaria e a pesquisadora disse que sim. O sujeito construiu o algoritmo de ida e volta, quando terminou, estabeleceu a correspondência visual entre o mapa e as cartas conferindo a sequência da programação, depois salvou e testou (G1[E5[E6] T1). O robô escapou ao comando da 14ª carta. A pesquisadora perguntou: *P: Tu sabes qual é a carta com problemas?* O sujeito respondeu: *S22: As cartas. né? (frisando “as”)* Então, modificou as curvas, gravou e executou (G1[E5[E6] T2). O robô parou antes do fim. S22 falou: *S22: Eu disse!* Inseriu um comando de ‘curva à direita’ ao lado da 19ª carta, compilou e testou, atingindo êxito (G1[E5[E6] T3). Os algoritmos construídos para resolver G1[E5[E6] podem ser observados no Quadro 116.

Quadro 116 – Algoritmos construídos pelo S22 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	17ª.	18ª.	19ª.	20ª.	21ª	
G1[E5] T1 G1[E6] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↓	→	↑	→	↓	→	fim		X
G1[E5] T2 G1[E6] T2	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	fim		X
G1[E5] T3 G1[E6] T3	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A análise das condutas cognitivas do Sujeito 22 no Grupo 1 de experimentos permite dizer que ele resolveu G1[E1] com uma tentativa, quando o êxito precede a ação. Já em G1[E2] observa-se que S22 conservou o algoritmo inicial para, em seguida, reverter o movimento. Ele inseriu duas cartas de ‘curva à direita’ e colocou cinco cartas ‘para frente’ depois do robô executar as curvas, evidenciando descentração, contudo, precisou contar a quantidade de quadrados do fim para o começo no mapa para completar os comandos na grade, sem estabelecer equivalência e sem reverter de imediato o algoritmo.

No terceiro experimento, S22 organizou o algoritmo de ida e volta na mesma operação e resolveu o problema com apenas uma tentativa, estabelecendo correspondência visual entre os quadrados do mapa e as cartas na grade. Ele evidenciou ter observado a alteração que subtraiu um quadrado da reta, estabeleceu equivalência entre a ida e a volta e demonstrou descentração.

Em G1[E5][E6], S22 também uniu as soluções de ida e volta em uma única operação, estabeleceu a relação de equivalência entre o algoritmo da ida e da volta. Após a testagem do objeto e do questionamento da pesquisadora, S22 disse que o problema estava “nas cartas” e não somente em uma carta, o que nos leva a concluir que o sujeito tomou consciência da regularidade no algoritmo. Contudo, S22 não observou que faltavam duas cartas no algoritmo, pois havia nove cartas de comandos para fazer o robô ir, logo, seriam necessárias outras nove cartas para fazer o robô retornar e precisou ele regular a ação. Assim, conclui-se que a reversibilidade operatória, no caso de S22, é uma capacidade em construção. É importante destacar que S22 não utilizou o recurso concreto para apoiar a representação do movimento, mas somente a relação visual que estabeleceu entre o mapa e a carta de comando.

Foi apresentado o mapa do Grupo 2 de experimentos. A pesquisadora prosseguiu com as orientações. O sujeito deu o nome de “Luís” para o robô, construiu o algoritmo estabelecendo correspondência visual entre o mapa e as cartas, salvou e testou, alcançando êxito. O algoritmo construído para resolver G2[E7] pode ser observado no Quadro 117.

Quadro 117 – Algoritmos construídos pelo S22 para resolver o G1[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	↓	→	→	↓	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o oitavo experimento. O sujeito localizou na caixa a carta com o início da função, a carta com o giro da engrenagem e a carta de efeito sonoro de comemoração, de acordo com os símbolos, e construiu o algoritmo. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 118.

Quadro 118 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora deu as orientações para o nono experimento e questionou como fazer a programação. O seguinte diálogo se desenrolou:

S22: (olhando as cartas na caixa) Seria este (mostra a carta de 'evento1')?

P: É, tem a ver com essa carta aí. Precisa desta carta e precisa de mais outras. Tem alguma ideia?

S22: Essas daqui ou essas (mostra a carta de 'evento2' e as condicionais)?

P: Na verdade, precisa destas e estas.

S22: Essas todas?

P: Não, algumas. Primeiro, eu quero ver se tu tens alguma ideia de como fazer, se não tiver, aí eu te ajudo.

S22: (pausa) Ham... não tenho ideia (risos).

P: (risos) Mas tu conheces esse "IF", "DO" e "ELSE"?

S22: Ah, esse daqui eu não lembro (aponta a carta 'ELSE'), mas esse daqui eu conheço (aponta as cartas 'IF' e 'DO').

P: Tá. Esta tu não conheces ou esta?

S22: Eu acho que eu conheço, é que eu faço aula de inglês, só que eu não me lembro.

P: Ah tá, e em programação tu já usaste?

S22: Nunca.

O sujeito construiu o primeiro algoritmo (G2[E9] T1), mas, ao tentar salvar a programação, o robô emitiu sinal sonoro de erro. S22 apontou a carta 'IF' e perguntou: S22: Mas esse aqui 'tá certo? A pesquisadora respondeu que o algoritmo deveria começar com aquela carta. O sujeito alterou a sequência (G2[E9] T2), tentou gravar, mas novamente foi emitido o sinal sonoro de erro. Então, ele modificou o algoritmo (G2[E9] T3) e outra vez o robô emitiu sinal de erro. A pesquisadora perguntou: P: Por que tu achas que deu errado? O sujeito apontou a carta 'evento2' e o seguinte diálogo aconteceu: S22: Eu acho que é essa carta. Essa carta aqui é giro? (aponta a carta 'evento2') P: O movimento de drible é com a

carta azul. S22 trocou a 4ª carta por duas cartas de curva (G2[E9] T4), salvou e testou, alcançando êxito. A pesquisadora pediu que S22 “explicasse a programação”. O sujeito disse: S22: *Se você ver isso, você faz isso e isso (aponta para as cartas de curva)*. Observa-se que S22 relacionou a carta ‘evento2’ com o movimento de “drible” do robô e tal hipótese dificultou a solução do problema. O auxílio da pesquisadora, ao dizer, depois de várias tentativas do sujeito, que as cartas que realizariam o “drible” eram as curvas, auxiliou o sujeito na solução final. Os algoritmos construídos para resolver G2[E9] podem ser observados no Quadro 119.

Quadro 119 – Algoritmo construído pelo S22, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1		IF		FIM			X
G2[E9] T2	IF			FIM			X
G2[E9] T3	IF		DO		FIM		X
G2[E9] T4	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram propostas as orientações para o décimo experimento. O sujeito construiu o primeiro algoritmo (G2[E10] T1), tentou gravar, mas o robô emitiu sinal sonoro de erro. A pesquisadora disse: *P: O robô não entendeu*. S22 respondeu: *Eu também não (risos)*. Construiu o segundo algoritmo (G2[E10] T2). A pesquisadora perguntou se ele saberia o significado da carta ‘ELSE’ e ele falou: *S22: É “então”?* A pesquisadora não respondeu. S22 alterou novamente (G2[E10] T3) e tentou gravar, mas o robô emitiu sinal sonoro de erro. S22 fez uma pausa olhando a grade de programação e alterou novamente (G2[E10] T4). O sujeito falou: *S22: Até aqui ele está entendendo (aponta ‘DO’)*. Alterou novamente o algoritmo (G2[E10] T5). Desta vez, o robô compilou a programação. O sujeito testou, mas o robô realizou o drible somente no quadrado do mapa com ‘evento2’, ou seja, “driblou somente um adversário”. O sujeito então inverteu as cartas de ‘evento’ (G2[E10] T6) testou e o robô fez o drible novamente no segundo quadrado do mapa com o símbolo. S22, demonstrando desânimo, disse que não saberia resolver o problema. A pesquisadora o auxiliou mostrando a carta com a disjunção ‘OR’ e pedindo que substituísse a carta ‘AND’. S22 salvou e testou, agora alcançando êxito. A pesquisadora perguntou se o sujeito havia entendido o movimento. S22 fez uma pausa sem responder. A pesquisadora pediu que ele explicasse a programação. O

sujeito disse: S22: *Se achar esse ou esse, faça o dribble*. Os algoritmos construídos podem ser observados no Quadro 120.

Quadro 120 – Algoritmo construído pelo S22, com auxílio da pesquisadora, para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G2[E10] T1	IF		DO	↓	↑	AND		ELSE	↑	↓	FIM	X
G2[E10] T2	IF		OR	DO		ELSE	↑	↓	FIM			X
G2[E10] T3	IF	OR		DO		ELSE	↑	↓	FIM			X
G2[E10] T4	IF		AND		DO	ELSE	↑	↓	FIM			X
G2[E10] T5	IF		AND		DO	↑	↓	FIM				X
G2[E10] T6	IF		AND		DO	↑	↓	FIM				X
G2[E10] T7	IF		OR		DO	↑	↓	FIM				V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou S22 para a realização do G2[E11]. O sujeito não repetiu o algoritmo do experimento anterior que poderia solucionar o problema (G2[E10] T5 e T6), em vez disso, construiu outro algoritmo G2[E11] T1, retomando a solução do G2[E9]. Ao testar o robô no mapa, o objeto executou uma música quando passou pelo quadrado do mapa com ‘evento1’ acusando o erro. O sujeito deu gargalhadas e disse: S22: *O Luís está fazendo uma festa e nem marcou o gol ainda!!!* Modificou o algoritmo e falou: S22: *Era só fazer aqui...* Observa-se que ele tomou consciência e repetiu o algoritmo construído no problema anterior que resolveria o problema (G2[E11] T2). Além disso, podemos notar que a hipótese inicial do S22 retrocedeu para a solução do G2[E9]. Somente depois de testar o objeto e assimilar os observáveis da ação, S22 tomou consciência de que já havia construído o algoritmo que solucionava o problema anteriormente em G2[E10] e repetiu a programação com a solução. Depois, testou observando atentamente o movimento do robô. Os algoritmos construídos para resolver G2[E11] podem ser observados no Quadro 121.

Quadro 121 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		DO	↑	↓	FIM			X
G2[E11] T2	IF		AND		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Por fim, a pesquisadora orientou para o último experimento e S22 escolheu três efeitos luminosos para inserir na programação, compilou e testou, alcançando êxito. A pesquisadora pediu que ele explicasse o algoritmo. Disse: S22: *Se você achar isso ou isso, faça isso ou se não achar, faça... essas coisas.* O algoritmo construído para resolver G2[E12] pode ser observado no Quadro 122.

Quadro 122 – Algoritmo construído pelo S22 para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↑	↓	ELSE				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 de experimentos, para resolver G2[E7], S22 repetiu a correspondência visual entre os quadrados do mapa e as cartas na grade, resolvendo o problema do deslocamento com apenas uma tentativa. Em G2[E8], o sujeito localizou na caixa a carta com o início da função, a carta com o giro da engrenagem e a carta de efeito sonoro de comemoração e construiu o algoritmo. Ele reconheceu as cartas de comando a partir dos símbolos e seus significados.

Nos experimentos que seguiram, observou-se que S22 construiu várias hipóteses combinando os comandos que considerou adequados para a programação por meio de um grande esforço cognitivo de adaptação. Procedeu regulando as ações a partir da assimilação dos observáveis, tomando consciência e reorganizando a ação pela abstração pseudoempírica e a abstração reflexionante. Observa-se que as hipóteses iniciais em G2[E9], G2[E10] e G2[E11] encontram coerência com a lógica das ações da estrutura cognitiva do sujeito. Em G2[E9], por exemplo, S22 relacionou a carta ‘evento2’ com o “drible”, o que seria perfeitamente possível, visto que na carta está impresso um símbolo em formato de círculo, que poderia indicar o movimento de “drible”. O símbolo ainda não havia sido introduzido no mapa. Para alcançar êxito, a pesquisadora o auxiliou no procedimento. A explicação do sujeito para o funcionamento do algoritmo está de acordo com o que observou nos testes.

Observa-se que em G2[E10] o sujeito procedeu regulando suas ações e resolveu o problema combinando possibilidades em sete tentativas de construção do algoritmo. Na primeira hipótese, conservou a programação do experimento anterior e inseriu mais alguns comandos que julgou necessários, estabelecendo a coerência do pensamento. Na segunda tentativa, inseriu a disjunção ‘OR’ e a condicional ‘ELSE’ como se fosse “então”, como ele mesmo verbalizou, também demonstrando coerência. Na quarta tentativa, tomou consciência de que o robô estava acusando erro na carta ‘ELSE’, pois disse “*Até aqui ele está entendendo*”

e retirou a condicional depois de realizar o teste. Na quinta tentativa, a hipótese era de que o robô estava executando o drible em ‘evento2’, por isso, ele inverteu as cartas de evento, mas novamente o robô executou o drible na segunda carta em função da conjunção ‘AND’. Na sétima tentativa, S22 alcançou êxito com o auxílio da pesquisadora. Cada vez que o sujeito construiu uma hipótese de resolução do problema, testou, assimilou os observáveis, reorganizou a ação e testou novamente por meio de várias combinações. Se aproximou passo a passo da resolução, contudo, precisou da mediação da pesquisadora para atingir a solução final. Quando foi questionado se havia compreendido os movimentos do robô, S22 ficou em silêncio demonstrando dúvida. Ao ser solicitada a “leitura” do algoritmo, explicou de acordo com o que observou nos testes.

Em G2[E11], o sujeito construiu a mesma hipótese de G2[E9], testou e tomou consciência de que já havia construído um algoritmo que solucionava o problema. Repetiu na solução final.

A partir da fala do sujeito em G2[E12], observa-se que ele explicou o funcionamento da conjunção ‘AND’ sem diferenciar da disjunção ‘OR’, mas traduziu ‘ELSE’ como “senão”, pois havia relacionado à condicional com “então” anteriormente. O sujeito verbalizou que conhecia as palavras “*if*”, “*do*”, “*or*” e “*and*”, apenas não se recordava da palavra “*else*”, pois, segundo ele, “fazia aulas de inglês”. Conforme entrevista com a família, o sujeito já fez aulas de robótica e programação e se interessa muito por tecnologia. O caso do S22 evidenciou que a “lógica de programação” não é a mesma lógica das ações do sujeito, ou seja, que a coerência de comandos necessária para que a máquina execute corretamente os movimentos, não é a mesma coerência existente no pensamento infantil. Assim, a lógica de programação é algo a ser aprendido pelo sujeito e não é próprio do funcionamento psicogenético da estrutura cognitiva. A síntese do percurso cognitivo do S22 pode ser observada no Quadro 123.

Quadro 123 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 22

SUJEITO 22 – 11a.11m.	
G1[E1] T1 ✓	G2[E7] T1 ✓
G1[E2] T1 ✓	G2[E8] T1 ✓
G1[E3] T1 ✓	G2[E9] T1 T2 T3 T4 ✓
G1[E4] T1 ✓	G2[E10] T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 ✓
G1[E5] T1 T2 T3 ✓	G2[E11] T1 T2 ✓
G1[E6]	G2[E12] T1 ✓

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A síntese do percurso evidencia que o sujeito resolveu os experimentos do Grupo 1 reunindo a ida e a volta na mesma solução e atingiu êxito em apenas algumas tentativas. Solucionou todos os problemas do Grupo 2, mas procedeu por várias combinações e recebeu a mediação da pesquisadora para alcançar a solução final do G1[E9] e G1[E10].

O tempo total do S22 foi de 1h13min, ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

6.3.1.3 O Caso do Sujeito 21 (12a.00m.)

As respostas do Sujeito 23 (S23) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em etapa de fechamento, já a prova de espaço vertical foi classificada no Nível IIB, em processamento, como pode ser observado no Quadro 5. O conjunto das provas cognitivas demonstram que o sujeito está no subperíodo das operações concretas.

Figura 50 – Etapa 1 com o Sujeito 23 e a prova cognitiva de conservação. Etapa 2 com o mapa do Grupo 1 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora deu as orientações iniciais. O sujeito colocou o nome de “Rato” no robô. Ao iniciar o procedimento, perguntou se precisaria “desviar dos obstáculos”, se referindo aos desenhos impressos no mapa. A pesquisadora respondeu que não. Ele olhou para o mapa e em seguida construiu o primeiro algoritmo (G1[E1] T1), salvou e testou, alcançando o êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E1] pode ser observado no Quadro 124.

Quadro 124 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	início	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram propostas as orientações para o segundo experimento. O sujeito perguntou: *S23: Ele tem que voltar de frente ou ele tem que voltar de ré?* A pesquisadora respondeu que poderia escolher. O sujeito inseriu cinco cartas ‘para trás’ na grade (G1[E2] T1), gravou e executou, alcançando o êxito. Em G1[E1] e G1[E2], observa-se que S23 olhou para o mapa e contou o número de quadrados sem apontar ou verbalizar, em seguida inseriu cinco cartas ‘para trás’ realizando a operação mentalmente. O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 125.

Quadro 125 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	14ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O terceiro experimento foi lançado. O sujeito retirou as cartas da grade e deixou apenas quatro cartas ‘para frente’, evidenciando que tomou consciência da alteração do mapa. Inseriu uma carta com ‘curva à esquerda’ e duas cartas ‘para frente’ (G1[E3] T1), compilou e testou. Quando o robô executou a curva no mapa, o sujeito disse: *S23: Acho que eu coloquei um ‘para frente’ a mais.* O robô escapou do limite. A pesquisadora perguntou: *P: Quando percebeste que tinha uma carta de comando a mais?* *S23: Quando ele girou aqui. Ele é grande, aí eu vi que ele girou e só precisava mais uma.* S23 retirou a 8ª carta da grade, salvou e executou, alcançando o êxito (G1[E3] T2). O sujeito precisou testar o material para resolver o problema. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 126.

Quadro 126 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	→	FIM	X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após ouvir a proposta do quarto experimento, o sujeito retirou a carta ‘fim’ e inseriu rapidamente as demais cartas, revertendo os comandos e fazendo com que o robô retornasse de ré gravou e executou, atingindo o êxito (G1[E4] T1). Observa-se que ele reverteu mentalmente a ação mais uma vez, sem precisar contar os quadrados no mapa. O algoritmo construído para resolver G1[E4] pode ser observado no Quadro 127.

Quadro 127 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	
G1[E4] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	←	↓	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quinto desafio. O sujeito retirou as cartas que estavam na grade, colocou as três primeiras cartas e procedeu por meio do esquema de ação robô-quadrado-carta, compilou e testou (G1[E5] T1). O robô parou antes de alcançar o fim. O sujeito disse: *S23: Tem que colocar mais um pra frente (riso), eu vi quando ele ‘tava chegando aí.* Então, alterou o algoritmo (G1[E5] T2), salvou e testou, alcançando o êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E5] podem ser observados no Quadro 128.

Quadro 128 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G1[E5] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	FIM		X
G1[E5] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora propôs o sexto experimento. O sujeito retirou a carta ‘fim’ e inseriu uma carta ‘para trás’, uma ‘curva à direita’ e mais uma carta ‘para trás’, fez uma pausa, pegou o robô, colocou no mapa, representou o movimento com as mãos e fez outra pausa. S23 demonstrou dúvida na escolha da direção do giro do 12ª comando, justamente a primeira curva da reversão do movimento, que necessita descentração, pois reverteu o movimento, fazendo com que o robô retornasse de ré. Então, ele retirou a carta, colocou novamente ‘curva à direita’, fez uma pausa e trocou por uma carta de ‘curva à esquerda’, inverteu as cartas

seguintes ‘para frente’, ‘curva à direita’ e ‘para trás’(G1[E6] T1), conferiu mais uma vez apontando cada carta, inseriu ‘fim’ e disse: S23: *Eu acho que é assim..* Depois disso, salvou e testou. O robô escapou ao comando da 12ª carta e o sujeito falou: S23: *Girou pro lado errado.* A pesquisadora perguntou se ele saberia dizer qual o comando errado. O sujeito inverteu de imediato a 12ª carta (G1[E6] T2) e disse: S23: *Agora eu acho que está certo.* Então, gravou e executou. O robô saiu do mapa. Falou: S23: *Ah, não! (risos).* Ele identificou a 14ª carta como o erro e inverteu o giro, deixando as curvas para a direita (G1[E6] T3), compilou e executou. O robô foi para trás no 17º comando. S23 disse: S23: *Esse ‘para trás’ foi errado.* E inverteu as cartas. A pesquisadora perguntou: P: *Com essa programação ele vai e volta, chegando no mapa verde (início)?* O sujeito falou: S23: *Ah, tem que chegar até o mapa verde? Então, perai... S23 inseriu mais dois comandos (G1[E6] T4), salvou e testou, alcançando o êxito, e vibrou batendo palmas. Os algoritmos construídos para resolver G1[E6] podem ser observados no Quadro 129.*

Quadro 129 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G1[E6]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	17ª.	18ª.	19ª.	20ª.		
G1[E6] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	←	↑	→	↑	→	↓	←	FIM				X
G1[E6] T2	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	←	↓	→	↑	→	↓	←	FIM				X
G1[E6] T3	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	←	↓	→	↓	→	↓	←	FIM				X
G1[E6] T4	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	←	↓	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A análise das condutas cognitivas do Sujeito 23 no Grupo 1 de experimentos nos permite dizer que ele não apresentou dificuldades para construir a solução para os cinco primeiros experimentos envolvendo deslocamento. Em G1[E1], destaca-se o questionamento acerca dos desvios dos obstáculos do mapa e em G1[E2] e a pergunta sobre o retorno do robô, condutas que não foram comuns e que foram relacionadas com o conhecimento prévio do sujeito com atividade de programação e robótica. Tanto em G1[E2] quanto em G1[E4], o sujeito manteve o algoritmo inicial para construir a reversão do movimento e observou a modificação do mapa em G1[E3], porém, no terceiro experimento, ele inseriu um comando a mais de ‘para frente’ e precisou regular a ação para alcançar êxito. Tal ação pode ser classificada como “teste do material”. Até o quarto experimento, S23 estabeleceu correspondência visual entre o mapa e as cartas.

Para resolver o quinto experimento, o sujeito se apoiou no esquema de ação robô-mapa-comando para elaborar a representação mental dos movimentos do robô sobre o mapa e

guiar na direção da solução do problema. A dificuldade se apresentou na reversão do movimento em zigue-zague em G1[E6]. S23 demonstrou dúvida na direção da curva, já que reverteu de ré, contudo, alcançou o êxito procedendo com apoio do esquema de ação robô-mapa-comando e da abstração pseudoempírica. A partir deste procedimento, conclui-se que o sujeito não tomou consciência da regularidade do algoritmo que se apresenta tanto na ida quanto na volta do mapa e que, portanto, sua reversibilidade operatória é uma capacidade em construção.

Foi apresentado o mapa do Grupo 2 de experimentos. A pesquisadora prosseguiu com as orientações. O sujeito deu o nome de “Robô Jogador” e perguntou se teria algum “jeito” para chegar até o final do “campo”. A pesquisadora disse para o sujeito escolher o caminho. Desta vez, S23 procedeu estabelecendo correspondência visual entre o mapa e as cartas, construiu o algoritmo, salvou e testou, alcançando o êxito. O algoritmo construído para resolver G2[E7] pode ser observado no Quadro 130.

Quadro 130 – Algoritmos construídos pelo S23 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O oitavo experimento foi lançado. A pesquisadora questionou se o sujeito saberia resolver o problema. S23 localizou as cartas na caixa e construiu a programação. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 131.

Quadro 131 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto G2[E9]. O sujeito olhou as cartas na caixa, pegou ‘evento1’ e disse: S23: *Eu acho que tem a ver com essa (pegou carta ‘evento1’) (pausa). E agora... Não sei... (olha as cartas na caixa) Não sei.* A pesquisadora questionou qual era a relação daquelas cartas. O sujeito respondeu que era o mesmo “desenho” do mapa. O sujeito reafirmou que não saberia resolver e a pesquisadora explicou a construção do algoritmo. Ele falou que seria necessário iniciar com a carta ‘IF’ e colocou a carta na grade. O sujeito dispôs a carta ‘evento1’ e disse: S23: *Bah, eu não sei inglês...* A pesquisadora traduziu a carta ‘DO’ como “fazer alguma coisa” e ‘ELSE’ como “se isso não acontecer/senão”. Já a carta ‘OR’ disse que era “ou” e

‘AND’ seria ‘e’. S23 disse: *‘Tá. Se ver essa carta (recoloca ‘IF’ e coloca ‘evento1’), ele faz (coloca ‘DO’) o jogo de corpo... e agora (pausa). Coloca essa carta aqui (mostra ‘ELSE’)? (pausa).* A pesquisadora falou que o “drible” seria realizado com as cartas azuis. O sujeito posicionou as duas cartas de curva e a carta ‘fim’, gravou e executou. S23 sorriu ao ver o movimento de “drible” e vibrou com a finalização. O algoritmo construído para resolver G2[E9] pode ser observado no Quadro 132.

Quadro 132 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o décimo experimento. O sujeito disse: S23: *Esse eu acho que eu sei.* Observa-se que a afirmação veio depois de ele observar o teste do experimento anterior. O sujeito construiu o algoritmo, compilou e testou, atingindo o êxito. A pesquisadora pediu que ele explicasse a programação. O sujeito falou: S23: *Se o robô ver a carta que é o drible ou a outra carta que também é o drible ele gira pra cima e pra baixo fazendo o drible.* O algoritmo construído para resolver G2[E10] pode ser observado no Quadro 133.

Quadro 133 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF		OR		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o décimo primeiro experimento. O sujeito retirou da grade a carta de ‘evento 1’ e a carta ‘OR’, deixou a carta ‘IF’, inseriu a carta ‘evento2’, a carta ‘DO’ e as curvas (G2[E11] T1), salvou e testou. Quando o robô passou pelo quadrado do mapa com ‘evento1’, fez uma “dança” acusando o erro. S23 sorriu e disse: *Eu acho que eu sei qual é o problema.* Então, retirou as cartas e deixou apenas a primeira. Foi colocando as cartas e falando: S23: *Se o robô ver essa (colocou a carta de ‘evento1’ na grade) ele vai virar e ir reto (insere as cartas 3 e 4), e se ver essa (coloca a carta ‘evento2’) aí sim ele dribla. Eu acho que é assim (G2[E11] T2).* Tentou gravar e o robô emitiu o sinal sonoro de erro. O sujeito disse: S23: *Então, eu acho que é só girar mesmo, não tem uma plaquinha (carta) de fazer nada (riso).* Tentou gravar novamente e o robô emitiu sinal sonoro de erro. S23 falou: S23: *Ele tinha que fazer nada ali (aponta o mapa do evento1), (pausa) se eu colocar os dois*

(eventos) *ele vai driblar nos dois*. Depois disso, ele modificou o algoritmo (G2[E11] T3), tentou gravar e o robô emitiu mais um sinal sonoro de erro. O sujeito olhou para a grade, fez uma pausa e disse: S23: *Ah! Falta o 'DO'*. Então, compilou e testou. O robô se deslocou como desejado. A pesquisadora pediu que ele explicasse a programação. S23 falou: S23: *Se ele ver essa carta e essa ele faz pra cima e pra baixo, ele dribla*. Os algoritmos construídos para resolver G2[E11] podem ser observados no Quadro 134.

Quadro 134 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.		
G2[E11] T1	IF		DO	↑	↓	FIM				X
G2[E11] T2	IF		↑	→	AND		↓	↑	FIM	X
G2[E11] T3	IF		↑	AND		↓	↑	FIM		X
G2[E11] T4	IF		AND		↑	↓	FIM			X
G2[E11] T5	IF		AND		DO	↑	↓	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o último experimento. S23 inseriu uma luz roxa na programação, salvou e testou com êxito. A pesquisadora pediu que o sujeito explicasse a programação. Disse: S23: *Se ele ver essa carta e essa carta ele dribla e acende uma luz roxa*. O algoritmo construído para resolver G2[E11] pode ser observado no Quadro 135.

Quadro 135 – Algoritmo construído pelo S23 para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↑	↓	ELSE		FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 de experimentos, S23 construiu o movimento do jogador de futebol robô estabelecendo correspondência visual entre o quadrado do mapa e a carta na grade e resolveu o experimento na primeira hipótese. Em G2[E8], ele não demonstrou dificuldade para construir o algoritmo relacionando os símbolos e os significados.

Observa-se que em G2[E9] S23, por inferência, concluiu que a carta de ‘evento1’ estava relacionada com o movimento de drible de acordo com a lógica das ações, pois o quadrado do mapa onde está o “adversário” também possui o mesmo símbolo, contudo, não conseguiu resolver o problema sozinho. O sujeito relacionou a carta ‘ELSE’ com o drible e verbalizou que “não sabia inglês”. A pesquisadora interferiu.

Em G2[E10], o sujeito verbalizou “*Esse eu acho que eu sei.*”. Partindo do que viu e ouviu no teste do algoritmo anterior, S23 reorganizou as ações e conseguiu atingir o êxito. A explicação do sujeito estava coerente com o funcionamento do algoritmo. Conforme entrevista com os responsáveis, S23 faz aula de robótica e gosta da atividade de programação, portanto utilizou seus esquemas para adaptar-se ao material novo.

Já no G2[E11], S23 realizou várias combinações até chegar ao êxito. Procedeu assimilando os observáveis e regulando a ação. Assim como S22, as hipóteses de S23 expressas nos algoritmos estão de acordo com a lógica do pensamento, mas ele precisou de regulações cognitivas até chegar ao algoritmo que resolvesse o problema de programação. O ponto de partida foi a lógica das ações para alcançar a lógica de programação. A explicação do sujeito para G2[E12] não evidenciou a compreensão do funcionamento da condicional ‘ELSE’. A síntese do percurso cognitivo do S23 pode ser observada no Quadro 136.

Quadro 136 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 23

SUJEITO 23 – 11a.11m.														
G1[E1]	T1	✓						G2[E7]	T1	✓				
G1[E2]	T1	✓						G2[E8]	T1	✓				
G1[E3]	T1	T2	✓					G2[E9]	T1	✓				
G1[E4]	T1	✓						G2[E10]	T1	✓				
G1[E5]	T1	T2	✓					G2[E11]	T1	T2	T3	T4	T5	✓
G1[E6]	T1	T2	T3	T4	✓			G2[E12]	T1	✓				

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A síntese do percurso cognitivo do S23 demonstra que o sujeito resolveu os experimentos do Grupo 1 em algumas tentativas, especialmente em G1[E5] e G1[E6], algoritmo com mais quantidade de comandos. No Grupo 2, ele solucionou todos os problemas com poucas tentativas. A exceção foi em G2[E11], em que ele combinou várias possibilidades até alcançar o êxito. Em G2[E9], precisou de auxílio da pesquisadora, mas depois disso procedeu por meio da assimilação dos observáveis, tomadas de consciência e abstrações pseudoempíricas e reflexionantes até o fim do percurso.

A pesquisadora questionou o que o sujeito achou mais difícil em toda a atividade. O seguinte diálogo aconteceu:

S23: Eu acho que, talvez, assim... não tão difícil, mas essa parte que eu não 'tava entendendo (aponta as cartas de condicionais na grade).

P: Alguma coisa que tu já aprendeste antes te ajudou a resolver isso aqui?

S23: Ah, sim, bastante, tipo assim, se eu não soubesse o que eu sei de robótica, eu não saberia fazer isso daqui.

A fala final do sujeito confirma a hipótese da pesquisadora de que S23 acionou os esquemas construídos anteriormente nas atividades de robótica para resolver os experimentos. Além disso, S23 relacionou outros materiais de robótica utilizados no passado com o material que ele estava utilizando no momento, por isso, perguntou se havia uma carta de “fazer nada” em G2[E11].

O tempo total de entrevista do S23 foi de 1h21min, ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

6.3.1.4 O Caso do Sujeito 24 (11a.06m.)

As respostas do Sujeito 24 (S24) na Etapa 1 demonstraram que se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação na etapa de fechamento, como pode ser observado no Quadro 8. O conjunto das provas cognitivas demonstram que o sujeito está no subperíodo das operações concretas.

Figura 51 – Etapa 1 com o Sujeito 24 e a prova cognitiva de inclusão de classes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora deu as orientações iniciais. S24 colocou o nome de “Ratatui” no robô e disse: *S24: Vou fazer de um jeito bem louco.* Inseriu as cartas na grade, depois contou os quadrados no mapa e perguntou: *S24: Ele vai andar aqui? (aponta para a grade)* A pesquisadora respondeu que o robô gravaria a programação na grade e depois executaria os movimentos no mapa. O sujeito inseriu a carta ‘fim’, salvou e testou. O robô escapou do mapa. Falou: *S24: Ah, 'tá, tem que botar virado pra cá, vou colocar só reto, porque eu não*

estou com cabeça boa pra inventar coisa hoje. S24 construiu o segundo algoritmo (G1[E1] T2), gravou e executou com sucesso. Os algoritmos construídos para resolver G1[E1] podem ser observados no Quadro 137.

Quadro 137 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	início	→	←	↑	→	→	FIM	X
G1[E1] T2	início	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O segundo experimento foi explicado, o sujeito retirou a carta ‘fim’, inseriu duas curvas e cinco cartas para frente, evidenciando a descentração do próprio ponto de vista para a perspectiva do objeto. Então, compilou e testou, alcançando o êxito (G1[E2] T1). O algoritmo construído pelo S24 para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 138.

Quadro 138 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o terceiro experimento. O sujeito contou o número de quadrados no mapa, em seguida retirou a 6ª carta, recolocou a carta de ‘curva à esquerda’ e inseriu a carta ‘fim’, evidenciando que observou a alteração da quantidade de quadrados no mapa. S24 deixou o restante das cartas na grade, demonstrando que compreendeu que o robô gravaria os comandos somente até a carta ‘fim’, salvou e testou. O robô girou e parou. O sujeito disse: *S24: Agora entendi já que ele fez isso, tinha que ter colocado mais um, eu me esqueci da ida. Me esqueci que tinha... Eu achava que ele virava e já ia pra lá. É que eu brinco de Hotwheels (carrinhos) com meus irmãos e a gente ‘tá acostumando a ir virando já pra um lugar, mas ele (o robô) vira, para e vai.*” Inseriu mais uma carta ‘para frente’ (G1[E3] T2), gravou e testou, alcançando o êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 139.

Quadro 139 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.		
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	FIM			X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quarto experimento. S24 disse: *S24: Agora eu já sei como fazer pra ele voltar.* O sujeito conservou a primeira parte do algoritmo, contou as cartas do fim para o começo, inseriu duas curvas e quatro cartas ‘para frente’ e a carta ‘fim’ (G1[E4] T1). Quando S24 estava gravando a programação, olhou para a grade, depois para o mapa e disse: *S24: Xi, acho que eu errei uma coisa. Ele vai pra lá (curva), vai voltar, vai voltar. Eu ia ter que tirar um desse aqui. Vamos testar, mas tenho certeza que está errado.* O robô iniciou os movimentos no mapa (G1[E4] T1), quando realizou os dois giros, o sujeito disse: *S24: Ah, até que não.* Em seguida, o robô escapou do mapa. O sujeito reorganizou rapidamente as cartas na grade, salvou, testou (G1[E4] T2), alcançando o êxito e vibrando. Depois, disse: *S24: Esse foi só com duas tentativas.* Os algoritmos construídos para resolver G1[E4] podem ser observados no Quadro 140.

Quadro 140 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	
G1[E4] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↑	↑	→	→	→	→	FIM			X
G1[E4] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↑	↑	→	↓	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o quinto experimento. O sujeito disse: *S24: Mas eu tenho uma pergunta, aqui eu vou ter que botar andar reto ou é só... ele anda sozinho?* A pesquisadora respondeu que era necessário colocar a carta ‘para frente’ para o robô se deslocar. Novamente, o sujeito pressupõe que o robô se deslocaria autonomamente “para frente” assim como verbalizou em G1[E3]. S24 retirou as cartas da grade, agiu por meio do esquema de ação robô-mapa-comando para dar suporte à representação do movimento, salvou e testou (G1[E5] T1). O robô escapou do mapa ao 5º comando. O sujeito disse: *S24: Eu sei o que eu fiz de errado.* Então, alterou o algoritmo (G1[E5] T2). Enquanto o objeto percorria a grade para gravar a programação, o sujeito falou: *S24: Eu acho que eu errei esse aqui.* Mesmo assim ele o testou. O robô se deslocou corretamente, mas parou antes do fim. S24 disse: *Viu? Faltou, um virar pra cá e um reto.* Alterou o algoritmo (G1[E5] T3), compilou e executou

com êxito. Ele sorriu e perguntou: *S24: Agora tenho que voltar?* Os algoritmos construídos para resolver G1[E5] podem ser observados no Quadro 141.

Quadro 141 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G1[E5] T1	INÍCIO	→	↑	→	↑	→	↑	→	FIM			X
G1[E5] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	FIM			X
G1[E5] T3	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para resolver o sexto experimento S24 conservou o algoritmo inicial de ida, construiu o retorno e procedeu falando o movimento e colocando a carta correspondente na grade. Ao final, estabeleceu a correspondência visual entre o quadrado no mapa e as cartas na grade. Quando o algoritmo já estava com dezessete comandos, ele disse: *S24: É muita coisa! É muita carta!* Conferiu mais uma vez por meio do esquema de ação robô-mapa-comando, e inseriu mais quatro cartas (G1[E6] T1). Falou: *S24: Eu acho que é assim.* Então, salvou e testou. Quando o robô começou a se deslocar, o sujeito disse: *S24: Pra lá eu sei que ele vai dar.* Quando o robô estava retornando, escapou do mapa depois do comando da 14ª carta. A pesquisadora perguntou se o sujeito saberia identificar qual seria o comando errado. S24 respondeu que era a 12ª carta, depois pediu para testar de novo antes de alterar e assim foi feito. No segundo teste, à medida em que o robô se deslocava pelo mapa, o sujeito acompanhava com os olhos e apontava a carta correspondente de comando, até que o robô escapou do limite. Ele modificou rapidamente a 14ª carta e as cartas seguintes de curva, evidenciando que observou a regularidade no algoritmo, conferiu os comandos representando o movimento com as mãos no mapa e a carta na grade (G1[E6] T2), gravou e executou. O robô escapou do mapa no retorno. S24 retirou as duas últimas cartas, compilou e testou, alcançando o êxito. Depois disso, vibrou e disse: *S24: Só fiz esse pra ir para o jogador de futebol!* O sujeito contou, ao longo da atividade, que adora futebol, que frequenta uma escolinha do esporte e também assiste aos jogos pela televisão com a família. Por isso, segundo ele, estava motivado para avançar para o Grupo 2 de experimentos. Os algoritmos construídos para resolver G1[E6] podem ser observados no Quadro 142.

Quadro 142 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G1[E6]

CARTAS:	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª	21ª	22ª	23ª	24ª		
G1[E6] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	FIN					X
G1[E6] T2	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	FIN		X
G1[E6] T3	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIN				V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A análise das condutas cognitivas do Sujeito 24 no Grupo 1 de experimentos permite dizer que no primeiro experimento o sujeito verbalizou dúvida com relação ao funcionamento do material, pois pensou que o robô se deslocaria na grade. Também construiu uma primeira programação “de um jeito bem louco”, como verbalizou. Tais condutas foram categorizadas como teste do material para adaptação cognitiva. A partir destes testes o sujeito experimentou o comando ‘curva’. No segundo experimento, S24 retirou a carta ‘fim’, inseriu duas curvas e cinco cartas para frente, evidenciando a descentração do ponto de vista para a perspectiva do objeto.

No G1[E3], o sujeito inseriu somente uma carta de curva na primeira tentativa com a expectativa de que o robô girasse e avançasse um quadrado. Foi evidenciada, por meio da fala do sujeito, a relação estabelecida por ele entre a expectativa de movimento ao comando ‘curva’ e a experiência com a brincadeira de carrinhos. O sujeito possuía como hipótese, que a curva faria com que o robô girasse e avançasse um quadrado no mapa, assim como acontece com o próprio corpo e com a experiência prévia da sua brincadeira de *Hot Wheels* (carrinhos). S24 precisou testar e assimilar os observáveis para regular a ação. Em G1[E4], observa-se que S24 conservou a primeira parte do algoritmo e reverteu o movimento, contudo, ele precisou contar as cartas do fim para o começo para se certificar da quantidade de quadrados. Assim, o sujeito não relacionou o algoritmo da ida com o algoritmo da volta, tampouco reverteu o movimento de imediato.

Em G1[E5], S24 manifestou dúvida com relação ao movimento inicial do robô no mapa, o que foi relacionado com a dificuldade de descentração, ou relação com o movimento do próprio corpo, assim como no caso dos carrinhos em G1[E3]. Na primeira hipótese construída, S24 colocou todas as curvas para a mesma direção, na segunda tentativa, alternou, mas precisou testar o robô para concluir que faltavam dois comandos. Em G1[E6], o sujeito conservou o algoritmo da ida e inseriu os comandos de curva alternados para a volta, mas ao testar verificou que a direção dos giros estava errada. Então, corrigiu a ação invertendo a direção dos giros e inserindo comandos a mais, o que foi aplicado no algoritmo seguinte. Ele

manifestou dificuldade com a quantidade de comandos quando o algoritmo estava com 17 cartas.

Foi apresentado o mapa do segundo grupo de experimentos. A pesquisadora prosseguiu com as orientações iniciais. O sujeito deu o nome de “Jean Pierre” ao robô. Disse: *S24: Como eu peguei o jeito, vou fazer o trajeto bem difícil.* Começou a construir o algoritmo, procedeu por meio do esquema de ação robô-mapa-comando para apoiar a representação do movimento e falou: *S24: Esse eu 'tô gostando mais, é futebol né... eu gosto.* Então, ele construiu o algoritmo, salvou e testou. Quando o robô começou a se deslocar, perguntou: *S24: Também vai chutar?* A pesquisadora perguntou se o sujeito havia programado o chute. O sujeito respondeu que não. A pesquisadora disse que o robô só executaria aquilo que estivesse programado. S24 testou, atingiu o êxito e vibrou. O algoritmo construído para resolver G1[E7] pode ser observado no Quadro 143.

Quadro 143 – Algoritmos construídos pelo S24 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10.	11.	12.	
G2[E7] T1	início	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi explicado o oitavo experimento e questionado se o sujeito saberia como resolver o desafio. S24 escolheu a carta ‘girar a engrenagem no sentido horário’ e a carta de efeito sonoro, colocou as cartas na grade, salvou e testou, alcançando o êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E8] pode ser observado no Quadro 144.

Quadro 144 – Algoritmo construído pelo S24 para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o experimento e foi questionado se o sujeito saberia como solucionar. S24 colocou duas cartas de giro e disse: *O drible é assim.* A pesquisadora perguntou o que indicaria “a localização do adversário” para o robô. O sujeito colocou a carta ‘evento2’ na grade e duas curvas (G2[E9] T1). A pesquisadora disse para salvar a programação e testar se o robô estava “compreendendo” as ordens”. O sujeito tentou gravar e o robô emitiu sinal sonoro de erro, S24 falou então que não saberia como resolver o problema e a pesquisadora explicou a construção do algoritmo. Depois disso, ele salvou e testou. Os algoritmos construídos para resolver G1[E9] podem ser observados no Quadro 145.

Quadro 145 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1		↑	↓	FIM			X
G2[E9] T2	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O décimo desafio foi proposto e S24 foi questionado se saberia como resolver. O sujeito construiu a primeira hipótese, substituindo no algoritmo a carta de ‘evento1’ por ‘evento2’ e adicionando mais dois comandos: a disjunção ‘OR’ e ‘evento1’ (G2[E10] T1). Ele tentou salvar, mas o robô emitiu sinal sonoro de erro. S24 disse que não saberia como resolver e a pesquisadora explicou o algoritmo. O sujeito salvou e testou com êxito. A pesquisadora pediu que ele explicasse a programação. S24 falou: *Ele vai ter que ir (aponta ‘IF’), daí ele vai ter que ver lá o... eu esqueci o nome (aponta ‘evento1’), esse (aponta ‘OR’) dribla ou esse (aponta ‘evento2’), esse aqui é o mesmo drible (aponta os giros) e vai.* Os algoritmos construídos para resolver G1[E10] podem ser observados no Quadro 146.

Quadro 146 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF		DO	↑	↓	OR		FIM	X
G2[E10] T2	IF		OR		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito foi orientado para o décimo primeiro experimento e questionado se saberia como solucionar. Ele falou: *S24: Aqui a gente tira o “OR” (retira ‘OR’ e coloca ‘DO’), aqui coloca essas (reposiciona as cartas) (G2[E11] T1).* Então, gravou a programação e disse: *S24: Ele compreendeu!* Depois disso, testou. O robô acusou o erro executando uma música ao passar pelo quadrado do mapa com ‘evento1’, S24 gargalhou, fez uma pausa e falou: *Difícil, não sei fazer.* A pesquisadora explicou o algoritmo. O sujeito disse: *Tu é fluente em inglês, hein?* A pesquisadora perguntou se o sujeito pensava que seria necessário ser fluente em inglês para fazer a programação do robô, ao que ele respondeu que sim. Então, S24 compilou e executou a programação com sucesso. A pesquisadora pediu que ele explicasse a programação. Disse: *S24: Já me esqueci, tu tinha explicado... Vai, dribla se ver (aponta ‘evento1’), esse aqui é esse daqui (aponta o quadrado no mapa correspondente ao ‘evento2’), ou... (faz o giro com as mãos).* Os algoritmos construídos para resolver G1[E11] podem ser observados no Quadro 147.

Quadro 147 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		DO	↑	↓	FIM			X
G2[E11] T5	IF		AND		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Por fim, foram lançadas as orientações para o último experimento. S24 escolheu um efeito luminoso para completar o algoritmo, salvou e testou com êxito. A pesquisadora pediu para que ele explicasse a programação. Disse: *S24: Vai (aponta 'IF'), aqui dribla ... o que que é 'AND' mesmo? (a pesquisadora responde que é "e"), e nesse aqui (aponta o quadrado no mapa com 'evento2'), aqui faz assim (aponta as curvas). O que é 'ELSE' mesmo? (a pesquisadora responde que pode ser "se não encontrar, enquanto isso") Enquanto isso, ele faz a luzinha.* O algoritmo construído para resolver G1[E12] pode ser observado no Quadro 148.

Quadro 148 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	12ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↑	↓	ELSE		FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observa-se que no Grupo 2 de experimentos, S24 disse que “havia pegado o jeito” e repetiu o esquema de ação robô-mapa-comando para dar suporte à representação dos movimentos. Além disso, notamos que o “pegar o jeito” verbalizado pelo sujeito se refere ao acionamento do esquema construído a partir do G1[E5] de posicionar o robô no mapa e colocar a carta na grade (ou esquema robô-mapa-comando”) para apoiar a representação e que foi generalizado para os procedimentos seguintes. Em G2[E8], S24 não demonstrou dificuldade para construir o algoritmo relacionando os símbolos aos significados.

Em G2[E9], inseriu uma sequência de comandos inicial muito semelhante a outros sujeitos da mesma faixa etária (S25 e S27). Observa-se que o algoritmo encontra coerência, mas não resolve o problema, pois não está de acordo com a lógica de programação. A pesquisadora interveio no procedimento explicando o algoritmo. Em G2[E10], o sujeito partiu do algoritmo que estava na grade, construiu sua hipótese evidenciando que realizou um esforço cognitivo para se adaptar ao objeto, procedeu substituindo no algoritmo a carta de ‘evento1’ pela carta de ‘evento2’, que já estava na grade de programação e acrescentou mais dois comandos: a disjunção ‘OR’ e a carta ‘evento1’, o que poderia ser uma hipótese coerente, mas não possível para resolver o problema. A partir da fala do sujeito observa-se que a

explicação da pesquisadora e os observáveis dos testes foram assimilados de maneira deformante, pois para a condicional ‘IF’ o sujeito disse que era “vai ter que ir” e para ‘OR’ falou “esse”.

No G2[E11], observa-se novamente o esforço cognitivo de adaptação do sujeito ao objeto. O sujeito inseriu na grade de programação a carta ‘evento2’ e o movimento de drible, desejando que o robô realizasse o drible somente na segunda carta de evento, logo, totalmente coerente com a lógica das ações, mas não com a lógica de programação. A mesma hipótese foi construída por S22 e S23. Os sujeitos entenderam que o robô precisaria realizar o drible na segunda carta de evento, mas não compreenderam, em um primeiro momento, que o sensor realiza a leitura da carta anterior, pois tal encadeamento de ações exige uma maior mobilidade do pensamento inicialmente não demonstrada pela estrutura cognitiva.

Em G2[E12], é possível concluir que a explicação do sujeito para o funcionamento do algoritmo traduz aquilo que foi possível assimilar, tanto da fala da pesquisadora quanto dos observáveis da ação por meio dos testes realizados. O sujeito não compreendeu o funcionamento das condicionais e operadores lógicos, além de demonstrar dificuldade com a língua inglesa. A síntese do percurso cognitivo do S24 pode ser observada no Quadro 149.

Quadro 149 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 24

SUJEITO 24 – 11a.06m.							
G1[E1]	T1	T2	✓				
G1[E2]	T1	✓					
G1[E3]	T1	T2	✓				
G1[E4]	T1	T2	✓				
G1[E5]	T1	T2	T3	✓			
G1[E6]	T1	T2	T3	✓			
				G2[E7]	T1	✓	
				G2[E8]	T1	✓	
				G2[E9]	T1	T2	✓
				G2[E10]	T1	T2	✓
				G2[E11]	T1	T2	✓
				G2[E12]	T1	✓	

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A síntese do percurso evidencia que o sujeito resolveu os experimentos do primeiro grupo por meio de tentativas, regulando as ações. No segundo grupo, se construiu uma hipótese inicial para G2[E9], G2[E10] e G2[E11] que sofreu interferência da pesquisadora, pois o sujeito não demonstrou intenção de desistir.

Conforme dados coletados na entrevista com a mãe, S24 já participou de aulas de tecnologia.

O tempo total do S24 foi de 48min, ficando abaixo da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária conforme Tabela 3 encontrada na síntese dos casos.

6.3.1.5 O Caso do Sujeito 25 (12a.07m.)

As respostas do Sujeito 25 (S25) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em etapa de fechamento, já a prova de espaço vertical foi classificada como Nível IIB, em processamento. O conjunto das provas cognitivas demonstram que o sujeito está no subperíodo das operações concretas.

Figura 52 – Etapa 1 com o Sujeito 25 e a prova cognitiva da seriação de bastonetes. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora falou sobre as orientações iniciais para resolver os experimentos do Grupo 1. O sujeito deu o nome de “George” para o robô ratinho, construiu a primeira hipótese (G1[E1] T1), gravou a programação e observou o deslocamento do robô na grade. Antes de testar no mapa, a pesquisadora avisou que ela precisaria trocar a bateria do robô, que estava muito baixa. O sujeito disse: *S25: Vou aproveitar para mudar (a programação)*. S25 completou a grade com cartas ‘para frente’ (G1[E1] T2). A pesquisadora perguntou o motivo da modificação. O sujeito falou: *S25: Achei que era para colocar (as cartas) até chegar aqui (aponta o fim do mapa)*. A pesquisadora confirmou que era isso mesmo o que ele deveria fazer e repetiu as orientações iniciais. S25 então modificou o algoritmo (G1[E1] T3) e falou: *S25: Se realmente uma carta dessas equivale a um quadrado, vai funcionar*. Então, gravou e executou, mas o robô escapou do mapa. A pesquisadora perguntou o porquê de o objeto ter passado do limite. O sujeito respondeu que tinha colocado uma carta a mais e alterou a programação (G1[E1] T4). Depois disso, ele compilou e executou, alcançando o êxito. A pesquisadora questionou novamente o motivo de ter colocado cartas até o final da grade. O

sujeito respondeu que quando viu o robô salvando a programação na grade pensou que as cartas e os quadrados do mapa não eram equivalentes. Os algoritmos construídos para resolver G1[E1] podem ser observados no Quadro 150.

Quadro 150 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	
G1[E1] T1	início	→	→	→	→	→	↑	FIM						NT
G1[E1] T2	início	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	↑	FIM	NT
G1[E1] T3	início	→	→	→	→	→	→	↑	FIM					X
G1[E1] T4	início	→	→	→	→	→	↑	FIM						V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O segundo experimento foi lançado. O sujeito conservou o algoritmo anterior, retirou a carta ‘fim’ e inseriu seis cartas ‘para trás’, contou seis quadrados no mapa, depois contou as seis cartas ‘para trás’ na grade e inseriu a carta ‘fim’ sem estabelecer a relação de equivalência entre os algoritmos de ida e volta. Então, salvou e testou (G1[E2] T1). O robô escapou do mapa. S25 disse: *S25: Ah! Coloquei uma a mais.* Retirou uma carta ‘para trás’, depois retirou a 8ª carta e inseriu ‘curva à direita’, sem observar que havia ficado somente quatro cartas ‘para trás’. A pesquisadora pediu que mostrasse, com o dedo no mapa, o que o robô deveria fazer com aquela programação. O sujeito mostrou o movimento de ida, o movimento de “pegar o queijo”, com as curvas, e o movimento de volta. S25 compilou e executou (G1[E2] T2). O robô parou antes de chegar ao fim do mapa. A pesquisadora perguntou: *P: Ué, o que será que aconteceu?* O sujeito respondeu: *S25: Eu esqueci de colocar mais uma aqui.* Inseriu mais uma carta ‘para trás’ (G1[E2] T3), salvou e testou, alcançando o êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E2] podem ser observados no Quadro 151.

Quadro 151 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	
G1[E2] T1	início	→	→	→	→	→	↑	←	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T2	início	→	→	→	→	→	↑	↓	←	←	←	←	FIM		X
G1[E2] T3	início	→	→	→	→	→	↑	↓	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o terceiro experimento. O sujeito retirou da 8ª até a 14ª carta do algoritmo anterior que estavam na grade, inseriu ‘para frente’ sem observar a

alteração da quantidade de quadrados no mapa atual, salvou e testou (G1[E3] T1). O robô escapou do mapa. S25 disse: *S25: Eu coloquei um a mais, não vi ali o mapa.* Então, alterou a programação (G1[E3] T2), gravou e executou, alcançando o êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 152.

Quadro 152 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	→	FIM	X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quarto experimento. O sujeito construiu a primeira hipótese (G1[E4] T1), salvou e testou. O robô escapou do mapa. S25 disse: *Eu vi que ‘tava errado.* A pesquisadora perguntou: *P: Onde?* E o sujeito respondeu: *S25: Quando ele girou.* Ele levantou da cadeira, foi até a ponta da mesa, olhou o algoritmo e fez um movimento de giro com o corpo, alterou a 7ª carta, gravou e executou (G1[E4] T2). O robô escapou do mapa. O sujeito alterou o mesmo comando e falou: *S25: Peraí que eu não entendi.* S25 falou a sequência de comandos olhando a carta e o quadrado no mapa, inseriu mais uma ‘curva à direita’ (G1[E4] T3), salvou a programação e quando o robô chegou no final da grade, ainda gravando a programação, disse: *S25: Opa, fiz errado.* Ele não testou e inseriu mais uma carta ‘para trás’ (G1[E4] T4), depois gravou a programação. Enquanto o robô percorria a grade, o sujeito foi até a ponta da mesa e fez uma pausa olhando o material, então testou. O robô girou duas vezes no final do mapa e escapou. S25 disse: *Agora já sei, eu tenho uma ideia!* Foi novamente até a ponta da mesa, apontou as cartas e o quadrado do mapa falando baixinho. Inverteu a 10ª carta e gravou a programação, mas não testou (G1[E4] T5). Depois que o robô chegou ao final da grade, o sujeito modificou o algoritmo inserindo mais uma carta ‘para trás’ (G1[E4] T6), compilou e executou. Falou: *S25: “Tô achando esse um pouco mais difícil.* Depois de ir para frente no 10º comando, o robô começou a se deslocar para trás. O sujeito disse: *S25: Tem que mudar de novo pra ir pra trás.* Então, alterou a 10ª carta e inseriu mais uma ‘para trás’ no final do algoritmo (G1[E4] T7), salvou e testou. No final do mapa, o robô escapou do limite depois de executar o 10º comando. S25 falou: *Ah! Não foi pra frente!* Ele conferiu cada movimento do robô sussurrando, depois representou o movimento com as mãos no mapa, e alterou o algoritmo várias vezes, colocando e retirando cartas. (G1[E4] T8), depois salvou e testou. O robô escapou do limite. O sujeito colocou o robô no final do mapa, procedeu por meio do esquema de ação robô-quadrado-mapa, gravou e executou, alcançando

o êxito (G1[E4] T9). S25 vibrou com o resultado. Os algoritmos construídos para resolver G1[E4] podem ser observados no Quadro 153.

Quadro 153 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	
G1[E4] T1	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	←	←	←	←	FIM				X
G1[E4] T2	INICIO	→	→	→	→	↑	←	↓	←	←	←	←	FIM				X
G1[E4] T3	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	←	←	←	FIM				NT
G1[E4] T4	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	←	←	←	←	FIM			X
G1[E4] T5	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	←	←	←	FIM			NT
G1[E4] T6	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	←	←	←	←	FIM		X
G1[E4] T7	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	↑	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E4] T8	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	→	↓	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E4] T9	INICIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	→	↓	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora propôs o quinto experimento. S25 procedeu modificando o algoritmo que já estava na grade, falando: *S25: Vai pra frente, aqui vira, vai pra frente de novo...* Representou o movimento do robô com as mãos e depois por meio do esquema robô-quadrado-carta. Ao finalizar, salvou e testou a programação, alcançando o êxito na primeira tentativa e vibrou com o resultado. O algoritmo construído para resolver G1[E5] pode ser observado no Quadro 154.

Quadro 154 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G1[E5] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora prosseguiu com as orientações para o sexto experimento. O sujeito repetiu a mesma estratégia do experimento anterior de representar o movimento do robô com as mãos e depois por meio do esquema robô-mapa-comando. Depois, ele construiu o algoritmo, finalizou e testou com êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E6] pode ser observado no Quadro 155.

Quadro 155 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G1[E6]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	16ª.	17ª.	18ª.	19ª.	20ª.	
G1[E6] T1	INICIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	←	↓	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIN	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A análise das condutas cognitivas do Sujeito 25 no Grupo 1 de experimentos nos permite dizer que logo depois de a pesquisadora dar as orientações iniciais do primeiro experimento o sujeito construiu o algoritmo que resolveria o problema, mas depois de observar o deslocamento do robô gravando a programação na grade, ainda sem testar no mapa, S25 alterou o algoritmo, completando a grade de programação com cartas. O sujeito inferiu que o tamanho do algoritmo na grade estava relacionado com o tamanho do trajeto no mapa, conduta encontrada nos sujeitos com estrutura cognitiva pré-operatória. A resposta do sujeito confirma a hipótese da pesquisadora. Quando foi indagado sobre o motivo da mudança, S25 alterou o algoritmo, mas colocou seis cartas na grade, o que corresponderia ao total de quadrados no mapa considerando o “*start*”. As duas condutas possuem relação com os aspectos perceptivos da ação. O teste do robô possibilitou que S25 tomasse consciência do excesso de cartas no algoritmo. Outro ponto de destaque no procedimento de resolução do primeiro problema é que S25 inseriu uma curva no final do mapa, para “encontrar o queijo”, testando o funcionamento do comando ‘curva’ já no primeiro experimento. Em G1[E2], o sujeito reverteu a ação inserindo seis cartas ‘para trás’, esquecendo novamente que havia o comando ‘*start*’ e procedeu regulando a ação passo a passo. Além disso, ele não estabeleceu a relação de equivalência entre o algoritmo de ida com o de volta.

No terceiro experimento, S25 não observou a alteração no mapa e precisou regular a ação para alcançar êxito, mas inseriu uma carta ‘para frente’ depois da curva, pois já havia testado o comando. Em G1[E4], ele procedeu reorganizando a ação por meio da assimilação dos observáveis, tomada de consciência e abstração pseudoempírica. S25 levantou-se da cadeira e foi até a ponta da mesa várias vezes para se certificar do movimento a ser executado, evidenciando a dificuldade de descentração do ponto de vista, depois se apoiou no esquema de ação robô-mapa-comando. O sujeito demonstrou grande esforço cognitivo para resolver o problema, construindo nove hipóteses.

Já no experimento seguinte (G1[E5]), S25 precisou de apenas uma tentativa para resolver o problema, apoiando-se no esquema de ação robô-mapa-comando. O esquema se repetiu no experimento seguinte (G1[E6]) para reverter o movimento também em apenas uma tentativa. Notamos que o sujeito não observou a regularidade do algoritmo, tanto na ida quanto na volta. Assim, conclui-se que a reversibilidade operatória, no caso de S25, é uma

capacidade em construção, pois o sujeito não reverteu a ação mentalmente, mas apenas a partir do esquema robô-mapa-comando.

A pesquisadora falou sobre as orientações para o Grupo 2 de experimentos. O sujeito deu o nome de “Jimi” para o robô jogador de futebol, iniciou a construção do algoritmo generalizando o esquema de ação robô-quadrado-carta, concluiu, salvou e testou, alcançando o êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E7] pode ser observado no Quadro 156.

Quadro 156 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	↑	→	→	↓	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após ouvir as explicações do oitavo experimento, o sujeito colocou a primeira carta na grade e depois disse: *S25: Mas tem que ver pra que lado vai girar a engrenagem, vai ter que fazer um teste.* Ele posicionou a carta sobre o robô e girou a engrenagem com as mãos, escolheu ‘giro da engrenagem no sentido horário’, colocou na grade, depois pôs a carta ‘aplausos da torcida’ e a carta ‘fim’, compilou, executou com êxito e vibrou. O algoritmo construído para resolver G1[E8] pode ser observado no Quadro 157.

Quadro 157 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o nono experimento. O sujeito perguntou: *S25: Qual é o “start” desse símbolo?* A pesquisadora respondeu que estava na caixa. O sujeito colocou a carta de ‘evento1’ na grade e algumas curvas (G2[E9] T1) e tentou salvar, mas o robô emitiu sinal sonoro de erro. S25 falou: *S25: Eu não sei qual é a carta “se” em inglês.* Então, construiu a segunda tentativa (G2[E9] T2) e disse: *S25: Quando ele ver esse símbolo é pra ele driblar, acho que é isso.* Depois, tentou gravar, mas o robô emitiu sinal sonoro de erro novamente. S25 mexeu nas cartas da caixa e falou: *S25: Achei, tem a bandeirinha!* E inseriu a carta ‘IF’ no início do algoritmo (G2[E9] T3). A pesquisadora pediu para o sujeito antecipar a explicação da programação. O seguinte diálogo se desenrolou:

S25: Se encontrar essa carta (aponta a carta de ‘evento1’), faça o drible.

P: Que carta é essa (apontou ‘DO’)?

S25: Essa aí é “encontrar”.

O sujeito colocou o robô na grade para gravar a programação. O robô reconheceu a primeira carta e S25 sorriu, em seguida, o robô emitiu sinal sonoro de erro. O sujeito inverteu a posição das cartas de ‘evento1’ e ‘DO’ (G2[E9] T4). O robô compilou a programação e executou no mapa, porém, escapou do limite. S25 inverteu a 6ª carta (G2[E9] T5), salvou e executou. O robô escapou mais uma vez. A pesquisadora perguntou qual seria o problema. O sujeito respondeu que precisava retirar um giro, pois já havia um giro na programação de ida. S25 disse: *O robô precisa ficar na mesma posição que chegou para fazer o dribble*. Então, alterou o algoritmo e alcançou o êxito (G2[E9] T6). Os algoritmos construídos para resolver G1[E9] podem ser observados no Quadro 158.

Quadro 158 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.		
G2[E9] T1		↑	↓	↓	FIM			X
G2[E9] T2	DO		↑	↓	↑	FIM		X
G2[E9] T3	IF	DO		↑	↓	↑	FIM	X
G2[E9] T4	IF		DO	↑	↓	↑	FIM	X
G2[E9] T5	IF		DO	↑	↓	↓	FIM	X
G2[E9] T6	IF		DO	↑	↓	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora explicou o décimo experimento. O sujeito acrescentou a carta ‘evento2’ no algoritmo e reorganizou as demais cartas (G2[E10] T1). A pesquisadora apontou a carta ‘IF’ na grade e perguntou qual seria o significado daquela carta. O sujeito respondeu que aquela era a carta para “fazer o comando”, tentou gravar e o robô emitiu sinal sonoro de erro. S25 retirou as cartas da grade e perguntou o significado da carta ‘ELSE’, depois das cartas ‘OR’ e ‘AND’. A pesquisadora explicou. S25 reorganizou o algoritmo (G2[E10] T2), tentou salvar, mas o robô emitiu sinal sonoro de erro. O sujeito fez uma pausa olhando o robô e a grade e inverteu a posição das cartas (G2[E10] T3), posicionou o robô na grade, compilou e respirou aliviado ao perceber que o robô não emitiu sinal sonoro de erro ao realizar a gravação. O robô executou o movimento pretendido. A pesquisadora pediu que ele explicasse a programação. O sujeito disse: *S25: Se ver esse símbolo (aponta ‘evento1’) ou esse símbolo (aponta ‘evento2’) faça o giro para esquerda, vira para a direita e vai pra frente*. Os algoritmos construídos para resolver G1[E10] podem ser observados no Quadro 159.

Quadro 159 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF			DO	↑	↓	FIM		X
G2[E10] T2	IF	OR			DO	↑	↓	FIM	X
G2[E10] T3	IF		OR		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o décimo primeiro experimento e questionou como poderia ser construído o algoritmo. O sujeito falou: *S25: Tem que retirar esse daqui (retirou 'evento1')* (G2[E11] T1). Então, salvou e testou. O robô emitiu sinal sonoro de erro ao passar pelo quadrado no mapa com 'evento1'. A pesquisadora perguntou se o sujeito teria alguma ideia para resolver o problema. S25 respondeu: *Eu pensei em desligar o sensor quando ver esse símbolo (aponta 'evento1')*. A pesquisadora respondeu que não existia essa carta. S25 fez uma pausa olhando o algoritmo e falou: *S25: Vou ter que mudar a programação. Quero pular esse quadrado*. A pesquisadora disse que não seria possível mudar o algoritmo que faria com que o robô chegasse até a goleira (G1[E7]). O sujeito fez outra pausa olhando as cartas na grade e os quadrados no mapa, construiu outra hipótese (G2[E11] T2), salvou e testou. O robô driblou nas duas cartas de evento. O sujeito fez novamente uma pausa olhando a grade de programação, trocou a carta 'OR' pela carta 'AND' (G2[E11] T3), salvou e testou com êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E11] podem ser observados no Quadro 160.

Quadro 160 – Algoritmos construídos pelo S25 para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		DO	↑	↓	FIM			X
G2[E11] T2	IF		OR		DO	↑	↓	FIM	X
G2[E11] T3	IF		AND		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram propostas as orientações para o último experimento. S25 escolheu três efeitos sonoros para acrescentar ao algoritmo, salvou e testou com êxito. A pesquisadora pediu para que o sujeito explicasse a programação. Ele disse: *S25: Se ver esse símbolo (aponta 'evento1') e esse símbolo (aponta 'evento2') faça o giro para esquerda, vira para a direita e faz esses barulhinhos, depois vai pra frente*. O algoritmo construído para resolver G1[E11] pode ser observado no Quadro 161.

Quadro 161 – Algoritmo construído pelo S25 para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	12ª.	13ª.	14ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↑	↓	ELSE				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 de experimentos, S25 generalizou o esquema de ação robô-mapa-comando do experimento anterior para G2[E7] e resolveu o problema em apenas uma tentativa. Em G2[E8], ele precisou testar o movimento da engrenagem para concluir qual comando utilizar. Aqui verificamos, mais uma vez, a importância dos objetos concretos para experimentar, representar e resolver problemas no estágio operatório concreto.

Em G2[E9], observa-se que S25 verbalizou a tomada de consciência de que todas as cartas que iniciavam a programação possuíam um símbolo, nesse caso, uma bandeira verde. Contudo, não localizou a carta ‘IF’ na primeira tentativa, a qual também possui a “bandeira verde” que indica início. A hipótese inicial de S25 em G2[E9] é muito semelhante aos sujeitos da mesma faixa etária (S24 e S27). Novamente, S25 demonstrou um esforço cognitivo bastante grande de adaptação ao objeto, combinando várias possibilidades de comandos e construindo seis hipóteses de algoritmos para a resolução do problema, todas elas bastante coerentes, mas que não resolveram o problema. Importante destacar a tomada de consciência, expressa a partir da fala “*O robô precisa ficar na mesma posição que chegou para fazer o dribble.*” O sujeito relacionou o algoritmo do experimento G2[E7] com o do G2[E9] por meio de abstração reflexionante. S25 verbalizou sua dificuldade com a língua inglesa.

No G2[E10], S25 conservou o algoritmo anterior e acrescentou o comando ‘evento2’, demonstrando a reorganização das ações e mantendo a coerência da conduta, mas sem resolver o problema de lógica de programação. Antes de construir o segundo algoritmo, S25 questionou o significado das cartas ‘ELSE’, ‘OR’ e ‘AND’, justamente os comandos que ainda não haviam sido utilizados. Depois da explicação da pesquisadora, o sujeito construiu a segunda hipótese e precisou regular a ação para alcançar o êxito. A explicação do sujeito para o funcionamento do algoritmo foi bastante adequada, demonstrando que ele assimilou os observáveis da ação e organizou o conhecimento por meio da equilibração.

A solução encontrada pelo S25 para resolver G2[E11] foi bastante interessante. O sujeito verbalizou que desejava “desligar o sensor quando encontrasse ‘evento1’”, uma solução possível na atividade de programação, mas limitada para o material utilizada. A relação estabelecida pelo sujeito foi interpretada como uma assimilação realizada aos esquemas construídos anteriormente na atividade de programação. A solução seguinte encontrada pelo sujeito foi “pular o quadrado” do mapa contendo o ‘evento1’, o que também

seria possível, mas não foi permitido pela pesquisadora para evitar que o problema envolvendo condicional não fosse resolvido. O sujeito regulou as ações nas duas hipóteses seguintes por meio dos observáveis e alcançou o êxito. Em G2[E12], a explicação do sujeito demonstrou indiferenciação entre a conjunção ‘AND’ e a condicional ‘ELSE’.

Observa-se que S25 precisou de várias combinações para resolver G2[E9], G2[E10] e G2[E11]. De certa maneira, é possível dizer que S25 “errou muito” ao longo dos procedimentos, mas foram justamente os “erros” que possibilitaram o exercício cognitivo e a reorganização da ação a partir de abstrações, que o guiaram, passo a passo, na direção da solução final. A síntese do percurso cognitivo do S25 pode ser observada no Quadro 162.

Quadro 162 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 25

SUJEITO 25 – 12a.07m.	
G1[E1] T1 T2 T3 T4 ✓	G2[E7] T1 ✓
G1[E2] T1 T2 T3 ✓	G2[E8] T1 ✓
G1[E3] T1 T2 ✓	G2[E9] T1 T2 T3 T4 T5 T6 ✓
G1[E4] T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 ✓	G2[E10] T1 T2 T3 ✓
G1[E5] T1 ✓	G2[E11] T1 T2 T3 ✓
G1[E6] T1 ✓	G2[E12] T1 ✓

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Com base no percurso cognitivo do S25 é possível dizer que o sujeito resolveu todos os experimentos propostos chegando ao êxito, contudo, no Grupo 1 de experimentos, precisou aprender sobre o funcionamento do material, construir o esquema de ação robô-mapa-comando e usar regulações para solucionar os problemas. Até que em G1[E5] e G1[E6] chegou ao êxito com apenas uma tentativa, mas não evidenciou a reversibilidade operatória estabelecida, pois procedeu por meio do esquema robô-mapa-comando. No Grupo 2 de experimentos, S25 também agiu, passo a passo, a partir de regulações e realizando várias combinações dos algoritmos. A explicação do sujeito foi bastante adequada em G2[E10], revelando a compreensão do funcionamento dos comandos, mas não se estendeu para os experimentos seguintes.

O tempo total do S25 foi de 2h05min, ficando acima da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Na entrevista com os pais, foi destacado que o sujeito já participou de aula de robótica e programação no ambiente escolar e que se interessa muito por tecnologia.

6.3.1.6 O Caso do Sujeito 26 (11a.07m.)

As respostas do Sujeito 26 (S26) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação e inclusão em etapa de fechamento, já a prova da seriação foi classificada em processamento por ter resolvido do particular para o particular, portanto, se encaminhando para o fechamento. O conjunto das provas cognitivas demonstram que o sujeito está no subperíodo das operações concretas.

Figura 53 – Etapa 1 com o Sujeito 26 e a prova cognitiva da representação do espaço. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou para o Grupo 1 de experimentos. O sujeito deu o nome de “Mickey” para o robô, contou a quantidade de quadrados no mapa, a partir do “start” e inseriu cinco cartas ‘para frente’ na grade, colocou a carta ‘fim’, salvou e testou, atingindo o êxito. O algoritmo construído para resolver G1[E1] pode ser observado no Quadro 163.

Quadro 163 – Algoritmo construído pelo S26 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O segundo experimento foi lançado. O sujeito colocou a carta ‘start’ no fim do algoritmo. A pesquisadora disse que deveria deixar o “start” no início da programação. O sujeito respondeu: *S26: Ah, já entendi, tem que fazer tudo junto.* Depois, S26 perguntou sobre a funcionalidade das cartas de números e a pesquisadora lhe explicou. O sujeito construiu o algoritmo utilizando a carta ‘2’ (G1[E2] T1), gravou e testou. O robô girou duas vezes e depois deslocou-se para trás. S26 fez uma pausa olhando a grade e disse: *S26: Ah, tem que ir pra frente... Eu coloquei pra trás.* Então, inverteu o sentido das cartas (G1[E2] T2), salvou e

executou, alcançando o êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E2] podem ser observados no Quadro 164.

Quadro 164 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	2	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E2] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	2	→	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o terceiro experimento. O sujeito pediu para trocar a posição dos quadrados no mapa e disse que queria deixar o “queijinho esquecido” no banheiro. A pesquisadora concordou. S26 manteve o algoritmo que estava na grade até a 7ª carta e inseriu ‘para frente’ sem observar que um quadrado da reta do mapa foi subtraído, depois salvou e testou (G1[E3] T1). O robô escapou do mapa e o sujeito exclamou: *S26: Ah! Entendi!* Então, retirou uma carta ‘para frente’, reorganizou o algoritmo, gravou e executou com êxito. Ao final do teste, o sujeito disse: *S26: Oba! Vamos fazer ele voltar?* S26 demonstrou assim motivação para prosseguir na resolução dos experimentos. Os algoritmos para resolver G1[E3] podem ser observados no Quadro 165.

Quadro 165 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E3]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	
G1[E3] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	→	FIM	X
G1[E3] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o quarto experimento. O sujeito retirou a carta ‘fim’, colocou o robô com as mãos no final do mapa e a carta de giro em cima do objeto para verificar o sentido e, em seguida, colocou a carta na grade e mais quatro cartas ‘para frente’, salvou e executou. Quando o robô realizou os dois giros, antes de concluir o trajeto, o sujeito exclamou: *S26: Errei!* A pesquisadora perguntou em que momento ele havia percebido o problema e o sujeito disse que notou quando o robô girou. Depois disso, ele verbalizou que faria algo “bem diferente agora”, posicionou o robô no final do mapa e colocou a carta em cima do robô para verificar a direção do giro e apoiar a representação, reorganizou o algoritmo G1[E4] T2, salvou e testou, alcançando o êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E4] podem ser observados no Quadro 166.

Quadro 166 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	
G1[E4] T1	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↑	↑	→	→	→	→	FIM	X
G1[E4] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	←	↑	→	→	→	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o quinto experimento. O sujeito retirou as cartas da grade e disse: *S26: Agora vou fazer ele ir, depois vou fazer ele voltar de um jeito bem louco, de costas.* Então, construiu o algoritmo apontando para os quadrados no mapa e representando o movimento com as mãos, salvou e testou (G1[E5] T1). O robô escapou do mapa depois do segundo giro. O sujeito falou: *S26: Ops, esqueci de uma dobra (alterando o algoritmo). Nossa, zigue-zague é muito difícil! E eu me esqueci de mais duas dobras!* Depois disso, gravou e testou (G1[E5] T2). O robô escapou do limite ao final do mapa. S26 disse que teria que retirar uma carta e, tendo feito isso, disse: *S26: Já posso montar a volta?* A pesquisadora perguntou se o sujeito tinha certeza de que o robô chegaria ao fim do mapa, ao que ele respondeu que sim, pois o robô só teria ido “um a mais”. A pesquisadora perguntou se precisaria testar e ele respondeu que não. Isso foi considerado êxito. O sujeito passou para o experimento seguinte. Os algoritmos construídos para resolver G1[E5] podem ser observados no Quadro 167.

Quadro 167 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E5] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	→	FIM					X
G1[E5] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	→	FIM	X
G1[E5] T3	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi proposto o sexto desafio. O sujeito disse: *S26: Agora eu vou fazer ele voltar de trás, porque eu sou “vida louca”.* Então, construiu o algoritmo, fez uma pausa observando o mapa, procedeu por meio do esquema de ação robô-quadrado-carta, salvou e testou (G1[E6] T1). O robô escapou do mapa ao retornar. A pesquisadora perguntou se o sujeito saberia encontrar a carta com problemas. S26 respondeu que sim e inverteu a 14ª carta, depois gravou a programação (G1[E6] T2). Quando o robô concluiu a gravação, ele disse, antecipando o erro: *S26: Peraí, que eu já vi que tem coisa errada.* Assim, ele inverteu a 19ª e a 20ª cartas e falou: *S26: Espero que não dê errado, ele vai virar e vai de frente.* Então, compilou e

louco, de costas” e construiu o algoritmo representando o movimento por meio do esquema de ação robô-mapa-comando, portanto, não observou a regularidade no algoritmo anterior, tampouco estabeleceu a relação de equivalência entre os algoritmos. Quando estava salvando a programação (G1[E6] T2) no robô, S26 observou a regularidade da direção das curvas verbalizando o erro. Ele não testou e alterou novamente o algoritmo, encontrando a solução.

A pesquisadora orientou para o Grupo 2 de experimentos. O sujeito deu o nome de “Cristiano Ronaldo” para o robô, dispôs as cartas na grade e representou o movimento no mapa com as mãos, depois salvou e testou (G2[E7] T1). Quando estava executando o 7º comando, S26 disse: S26: *Eu acho que eu coloquei uma a mais.* O robô escapou do mapa. O sujeito falou: S26: *Agora eu tenho certeza.* Então, retirou a 8ª carta, reposicionou o ‘fim’ (G2[E7] T2), gravou e executou, alcançando o êxito. Os algoritmos construídos para resolver G2[E7] podem ser observados no Quadro 169.

Quadro 169 – Algoritmos construídos pelo S26 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	→	↓	→	FIM	X
G2[E7] T2	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	→	FIM		V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

S26 foi orientado para o oitavo experimento e questionado se saberia como resolver o desafio. O sujeito colocou as cartas na grade, gravou e executou com sucesso. O algoritmo construído para resolver G2[E8] pode ser observado no Quadro 170.

Quadro 170 – Algoritmo construído pelo S26 para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	
G2[E8] T1				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram propostas as orientações para o nono experimento e foi questionado se o sujeito saberia como solucionar. Ele respondeu que o drible seria feito com os “giros” e colocou na grade. A pesquisadora falou que seriam necessários outros comandos. O sujeito fez uma pausa e disse que não saberia como resolver. A pesquisadora explicou a construção do algoritmo. O sujeito salvou e testou com sucesso. O algoritmo construído para resolver G2[E9] pode ser observado no Quadro 171.

Quadro 171 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	
G2[E9] T1	IF		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O décimo desafio foi proposto e o seguinte diálogo se desencadeou:

S26: *Tem que fazer igual a essa? (apontou o algoritmo na grade)*

P: *Quero ver como tu pensas, faz como tu achas que é.*

S26: *(pausa) Não sei.*

P: *Não sabes? (pausa) Podes usar estas cartas. (mostra algumas cartas)*

O sujeito construiu G2[E10] T1. Observa-se que S26 construiu a primeira hipótese partindo do que observou no experimento anterior, salvou e testou. O robô não realizou o drible no quadrado do mapa com ‘evento1’ e a pesquisadora questionou: *P: Entendeste o que ele fez? S26: Não, ele não driblou ali.* A pesquisadora explicou a funcionalidade da conjunção ‘AND’. O sujeito trocou a carta ‘AND’ por ‘OR’ (G2[E10] T2), gravou e executou com sucesso. Observa-se que S26 conseguiu construir o algoritmo que resolvesse o problema, porém, não conseguiu explicar para a pesquisadora o seu funcionamento. Os algoritmos construídos para resolver G2[E10] podem ser observados no Quadro 172.

Quadro 172 – Algoritmos construídos com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E10] T1	IF		AND		DO	↓	↑	FIM	X
G2[E10] T2	IF		OR		DO	↓	↑	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O décimo primeiro experimento foi proposto. O sujeito inverteu novamente a carta ‘OR’, pois na parte de trás estava a conjunção ‘AND’, depois compilou e testou. A pesquisadora pediu para que ele explicasse o algoritmo. S26 disse: *S26: Passa esse e esse e faz o drible aqui.* O algoritmo construído para resolver G2[E11] pode ser observado no Quadro 173.

Quadro 173 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E11]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G2[E11] T1	IF		AND		DO	↑	↓	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi lançado o décimo segundo experimento. O sujeito inseriu uma carta de efeito luminoso e a carta de efeito sonoro “Hi!”, salvou e testou com êxito (G2[E12] T1). A pesquisadora solicitou que ele explicasse a programação na grade. O seguinte diálogo se desencadeou: S26: *Se você vê o confetezinho ou (pausa) a rodinha (pausa) faça o drible e pisque e fale “Hi!”*. P: *Não entendi, faça o drible e pisque?* S26: *Ao mesmo tempo, alguma coisa assim...* P: *Fazer o que ao mesmo tempo?* S26: *Brilhe e fale “Hi!”*. O algoritmo construído para resolver G2[E12] pode ser observado no Quadro 174.

Quadro 174 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	
G2[E12] T1	IF		AND		DO	↓	↑	ELSE			FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 de experimentos, S26 apoiou a representação do movimento por meio das mãos no mapa, repetindo o esquema de ação que guiou a resolução no Grupo 1, para solucionar G2[E7]. Então, construiu o algoritmo e previu que havia um comando a mais, mas decidiu testar para verificar sua hipótese. S26 não demonstrou dificuldades para resolver G2[E8].

Em G2[E9], S26 relacionou o “drible” com os movimentos de curva, depois verbalizou a impossibilidade de resolução do problema e a pesquisadora interferiu no procedimento. Observa-se que depois de notar o funcionamento do robô ao executar o algoritmo, S26 buscou resolver o experimento seguinte estabelecendo relação com o anterior, e em G2[E10] questionou se “era para fazer igual ao anterior”. Ele disse que não saberia fazer, mas, por fim, construiu uma hipótese partindo das cartas indicadas pela pesquisadora, evidenciando que assimilou parcialmente os observáveis da ação anterior. S26 inseriu a conjunção ‘AND’ em vez da disjunção ‘OR’ e, depois de observar o teste, verbalizou que não compreendeu o movimento executado pelo robô.

No G2[E11], o sujeito repetiu o algoritmo que já havia construído anteriormente, mas sua explicação não evidenciou a compreensão do funcionamento, apenas a descrição dos observáveis do teste. O mesmo ocorreu em G2[E12], em que o sujeito não explicou o funcionamento da condicional ‘ELSE’. S26 pareceu ter relacionado a condicional “ELSE” com “executar o efeito luminoso e o efeito sonoro ao mesmo tempo”, como ele mesmo verbalizou. A explicação do sujeito não diferenciou os operadores lógicos ‘AND’ e ‘OR’. A síntese do percurso cognitivo do S26 pode ser observada no Quadro 175.

Quadro 175 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 26

SUJEITO 26 – 11a.07m.				
G1[E1]	T1	✓	G2[E7]	T1 T2 ✓
G1[E2]	T1 T2	✓	G2[E8]	T1 ✓
G1[E3]	T1 T2	✓	G2[E9]	T1 ✓
G1[E4]	T1 T2	✓	G2[E10]	T1 T2 ✓
G1[E5]	T1 T2 T3	✓	G2[E11]	T1 ✓
G1[E6]	T1 T2 T3	✓	G2[E12]	T1 ✓

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A síntese do percurso cognitivo mostra que S26 resolveu todos os experimentos do Grupo 1 por meio da assimilação dos observáveis, reconstruindo as próprias ações, pois ele precisou de mais de uma tentativa para resolver a grande maioria dos experimentos. Já nos experimentos do Grupo 2, S26 resolveu os dois primeiros e não conseguiu resolver de maneira espontânea os demais problemas. A pesquisadora interferiu nos procedimentos. As explicações do sujeito evidenciaram assimilações deformantes dos observáveis dos testes e da fala da pesquisadora.

O tempo total do S26 foi de 1h22min, ficando na média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme entrevista com os responsáveis, S26 já participou de aulas de robótica e programação no ambiente escolar e que se interessa muito por tecnologia.

6.3.1.7 O Caso do Sujeito 27 (10a.03m.)

As respostas do Sujeito 27 (S27) na Etapa 1 demonstraram que ele se encontra com as noções de conservação, inclusão e seriação em etapa de fechamento e as provas de espaço horizontal e vertical encontram-se em processamento. O conjunto das provas cognitivas demonstra que o sujeito está no subperíodo das operações concretas.

Figura 54 – Etapa 1 com o Sujeito 27 e a prova cognitiva da representação do espaço. Etapa 2 com o mapa do Grupo 2 de experimentos



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora orientou S27 para o Grupo 1 de experimentos. O sujeito deu o nome de “Miscasmuscas Misqueis Mouse” para o robô e colocou seis cartas ‘para frente’ na grade. A pesquisadora questionou: *P: Com essa programação o robô vai chegar até o fim do mapa?* S27: *Sim, porque tem 1, 2, 3 e 1, 2, 3 (contou realizando a correspondência entre os quadrados no mapa e as cartas na grade).* Então, salvou e testou (G1[E1] T1). O robô escapou do mapa. O sujeito disse: *S27: O quê? Caramba! Ah, entendi, é cinco então.* Depois disso, reorganizou o algoritmo, gravou e executou corretamente os movimentos planejados (G1[E1] T2). Os algoritmos construídos para resolver G1[E1] podem ser observados no Quadro 176.

Quadro 176 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E1]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	
G1[E1] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	→	FIM	X
G1[E1] T2	INÍCIO	→	→	→	→	→		FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O segundo experimento foi lançado. S27 inseriu cinco cartas ‘para trás’ e disse: *Espera aí, espera aí, espera aí, espera aí... É seis, porque ele vai voltar do início, né? (pausa) Deixa eu pensar aqui. Agora que eu... É cinco mesmo, é cinco. Porque a primeira sala não conta, ele vai muito pra frente, não conta a primeira sala..* Então, ele compilou e testou. Quando o robô estava quase no final do mapa, o sujeito disse: *S27: Ah, não, fiz errado, tinha que ter colocado pra ele virar, agora ele vai dar uma de Michael Jackson (voltar de ré).* O robô foi e voltou de ré. O algoritmo construído para resolver G1[E2] pode ser observado no Quadro 177.

Quadro 177 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G1[E2]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	
G1[E2] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	←	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foram lançadas as orientações para o terceiro experimento. O sujeito alterou o algoritmo do experimento anterior que já estava na grade, evidenciando que observou a alteração do mapa, afastou as cartas com o comando ‘para trás’ e inseriu duas cartas, uma ‘curva à esquerda’ e uma ‘curva à direita’. A pesquisadora perguntou: *P: Essa programação é pra chegar até ali (aponta o quadrado ‘start’)? S27: Uhum, na teoria está certo. Vai subir, vai descer e vai dar “Moon Walk” (voltar de ré) de novo.* Então, ele salvou e testou (G1[E3][E4] T1). O robô escapou do mapa. O sujeito disse: *S27: Um, dois, três, quatro, cinco (contou apontando as cartas na grade). Eu coloquei cinco. Ah, mas não tem cinco, tem quatro!* Depois disso, ele reorganizou o algoritmo, gravou e executou (G1[E3][E4] T2). O robô chegou até o final do mapa, executou os giros e retornou sem realizar a curva. O sujeito disse: *S27: Ah meu Deus! Eu tenho que colocar pra frente!* Então, alterou o algoritmo (G1[E3][E4] T3), compilou e testou. O robô escapou do mapa no 8º comando. O sujeito disse que não havia entendido e pediu para testar novamente. Ele testou, observou, disse que precisava inserir os giros e construiu o algoritmo (G1[E3][E4] T4). Não testou e disse que teria uma solução melhor. Depois, construiu outro algoritmo (G1[E3][E4] T5), pegou uma carta e colocou no mapa e representou os movimentos com as mãos, conferindo as cartas na grade. S27 disse: *S27: Ah não, aqui ele vai escapar e vamos ter que ser rápidos pra ele não cair da mesa. Em vez de ir pra frente ele vai pra trás, aí ele dá Moon Walk... O Miscasmuscas Jack.* Observa-se que o sujeito tomou consciência, mesmo antes do teste, de que aquele algoritmo faria com que o robô escapasse do limite do mapa. Por isso, alterou novamente a programação, depois salvou e testou (G1[E3][E4] T6). Quando o robô estava se localizando para iniciar o trajeto no mapa, o sujeito disse: *S27: Bom, agora eu não sei o que fazer se não der certo.* O robô executou corretamente o movimento desejado. O sujeito bateu palmas e acenou com as mãos demonstrando animação. Os algoritmos construídos para resolver G1[E3][E4] podem ser observados no Quadro 178.

Quadro 178 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E4]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	
G1[E3] T1 G1[E4] T1	INÍCIO	→	→	→	→	→	↑	↓	←	←	←	←	←	FIM	X
G1[E3] T2 G1[E4] T2	INÍCIO	→	→	→	→	↑	↓	←	←	←	←	FIM			X
G1[E3] T3 G1[E4] T3	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	←	←	←	←	FIM		X
G1[E3] T4 G1[E4] T4	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	←	←	←	←	FIM	NT
G1[E3] T5 G1[E4] T5	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	←	↓	→	→	→	→	FIM	NT
G1[E3] T6 G1[E4] T6	INÍCIO	→	→	→	→	↑	→	←	↓	←	←	←	←	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A pesquisadora lançou o quinto experimento. O sujeito perguntou: *S27: No “start” ele já vai pra frente?* A pesquisadora respondeu: *P: Não, só se localiza.* O sujeito construiu o algoritmo e disse: *S27: Agora eu acho que ele vai. Estou animado pra fazer a parte do Pelé (se referindo ao Grupo 2 de experimentos).* Então, salvou e testou (G1[E5] T1). O robô escapou do mapa. O sujeito disse: *S27: Eu fiz a mais!* Depois disso, ele reorganizou o algoritmo (G1[E5] T2), gravou e executou com êxito. Os algoritmos construídos para resolver G1[E5] podem ser observados no Quadro 179.

Quadro 179 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E5]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	
G1[E5] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	FIM	X
G1[E5] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	FIM			V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito logo quis construir o retorno do robô. Então, organizou o algoritmo e disse: *S27: É uma repetição de comandos.* Depois, salvou e testou (G1[E6] T1). O robô escapou do mapa. O sujeito disse: *S27: A partir daqui (aponta a 14ª carta) eu devo virar todas para frente então (inverteu a 14ª carta) todas que não tem par (inverteu a 19ª carta).* Agora sim eu acho que vai dar certo. S27 gravou, executou (G1[E6] T2) e observou atentamente a execução dos movimentos pelo objeto. Quando o robô executou os dois giros (16ª e 17ª cartas), o sujeito disse: *S27: O quê? Eu tenho que trocar então todas para cima? P: Tu sabes onde está o problema? S27: Não sei onde está o problema, o problema é sempre as setinhas (pausa).* Então, ele passou os dedos sobre as cartas na grade de programação, retirou a 17ª e a 21ª carta, reorganizou o algoritmo (G1[E6] T3), compilou e testou, alcançando o êxito. O sujeito bateu palmas pelo sucesso. Disse: *S27: É o mesmo mapa de cabeça para baixo.* Os algoritmos construídos para resolver G1[E6] podem ser observados no Quadro 180.

Quadro 180 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G1[E6]

CARTAS:	1º.	2º.	3º.	4º.	5º.	6º.	7º.	8º.	9º.	10º.	11º.	12º.	13º.	14º.	15º.	16º.	17º.	18º.	19º.	20º.	21º.	22º.	23º.	24º.	
G1[E6] T1	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↓	→	↓	↓	→	↓	→	↓	↓	→	RM	X
G1[E6] T2	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↑	↑	→	↑	→	↓	↓	RM		X
G1[E6] T3	INÍCIO	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	↓	↓	→	↑	→	↓	→	↑	→	↓	→	RM			V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Por meio da análise das condutas cognitivas do S27 no Grupo 1 de experimentos é possível dizer que, para resolver o primeiro problema, ele contou os comandos, estabelecendo a correspondência entre os quadrados do mapa e as cartas na grade, mas desconsiderou a orientação de que a primeira carta na grade corresponderia ao primeiro quadrado no mapa. O sujeito precisou assimilar os observáveis do teste para regular a ação e alcançar o êxito. Em G1[E2], ele manifestou dúvida acerca da quantidade de comandos para reverter a ação, mas regulou a ação dizendo “*É cinco, porque a primeira sala não conta*” e resolveu o problema em uma tentativa. Observa-se que S27 verbalizou aquela que foi a dificuldade de vários sujeitos investigados: considerar o primeiro quadrado no deslocamento. No primeiro momento, ele inseriu cinco cartas ‘para trás’ para reverter a ação, pois havia colocado cinco cartas ‘para frente’. Contudo, entrou em conflito cognitivo com a sua hipótese ao contar seis quadrados no mapa. A tomada de consciência foi expressa por meio da fala: “*É cinco mesmo, é cinco. Porque a primeira sala não conta.*” O sujeito foi perturbado cognitivamente em função da percepção, mas reequilibrou-se depois da operação mental.

No terceiro experimento, o sujeito reuniu a ida e a volta em uma única solução. Na primeira hipótese, observa-se que não percebeu a alteração do mapa que teve um quadrado subtraído, mas tomou consciência depois do teste. Ele precisou de três tentativas para fazer com que o robô chegasse ao final do mapa. Regulou a ação inserindo duas curvas para reverter o movimento e fazer com que o robô retornasse de frente para o início, mas não testou. Depois disso, mudou a estratégia, fazendo com que o robô retornasse de ré. Então, construiu o algoritmo (G1[E3][E4] T5), mas não chegou a testar, pois tomou consciência de que o robô escaparia depois do 9º comando e que o movimento seguinte seria para “para trás” e não “para frente”. S27 modificou a hipótese e testou, alcançando o êxito por meio de um movimento que ele relacionou com o passo “*Moon Walk*” do cantor Michael Jackson.

Em G1[E5], o sujeito questionou se o robô avançaria de maneira espontânea um quadrado no início do percurso. A mesma dúvida foi manifestada por outros investigados e foi relacionada à questão da contração do ponto de vista que relaciona o movimento do robô com o movimento do corpo humano ou com outras experiências prévias como “brincar de carrinhos”. Observa-se que o sujeito reconheceu a regularidade das curvas no algoritmo de

ida, mas inseriu dois comandos a mais na primeira tentativa, sem estabelecer a correspondência. Já no algoritmo da volta (G1[E6]), o sujeito procedeu inicialmente colocando todas as curvas para a direita e regulou a ação na tentativa seguinte, invertendo todas as curvas para a esquerda. Na terceira tentativa (G1[E6] T3), o sujeito alternou a direção das curvas. S27 procedeu por meio da assimilação dos observáveis, tomando consciência e reequilibrando a ação pela abstração pseudoempírica e pela abstração reflexionante para construir o algoritmo de reversão do movimento, sem estabelecer de imediato a relação de equivalência entre os dois algoritmos. Assim, conclui-se que a reversibilidade operatória, no caso de S22, é uma capacidade em construção. Depois do teste, ele verbalizou: “*É o mesmo mapa de cabeça para baixo*”, ou seja, tomou consciência da regularidade do algoritmo a partir dos testes realizados.

A pesquisadora orientou para o Grupo 2 de experimentos. O sujeito deu o nome de “Pelé” para o robô jogador de futebol. Então, ele foi dizendo os comandos e construindo o algoritmo. Contou apontando o quadrado no mapa, salvou e testou (G2[E7] T1). Quando o robô girou duas vezes, o sujeito falou: *S27: Ai... Peraí... Não entendi*. No entanto, em seguida, ele alterou o algoritmo invertendo o sentido das curvas, gravou e executou (G2[E7] T2). Ao verificar que o robô girou duas vezes sem alcançar a meta, o sujeito exclamou: *S27: Ah!!!* e alterou o algoritmo retirando uma curva (9ª carta) e reorganizando o algoritmo na grade. A pesquisadora questionou o motivo do sujeito inserir frequentemente dois giros. O sujeito respondeu: *S27: É que na outra vez eu tinha aprendido que os dois giros ‘faziam ele’ girar pro lado. Eu me acostumei aos dois giros, mas agora eu tive que mudar*. O sujeito disse ainda: *S27: Agora eu vou fazer uma brincadeira, mas vai chegar*. Então, incluiu mais uma curva e uma reta. A pesquisadora perguntou se o sujeito estava fazendo da maneira certa ou da maneira errada para testar. O sujeito respondeu que estava fazendo da maneira certa, depois salvou e testou o algoritmo, alcançando o êxito (G2[E7] T3). Os algoritmos construídos para resolver G2[E7] podem ser observados no Quadro 181.

Quadro 181 – Algoritmos construídos pelo S27 para resolver o G2[E7]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.		
G2[E7] T1	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↑	↑	→	FIM		X
G2[E7] T2	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	↓	→	FIM		X
G2[E7] T3	INÍCIO	→	→	→	↑	→	→	↓	↑	↓	→	FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi lançado o oitavo experimento e o sujeito foi questionado quanto a como resolvê-lo. O sujeito olhou e mexeu nas cartas da caixa, escolheu corretamente a carta com o início da função, ‘giro da engrenagem’ e efeito sonoro de ‘aplausos da torcida’ e pediu para colocar uma “luz amarela” também. O algoritmo construído para resolver G1[E8] pode ser observado no Quadro 182.

Quadro 182 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G2[E8]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	
G2[E8] T1					FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Foi lançado o nono experimento e foi questionado se o sujeito saberia como solucioná-lo. O sujeito respondeu: *S27: Eu acho que eu sei.* Ele construiu o algoritmo, mas ao salvar, o robô emitiu sinal sonoro de erro (G2[E9] T1). S27 fez uma pausa. A pesquisadora mostrou as cartas necessárias para construir a programação. Então, ele construiu o algoritmo colocando ‘IF’ e ‘DO’. A pesquisadora perguntou se o sujeito já conhecia os comandos ‘IF’ e ‘DO’ e ele respondeu que sim. Depois disso, compilou e executou com êxito. O sujeito perguntou: *Não tem ‘ELSE’ nem ‘AND’?* A pesquisadora disse que estavam na caixa e que ele decidiria quando usar. A pesquisadora pediu para que o sujeito explicasse a programação. O sujeito disse: *S27: Ok, se você ver isso daqui você vai dar um “olé”, que no caso eu fiz uma pra cima, uma pra baixo, uma pra cima e pra baixo pra não atrapalhar né... Daí ele vai dar um oi e vai parar e vai continuar.* Os algoritmos construídos por S27 para resolver G2[E9] podem ser observados na no Quadro 183.

Quadro 183 – Algoritmo construído com auxílio da pesquisadora para resolver o G2[E9]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	
G2[E9] T1		↑	↓	↑	↓		FIM			X
G2[E9] T2	IF		DO	↑	↓	↑	↓		FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O décimo desafio foi proposto e foi questionado se o sujeito saberia como resolver. S27 levantou a possibilidade de desviar do mapa onde estava o adversário. A pesquisadora disse que não seria possível desviar do adversário, que seria necessário fazer o drible, pois, do contrário, o sujeito não utilizaria a condicional para resolver o experimento. O S27 construiu o algoritmo, testou e o robô acusou erro (G2[E10] T1). O sujeito disse que não sabia o que tinha acontecido, depois falou que havia esquecido o ‘DO’. A pesquisadora comentou que só

havia uma carta ‘DO’ no material. S27 fez uma pausa e disse: *Então ‘ELSE’, não me lembro o significado de “else”*. O sujeito fez uma pausa e pediu para ouvir a orientação inicial novamente. A pesquisadora a repetiu. O sujeito reconstruiu o algoritmo (G2[E10] T2). A pesquisadora pediu para o sujeito explicar a programação construída. S27 falou: *Bom, se você ver esse e esse faça pra baixo, pra cima, pra baixo, pra cima, que é o drible...* A pesquisadora perguntou onde o “Pelé” faria o “drible”. O sujeito apontou para os dois quadrados com ‘evento’ no mapa, salvou e testou (G2[E10] T3). O robô realizou o drible somente no segundo quadrado com ‘evento’, que representa o “adversário”. A pesquisadora perguntou o que havia acontecido. O sujeito trocou a conjunção ‘AND’ pela disjunção ‘OR’. A pesquisadora perguntou qual o motivo de “Pelé” não driblar em cada um dos adversários quando estava com ‘AND’. S27 respondeu, gaguejando bastante: *Porque e... e se você ver o... esse negócio e aquele ali, aí faça isso daí. Daí eu acho que ele fez aqui por causa que é o primeiro, o mais perto daqui dele. Faz mais sentido por “ou”, deve ser isso*. A pesquisadora perguntou qual das cartas faria com que o robô realizasse o drible nos dois adversários. Ele respondeu: S27: *Tem que ser “ou”, por causa que daí o “and” não faz tanto sentido quanto o “ou”. P: Por que não faz sentido? S27: Por causa do... ah, eu não sei, pra nós faz sentido, mas por ser programado faz mais sentido “ou”*. Então, ele salvou e testou, alcançando o êxito (G2[E10] T3). A pesquisadora perguntou novamente porque o objeto havia feito o drible nos dois com essa programação e não havia feito antes. S27 respondeu: S27: *Porque pra máquina é programado que “ou” faz mais sentido que “e”. É que ele não entende o “e” e daí buga e daí ele não vê esse daí como driblar. P: Não entendi, explica de novo. S27: É que, assim, se for esse ele entende que... mas aí quando ele vê o “e” daí ele entende errado, né... porque não está certo, na programação dele deveria ser “ou”, né... E daí como o mais perto do “DO” é esse daqui, ele acaba fazendo este daqui*. Os algoritmos construídos por S27 para resolver G2[E10] podem ser observados no Quadro 184.

Quadro 184 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G2[E10]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	
G2[E10] T1	IF		DO	↑	↓	↑	↓		AND		↑	↓	↑	↓	FIN	X
G2[E10] T2	IF		AND		DO	↑	↓	↑	↓		FIN					X
G2[E10] T3	IF		OR		DO	↑	↓	↑	↓		FIN					V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O sujeito pediu para incluir o ‘ELSE’ na programação e a pesquisadora concordou. Ele inseriu o comando e mais três efeitos sonoros. Depois disso, perguntou se poderia colocar um ‘loop’, ao que a pesquisadora respondeu que “ele é quem decidiria”, mas o sujeito inseriu a carta ‘fim’ salvou e testou. Então, ele observou atentamente o robô no mapa e vibrou com seu êxito. A pesquisadora pediu para o sujeito explicar novamente a programação. S27 respondeu: *S27: Se ver este daqui ou este daqui faça pra baixo, pra cima, pra baixo, pra cima, diga oi, e se não for isso diga, diga... o bombeiro, pergunta ‘das coisa’ da vida e se apaixonou. A pesquisadora insistiu perguntando o que mudou na programação quando colocou ‘AND’. S27 respondeu: É assim, é que se eu ver este e depois ver este, eu vou ter que executar o “olé”. P: Nos dois locais? S27: Eu faço só em um porque ele entende que eu vou ter que ver os dois, vou ter que ver um negócio e o outro negócio pra depois fazer.* O algoritmo construído por S27 para resolver G2[E12] pode ser observado no Quadro 185.

Quadro 185 – Algoritmo construído pelo S27 para resolver o G2[E12]

CARTAS:	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.	9ª.	10ª.	11ª.	12ª.	13ª.	14ª.	15ª.	
G2[E12] T1	IF		OR		DO	↑	↓	↑	↓		ELSE				FIM	V

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Grupo 2 de experimentos, foi observado que o sujeito repetiu, de maneira equivocada, a inserção de duas curvas no algoritmo, o que estava dificultando a resolução dos problemas desde G1[E3][E4]. A pesquisadora questionou o motivo de tal conduta, ao que o sujeito respondeu que “havia aprendido e se acostumado” aos dois giros, mas precisou mudar, ou seja, reorganizar a ação, para alcançar o êxito na terceira tentativa do G2[E7]. S27 verbalizou que faria uma “brincadeira” e inseriu três curvas ao final do algoritmo (G2[E7] T3), para quando o robô se aproximasse da goleira. Em G2[E8], o sujeito construiu a solução relacionando o símbolo e o significado, agregando sobre sua experiência prévia, e inseriu também um efeito luminoso de “luz amarela”.

No G2[E9], S27 organizou um algoritmo bastante similar a outros sujeitos investigados da mesma faixa etária (S24 e S25). O algoritmo possui coerência com a lógica das ações, mas não com a lógica de programação. Depois da intervenção da pesquisadora, o sujeito construiu um algoritmo com ‘IF’ e ‘DO’. Ainda que tivesse verbalizado que conhecia as condicionais, S27 não as utilizou de imediato e ainda questionou se havia comandos ‘AND’ e ‘ELSE’ no material. Tais condutas evidenciam a experiência prévia do sujeito com a atividade de programação. A explicação do algoritmo realizada pelo sujeito está bastante coerente com seu funcionamento. Destaca-se que o sujeito verbalizou que inseriu quatro

curvas “para não atrapalhar”, ou seja, para não interferir no algoritmo de deslocamento do robô. Tais relações foram estabelecidas mentalmente por meio de abstrações reflexionantes.

Em G2[E10], observa-se que na primeira hipótese o sujeito pediu para desviar do adversário assim como S25 também sugeriu, o que seria uma solução possível na atividade de programação, mas o sujeito não utilizaria a condicional, por isso, não foi permitido pela pesquisadora. Depois, ele manteve o algoritmo anterior e inseriu mais comandos, incluindo ‘AND’, ‘evento2’ e curvas. Novamente, a partir da lógica das ações o algoritmo estava bastante coerente, mas não estava de acordo com a lógica de programação para solucionar o problema. Na segunda tentativa, o sujeito desejava inserir mais um comando ‘DO’ na programação, mas por uma limitação do material não havia outra carta com a condicional. O sujeito então sugeriu ‘ELSE’, mas disse não lembrar do significado da condicional. Construiu a segunda hipótese inserindo ‘AND’ em vez de ‘DO’, testou e justificou a não execução do drible nos dois “adversários” dizendo que ‘OR’ “faria mais sentido para o robô” do que ‘AND’ e depois justificou que ‘OR’ estaria mais perto do ‘DO’, por isso “o robô entenderia melhor” o comando. A partir das explicações do sujeito observa-se a não diferenciação entre os operadores lógicos ‘AND’ e ‘OR’, além da não compreensão do funcionamento dos comandos por parte do sujeito, mas a dificuldade foi atribuída por ele ao robô. Observa-se que S27 justificou o funcionamento do robô por meio da lógica das ações e não da lógica de programação.

No experimento seguinte, o sujeito pediu para inserir a condicional ‘ELSE’ e mais três efeitos sonoros. Depois de observar atentamente o teste realizado com o robô, o sujeito explicou o funcionamento da condicional ‘ELSE’ como “senão”. Destaca-se que o sujeito verbalizou no experimento anterior que conhecia a condicional ‘ELSE’ e que apenas não lembrava o seu significado. Quando a pesquisadora questionou a diferença do operador lógico ‘OR’ e ‘AND’, o sujeito, depois de observar o funcionamento do robô, justificou que ‘AND’ “*tem que ver um negócio e o outro negócio pra depois fazer*”, o que está bastante coerente com o funcionamento da conjunção na programação. A síntese do percurso cognitivo do S27 pode ser observada no Quadro 186.

Quadro 186 – Síntese do percurso cognitivo do Sujeito 27

SUJEITO 27 – 10a.03m.												
G1[E1]	T1	T2	✓					G2[E7]	T1	T2	T3	✓
G1[E2]	T1	✓						G2[E8]	T1	✓		
G1[E3]								G2[E9]	T1	T2	✓	
G1[E4]	T1	T2	T3	T4	T5	T6	✓	G2[E10]				
G1[E5]	T1	T2	✓					G2[E11]	T1	T2	T3	✓
G1[E6]	T1	T2	T3	✓				G2[E12]	T1	✓		

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A síntese do percurso cognitivo nos mostra que S27 resolveu os experimentos por meio de tentativas e regulação das ações. No Grupo 1, ele uniu a resolução do G1[E3] e G1[E4], mas procedeu com as regulações para atingir o êxito, construindo seis hipóteses. No Grupo 2, o sujeito também resolveu todos os experimentos, e verbalizou, desde o início, que conhecia as condicionais e operadores lógicos de sua experiência prévia. Em G2[E10] e G2[E11], o sujeito resolveu o problema, mas não diferenciou os operadores lógicos e não explicou coerentemente no primeiro momento. Depois da realização dos testes e da observação atenta, o sujeito explicou o funcionamento das condicionais e dos operadores lógicos, reorganizando mentalmente o conhecimento novo e o que já havia construído anteriormente acerca da atividade de programação. Por fim, a pesquisadora perguntou o que o sujeito achou mais fácil e mais difícil. O sujeito disse que achou mais fácil o “Pelé” e mais difícil “o zigue-zague do rato”.

O tempo total do S21 foi de 1h52min, ficando acima da média de tempo dos sujeitos da mesma faixa etária, conforme demonstra a Tabela 3 na síntese dos casos.

Conforme entrevista com os responsáveis, S26 já participou de aulas de robótica e programação no ambiente escolar e se interessa muito por tecnologia.

6.3.2 Síntese dos casos

Os dados obtidos na Etapa 1 demonstraram que os sete sujeitos de 10-12 anos de idade encontram-se no subperíodo operatório concreto, pois a maioria das respostas aos questionamentos nas provas cognitivas possuíam argumentos e contra-argumentos de conservação e inclusão. Destaca-se a questão da representação do espaço vertical e horizontal ainda em processo de desenvolvimento, bem como os argumentos de causalidade ainda bastante simples. A principal característica do período operatório concreto é a reversibilidade

do pensamento estabelecida e a abertura para o estágio seguinte: o operatório formal. No quadro abaixo, podemos observar a síntese dos resultados obtidos com as provas cognitivas aplicadas com os sujeitos de 10-12 anos de idade para verificar o estágio do desenvolvimento cognitivo, bem como as consequentes características do seu pensamento:

Quadro 187 – Síntese das Provas Cognitivas realizadas na Etapa 1 com os sujeitos de 10-12 anos de idade

SÍNTESE DAS PROVAS COGNITIVAS REALIZADAS NA ETAPA 1 COM OS SUJEITOS DE 10-12 ANOS				
PRÉ-OPERATÓRIO			OPERATÓRIO CONCRETO	OPERATÓRIO FORMAL
	INICIAL Predomínio da Percepção	EM PROCESSO	FECHAMENTO Operação	
CONSERVAÇÃO TERMO			S21 S22 S23 S24 S25 S26 S27	
CONSERVAÇÃO MASSA			S21 S22 S23 S24 S25 S26 S27	
CONSERVAÇÃO LÍQUIDO			S21 S22 S23 S24 S25 S26 S27	
INCLUSÃO FLORES			S21 S22 S23 S24 S25 S26 S27	
INCLUSÃO FRUTOS			S21 S22 S23 S24 S25 S26 S27	
SERIAÇÃO BASTONETES		S22 S26	S21 S23 S24 S25 S27	
ESPAÇO VERTICAL	I	IIA	III S21 S22 S24 S26	
		IIB S23 S25 S27		
ESPAÇO HORIZONTAL	I	IIA	III S21 S22 S23 S25 S26	
		IIB		
		IIC S24 S27		
CAUSALIDADE	FABULAÇÃO	FINALIDADE		
	PERCEPÇÃO	JUSTIFICAÇÃO 1 S21(4X) S22(4X) S23(3X) S24(3X) S25(2X) S26(3X) S27 (3X)	JUSTIFICAÇÃO 2 S21(2X) S22(2X) S23(3X) S24(4X) S25(4X) S26(3X) S27(3X)	
	POSSIBILIDADE 0 / 1	POSSIBILIDADE 2 / 3	POSSIBILIDADES (...) S21 S22 S23 S24 S25 S26 S27	

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A média de tempo utilizada pelos sujeitos de 10-12 anos de idade para resolver os experimentos foi de 1h12min, sendo que o menor tempo foi do Sujeito 24, que utilizou 48min, e o maior tempo foi do Sujeito 25, que levou 02h05min para concluir a coleta de dados. Na tabela abaixo, é possível observar o tempo dos sujeitos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total utilizado para a resolução.

Tabela 4 – Tempo utilizado pelos sujeitos de 10-12 anos em cada etapa da coleta de dados e o tempo total

Sujeito	Etapa 1	Etapa2 G1	Etapa2 G2	Tempo Total
S21	00:19:06	00:37:21	00:22:45	1:19:12
S22	00:18:39	00:21:54	00:32:51	1:13:24
S23	00:23:41	00:30:15	00:27:42	1:21:38
S24	00:00:00	00:22:40	00:25:31	0:48:11
S25	00:38:01	00:44:34	00:42:30	2:05:05
S26	00:18:53	00:40:21	00:23:07	1:22:21
S27	00:26:21	00:46:34	00:39:12	1:52:07
				10:01:58

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os dados obtidos no Grupo 1 (G1) de experimentos com sete sujeitos investigados de 10-12 anos de idade nos permitem dizer que todos eles resolveram o primeiro experimento por meio de condutas diferenciadas. S22, S23 e S26 construíram o algoritmo que solucionava o problema logo na primeira hipótese, os demais o fizeram em mais de uma tentativa e também realizando testes com o material. Logo que G1[E1] foi lançado, S21 e S24 manifestaram dúvidas com relação ao funcionamento do robô, questionando se ele executaria o movimento na grade de programação, e inseriram curvas para “pegar o queijo”, ação observada também no procedimento do S25, o qual não obteve êxito. Tanto a primeira conduta (questionamento sobre o movimento) quanto a segunda (inclusão de movimento para “pegar o queijo”) foram consideradas ações de experimentação do material, ou seja, de adaptação dos esquemas de ação construídos anteriormente à nova ferramenta. S25 demonstrou uma conduta que não foi comum aos sujeitos de 10-12 anos no primeiro experimento, pois completou a grade de programação com cartas, relacionando perceptivamente o tamanho do algoritmo com a extensão do mapa, mas superou rapidamente a hipótese perceptiva nas tentativas seguintes. Já S23 questionou se seria necessário “desviar dos obstáculos do mapa”, conduta que também não foi comum e que relacionamos à experiência anterior do sujeito com robótica. A maior parte dos investigados (S21, S22, S26 e S27) contou os quadrados no mapa para resolver o problema de maneira que este pudesse ser

ouvido ou visualizado pela pesquisadora: em voz alta, sussurrando e/ou apontando com o dedo o quadrado do mapa. Em relação aos sujeitos restantes (S23, S25 e S26), a contagem foi realizada por meio da correspondência visual entre o quadrado no mapa e a carta na grade. S25 e S26 inseriram seis cartas de comando ‘para frente’ na grade logo na primeira hipótese, enquanto os outros cinco sujeitos levaram em consideração a orientação de que o primeiro quadrado corresponderia à carta ‘start’ na grade e inseriram somente cinco comandos ‘para frente’. Observa-se que, mesmo em sujeitos no estágio operatório concreto, as perturbações perceptivas ainda atravessam a conduta, como foi o caso do S25 e S26, mas são rapidamente superadas.

No segundo experimento (G1[E2]), em que é necessário construir um algoritmo de ida e volta em linha reta, observa-se que todos os sujeitos resolveram o problema conservando o algoritmo de ida na grade e acrescentando os comandos para o retorno do robô, apenas com algumas diferenças no procedimento. Cinco sujeitos (S21, S22, S23, S24 e S27) resolveram o problema em uma tentativa. S25 e S26 construíram mais hipóteses. No caso do S25, ele inseriu diretamente cinco cartas ‘para trás’ para reverter a ação, mas não estabeleceu a relação de equivalência com o algoritmo de ida, pois não considerou a curva no retorno e procedeu regulando a ação. Já S26 testou o comando ‘2’ de repetição para realizar as curvas e inseriu comandos ‘para trás’ em vez de ‘para frente’ depois da conversão, evidenciando a dificuldade de descentração do ponto de vista em relação à posição do robô. Para reverter a direção do movimento, a maior parte dos sujeitos acrescentou duas curvas para realizar o retorno do robô de frente para o início. S23, S25 e S27 reverteram o movimento fazendo com que o robô retornasse de ré. S21, S22, e S24, que construíram o algoritmo de retorno inserindo curvas, colocaram comandos ‘para frente’ depois da conversão, demonstrando ter compreendido o funcionamento do comando curva com base no teste inicial. Já S26 precisou assimilar os observáveis por meio do teste para corrigir o algoritmo e alcançar êxito. S27 manifestou dúvida com relação à quantidade de cartas a ser colocada para reverter o algoritmo, mas optou por cinco comandos, realizando a relação de equivalência com a ida. S22 contou as cartas do fim para o começo antes de inserir cinco comandos, também sem relacionar de imediato com o algoritmo de ida. Podemos relacionar as condutas de S25, S27 e S22 à questão da reversibilidade ainda em processamento, pois falamos em reversibilidade operatória quando o pensamento acessa diretamente a operação inversa, por exemplo, “cinco comandos para ir, logo, cinco comandos para voltar”, o que não foi demonstrado pelos sujeitos. S25 considerou a primeira carta (‘start’) na contagem tanto no primeiro quanto no segundo problema e tomou consciência do equívoco depois de quatro tentativas/hipóteses no primeiro experimento e três

tentativas em G1[E2]. S26 pediu para experimentar as cartas de número, que repetem regularidades, mas só utilizou em G1[E2], o que foi considerado uma experimentação do material, sem generalizar para os problemas seguintes. No segundo experimento, S26 tentou colocar a carta “*start*” no final do algoritmo como se a programação da ida e da volta não compusessem o mesmo algoritmo, mas, em seguida, regulou sua ação, alcançando o êxito. Tal procedimento remete às condutas observadas nas crianças com estrutura cognitiva pré-operatória, quando a reversibilidade é concebida em duas operações, uma direta e uma inversa, sem uni-las em uma mesma operação. Contudo, nos sujeitos com estrutura cognitiva operatória concreta, a hipótese é logo superada.

Em G1[E3], o mapa foi modificado e passou pela subtração de um quadrado. Para resolver o experimento é necessário observar a modificação no mapa e reorganizar a ação por meio da operação mental ou contar os quadrados diretamente no mapa realizando a correspondência entre os quadrados e as cartas na grade. Todos os sujeitos resolveram o problema. A maior parte dos investigados observou a alteração no mapa. S25, S26 e S27 não notaram a diferença e tomaram consciência da alteração somente quando testaram o robô. S22 e S27 optaram por resolver o terceiro e o quarto experimento no mesmo algoritmo. S22 precisou de apenas uma tentativa para alcançar o êxito, mas S27 precisou construir seis hipóteses até atingir a solução final. S27 não havia testado as curvas e encontrou dificuldades no terceiro/quarto experimento quando inseriu este comando e procedeu testando e assimilando os observáveis da ação. No percurso cognitivo do S24, foi verbalizada uma relação muito interessante e importante entre o movimento do robô e a experiência prévia na brincadeira de carrinhos *Hot Wheels*, que ajuda a elucidar a conduta dos investigados com relação ao comando ‘curva’. S24 colocou apenas um comando de curva com a expectativa de que o robô executasse a curva e o avanço no mapa e justificou a conduta com base na sua experiência prévia com os carrinhos da *Hot Wheels*, com os quais ele costuma brincar junto de um amigo. A conduta de inserir somente a curva esperando como resultado a conversão e o avanço foi repetida por todos os sujeitos desta pesquisa, com exceção do S23.

A maior parte das condutas classificadas como “aprendizagem ao material” foi encontrada nos procedimentos de resolução dos dois primeiros problemas, mas S23 colocou duas cartas ‘para frente’ depois da curva em G1[E3], justificando que somente uma carta não faria o robô chegar até o fim do mapa, o que também foi categorizado como aprendizagem ao material, mas poderia ser a interferência dos aspectos perceptivos, pois sua resposta não foi clara.

No quarto experimento (G1[E4]), observamos que os sujeitos investigados conservaram o algoritmo anterior de ida e acrescentaram o movimento de volta no mapa em linha reta com curva para resolver o problema. Aqui os sujeitos evidenciaram condutas de apoio à representação mental, na reversão do movimento, manifestadas por meio do movimento do próprio corpo, das mãos, das cartas e do robô sobre o mapa, como podemos observar no procedimento do S21, S25, S26 e S27. S21, mesmo sentado na cadeira, movimentou o próprio corpo na tentativa de representar o movimento a ser realizado pelo robô. S25 precisou levantar-se e ir até a ponta da mesa para verificar a direção da curva. S26 posicionou o robô no mapa e a carta sobre o robô para ter certeza do movimento e S27 se utilizou das mãos e das cartas para representar o movimento. S24 ainda contou os quadrados do mapa do fim para o começo sem demonstrar a relação de equivalência, desconsiderando a repetição das curvas no algoritmo de retorno. Assim, podemos dizer que a maior parte dos sujeitos não estabeleceu, de imediato, a relação de equivalência entre os algoritmos para realizar a reversão da ação no G1[E4]. Ainda que a capacidade de reversibilidade por inversão esteja presente nos sujeitos investigados, os problemas que envolviam a reversão do movimento e também curvas não foram resolvidos de imediato, estabelecendo a relação de equivalência, mas sim a partir de suas representações anteriormente construídas, principalmente por meio do esquema de ação robô-mapa-comando, o que leva a conclusão de que a reversibilidade operatória por reciprocidade não é uma noção em estado de fechamento nos investigados.

Em G1[E5], os sujeitos foram convidados a construir uma programação para fazer o robô se deslocar em um mapa com trajeto em zigue-zague e todos resolveram o problema. S22 repetiu a conduta de unir o algoritmo de ida e de volta num só experimento e alcançou o êxito ao longo de três tentativas. S21 iniciou a resolução representando o movimento com o próprio corpo, depois reorganizou o esquema de ação para robô-mapa-comando. S23 também recorreu ao esquema robô-mapa-comando. S23, S25 e S26 não tomaram consciência da regularidade no algoritmo e resolveram o problema passo a passo apoiando a representação dos movimentos no concreto (mãos e/ou robô). S21 disse que “havia pegado o raciocínio” e S24 disse que “havia faltado um”, evidenciando ter observado as regularidades nos comandos do algoritmo, contudo, os sujeitos realizaram a verificação dos movimentos por meio do esquema de ação robô-mapa-comando e não das regularidades. S22 verbalizou que o problema estava “nas cartas”, evidenciando que tomou consciência da regularidade no algoritmo. Já S27 procedeu regulando a ação a partir da assimilação dos observáveis dos testes que realizou. S24 e S27 indagaram se na primeira carta o robô já se deslocaria “para

frente” mesmo sem o comando correspondente na grade. O questionamento parece ter relação com a questão da centração e da experiência prévia manifestada por S24 desde o experimento G1[E3], pois, ao realizar uma curva o corpo humano se desloca automaticamente para frente; ao brincar de carrinhos acontece o mesmo; e até as conversões ou curvas em placas de trânsito não indicam uma parada depois do movimento, mas sim um “seguir em frente”, o que influenciaria a interpretação deste símbolo no algoritmo de programação.

O sexto experimento (G1[E6]), também foi resolvido por todos os sujeitos de 10-12 anos, mas dois investigados manifestaram dificuldade em lidar com o algoritmo quando estava com muitas cartas. S23 manifestou dificuldade com 18 comandos e S24 quando estava com 17 cartas na grade de programação. S25 em G1[E4] também verbalizou dificuldade com o algoritmo quando estava com 16 cartas. Com exceção de S22 e S27, todos os sujeitos construíram e se apoiaram em recursos concretos para representar o movimento e resolver o problema, seja nas mãos, nas cartas ou no esquema de ação robô-mapa-comando. S22 e S27 construíram o algoritmo estabelecendo a relação visual entre o mapa e as cartas. Contudo, também consideramos tal conduta como indicação da representação mental do movimento, que foi operada sem apoio de objetos concretos no caso destes dois sujeitos. S24 procedeu por meio do esquema de ação robô-mapa-comando e, quando modificou o algoritmo, verbalizou que deveria alterar o 14º comando e as cartas seguintes, evidenciando que percebeu a regularidade na sequência. Já S27, que estabeleceu correspondência visual entre o mapa e as cartas na grade de programação, disse que era uma “repetição de comandos” logo no início da resolução, mas posicionou todas as curvas para a mesma direção na primeira hipótese e, depois de três tentativas, regulando a ação, falou que “era o mesmo mapa (da ida) de cabeça para baixo”. Tal constatação estava correta, visto que o robô retornou de frente para o início.

No Quadro 188, podemos observar a síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 10-12 anos e a estrutura cognitiva operatória concreta no Grupo 1 de experimentos.

Quadro 188 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 10-12 anos e estrutura cognitiva operatória concreta no Grupo 1 de experimentos (G1)

Experimento:	G1	G1	G1	G1	G1	G1
Sujeito:	[E1]	[E2]	[E3]	[E4]	[E5]	[E6]
S21	2T V	1T V	2T V	4T V	5T V	6T V
S22	1T V	1T V	2T V		3T V	
S23	1T V	1T V	2T V	1T V	2T V	4T V
S24	2T V	1T V	2T V	2T V	3T V	3T V
S25	4T V	3T V	2T V	9T V	1T V	1T V
S26	1T V	2T V	2T V	2T V	3T V	3T V
S27	2T V	1T V	6T V		2T V	3T V
LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência.						

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os dados obtidos no Grupo 2 (G2) de experimentos com sete sujeitos investigados de 10-12 anos de idade nos permitem dizer que, no primeiro experimento do segundo grupo (G2[E7]), quando os investigados são convidados a construir uma programação para levar o jogador de futebol robô até a goleira, todos os sujeitos retomaram esquemas de ação construídos ao longo dos procedimentos do Grupo 1 para estabelecer a correspondência entre os quadrados no mapa e as cartas na grade e para apoiar a representação dos movimentos. S21 repetiu a estratégia de colocar as cartas na frente do robô para representar o movimento e resolveu o problema na primeira hipótese. S26 representou o movimento com as mãos e S27, desta vez, verbalizou junto com os movimentos, contou e apontou, estabelecendo a correspondência entre o quadrado no mapa e a carta na grade. Ambos precisaram regular a ação ao longo de duas tentativas para alcançar êxito. S24 e S25 procederam por meio do esquema de ação robô-mapa-comando. Já S22 continuou estabelecendo a correspondência visual entre o mapa e as cartas. S23, desta vez, também realizou correspondência visual. Observa-se que o esquema de ação que dá suporte para a representação mental do movimento se reorganiza em vários níveis, pois pode iniciar “movimentando o próprio corpo” para se localizar no espaço, depois “movimentando as mãos sobre o mapa”, e, posteriormente, posicionando o robô sobre o mapa ou cartas sobre mapa, para chegar a estabelecer a correspondência visual entre os quadrados no mapa e as cartas na grade. S27 construiu e repetiu um esquema de ação próprio, ou esquema familiar (INHELDER *et al.*, 1996), para fazer com que o robô girasse no mapa, colocando duas cartas de curva, mas no G2[E7] o esquema não foi suficiente para solucionar o problema e precisou ser reorganizado para alcançar o êxito. S23 questionou se havia algum jeito específico para fazer com que o jogador de futebol robô se deslocasse pelo mapa, pois visualizou várias possibilidades de movimento. S24 disse que construiria o trajeto de uma maneira “bem difícil”, pois também visualizou outras possibilidades. A partir das falas dos sujeitos S23 e S24 podemos concluir que a quantidade de soluções possíveis vislumbradas pelos sujeitos é ampliada à medida que a estrutura cognitiva se desenvolve. O sujeito 24 manifestou dúvidas com relação ao funcionamento do robô e seu questionamento foi relacionado à centração do pensamento infantil, pois ele perguntou se o robô “chutaria a bola” ao se aproximar do gol, ao que a pesquisadora questionou se ele havia programado o movimento. S24 respondeu que não. Assim como a conduta de não inserir o comando ‘para frente’ depois da curva, o questionamento do S24 acerca do chute da bola na goleira relaciona-se com sua centração e

sua experiência prévia, pois nenhum corpo humano espera pelo comando de “seguir em frente” depois de dobrar a esquina de uma rua, por exemplo, assim como nenhum atacante de futebol espera por algum comando para chutar a bola na direção da goleira quando estiver em posição regular.

Em G2[E8], observa-se que todos os sujeitos concluíram o experimento estabelecendo a relação símbolo-significado para que atingissem o êxito. Observamos que S21 e S25 pediram para girar a engrenagem com as mãos para verificar o sentido do movimento, evidenciando, mais uma vez, a importância do recurso físico para a experimentação dos sujeitos no estádio operatório concreto. S27 inseriu um efeito luminoso a mais na programação, diferentemente dos demais sujeitos.

No G2[E9], os investigados foram convidados a construir um algoritmo que fizesse com que o robô driblasse o adversário ao ser encontrado. O mapa que desencadeia o drible (‘evento1’), a partir da leitura do sensor óptico do robô, foi posicionado de acordo com o trajeto programado pelo sujeito. Para resolver o problema é necessário utilizar as condicionais ‘IF’ e ‘DO’. Com exceção do S26, todos os sujeitos possuíam uma hipótese inicial de como construir o algoritmo para solucionar o problema, ao contrário dos investigados de menor idade. Todos escolheram a carta ‘evento1’ como parte da solução que correspondia ao quadrado inserido do mapa em que se encontravam o “adversário” e também as curvas, demonstrando que as ações possuem uma coerência comum aos sujeitos do mesmo estádio cognitivo, nesse caso, o operatório concreto. S25 alcançou a solução ao longo de seis combinações de algoritmos e S22, depois de construir quatro hipóteses, precisou da mediação da pesquisadora para encontrar a solução final. S26 verbalizou que não saberia solucionar o problema. Todos os demais construíram uma hipótese inicial e receberam a ajuda da pesquisadora para a conclusão. Depois de testar o robô, assimilar os observáveis da ação e realizar abstrações reflexionantes, S22, S25 e S27 deram explicações coerentes com a lógica de programação dos comandos ‘IF’ e ‘DO’. Destaca-se que a maioria dos sujeitos manifestou dificuldade com a língua inglesa no G2[E9].

Em G2[E10], foi solicitado que os investigados construíssem um algoritmo que fizesse com que o robô driblasse dois adversários. Os mapas que desencadeiam os dribles (‘evento1’ e ‘evento2’) foram posicionados no mapa de acordo com o trajeto programado pelo sujeito. Para resolver o problema é necessário utilizar as condicionais ‘IF’, ‘DO’ e a disjunção ‘OR’. S23 construiu a solução para G2[E10] com uma hipótese, logo depois de não ter resolvido o experimento anterior. Disto conclui-se que S23 observou a construção do G2[E9] e adaptou seus esquemas ao material, visto que ele possui experiência com programação e robótica

como relatado pelos pais. S24 acrescentou a disjunção ‘OR’ e ‘evento2’ no final do algoritmo anterior (G2[E9]) na primeira solução e reconstruiu a hipótese com auxílio, depois da observação do teste do robô. S26 questionou se precisaria construir o algoritmo de maneira similar ao problema anterior, demonstrando a relação que estabeleceu a partir da abstração reflexionante. S21 inferiu que a carta que solucionaria o problema era ‘ELSE’ por ela estar próxima da pesquisadora. S22, S26 e S27 acrescentaram a conjunção ‘AND’ ao algoritmo (G2[E9]) que estava na grade, demonstrando a coerência do pensamento, mas sem alcançar êxito de acordo com a lógica de programação. Da mesma maneira, procedeu S25, que incluiu somente ‘evento 2’ com a expectativa de resolver o problema. S24 e S26 não conseguiram resolver espontaneamente o experimento e a pesquisadora interveio. S22, depois de construir sete hipóteses de solução, precisou de uma mediação final para concluir. S27 procedeu acrescentando cartas ao algoritmo anterior (G2[E9]) de acordo com a coerência das ações na primeira hipótese e realizou regulações buscando o êxito. Observa-se que todos os sujeitos realizam um esforço de assimilação procedendo por meio de tentativas de combinação dos comandos no algoritmo. S22, S23 e S25 explicaram o funcionamento do algoritmo de acordo com os observáveis da ação assimilados a partir dos testes e não com a lógica de programação. S27 justificou de maneira bastante confusa o funcionamento do algoritmo, visto que também estava confuso sobre o funcionamento do robô. S21 e S25 manifestaram dificuldade com a língua inglesa no G2[E10].

A explicação do funcionamento expressa pelos sujeitos está coerente com a lógica das ações, mas nem sempre está coerente com a lógica de programação. Para que a aprendizagem aconteça de maneira efetiva é necessário saber fazer e compreender, ou seja, explicar por meio da linguagem aquilo que foi realizado concretamente, pois é assim que o conhecimento é elaborado. A tomada de consciência do resultado é mais simples do que a tomada de consciência dos mecanismos da ação (PIAGET, 1978b [1974]).

No décimo primeiro experimento (G2[E11]), foi solicitado que os sujeitos construíssem um algoritmo que fizesse com que o robô driblasse os adversários que estão juntos no quadrado do mapa com ‘evento2’. Para resolver o problema é necessário utilizar a condicional ‘IF’, a conjunção ‘AND’ e ‘DO’. S22, S23, S25 e S26 construíram o algoritmo que levou ao êxito por meio de tentativas e regulações das ações. Já S21 e S24 construíram uma primeira hipótese e depois verbalizaram que não saberiam como proceder. Ainda que todos tenham alcançado o êxito com ou sem interferência da pesquisadora, foi observado, a partir das explicações, que os sujeitos não compreenderam o funcionamento da conjunção ‘AND’ e explicaram seu funcionamento por meio dos observáveis assimilados nos testes. S21

justificou o não funcionamento com uma fabulação e S27 não diferenciou os operadores lógicos ‘OR’ e ‘AND’ no primeiro momento. S23 questionou se havia uma “cartinha de fazer nada” para quando o robô identificasse ‘evento2’, questionamento que não foi comum aos demais investigados. S25 desejou desligar o sensor ao passar por ‘evento2’. S25 e S27 levantaram a possibilidade de desviar do quadrado ‘evento2’ onde o robô acusava erro. Relacionamos todas estas estratégias verbalizadas pelo S23, S25 e S27 com a experiência prévia dos sujeitos com robótica e a atividade de programação, pois são possibilidades que não foram acessadas pelo demais investigados. S21 e S24 manifestaram dificuldade com a língua inglesa no G2[E11].

O último experimento (G2[E12]) foi inserido na coleta de dados depois da realização do “piloto da pesquisa” (CABRAL; ARAGÓN; SIMÕES, 2021a) para que os sujeitos experimentassem efeitos sonoros e luminosos que tornam o experimento divertido e não encerrassem a atividade com o sentimento de frustração, caso não alcançassem êxito. Para resolver o problema é necessário inserir a condicional “ELSE” no algoritmo e comandos escolhidos pelos investigados. S27, depois de falas bastante confusas, explicou o funcionamento do algoritmo de acordo com a lógica de programação. Destaca-se que S27 verbalizou desde o início que conhecia todas as condicionais e operadores lógicos e que possuía experiência prévia com programação e robótica. Os demais sujeitos não explicaram o funcionamento do algoritmo incluindo a condicional ‘ELSE’. De maneira geral, foi demonstrada uma indiferenciação com relação ao funcionamento dos operadores lógicos nas explicações dos sujeitos.

No quadro abaixo, podemos observar a síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 10-12 anos e estrutura cognitiva operatório-concreto.

Quadro 189 – Síntese dos percursos cognitivos dos sujeitos de 10-12 anos e estrutura cognitiva operatório-concreto

Experimento:	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G2	G2	G2	G2	G2	G2
Sujeito:	[E1]	[E2]	[E3]	[E4]	[E5]	[E6]	[E7]	[E8]	[E9]	[E10]	[E11]	[E12]
S21	2T V	1T V	2T V	4T V	5T V	6T V	1T V	1T V	2T V	1T V	2T V	1T V
S22	1T V	1T V	2T V		3T V		1T V	1T V	4T V	7T V	2T V	1T V
S23	1T V	1T V	2T V	1T V	2T V	4T V	1T V	1T V	1T V	1T V	5T V	1T V
S24	2T V	1T V	2T V	2T V	3T V	3T V	1T V	1T V	2T V	2T V	2T V	1T V
S25	4T V	3T V	2T V	9T V	1T V	1T V	1T V	1T V	6T V	3T V	3T V	1T V
S26	1T V	2T V	2T V	2T V	3T V	3T V	2T V	1T V	1T V	2T V	1T V	1T V
S27	2T V	1T V	6T V		2T V	3T V	3T V	1T V	2T V	3T V		1T V

LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / LARANJA: êxito com interferência

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O Quadro X evidencia que todos os sujeitos de 10-12 anos de idade conseguiram construir os algoritmos para resolver os problemas do Grupo 1 envolvendo o deslocamento do robô. No Grupo 2 de experimentos, envolvendo condicionais e operadores lógicos, observa-se condutas mais complexas, se comparadas aos sujeitos de 7-9 anos, ainda que a maior parte dos procedimentos tenha passado pela interferência da pesquisadora para que alcançassem o êxito. No grupo de 10-12 anos, evidenciam-se várias tentativas de resolução do problema por parte dos sujeitos, ou seja, várias combinações de possibilidades e grande esforço cognitivo de adaptação. Destacam-se as sete tentativas de combinação do algoritmo do S22 em G2[E10]; cinco tentativas do S23 em G2[E11]; e seis tentativas do S25 em G2[E9]. A quantidade de combinações realizadas pelos sujeitos no Grupo 2 de experimentos foi significativamente ampliada e pode ser atribuída ao desenvolvimento cognitivo e à estrutura operatória concreta se encaminhando para o fechamento e abertura para novas possibilidades no estágio operatório formal. Além disso, todos os experimentos foram resolvidos pelos sujeitos de 10-12 anos, o que não aconteceu com os sujeitos dos estádios cognitivos anteriores.

É importante destacar ainda que os responsáveis por cinco crianças (S22, S23, S25, S26 e S27) marcaram no questionário da entrevista que os/as filhos/as participaram anteriormente de aulas de tecnologia, tais como robótica e programação. Já outros dois investigados (S21 e S24) não teriam contato anterior com aulas de tecnologia. Na análise dos casos dos sujeitos de 10-12 anos, foram encontradas diferenças significativas entre os investigados que nunca tiveram contato anterior com aulas de tecnologia e os que tiveram.

6.4 SÍNTESE DAS CAPACIDADES COGNITIVAS ACIONADAS DURANTE A CONSTRUÇÃO DO ALGORITMO DE PROGRAMAÇÃO

A hipótese que guiou a presente investigação é de que existe um percurso lógico/cognitivo quando a criança transforma a linguagem humana em linguagem de programação durante o processo de elaboração do algoritmo para fazer movimentar um robô. A análise do procedimento de resolução de problemas de 21 sujeitos investigados, de 4 a 12 anos de idade, ao resolver 12 experimentos envolvendo a construção do algoritmo de programação, com base na microgênese e na macrogênese cognitiva, revelou regularidades nas condutas e procedimentos diferenciados de acordo com os estádios do desenvolvimento cognitivo dos sujeitos e as estratégias individuais de cada investigado. Na síntese que segue foi realizado um debate teórico acerca das capacidades cognitivas acionadas, na origem do

pensamento, para construir o algoritmo, de acordo com a epistemologia genética de Jean Piaget.

A primeira das capacidades acionada é a função simbólica, pois para interpretar os símbolos dos blocos de programação é necessário que os sujeitos possuam esta função estabelecida a fim de escolher corretamente os comandos. Para tanto, é necessário construir o conhecimento acerca do símbolo, do significante e do significado que acontece por volta dos 2-3 anos até cerca dos 4 anos de idade no estágio pré-operatório, por meio da imitação diferida, jogo simbólico, desenho, imagem mental e evocação (PIAGET, 1978c [1972]). No estágio anterior, o sensorio motor, a criança não consegue pensar nas coisas ausentes, ela pode ver um objeto e, no momento em que esse objeto sumir do seu campo de visão, é como se ele não existisse mais. É somente com a permanência dos objetos e das representações mentais que se estabelece a “ideia” dos objetos e então é possível atribuir significado aos símbolos. Por isso, pensar em atividade de programação para crianças muito jovens (antes dos 3-4 anos) é uma impossibilidade pela ausência de capacidades cognitivas mínimas que garantam a aprendizagem, como é o caso da função simbólica. Todos os sujeitos investigados na presente tese já possuíam a função simbólica estabelecida, especialmente aqueles da menor faixa etária pesquisada (4-6 anos). Tal afirmação se confirma empiricamente, visto que os participantes utilizaram as cartas com símbolos/comandos por vezes abstratos para a resolução dos experimentos de movimentação do robô. Mesmo os sujeitos que não alcançaram o êxito nestes procedimentos escolheram cartas com as funcionalidades corretas, demonstrando a lógica das ações e a construção estabelecida do símbolo, do significante e do significado dos blocos empregados nos algoritmos de programação envolvendo o deslocamento do robô: ‘para frente’, ‘para trás’, ‘curva à direita’, curva à esquerda, ‘início’ (com bandeirinha verde) e ‘fim’ (carta vermelha). Já os sujeitos que avançaram para os experimentos envolvendo condicionais e operadores lógicos demonstraram dúvida com relação ao símbolo expresso nos comandos de programação. Algumas relações evidenciaram a coerência da lógica das ações, assim, símbolos circulares como o comando ‘evento2’ e ‘loop’ foram relacionados pelas crianças com o movimento de “drible” a ser realizado pelo robô no mapa, que realmente se assemelha a um giro do robô. Isto não significa que os sujeitos não possuíam a função simbólica estabelecida, apenas que relacionaram o símbolo com a experiência prévia. Já os comandos contendo condicionais e operadores lógicos, tais como ‘IF’, ‘DO’, ‘ELSE’, ‘OR’ e ‘AND’ eram desconhecidos para muitos sujeitos, que neste caso, verbalizaram dificuldade com o significante em inglês nos comandos.

A representação mental possui dois sentidos distintos para Piaget (1978a [1945]): um *lato sensu*, do qual a representação seria o próprio pensamento e outro *stricto sensu*, que se relacionaria com imagens mentais que acompanham o pensamento. Para Inhelder *et al.* (1996), a noção de representação comportaria a semioticidade manifestada pelos diversos modos de representação: gesto, imagem, linguagem. É também um recurso sobre o qual o sujeito recorrerá para planejar as condutas. Em um estudo anterior (CABRAL, 2010), a análise do procedimento dos sujeitos em situação de resolução de problema de Robótica Educacional com enfoque nas microgêneses cognitivas possibilitou a visualização da construção de estratégias de resolução de problemas por meio da representação mental e elaboração ou atualização dos esquemas familiares pela ação do sujeito sobre os objetos e sobre si mesmo no estágio operatório concreto. Agora, as condutas investigadas na construção do algoritmo de programação revelaram que os sujeitos se apoiam em representações espaciais que se manifestaram por meio da semioticidade do movimento das mãos, do corpo e também da contagem e do estabelecimento da causalidade revelada na correspondência entre os comandos e o trajeto a ser percorrido pelo robô no mapa. Assim, a conduta inicial dos sujeitos foi a de movimentar o próprio corpo para representar o deslocamento do robô: movimentar as mãos sobre o mapa, colocar cartas na frente do robô e até mudar o posicionamento do robô sobre o mapa para representar o movimento. Tal conduta se repetiu, se reorganizou e foi generalizada ao longo dos procedimentos de resolução dos problemas, o que acabou por se apresentar como um esquema de ação dos sujeitos para resolver os experimentos. Denominamos “esquema de ação robô-mapa-comando” a conduta evidenciada que apoiou a construção da representação mental dos movimentos a serem realizados e que auxiliou os sujeitos na direção da construção do algoritmo de programação envolvendo o deslocamento. A partir deste resultado, acreditamos que o esquema de ação robô-mapa-comando é aquele em que a maioria das crianças se apoia para construir a representação do movimento e resolver problemas de programação, mas investigações mais aprofundadas precisarão ser realizadas para verificar se tal esquema se generaliza e abrange outros contextos e ferramentas.

O número também é um conhecimento fundamental para que os sujeitos construam o algoritmo na atividade de programação. A partir da noção de número é que realizarão a contagem e a correspondência entre a carta e o quadrado no mapa, pois o número é construído por meio da síntese da ordem e da inclusão hierárquica (KAMII; DEVRIES, 1985). A ordem é a necessidade lógica de estabelecer uma organização entre os objetos para nos certificarmos de que contamos todos os itens e a inclusão hierárquica é a capacidade de perceber que o

“um” está contido no “dois”, o “dois” no “três” e assim sucessivamente. Embora a estrutura mental de número esteja bem formada em torno dos 5-6 anos de idade, possibilitando à maioria das crianças a conservação do número elementar, ela não estará suficientemente estruturada antes dos sete anos e meio de idade para permitir que a criança entenda que todos os números consecutivos estão conectados pela operação de +1 (KAMII; DEVRIES, 1985). Portanto, reproduzir por meio da fala uma sequência numérica não significa a construção do número. Para a criança que não construiu o conceito de número, depois de contar cinco comandos de programação, por exemplo, se lhe pedirmos que indique “onde está o cinco”, ela mostrará a quinta carta e não a fileira completa. A contagem, por meio do estabelecimento da correspondência termo a termo (conta um e aponta o primeiro elemento, conta dois e aponta o segundo elemento e assim sucessivamente), é fundamental para a construção do algoritmo de programação como foi demonstrado nesta investigação. Piaget e Szeminska (1975 [1941]) dirão que a correspondência termo a termo está relacionada com a equivalência, pois, em um primeiro momento, a criança estabelecerá a correspondência sem a relação de equivalência e somente depois construirá a equivalência durável. É o que aconteceu quando os sujeitos contaram os comandos inicialmente, o que levou a erros nas contagens e, conseqüentemente, na construção do algoritmo.

A relação de causalidade entre os comandos e o movimento executado pelo robô é outra capacidade indispensável para a construção do algoritmo de programação, como foi evidenciado. Os processos básicos da construção do real (objeto, espaço, causalidade e tempo) são complementares e se desenvolvem concomitantemente desde o nascimento. A causalidade nos primeiros meses de vida é elementar, onde o universo inicial é uma simples coleção de eventos que surgem como prolongamento da própria atividade. Até os 18 meses de vida, a causalidade se torna representativa, ultrapassando o nível da simples espacialização dos dados percebidos. Posteriormente, a causalidade física se relaciona às leis de composição que dependem da estruturação do espaço e do tempo (PIAGET, 2006 [1937]). Essas relações entre os objetos se organizam e se aperfeiçoam progressivamente por meio do desenvolvimento das estruturas cognitivas do sujeito. A causalidade não está nos observáveis da ação e dependerá dos atos de pensamento do sujeito para estabelecer tais relações. Na construção do algoritmo de programação com sujeitos de 4-6 anos foi observada a dificuldade inicial em estabelecer tal relação entre a programação e o movimento do robô. Os investigados de menor idade acabam apresentando soluções desconectadas para o problema, tais como, “construção de uma cerquinha” ou “a colocação do queijo fora do mapa” para conter o movimento do robô, sem estabelecer a relação do movimento com os comandos. Reconhecer o algoritmo de

programação como a causa dos movimentos do robô implica em estabelecer relações mentais que não são observáveis e precisam ser realizadas pelo próprio sujeito por meio das abstrações pseudoempíricas e reflexionantes. Foi observado ainda que os sujeitos de 7-9 anos demonstram dificuldade em contar e estabelecer a relação de causalidade quando o algoritmo supera, em média, 10 comandos. Já os investigados de 10-12 demonstram dificuldade com algoritmos maiores do que 15 comandos em média.

Observou-se que os esquemas de ação construídos ao longo dos procedimentos de resolução dos problemas de construção do algoritmo de programação, em geral, são generalizados para os problemas seguintes que envolvem conteúdos semelhantes. Foi o que se observou quando os sujeitos generalizaram o esquema de ação acionado no Grupo 1 para o Grupo 2 de experimentos. Assim, se os sujeitos procederam por meio da representação das mãos pelo mapa para simular os movimentos, por exemplo, o esquema se repetiu ao longo do procedimento até alcançar o sétimo experimento. Outras vezes, o esquema de ação foi reconstruído e reelaborado, passando pela representação das mãos, das cartas, até chegar ao esquema robô-mapa-comando que apoia a resolução do problema. Uma vez projetadas para o exterior sob a forma de modelos as ideias se transformam em verdadeiros “objetos para pensar com” (PAPERT, 1985; INHELDER *et al.*, 1996).

Com relação ao procedimento de resolução do problema que envolve o mapa e o jogador de futebol, em que existem várias possibilidades de solução, no primeiro momento, os sujeitos realizam uma visão de conjunto do mapa, assim como dos pontos a unir (uma perspectiva aérea). No momento em que a criança escolhe um trajeto a ser seguido, o seu universo se restringe. É como se o efeito da ação fosse transformar a representação estática inicial em uma representação sequencial mais dinâmica (INHELDER *et al.* 1996). No momento em que o sujeito “mergulha” no problema, a visão aérea se limita ao foco estabelecido e, a partir daí, é preciso acionar as várias representações para escolher os comandos coerentes para construir o algoritmo de programação.

O egocentrismo infantil é um fenômeno em que o ponto de vista do sujeito se confunde com o ponto de vista dos demais sujeitos. Também a ação das coisas e das pessoas se confunde com a própria atividade do sujeito. Assim, o pensamento infantil, que se inicia no estágio sensorio-motor e se reorganiza nos estágios seguintes é, inicialmente, um pensamento centrado no próprio corpo, que evolui por meio de uma “revolução copernicana” (PIAGET, 2006 [1937]) em direção a descentração, pois adaptar-se é construir relações que situam o eu a partir de coordenações que implicam a reciprocidade de pontos de vista. A ideia de descentração é um aspecto essencial do desenvolvimento cognitivo e da teoria piagetiana, que

parte dos aspectos perceptivos da ação rumo à objetividade. Todos os sujeitos investigados do estágio pré-operatório até o operatório concreto demonstraram algum tipo de dificuldade de descentração para se posicionar em relação ao objeto, nesse caso, o robô. Quando os sujeitos inseriram ‘curvas’ no final do deslocamento de ida do robô, o objeto se posicionava de frente para o início do trajeto do mapa e, a partir daí, o ponto de vista não era mais o mesmo em relação ao sujeito, o que incitava a descentração. Para resolver tais problemas os sujeitos se apoiaram na representação do movimento partindo do próprio corpo e avançando para a representação por meio dos objetos até chegar, em vários casos, ao esquema de ação robô-mapa-comando para que pudessem proceder passo a passo rumo à construção do algoritmo. Piaget e Inhelder (1993 [1948]) nos dizem que, considerando a ordem sucessiva e evolutiva das noções espaciais, partimos de um espaço topológico que, posteriormente, se reorganiza em um espaço projetivo e euclidiano. À medida que as capacidades do estágio operatório concreto se desenvolvem, o espaço topológico é reconstruído com o enriquecimento da reversibilidade do pensamento. Assim, os autores afirmam que o ponto de vista do sujeito dará lugar a uma representação verdadeira, diferenciada, à medida que ele reconhece os outros pontos de vista possíveis por meio da coordenação de conjunto (PIAGET; INHELDER 1993 [1948]). É somente quando consegue reconstituir outros pontos de vista que a criança descobre o seu próprio. Por isso, a descoberta da perspectiva é tão difícil de realizar no caso da relação entre os objetos e o sujeito, principalmente quando ele mesmo se projeta entre estes, como é o caso da programação de um robô. A construção das relações projetivas elementares supõe uma coordenação do conjunto dos pontos de vista, porque, um ponto de vista não poderia existir em estado isolado, mas sim supõe, necessariamente, a construção de um sistema total ou coordenado de todos os pontos de vista. Trata-se também de operações intelectuais que se sobrepõe às percepções, ou integram-se aos dados perceptivos, por meio de abstrações pseudoempíricas. Portanto, não se trata simplesmente de reunir dados perceptivos, mas também de coordená-los segundo relações complexas de reciprocidade.

É importante destacar ainda que os sujeitos do estágio operatório concreto demonstraram conservação nas provas cognitivas da Etapa 1, mas nas provas da representação do espaço vertical e horizontal demonstraram estar em processo de desenvolvimento, o que nos leva a concluir que esta é uma capacidade que evolui posteriormente em relação às demais, o que parece ser uma questão de decalagem horizontal. A ausência de sincronismo no desenvolvimento de noções é chamada por Piaget (1978c [1972]) de decalagem horizontal. O conceito refere-se às diferenças de elaboração das ações encontradas em um mesmo estágio de desenvolvimento, nesse caso, o operatório concreto.

Falamos até aqui das dificuldades apresentadas pelas crianças no deslocamento do ponto de vista, mas talvez as mesmas dificuldades possam ser demonstradas por adultos. Existem adultos que continuam egocêntricos em sua maneira de pensar. São pessoas que se interpõem entre o eu e o real em um mundo imaginário ou místico, e relacionam tudo a este ponto de vista individual (PIAGET, 1967 [1924], 1978a [1945]). A presente investigação objetivou pesquisar somente crianças de 4-12 anos de idade, mas talvez fosse interessante a investigação acerca das condutas de adultos ao programar pela primeira vez um robô.

Todo conhecimento, seja ele científico ou do senso comum, supõe um sistema implícito de conservação. Do ponto de vista psicológico, a necessidade de conservação constitui um *a priori* funcional do pensamento, ou seja, à medida que o desenvolvimento se estabelece por meio de fatores internos do seu amadurecimento e das condições externas da experiência, necessariamente, essa necessidade se impõe (PIAGET, 1975 [1936]). Assim, a conservação é um processo que acontece de maneira global e gradual e a capacidade de conservar é característica da inteligência em momento de equilíbrio. Não é possível “ensinar” a conservação, pois essa capacidade dos sujeitos está relacionada com outras estruturas cognitivas. No caso da conservação do algoritmo, estamos nos referindo ao pensamento aritmético, ou seja, o que se expressa por meio da coordenação de ações/operações. Para a construção do número, a conservação é fundamental, assim como também é imprescindível para a reversibilidade do pensamento no que se refere à operação, ou dito de outra maneira, a capacidade de fazer e desfazer uma ação mentalmente. Observamos que os sujeitos que possuíam a reversibilidade do pensamento em estado bastante inicial, e não conservaram o algoritmo de programação. É o caso dos sujeitos da faixa etária de 4-6 anos com estrutura cognitiva pré-operatória. Não possuir a capacidade de reversibilidade do pensamento não quer dizer que os sujeitos não demonstram condutas iniciais de reversão, elas são evidenciadas, por exemplo, a partir das condutas de inversão da posição da grade de programação, na inversão dos comandos das cartas e no posicionamento do robô no final do mapa de frente para o início. Enfim, para solucionar os experimentos de reversão do movimento de ida do robô foi necessário que os sujeitos conservassem o algoritmo inicial de ida para imputar os comandos do algoritmo de retorno e esta conservação se relaciona com a reversibilidade.

A capacidade de reversibilidade é a propriedade fundamental do pensamento coerente. É ela que assegura o rigor do pensamento e que implica os princípios lógicos fundamentais de identidade e de não contradição. No decorrer da psicogênese, a passagem para um pensamento lógico e mais objetivo passa, para Piaget, pela capacidade de reversibilidade. Podem-se ver nesta ideia duas significações complementares. A primeira é de ordem temporal

e consiste em retomar a sucessão das percepções, ações e ideias. Nesse sentido, a reversibilidade é a possibilidade de retomar o ponto de partida de um raciocínio. A segunda significação está ligada à noção de equilíbrio: é a da compensação das transformações. A reversibilidade assegura o equilíbrio porque consiste em compor uma operação, ou a representação de uma transformação com uma operação ou ainda uma transformação inversa que a compensa. Assim, a reversão do deslocamento do robô em linha reta concebe a necessidade de uma transformação inversa. Já a reversibilidade acessada no movimento de ida e volta com curvas, bem como no movimento de zigue-zague, envolve reversibilidade por reciprocidade ou compensações, pois, além da inversão do deslocamento, comporta a descentração necessária para compensar os movimentos das curvas. Se o robô retorna de frente (visto que o robô utilizado na investigação possui “frente”), o algoritmo é o mesmo da ida e será o inverso se o robô retornar de ré.

Os sujeitos investigados demonstraram condutas de reversão mais ou menos refinadas de acordo com a estrutura cognitiva, mas nenhum deles reverteu de imediato os deslocamentos, procedendo por meio de abstrações pseudoempíricas e reflexionantes, o que nos leva a concluir que a reversibilidade operatória, no caso dos investigados, é uma capacidade em processo de fechamento. Os procedimentos que demonstraram condutas iniciais de reversão do movimento foram observados nos sujeitos da faixa etária de 4-6 anos e estrutura cognitiva pré-operatória, já os processos mais refinados foram encontrados nos sujeitos de 10-12 anos e estrutura cognitiva operatório concreto.

A reversibilidade do pensamento pré-operatório consiste em efetuar duas operações sucessivamente (direta e inversa) sem conceber que se trata dos dois sentidos do desenrolar de uma mesma operação e sem ter acesso simultaneamente às duas operações. Os sujeitos que se encontram no estágio pré-operatório não executam ações mentalmente (operações), apenas acompanham a execução dessas ações no real, restringindo suas constatações às percepções do estado inicial e final do objeto, portanto, sem a reversibilidade do pensamento. Assim, os sujeitos procedem invertendo a grade de programação, a direção das cartas na grade e até mesmo demonstrando com as mãos o movimento de ida e volta do robô sobre o mapa, mas não incluem a ida e a volta do robô no mesmo algoritmo, pois o robô “só obedece a uma regra”, como resumiu muito bem a hipótese do Sujeito 4 (S4). Em um momento seguinte, os sujeitos no pré-operatório revertem o movimento em linha reta, quase que de imediato, fazendo com que o robô retorne de ré para o início (“cinco para frente”, logo, “cinco para trás), demonstrando a reversibilidade por inversão. Contudo, demonstram dificuldade quando são inseridas curvas, o que altera o ponto de vista em relação ao robô e a reversibilidade

deverá ocorrer por compensações. Ainda assim, procedem por meio de tentativas e erros com base nos observáveis (abstrações pseudoempíricas) na construção do algoritmo com uma curva, mas sem alcançar êxito.

Os sujeitos em transição entre o subperíodo das operações pré-operatórias e operatório concretas conseguem construir o algoritmo para o deslocamento de ida do robô, mas demonstram dificuldade na reversão do movimento envolvendo curvas. Ainda assim, procedem por meio de abstrações pseudoempíricas e reflexionantes com base nos observáveis dos testes realizados com o robô e avançam na resolução, mas demonstram dificuldades de correspondência entre comandos e movimentos com sequencias longas. Eles verbalizam a representação mental da reversão do movimento dizendo que para retornar fariam “a mesma coisa ao contrário”, ou seja, demonstrando a reversibilidade por inversão, mas que não é suficiente para resolver o problema em função dos deslocamentos do objeto no espaço, o que necessitaria da reversibilidade por reciprocidade.

Já o sujeito do estágio operatório concreto considera possíveis as transformações de $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow A$ como ações que coexistem, portanto reversíveis, levando em consideração também as compensações. As operações lógicas de que a criança é capaz ao nível do pensamento concreto consistem de “agrupamentos elementares” de classes e de relações fundados sobre a forma inicial de reversibilidade, denominada inversão (negação); os outros têm como base uma segunda forma de reversibilidade, que é a reciprocidade. Mas não existe, no nível das operações concretas de classes e relações, uma estrutura de conjunto geral que integre em um único sistema as transformações por inversão e as transformações por reciprocidade. Assim, os sujeitos com estrutura cognitiva operatória concreta constroem imediatamente a reversão do movimento em linha reta, mas procedem por meio de abstrações pseudoempíricas e reflexionantes para reverter os movimentos que envolvam curvas e, conseqüentemente, o deslocamento do ponto de vista, atingindo o êxito. Portanto, no operatório concreto, quando, além da reversão do movimento também é necessária a descentração, a solução não é imediata, mas sim é construída passo a passo com apoio dos esquemas de ação que possibilitam a representação mental, sobretudo, o esquema de ação robô-mapa-comando.

Conclui-se que a reversibilidade acessada para a construção do algoritmo dos experimentos G1[E1] e G1[E2] (deslocamento em linha reta) é a transformação por inversão, acessível aos sujeitos com estrutura cognitiva em transição do pré-operatório para o operatório concreto. Já a reversibilidade acessada nos experimentos G1[E3], G1[E4] (deslocamento em linha reta com curva), G1[E5] e G1[E6] (deslocamento em zigue-zague)

representa a transformação por reciprocidade, que demanda as coordenações de ações mais complexas possíveis aos sujeitos com estrutura cognitiva operatório concreto e capacidade de reversibilidade por compensações.

A reversibilidade acessada do Grupo 2 de experimento envolve um nível ainda mais complexo, chamado por Piaget de Grupo de INRC, pois demanda uma flexibilidade ainda maior do pensamento encontrada com as aberturas para inúmeras possibilidades no estágio operatório-formal. No caso dos sujeitos investigados, assim como nos resultados da tese de Morais (2016), não foram encontrados sujeitos que resolvessem espontaneamente os problemas envolvendo condicionais e operadores lógicos até 12 anos de idade. Aliás, Morais (2016) não encontrou tal espontaneidade até 16 anos, limite da sua investigação, demonstrando que a lógica de programação é um conhecimento social, que será acessado por meio do ensino, mas este deverá estar de acordo com a estrutura cognitiva dos sujeitos, pois, do contrário, não haverá assimilação.

Os comandos do Grupo 2 de experimentos envolvem condicionais e operadores lógicos. Ao inserir a estrutura lógica ‘IF – DO’ no algoritmo de programação o robô executa o comando somente se a condição for verdadeira. O movimento de drible é realizado quando o sensor detecta a figura no mapa, onde foi posicionado o “adversário”. Ao inserir a disjunção ‘OR’ na programação o robô executa o “drible” quando o sensor identifica símbolos no mapa onde estão posicionados os adversários. Ao inserir a conjunção ‘AND’ é necessário que o robô identifique os dois símbolos no mapa, para só então executar o drible no segundo símbolo onde foram posicionados os adversários. Finalmente, ao combinar a condicional ‘ELSE’ no algoritmo, enquanto a conjunção ‘AND’ não é atendida, sinais sonoros e luminosos escolhidos pelos sujeitos são emitidos. Para resolver este tipo de experimentos, todos os investigados da presente tese que iniciaram a resolução destes experimentos realizaram regulações das ações baseadas nos observáveis da ação, construindo e testando hipóteses até chegar ou não ao êxito nos experimentos do Grupo 2. Depois disso, foi solicitada a explicação do algoritmo pelo sujeito. Aqueles que justificaram o funcionamento de maneira mais coerente com a lógica de programação foram os sujeitos que possuíam experiências anteriores com programação e robótica educacional, os demais deram explicações baseadas nos observáveis dos testes.

A explicação dos investigados para os algoritmos que envolviam a implicação ‘IF – DO’ com base nos observáveis dos testes com o robô demonstrou dificuldade de compreensão deste funcionamento no primeiro contato com a lógica de programação, sendo evidenciada a compreensão somente por dois sujeitos. As dificuldades também se relacionaram com a

assimilação do novo material, pois mesmo para os sujeitos que possuíam experiência anterior com programação foi necessária a adaptação às especificidades do material no experimento G2[E10]. Para alguns, a justificativa do funcionamento se aproximou da fabulação e para outros a dificuldade com a língua inglesa foi mais um entrave no procedimento de resolução.

Apenas dois sujeitos conseguiram explicar o algoritmo com a implicação 'IF – DO' aliado com a disjunção 'OR'. Já o algoritmo com a implicação 'IF – DO', juntamente com a conjunção 'AND' demonstrou indiferenciação entre a disjunção e a conjunção por parte dos investigados. O algoritmo final, que acrescentou a condicional 'ELSE' à implicação e à conjunção, foi explicado por dois sujeitos, mas ainda assim, eles demonstraram indiferenciação entre os operadores lógicos 'OR' e 'AND'.

A dificuldade manifestada justifica-se à medida que a reversibilidade acionada para a construção do algoritmo de programação envolvendo condicionais e operadores lógicos é a combinação da inversão juntamente com a compensação, a qual não está presente na estrutura cognitiva operatório concreta. A síntese das duas reversibilidades ocorrerá no estágio seguinte, o operatório-formal. Contudo, isto não quer dizer que os sujeitos não resolvem os problemas, pois procedem por meio de tentativas, erros e assimilação dos observáveis para alcançar êxito, como foi demonstrado por aqueles sujeitos que realizaram diversas combinações de comandos até chegarem à solução do problema, com interferência ou não da pesquisadora. Aliás, a capacidade de combinação explicitada por estes sujeitos demonstra que eles se aproximam do fechamento da estrutura operatória concreta e abertura para o próximo estágio cognitivo, pois a combinatória é justamente uma característica do operatório-formal.

No quadro a seguir, buscamos sintetizar as capacidades cognitivas acionadas na origem do pensamento durante a construção do algoritmo por crianças em atividade de programação de acordo com a epistemologia genética de Jean Piaget.

Quadro 190 – Síntese das capacidades envolvidas na construção do algoritmo de programação com crianças

PSICOGÊNESE DA NOÇÃO DE ALGORITMO DE PROGRAMAÇÃO											
Comandos de deslocamento do robô							Comandos envolvendo condicionais e operadores lógicos				
Em linha reta		Com Curvas									
G1[E1]	G1[E2]	G1[E3]	G1[E4]	G1[E5]	G1[E6]	G2[E7]	G2[E8]	G2[E9]	G2[E10]	G2[E11]	G2[E12]
IDA RETA	IDA / VOLTA RETA	IDA RETA + CURVA	IDA / VOLTA RETA + CURVA	IDA ZIGUE- ZAGUE	IDA / VOLTA ZIGUE- ZAGUE	DESLOCA- MENTO	FUNÇÃO	IF - DO	IF - DO OR	IF - DO AND	IF - DO - ELSE AND
Abstração pseudo-empírica Abstração reflexionante Função simbólica Representação Construção do número Conservação Causalidade Descentração do ponto vista											
Reversibilidade por inversão Reversibilidade por reciprocidade Reversibilidade por inversão + reciprocidade											

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os achados indicam que estudos mais aprofundados acerca da origem da aprendizagem em lógica de programação envolvendo condicionais e operadores lógicos com adolescentes acima de 12 anos de idade são necessários para uma melhor compreensão das origens de tais aprendizados. Com base nas análises desta investigação entende-se que a tradução das condicionais e operadores para a língua portuguesa talvez facilitasse o entendimento dos comandos por parte dos sujeitos. Por outro lado, isso demonstra que a fluência na língua inglesa não é uma habilidade desenvolvida ao longo dos anos iniciais de escolarização.

7 CONCLUSÃO

As condutas dos 21 sujeitos investigados, de 4 a 12 anos de idade, ao resolver 12 experimentos envolvendo a construção do algoritmo de programação foram agrupadas em quatro níveis de resolução e construção do algoritmo de programação, de acordo com as soluções e as respostas apresentadas, que podem ser caracterizadas da seguinte maneira:

NÍVEL I: os sujeitos não constroem o algoritmo para movimentar o robô porque estão presos aos aspectos perceptivos da ação, ainda que reconheçam os comandos a serem utilizados por meio da função simbólica.

Foram encontrados dois sujeitos no Nível I, conforme quadro abaixo:

Quadro 191 – Sujeitos do Nível I de construção do algoritmo

Experimento:	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G2	G2	G2	G2	G2	G2
Sujeito:	[E1]	[E2]	[E3]	[E4]	[E5]	[E6]	[E7]	[E8]	[E9]	[E10]	[E11]	[E12]
NÍVEL I:												
S7	3T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S5	6T X	1T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERMELHO: ausência de êxito												

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os sujeitos apresentam as seguintes características:

- relacionam perceptivamente o tamanho do trajeto a ser percorrido pelo robô com o tamanho do algoritmo de programação, ou seja, o tamanho do algoritmo é o mesmo do trajeto;
- demonstram dificuldade em estabelecer a relação de correspondência e de causalidade entre os comandos no algoritmo e os movimentos executados pelo robô, por isso, apresentam hipóteses de solução desvinculadas com a programação, tais como: “colocar uma cerquinha para conter o robô” (S5) ou “colocar o queijo fora do limite do mapa” (S7);
- utilizam a fabulação para justificar as impossibilidades de construção do algoritmo, tal como: “S7: Ele não consegue parar (...) Porque os ratos, eles são muito violentos”.

NÍVEL II: os sujeitos constroem o algoritmo para o deslocamento do robô em linha reta e reta com curva, demonstrando o início da reversibilidade por inversão.

NÍVEL IIA: os sujeitos constroem o algoritmo somente de ida para deslocar o robô em linha reta e também em reta com curva a partir de abstrações pseudoempíricas apoiadas nos observáveis da ação, mas não reverterem a ação incluindo a ida e a volta no mesmo algoritmo.

NÍVEL IIB: os sujeitos constroem o algoritmo de ida e volta para deslocar o robô em linha reta. Eles demonstram dificuldade com o comando ‘curva’ e na reversão do movimento quando envolve descentração do ponto de vista.

Foram encontrados dois sujeitos no Nível IIA e cinco sujeitos no Nível IIB, conforme quadro abaixo.

Quadro 192 – Sujeitos do Nível II de construção do algoritmo

Experi- mento: Sujeito:	G1 [E1]	G1 [E2]	G1 [E3]	G1 [E4]	G1 [E5]	G1 [E6]	G2 [E7]	G2 [E8]	G2 [E9]	G2 [E10]	G2 [E11]	G2 [E12]
NÍVEL II A:												
S4	1T V	4T X	3T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S3	2T V	4T X	2T V	1T X	1T X	*	*	*	*	*	*	*
NÍVEL II B:												
S6	1T V	1T V	4T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S16	1T V	1T V	2T X	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S2	4T V	2T V	2T V	3T X	*	*	*	*	*	*	*	*
S17	1T V	1T V	3T V	1T X	*	*	*	*	*	*	*	*
S1	1T V	1T V	3T V	6T V	*	*	*	*	*	*	*	*
LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / VERMELHO: ausência de êxito												

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os sujeitos apresentam também as seguintes características:

- no Nível IIA, demonstram condutas iniciais de reversão da ação, tais como inverter a posição da grade de programação, inverter o comando das cartas e posicionar o robô no final do mapa de frente para o início, sem atingir êxito. A incapacidade de reversão é justificada por frases como: “S3: Não dá para colocar a cartinha pra dois lados, então só vai pra um.” e “S4: Ela só obedece uma regra, não dá pra duas ao mesmo tempo”;

- demonstram condutas de correspondência entre os comandos no algoritmo e o movimento a ser executado pelo robô que dão suporte à construção da representação espacial do movimento para resolver o problema, contudo, demonstram dificuldade nesta correspondência quando o algoritmo supera, em média, 10 comandos;
- atribuem ao comando ‘curva’ o movimento de conversão e também avanço pelas experiências prévias. Eles verbalizam a tomada de consciência do comando ‘curva’ ao assimilar os observáveis dos testes: *S17: Tem que girar e botar pra frente!* “*S1: Sabe o que eu pensei? (...) que ele ia aqui virar direto*”. “*S2: Ele dá uma curva pra cima?*” “*S16: Por que ele não fez a curva pra cima?*”;
- demonstram dificuldade na descentração do ponto de vista em relação ao robô, principalmente para reverter o movimento de reta com curva, quando a posição já não é a mesma em relação ao sujeito;
- em geral, apoiam-se em recursos concretos, tais como o próprio corpo, as mãos ou as cartas, para construir a representação mental do movimento, sendo o esquema de ação robô-mapa-comando a conduta mais comum.

NÍVEL III: os sujeitos constroem o algoritmo para o deslocamento do robô em linha reta, reta com curva e zigue-zague, demonstrando o início da reversibilidade por reciprocidade.

NÍVEL IIIA: constroem os algoritmos com o deslocamento de ida do robô no mapa em linha reta, reta com curva e zigue-zague e procedem por meio de abstrações pseudoempíricas apoiadas nos observáveis da ação para reverter o movimento que envolve curvas e descentração do ponto de vista. Eles não constroem espontaneamente os algoritmos que envolvem condicionais e operadores lógicos.

NÍVEL IIIB: constroem os algoritmos com o deslocamento de ida e volta do robô no movimento em linha reta, reta com curva e zigue-zague e procedem por meio de abstrações pseudoempíricas apoiadas nos observáveis da ação. Eles constroem hipóteses iniciais acerca dos algoritmos que envolvem condicionais e operadores lógicos, mas não alcançam êxito espontaneamente.

Foram encontrados quatro sujeitos no Nível IIIA e quatro sujeitos no Nível IIIB, conforme quadro a seguir.

Quadro 193 – Sujeitos do Nível III de construção do algoritmo

Experimento: Sujeito:	G1 [E1]	G1 [E2]	G1 [E3]	G1 [E4]	G1 [E5]	G1 [E6]	G2 [E7]	G2 [E8]	G2 [E9]	G2 [E10]	G2 [E11]	G2 [E12]
NÍVEL III A:												
S15	3T V	2T V	2T X		9T X		3T V	1T V	1T V	*	*	*
S14	1T V	3T V	6T V	5T X	8T V	1T X	5T V	1T V	1T V	1T V	*	*
S12	1T V	2T V	1T V	3T X	1T V	*	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V
S11	1T V	1T V	2T V	4T V	1T V	6T X	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V	1T V
NÍVEL III B:												
S13	2T V	2T V	2T V		4T V		1T V	1T V	1T V	3T V	1T V	1T V
S21	2T V	1T V	2T V	4T V	5T V	6T V	1T V	1T V	2T V	1T V	2T V	1T V
S26	1T V	2T V	2T V	2T V	3T V	3T V	2T V	1T V	1T V	2T V	1T V	1T V
S24	2T V	1T V	2T V	2T V	3T V	3T V	1T V	1T V	2T V	2T V	2T V	1T V
LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / LARANJA: êxito com interferência / VERMELHO: ausência de êxito												

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os sujeitos apresentam também as seguintes características:

- demonstram condutas de correspondência entre os comandos no algoritmo e o movimento a ser executado pelo robô, que dão suporte à construção da representação espacial do movimento para resolver o problema, contudo, apresentam dificuldade nesta correspondência quando o algoritmo supera, em média, 15 comandos;
- atribuem ao comando ‘curva’ o movimento de conversão e também o avanço pelas experiências prévias e verbalizam a tomada de consciência do comando ‘curva’ ao assimilar os observáveis dos testes: S13: *Quando ele dobra, ele passa um bloco também?* S24: *É que eu brinco de Hot Wheels (carrinhos) com meus irmãos e a gente ‘tá acostumando a ir virando já pra um lugar, mas ele (robô) vira, para e vai’;*
- demonstram dificuldade na descentração do ponto de vista em relação ao robô, principalmente para reverter o movimento de reta com curva e zigue-zague, quando a posição já não é a mesma em relação ao sujeito;
- em geral, apoiam-se em recursos concretos, tais como o próprio corpo, as mãos ou as cartas para construir a representação mental do movimento, sendo o esquema de ação robô-mapa-comando a conduta mais comum;
- verbalizam a tomada de consciência das regularidades no algoritmo;
- generalizam o esquema de ação construído ao longo do procedimento que dá suporte à representação espacial;

- não resolvem espontaneamente os experimentos envolvendo condicionais e operadores lógicos, mas também não manifestam intenção de desistir e, por isso, foi demonstrado o funcionamento dos algoritmos pela pesquisadora. Quando solicitada a explicação acerca da compreensão do funcionamento do algoritmo, foram descritos os observáveis da ação sem evidência de conceituação;
- verbalizam dificuldade com a língua inglesa.

NÍVEL IV: os sujeitos constroem o algoritmo para o deslocamento do robô em linha reta, reta com curva e zigue-zague, demonstrando a reversibilidade por reciprocidade e se encaminhando para o fechamento. Eles constroem hipóteses acerca dos algoritmos que envolvem condicionais e operadores lógicos por meio das abstrações pseudoempíricas apoiadas nos observáveis da ação e da combinatória, alcançando o êxito. O quadro abaixo demonstra esse processo.

Quadro 194 – Sujeitos do Nível IV de construção do algoritmo

Experimento	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G2	G2	G2	G2	G2	G2
Sujeito:	[E1]	[E2]	[E3]	[E4]	[E5]	[E6]	[E7]	[E8]	[E9]	[E10]	[E11]	[E12]
NÍVEL IV:												
S22	1T V	1T V	2T V		3T V		1T V	1T V	4T V	7T V	2T V	1T V
S23	1T V	1T V	2T V	1T V	2T V	4T V	1T V	1T V	1T V	1T V	5T V	1T V
S25	4T V	3T V	2T V	9T V	1T V	1T V	1T V	1T V	6T V	3T V	3T V	1T V
S27	2T V	1T V	6T V		2T V	3T V	3T V	1T V	2T V	3T V		1T V
LEGENDA: T = tentativa de resolução do problema / V = êxito na resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / LARANJA: êxito com interferência												

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os sujeitos apresentam as seguintes características:

- demonstram condutas de correspondência entre os comandos no algoritmo e o movimento a ser executado pelo robô, que dão suporte à construção da representação espacial do movimento para resolver o problema, sobretudo, a partir da correspondência visual;
- atribuem ao comando ‘curva’ o movimento de conversão e também de avanço;
- demonstram dificuldade na descentração do ponto de vista em relação ao robô, principalmente para reverter o movimento de reta com curva e zigue-zague, quando a posição já não é a mesma em relação ao sujeito. Procedem por meio de abstrações pseudoempíricas apoiadas nos observáveis da ação para reverter este tipo de movimento sem estabelecer de imediato a equivalência com o algoritmo de ida;

- em geral, apoiam-se em recursos concretos, tais como o próprio corpo, as mãos ou as cartas para construir a representação mental do movimento, sendo o esquema de ação robô-mapa-comando a conduta mais comum;
- verbalizam a tomada de consciência das regularidades no algoritmo;
- generalizam o esquema de ação construído ao longo do procedimento que dá suporte à representação espacial;
- resolvem espontaneamente os experimentos envolvendo condicionais e operadores lógicos, constroem hipóteses combinando várias possibilidades e acionam esquemas construídos na experiência prévia com atividade de programação, mas, em alguns momentos, necessitam de uma intervenção final para alcançar o êxito;
- explicam o funcionamento dos algoritmos envolvendo condicionais e operadores lógicos a partir dos observáveis dos testes e demonstram indiferenciação entre o funcionamento da disjunção ‘OR’ e a conjunção ‘AND’;
- verbalizam dificuldade com a língua inglesa;
- possuem experiência anterior com robótica e atividade de programação.

Os quatro níveis de construção do algoritmo, identificados na investigação de 21 sujeitos, foram sintetizados no Quadro 195.

Quadro 195 – Síntese da divisão dos sujeitos por níveis de construção do algoritmo

Grupo / Experimento	G1 [E1]	G1 [E2]	G1 [E3]	G1 [E4]	G1 [E5]	G1 [E6]	G2 [E7]	G2 [E8]	G2 [E9]	G2 [E10]	G2 [E11]	G2 [E12]	
Sujeito:													
PRÉ-OPERATÓRIO	NÍVEL I:												
	S7	X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	S5	X	X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	NÍVEL II A:												
	S4	V	X	X	*	*	*	*	*	*	*	*	
	S3	V	X	V	X	X	*	*	*	*	*	*	
	NÍVEL II B:												
	S6	V	V	X	*	*	*	*	*	*	*	*	
	S16	V	V	X	*	*	*	*	*	*	*	*	
	S2	V	V	V	X	*	*	*	*	*	*	*	
TRANSIÇÃO	S17	V	V	V	X	*	*	*	*	*	*	*	
	S1	V	V	V	V	*	*	*	*	*	*	*	
	NÍVEL III A:												
	S15	V	V	X	X	X	V	V	V	*	*	*	
	S14	V	V	V	X	V	X	V	V	V	V	*	*
	S12	V	V	V	X	V	*	V	V	V	V	V	V
	S11	V	V	V	V	V	X	V	V	V	V	V	V
	NÍVEL III B:												
	S13	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
	S21	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
S26	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
S24	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
NÍVEL IV:													
S22	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
S23	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
S25	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
S27	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	

LEGENDA: V = êxito na resolução do problema / X = desistência na resolução do problema / * = ausência de tentativa de resolução do problema / VERDE: êxito sem interferência / LARANJA: êxito com interferência / VERMELHO: ausência de êxito

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Reunindo as capacidades cognitivas acionadas na origem do pensamento durante a construção do algoritmo por crianças em atividade de programação e os quatro níveis de resolução dos experimentos e construção do algoritmo de programação, de acordo com as soluções e as respostas apresentadas, temos o seguinte quadro-síntese:

Quadro 196 – Síntese das capacidades envolvidas na construção do algoritmo de programação com crianças de acordo com os estádios do desenvolvimento e os níveis de construção do algoritmo encontrados

PSICOGÊNESE DA NOÇÃO DE ALGORITMO DE PROGRAMAÇÃO											
Pré-operatório (PO)		Transição				Operatório-concreto (OC)					
Nível I	Nível II				Nível III		Nível IV				
	IIA		IIB		IIIA		IIIB				
Comandos de deslocamento do robô						Comandos envolvendo condicionais e operadores lógicos					
Em linha reta		Com Curvas									
G1[E1]	G1[E2]	G1[E3]	G1[E4]	G1[E5]	G1[E6]	G2[E7]	G2[E8]	G2[E9]	G2[E10]	G2[E11]	G2[E12]
IDA RETA	IDA / VOLTA RETA	IDA RETA + CURVA	IDA / VOLTA RETA + CURVA	IDA ZIGUE- ZAGUE	IDA / VOLTA ZIGUE- ZAGUE	DESLOCA- MENTO	FUNÇÃO	IF – DO	IF – DO OR	IF – DO AND	IF – DO – ELSE AND
Abstração pseudo-empírica Abstração reflexionante Função simbólica Representação Construção do número Conservação Causalidade Descentração do ponto vista											
Reversibilidade por inversão Reversibilidade por reciprocidade Reversibilidade por inversão + reciprocidade											

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Em síntese, a partir dos dados obtidos, é possível dizer que a psicogênese da noção de algoritmo inicia com a hipótese perceptiva no estágio pré-operatório, que relaciona o tamanho do espaço a ser percorrido pelo robô com o tamanho do algoritmo. Então, avança em direção à representação dos movimentos de deslocamento centrados no próprio corpo da criança para a descentração por meio da correspondência entre os comandos de programação e os movimentos executados pelo robô (esquema de ação robô-mapa-comando). Para reverter os movimentos é acionada a capacidade inicial de reversibilidade por inversão, avançando para a reversibilidade por reciprocidade em função dos deslocamentos no espaço, até chegar em uma reversibilidade mais complexa para a construção de algoritmos que envolvem condicionais e operadores lógicos no final do estágio operatório concreto.

A partir dos dados obtidos com a presente investigação é possível estabelecer algumas implicações para a atividade de programação com crianças. Assim como nos mostrou Resnick (2017) e a investigação de Bers (2018), as crianças possuem interesse e capacidade de programar desde muito cedo, mas ainda faltava dizer qual o tipo de programação que

conseguem realizar quando começam a programar um robô, o que encontramos na presente tese. Antes de propor o desenvolvimento de habilidades com crianças, precisamos sempre saber quais são as capacidades infantis de acordo com a idade em que pretendemos ensinar, pois como sabemos através da epistemologia genética, as crianças aprendem muito melhor partindo das suas hipóteses iniciais na direção da atualização e da construção do conhecimento.

Assim, a primeira consideração é com relação à utilização do material concreto para a atividade de programação com crianças, ou seja, o pensamento, do estágio pré-operatório ao operatório-concreto, se apoia em “objetos para pensar com” (PAPERT, 1985) para construir a representação da solução. No caso da atividade de programação, o raciocínio infantil está apoiado na representação do espaço nos deslocamentos que inicia no próprio corpo em direção à descentração. A possibilidade de posicionar o robô no mapa, testar e movimentar o próprio corpo mostrou-se um recurso fundamental para a construção da representação mental das crianças na construção do algoritmo de programação, realizando abstrações com base nos observáveis da ação. Por isto mesmo é que Papert uniu peças plásticas de construção à sua linguagem LOGO de programação iniciando a Robótica Educacional.

Neste sentido, o trabalho com as ferramentas da Robótica Educacional que envolve a construção, programação e resolução de problemas (CABRAL, 2010) é um recurso fundamental para introduzir as crianças na atividade da programação através de objetos concretos que apoiam a representação mental. Além disso, atividades como aquelas propostas pela programação desplugada (BELL *et al.*, 2015) principalmente as que utilizam como ponto de partida o próprio corpo da criança para pensar os movimentos do robô e instigam o deslocamento do ponto de vista, são importantíssimas para auxiliar no desenvolvimento da criança que está inicialmente centrada sobre si e evoluiu em direção à descentração.

Ainda com relação à questão do concreto, a linguagem de programação por blocos proporciona a relação visual do comando com o movimento a ser executado pelo robô. Isso faz com que os sujeitos apoiem as regulações cognitivas nestas abstrações pseudoempíricas, facilitando o *debugging* do algoritmo e transformando a atividade de programação em um momento de intensa atividade cognitiva e diversão, ou *Hard Fun*, como referiu Papert (2002) e foi demonstrado nesta investigação. Tal correspondência é fundamental para que o sujeito encontre o erro na linha de código, reorganize suas ações, realize testes e construa seu próprio conhecimento. Além disto, a opção pela programação em linha, na grade de programação, como foi a proporcionada pelo material desta investigação, instigou as crianças para que realizassem um grande esforço para descentrar o seu ponto de vista em relação ao robô, o que

não aconteceria se os códigos estivessem posicionados na mesma perspectiva do sujeito como acontece com algumas ferramentas para o trabalho com crianças e atividade de programação.

A proposta de reversão dos movimentos do robô foi o momento de maior atividade cognitiva demonstrada pelos sujeitos, portanto este é, ou deveria ser, o foco central na atividade de programação com crianças. É de fundamental importância que os problemas de programação propostos envolvam, além do deslocamento para frente do robô, também a reversão de tal movimento para que o desequilíbrio cognitivo seja provocado através da capacidade de reversibilidade do pensamento e o desenvolvimento cognitivo ocorra através da construção do conhecimento.

Neste sentido, os erros fazem parte do processo de aprendizagem, pois é através destes que os sujeitos reconstroem suas hipóteses através de tentativas, erros, testes, assimilação dos observáveis e abstrações pseudoempíricas e reflexionantes como foi demonstrado. Muitas vezes não é permitido o tempo necessário para que a criança reflita sobre sua ação, procedendo passo a passo na direção da solução de um problema. É neste momento que ela está construindo o seu conhecimento e somente através do próprio esforço cognitivo é que poderá realizar tal construção.

Com relação aos comandos de programação, foi evidenciada a dificuldade dos investigados com o comando 'curva' que foi sempre utilizado inicialmente sem o comando 'para frente' com a expectativa de movimentação de curva e avanço. Existe aqui um conhecimento a ser aprendido que é intrínseco à atividade de programação. Com isso não se pretende afirmar que devemos ensinar programação numa perspectiva empirista, "depositando o conhecimento", mas que se pode partir de atividades envolvendo o próprio corpo dos sujeitos na direção da codificação do algoritmo de programação levando à reflexões acerca da diferença entre o movimento humano e a linguagem humana. Contudo, é importante sublinhar que a aprendizagem somente acontecerá quando os sujeitos possuírem esquemas assimilatórios para tanto, do contrário, a perturbação não encontrará acomodação ou nem mesmo será uma perturbação cognitiva, como foi descrito ao longo da análise dos casos.

Uma questão que se coloca é com relação à generalização dos esquemas construídos ao longo dos procedimentos para outros contextos. Assim, o esquema robô-mapa-comando se repetiria no procedimento de construção de algoritmos de programação em outros contextos, utilizando outras ferramentas? Esta é uma questão importante para que possamos afirmar que a atividade de programação com crianças constrói esquemas assimilatórios que auxiliam neste tipo de atividade. Levando em consideração o percurso cognitivo diferenciado dos sujeitos

que possuíam experiência prévia com programação e robótica, é possível dizer que sim, contudo, estudos mais aprofundados na área são necessários para aprofundar esta questão.

O conhecimento da lógica formal contido na lógica de programação através das condicionais e operadores lógicos é um saber transmitido socialmente que não chegará até o sujeito de maneira espontânea, necessita ser organizado sistematicamente e aprendido através do próprio esforço cognitivo do sujeito, mas que só será assimilado no momento em que este possuir estruturas cognitivas para tanto, o que ocorre no estágio operatório-concreto no seu momento de quase fechamento e abertura para a combinatória. Contudo, existe uma lógica das ações que é comum aos sujeitos de acordo com a estrutura cognitiva, mas esta não é suficiente para assimilar e acomodar a lógica formal contida na atividade de programação. Forçar a aprendizagem de conteúdos em que as crianças não possuem estrutura cognitiva para a assimilação poderá acarretar na sensação de fracasso e impossibilidade. Assim, em vez de fomentar a atividade de programação introduzindo a ferramenta desde cedo, estaremos criando uma barreira para este aprendizado.

Retomando estudos correlatos descritos na revisão bibliográfica, indica que os achados desta tese estão de acordo com a investigação de Flannery e Bers (2013) que demonstrou que as crianças avançam de estratégias intuitivas às estratégias sistemáticas na atividade de programação. Por outro lado, os indicadores de conhecimento de programação considerados na investigação das autoras foi a capacidade de combinar um comando de programação com seu resultado ou ação e a capacidade de construir um programa que utiliza comandos corretos na ordem correta. Como visto na presente investigação, a partir da função simbólica as crianças são capazes de acionar comandos corretos, mas a ordem dependerá do que se está solicitando para a criança construir, pois ela poderá construir um algoritmo para fazer o robô se deslocar em linha reta, ida e volta, mas não será capaz de construir um algoritmo para o deslocamento em zigue-zague, tampouco lidar com condicionais e operadores lógicos dependendo da sua estrutura cognitiva.

Já a proposta de Bers (2019) para um currículo de programação encontra certa resistência a partir dos achados desta tese. O currículo proposto por Bers, baseia-se no princípio de que aprender a programar envolve aprender a usar uma nova linguagem (um sistema simbólico de representação) para funções comunicativas e expressivas e que para isto seria necessário a instrução. Com base no presente estudo, entendemos que a atividade de programação não deve ser “ensinada” ao longo de todo o seu processo, mas deve partir das capacidades iniciais das crianças de construir algoritmos de deslocamento do robô em linha reta, avançando para propostas de reversão de movimentos e inclusão de curvas, juntamente

com atividades que tenham como ponto de partida o próprio corpo da criança. O apoio do material concreto e da disposição do algoritmo em linha na grade de programação se mostrou bastante importante para a descentração infantil. Quando se chegar nos algoritmos envolvendo condicionais e operadores lógicos, no estágio operatório concreto, aí sim o professor poderá mediar a aprendizagem dos estudantes através de testes e complementando o funcionamento dos comandos com explicações que encontrem assimilações cognitivas.

Por fim, os achados da presente investigação têm o potencial de dialogar com o que se denominou chamar de Pensamento Computacional. As competências de Pensamento Algorítmico são definidas como passos para alcançar um objetivo determinado de forma clara e detalhada (BROWN, 2015). Este termo ganhou destaque em associação com a ideia de Pensamento Computacional, termo sugerido por Wing (2006) com base nos estudos de Seymour Papert (1985, 2008). No Brasil, O Pensamento Computacional é debatido a partir dos seus quatro pilares: a decomposição, o reconhecimento de padrões, a abstração e o algoritmo.

Em um estudo anterior (CABRAL, 2010) foi descrito como as crianças resolvem problemas de robótica educacional, através da construção e da programação, e como decompõe o problema, realizam abstrações e acionam seus esquemas familiares para a resolução de desafios. Agora, a presente investigação revelou a origem do pensamento quando a criança está construindo o algoritmo de programação para movimentar um robô que foi bem descrito ao longo desta tese. Portanto, falta ainda discutir dois outros pilares do Pensamento Computacional que são o reconhecimento de padrões e a abstração.

Com relação ao reconhecimento de padrões, é importante destacar que os sujeitos de menos idade (4-6 anos) não verbalizaram as regularidades no algoritmo de maneira espontânea. Um dos sujeitos de 7-9 anos se interessou pelo comando contendo o numeral '2', mas não relacionou este comando com padrões. Alguns sujeitos de mais idade (10-12 anos) verbalizam a tomada de consciência da regularidade, mas não alteram o percurso cognitivo em função desta descoberta. Se assim o fizessem, talvez o procedimento de resolução do problema fosse facilitado e a relação de equivalência entre os algoritmos de ida e de volta levasse a uma solução mais rápida do problema. Daqui surge um questionamento para investigações futuras: A observação das regularidades no algoritmo (ou reconhecimento de padrões) estaria, na sua gênese, diretamente relacionada com a capacidade de reversibilidade do pensamento? Sendo assim, a observação de regularidades no algoritmo é uma capacidade operatória? Pesquisas futuras poderão elucidar tal questionamento.

É importante debater ainda acerca do conceito de abstração proposto pelo Pensamento Computacional, que parece estar relacionado com o ato de considerar alguns aspectos e desconsiderar outros, ou seja, com a síntese do pensamento. Para a epistemologia genética, a abstração consiste em extrair de um sistema de ações ou de operações de um nível inferior, certas características que permitem a reflexão sobre ações ou operações em um nível superior (PIAGET *et al.*, 1995 [1977]). Assim, o conceito de abstração em epistemologia genética e no Pensamento Computacional não são equivalentes. Um se refere à síntese do pensamento e o outro aos processos de construção de conhecimento. Ao longo da presente investigação ficou demonstrado que as crianças procedem estabelecendo correspondência termo a termo através do esquema robô-mapa-comando. Assim, procedem do particular para o particular, realizando a correspondência entre o comando e o movimento do robô, portanto, a síntese não foi uma característica demonstrada pelos sujeitos no percurso de construção do algoritmo de programação. É importante destacar também que a abstração cognitiva realizada pelos sujeitos na grande maioria das vezes estava baseada na assimilação dos observáveis da ação, ou seja, no concreto e por isso foi chamada de abstração pseudoempírica. Contudo, essa abstração é acompanhada de abstrações reflexionantes que não são observáveis senão a partir das condutas dos sujeitos e interpretadas por meio das inferências realizadas pela pesquisadora.

Discussões mais aprofundadas acerca dos desdobramentos desta investigação serão publicados posteriormente em artigos pertinentes.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. M. H. **Processo de Ensino e Aprendizagem de Algoritmos Integrando Ambientes Imersivos e o Paradigma de Blocos de Programação Visual**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BARANAUSKAS, M. C. C. Procedimento, função, objeto ou lógica? Linguagens de programação vistas pelos seus paradigmas. *In*: VALENTE, J. A. (org.) **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. Campinas: Gráfica da UNICAMP, 1993. p. 45-63.
- BATTRO, A. M. **O pensamento de Jean Piaget**. São Paulo: Forense Universitária, 1976.
- BELL, T. *et al.* **Computer Science Unplugged: as enrichment and extension programme for primary-aged students**. Computer Science Unplugged, 2015. Disponível em: www.csunplugged.org. Acesso em: 30 jun. 2019.
- BERS, M. U. **Coding as a Playground: programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom**. New York: Routledge, 2018.
- BERS, M. U. Coding as another language: A pedagogical approach for teaching computer science in early childhood. **Journal of Computers in Education**, v. 6, n. 4, p. 499-528, 2019.
- BOCCONI, S. *et al.* **Developing Computational Thinking in Compulsory Education – implications for policy and practice**. Luxemburg: JRC Science for Policy Report; European Union, 2016. Disponível em: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104188/jrc104188_computhinkreport.pdf. Acesso em: 30 jun. 2019.
- BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de Atividades Desplugadas na Educação Básica**. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- BECKER, F. **Epistemologia do Professor**. Petrópolis: Editora Vozes, 1993.
- BECKER, F. Jean Piaget e Antonio Damásio: ensaio e aproximação. **Scheme**, v. 6, p. 62-79, 2014.
- BRENNAN, K.; RESNICK, M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *In*: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION, 2012. **Anais [...]**. Vancouver: AERA, 2012. Disponível em: https://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA_2012_CT.pdf. Acesso em: 30 jun. 2019.

BUDIYANTO, C. W. *et al.* Developing Computational Thinking Ability in Early Childhood Education: The Influence of Programming Toy on Parent-Children Engagement. **Online Submission**, v. 5, n. 1, p. 19-25, 2021.

CABRAL, C. P. **Robótica Educacional e Resolução de Problemas: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CABRAL, C. P.; ARAGÓN, R.; SIMÕES, A. S. Desenvolvimento cognitivo e a atividade de programação com crianças. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 9, p. 114-142-142, 2021a.

CABRAL, C. P.; ARAGÓN, R. ; SIMÕES, A. S. Atividade de Programação com Crianças de 4-6 anos: a construção da noção de algoritmo. **Renote**, v. 19, n. 1), p. 100-110, 2021b.

CABRAL, C. P.; LAGO, M.; ARAGÓN, R. O que é um Robô? Estudo das representações de crianças de 4-12 anos de idade. **Renote: Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 19, n. 2, p. 302-313, 2021.

CARR, N. **A geração superficial: o que a internet está fazendo com os nossos cérebros.** Tradução de Mônica Gagliotti Fortunato Friaça. Rio de Janeiro: Agir, 2011.

ÇETIN, M.; DEMIRCAN, H. O. Empowering technology and engineering for STEM education through programming robots: A systematic literature review. **Early Child Development and Care**, v. 190, n. 9, p. 1323-1335, 2020.

CARRAHER, T. N. **O método clínico: usando os exames de Piaget.** São Paulo: Cortez, 1998.

CHAUI, M. S. **Convite à filosofia.** São Paulo: Ática, 1999.

CODE.ORG. Disponível em: <https://code.org/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

COLL, C.; MONEREO, C. **Psicologia da Educação Virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação.** Porto Alegre: Artmed, 2010.

COLFERAI, F.; COSTA, R. D. A.; WEBBER, C. G. Interação criança-robô: análise e avaliação de indicadores de aceitação de robôs e experiências de interação. **TEAR: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 1-20, 2019.

COMO ensinar linguagem de programação para uma criança. 1 vídeo [5min28s]. Publicado pelo canal Kleber Kilhian, em 20 nov. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pdhqwUWf4U>. Acesso em: 30 jun. 2019.

COSCARELLI, C. Alfabetização e Letramento Digital. *In:* COSCARELLI, C.; RIBEIRO, A. E. (org.). **Letramento Digital: aspectos sociais e possibilidades pedagógicas.** Belo Horizonte: Autêntica, 2017. p. 25-40.

CORSO, H. V. Funções Cognitivas: convergências entre neurociências e epistemologia genética. **Educação & Realidade**, v. 34, n. 3, p. 225-246, set./dez. 2009.

DELVAL, J. **Introdução à Prática do Método Clínico**: descobrindo o pensamento das crianças. Porto Alegre: Artmed, 2002.

DEMETRIOU, A.; SPANOUDIS, G.; MOUYI, A. A three-level model of the developing mind: Functional and neuronal substantiation and educational implications. *In*: FERRARI, M.; VULETIC, L. (ed.). **The developmental relations among mind, brain and education**. Dordrecht: Springer, 2010. p. 9-48.

DESMURGET, M. **A Fábrica de Cretinos Digitais**: os perigos das telas para as nossas crianças. São Paulo: Autêntica, 2021.

DIAS, F. M. A. *et al.* Autismo Virtual: as implicações do uso excessivo de smartphones e tablets por crianças e jovens. **REDIN**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2019.

EGUCHI, A. Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. *In*: INTERNATIONAL WORKSHOP TEACHING ROBOTICS, TEACHING WITH ROBOTICS, 4.; INTERNATIONAL CONFERENCE ROBOTICS IN EDUCATION, 5., 2014. **Anais [...]**. Padova: [S.l.], 2014. Disponível em: https://www.robolab.in/wp-content/uploads/2016/10/00_WFr1_04.pdf. Acesso em: 24 mar. 2023.

EZ ROBOT. 2019. Disponível em: <https://www.ez-robot.com/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

FAGUNDES, L. C. **Psicogênese das condutas cognitivas da criança em interação com o mundo do computador**. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

FELDMAN, D. H. Piaget's stages: the unfinished symphony of cognitive development. **New Ideas in Psychology**, v. 22, n. 3, p. 175-231, 2004.

FERREIRO, E. Aplicar, reproduzir, recriar: Sobre as dificuldades inerentes à incorporação de novos objetos ao corpo teórico da teoria de Piaget. *In*: TEBEROSKY, A.; TOLCHINSKY, Liliana. **Substratum: Cem Anos com Piaget**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. p. 165-174.

FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. **Psicogênese da Língua Escrita**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

FISCHER, K.W. A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. **Psychological Reviews**, v. 87, n. 6, 477-531, 1980.

FLANNERY, L. P.; BERS, M. U. Let's dance the "robot hokey-pokey!" children's programming approaches and achievement throughout early cognitive development. **Journal of research on technology in education**, v. 46, n. 1, p. 81-101, 2013.

GÖTZ, R. L.; EICHLER, M. L. Os estádios do desenvolvimento intelectual da criança e do adolescente. **Schème**: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas, v. 10, n. 1, p. 204-219, 2018.

GONZATTO, M. Linguagem de Programação: uma nova disciplina. **Zero Hora**, Porto Alegre, ano 49, n. 17.333, mar. 2013.

GROSSI, E. P.; BORDIN, J. (org.) **Construtivismo pós-piagetiano**: um novo paradigma sobre aprendizagem. Petrópolis: Vozes, 1993.

HAPPY CODE. Disponível em: <https://www.happycodeschool.com/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

INFORMÁTICA EDUCATIVA GEO JOÃO PESSOA. **Linguagem LOGO**: Crianças programando de maneira divertida utilizando Software Livre. 2011. Disponível em: <https://informaticageo.wordpress.com/2011/05/23/linguagem-logo-criancas-programando-de-maneira-divertida-utilizando-software-livre/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

INHELDER, B. *et al.* **O desenrolar das descobertas da criança**: um estudo sobre as microgêneses cognitivas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

INHELDER, B.; PIAGET, J. **Da lógica da criança à lógica do adolescente**. São Paulo: Pioneira, 1976.

JUNG, S. E.; LEE, K. A young child's dialogic appropriation of programmable robots. **British Journal of Educational Technology**, v. 52, n. 1, p. 394-410, 2021.

KAMII, C. **A criança e o número**. São Paulo: Papirus, 1988.

KAMII, C. **Reinventando a aritmética**: implicações da teoria de Piaget Campinas: Papirus, 1990.

KAMII, C.; DEVRIES, R. **O conhecimento físico na educação pré-escolar**: implicações da teoria de Piaget. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

KINDER LAB ROBOTICS. **Whats Kibo?** 2019. Disponível em: <https://kinderlabrobotics.com/kibo/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

KUBO EDUCATION. **Kubo**. 2019. Disponível em: <https://kubo.education/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

LEGO®. **Boost**. 2019a. Disponível em: <https://www.lego.com/pt-br/themes/boost>. Acesso em: 30 jun. 2019.

LEGO®. **Mindstorms**. 2019b. Disponível em: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms>. Acesso em: 30 jun. 2019.

LEGO® EDUCATION. **Wedo 2**. 2019. Disponível em: <https://education.lego.com/en-us/elementary/intro/wedo2>. Acesso em: 30 jun. 2019.

LEITE, C. Q. *et al.* Children and overuse of screens: the explanation behind the myopia epidemic. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e377101018933, 2021.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

- LÉVY, P. **Pierre Lévy no Senac São Paulo: Diálogos sobre Ciberdemocracia**. 1 vídeo [1h34min28s]. Publicado pelo canal SENAC São Paulo, em 23 mar. 2014. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=8EKm_Qsq8ck. Acesso em: 30 jun. 2019.
- LOVE, D. A Conversation with Linus Torvalds, who built the world's most robust operating system and gave it away for free. **Insider**, New York, jul. 2014. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/linus-torvalds-qa-2014-6>. Acesso em: 24 mar. 2023.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- LUNARDI, N. *et al.* Aulas Remotas Durante a Pandemia: dificuldades e estratégias utilizadas pelos pais. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 46, n. 2, e106662, 2021.
- MAKEBLOCK. **Codey Rock**. 2019a. Disponível em: <https://www.makeblock.com/steam-kits/codey-rocky>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- MAKEBLOCK. **mBOT**. 2019b. Disponível em: <https://www.makeblock.com/steam-kits/mbot>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- MARASCHIN, C. **Processos Cognitivos Envolvidos na Atividade de Crianças de 4 a 6 anos com a Linguagem Logo de Programação**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.
- MEDEIROS, L.F.; WÜNSCH, L. P. Ensino de Programação em robótica com Arduino para alunos do ensino fundamental: relato de experiência. **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 26, p. 456-480, maio/ago. 2019.
- MCASSAB. Disponível em: <http://www.mcassab.com.br/lego/>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: SEB, 2017. Disponível em: <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Planejando a Próxima Década: conhecendo as 20 metas do Plano Nacional de Educação - PNE**. Brasília: SASE, 2014. Disponível em: http://pne.mec.gov.br/publicacoes/item/download/17_bff5cb6c81c213a22c492d69505ac411. Acesso em: 30 jun. 2019.
- MIT MEDIA LAB. **Announcing the 2019 Media Lab Director's Fellows**. 2019a. Disponível em: <https://www.media.mit.edu/>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- MIT MEDIA LAB. **Scrath**. 2019b. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- MONTANGERO, J.; MAURICE-NAVILLE, D. **Piaget: ou a inteligência em evolução**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

MORAIS, A. D. **O Desenvolvimento do Raciocínio Condicional a Partir do Uso de Teste no Squeak Etoys**. Tese (Doutorado em Informática da Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MORTARI, Cezar A. **Introdução à Lógica**. São Paulo: Editora UNESP, 2016.

MP tenta impedir a Prefeitura de comprar kits educacionais. **Jornal Cruzeiro**, Sorocaba, jun. 2022. Disponível em: <https://www.jornalcruzeiro.com.br/sorocaba/noticias/2022/06/695432-mp-quer-impedir-pagamento-de-kits-educacionais.html>. Acesso em: 24 mar. 2023.

NATIONAL ACADEMIES PRESS. **Rising Above the Gathering Storm Rising above the Gathering Storm**. Washington: National Academies Press, 2006.

OLIVEIRA, A. M. Ensino de Programação para crianças e o desenvolvimento do pensamento computacional: algumas reflexões. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 18, p. 100-113, jan./dez. 2021.

O QUE a maioria das escolas não ensinam. 1 vídeo [5min43s]. Publicado pelo canal Code.org, em 26 fev.2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nKIu9yen5nc>. Acesso em: 30 jun. 2019.

PAPERT, S. Hard fun. **Bangor Daily News**, v. 2, 2002.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças**: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PAPERT, S. **LOGO**: computadores e educação. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PASINATO, L. B.; TRENTIN, M. A. S. A robótica na escola: promovendo o raciocínio lógico e articulando a tecnologia na educação básica por meio de um desafio relâmpago. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, e094420, p. 1-15, 2020.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. **Educação na era digital**: a escola educativa. Penso, 2015.

PIAGET, J. **A construção do Real**. São Paulo: Ática, 2006 [1937].

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**: imitação, jogo e sonho, imagem e representação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978a [1945].

PIAGET, J. **A Representação do Mundo na Criança**. 5. ed. Aparecida: Ideias e Letras, 2005 [1948].

PIAGET, J. **A Tomada de Consciência**. São Paulo: Melhoramentos, 1977 [1974].

PIAGET, J. Development and Learning. *In*: LAVATELLY, C. S.; STENDLER, F. **Reading in child behavior and development**. New York: Hartcourt Brace Janovich, 1972. p. 38-46.

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: Melhoramentos, 1978b [1974].

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975 [1936].

PIAGET, J. **O raciocínio na criança**. Rio de Janeiro: Record, 1967 [1924].

PIAGET, J. Problemas de Psicologia Genética. *In*: PIAGET, J. **Os Pensadores**: Piaget. São Paulo: Abril Cultural, 1978c [1972]. p. 209-294.

PIAGET, J. **Seis estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1980 [1964].

PIAGET, J. **Sobre a Pedagogia**: Textos inéditos. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.

PIAGET, J. *et al.* **Abstração reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995 [1977].

PIAGET, J.; GRÉCO, P. **Aprendizagem e conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974 [1959].

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Gênese das Estruturas Lógicas Elementares**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1971 [1959].

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A Representação do Espaço na Criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993 [1948].

PIAGET, J.; SZEMINSKA, A. **A Gênese do Número na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975 [1941].

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A Psicologia da Criança**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999 [1966].

POSITIVO: TECNOLOGIA EDUCACIONAL. Disponível em: <https://www.positivoteduc.com.br/solucao/lego-education/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

POZO, J. I. (org.). **A solução de problemas**: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

PRADO, M. E. B. B. **O uso do Computador na formação do professor**: um enfoque reflexivo da prática pedagógica. Brasília: PROINFO; SEED; MEC, 1999.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. **On the Horizon**, MCB University Press, v. 9, n. 5, p. 1-6, oct. 2001.

PRIMO TOYS. **Cubetto**. 2019. Disponível em: <https://www.primotoys.com/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

PROGRAMAÊ! Disponível em: <http://programae.org.br>. Acesso em: 30 jun. 2019.

PUGLIESE, G. O. **Os modelos pedagógicos de ensino de ciências em dois programas educacionais baseados em STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)**. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

RAABE, A.; ZORZO, A. F.; BLIKSTEIN, P. **Computação na educação básica: fundamentos e experiências**. São Paulo: Penso, 2020.

RESNICK, M. **Vamos ensinar crianças a escrever códigos**. TED Talks, 2012. Disponível em: https://www.ted.com/talks/mitch_resnick_let_s_teach_kids_to_code?language=pt-br. Acesso em: 30 jun. 2019.

RESNICK, M. Michel Resnick: “A tecnologia deve levar o aluno a ser um pensador criativo”. [Entrevista concedida a] Daniele Pechi. **Nova Escola**, 1 jul. 2014. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/905/mitchel-resnick-a-tecnologia-deve-levar-o-aluno-a-ser-um-pensador-criativo>. Acesso em: 30 jun. 2019.

RESNICK M. *et al.* Programmable Bricks: toys to think with. **IBM Journal of Research and Development**, 1996. Disponível em: <https://www.research.ibm.com/journal/sj/353/sectionc/martin.html>. Acesso em: 30 jun. 2019.

RESNICK, M. **Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passions, Peers, and Play**. Cambridge: MIT Press, 2017.

RIBEIRO, L. *et al.* (org.). **Diretrizes para o Ensino de Computação na Educação Básica**. Porto Alegre: SBC, 2018. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/summary/131-curriculos-de-referencia/1177-diretrizes-para-ensino-de-computacao-na-educacao-basica>. Acesso em: 30 jun. 2019.

ROSE, L. T.; FISCHER, K. W. Dynamic Development: a neo-piagetian approach. *In*: MULLER, U.; CARPENDALE, J.; SMITH, L. **The Cambridge Companion to Piaget**. Cambridge University Press, 2009. p. 400-421.

SAADA-ROBERT, M. A construção Microgenética de um esquema elementar. *In*: INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. *et al.* **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 107-126.

SACCONI, L. A. **Dicionário Essencial da Língua Portuguesa**. São Paulo: Atual, 2001.

SALDANA, P. Governo Bolsonaro destina R\$ 26 mi em kit robótica para escolas sem água e computador. **Jornal Folha de São Paulo**, São Paulo, abr. 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/poder/2022/04/governo-bolsonaro-destina-r-26-mi-em-kit-robotica-para-escolas-sem-agua-e-computador.shtml>. Acesso em: 24 abr. 2023.

SALLES, J. T. *et al.* A Utilização da Robótica Educacional para ensinar crianças a programar: uma revisão sistemática de literatura. *In*: SEMINÁRIOS DE ADMINISTRAÇÃO, 23., 2020. **Anais [...]. XXIII SEMEAD**. São Paulo: USP, 2020.

SCRATCH. **Discuss Scratch**. 2019. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/discuss/topic/326861/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

SKINNER fala sobre a máquina de ensinar. 1 vídeo [4min48s]. Publicado pelo canal Paulo Francisco Slomp, em 8 ago. 2007. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vmRmBgKQq20&hl=pt-BR>. Acesso em: 30 jun. 2019.

SPHERO. 2019. Disponível em: <https://www.sphero.com/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA (SBP). **SBP lança conjunto de orientações em defesa da “Saúde das crianças e adolescentes na Era Digital”**. 2016. Disponível em: <https://www.sbp.com.br/imprensa/detalhe/nid/sbp-lanca-conjunto-de-orientacoes-em-defesa-da-saude-das-criancas-e-adolescentes-na-era-digital/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

SOARES, M. **Letramento: um tema em três gêneros**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

STRAWHACKER, A.; BERS, M. U. “I want my robot to look for food”: Comparing Kindergartner’s programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 25, n. 3, p. 293-319, 2015.

STRAWHACKER, A.; BERS, M. U. What they learn when they learn coding: investigating cognitive domains and computer programming knowledge in young children. **Educational Technology Research and Development**, v. 67, n. 3, p. 541-575, 2019.

SUPER GEEKS. Disponível em: <https://supergeeks.com.br/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

THAMES & KOSMOS. **Coding and Robotics**. 2019. Disponível em: <https://www.thamesandkosmos.com/index.php/product/category/science-kits/kids-first-coding-robotics>. Acesso em: 30 jun. 2019.

THAMES & KOSMOS. **Lesson Plan and Experiment Manual**. 2018.

THE WHITE HOUSE. **Computer science for all**. Washington, 2016. Disponível em: <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>. Acesso em: 30 jun. 2019.

UB TECH. **Jimu Robots**. 2019. Disponível em: <https://ubtrobot.com/collections/jimu-robots>. Acesso em: 30 jun. 2019.

U. S. DEPARTMENT OF EDUCATION. **ConnectED: learning powered by technology**. 2014. Disponível em: <https://www.ed.gov/connected>. Acesso em: 30 jun. 2019.

VALENTE, J. A. (org.). **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. Campinas: UNICAMP; NIED, 1993.

VALENTE, J. A. Integração do Pensamento Computacional no Currículo da Educação Básica: Diferentes Estratégias Usadas e Questões de Formação de Professores e Avaliação do Aluno. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 864-897, 2016.

VALENTE, J. A. (org.). **O Professor no Ambiente LOGO: formação e atuação**. Campinas: UNICAMP; NIED, 1996.

VEEN, W.; VRAKING, B. **Homo Sapiens: educando na era digital**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

WEINTROP, David; WILENSKY, Uri. **To Block or not to Block, That is the Question:** Students' Perceptions of Blocks-based Programming IDC. Medford: ACM, 2015. Disponível em: <https://ccl.northwestern.edu/2014/Weintrop%20and%20Wilensky%20-%202015%20-%20To%20Block%20or%20Not%20to%20Block,%20That%20is%20the%20Question%20St.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

VERGNAUD, G. **A criança, a matemática e a realidade:** problemas do ensino da matemática escolar elementar. Curitiba: Ed. UFPR, 2009.

VICARI, R. M.; MOREIRA, A. F.; MENEZES, P. F. B. **Pensamento computacional:** revisão bibliográfica. Porto Alegre: UFRGS; MEC, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/197566>. Acesso em: 25 mar. 2023.

WONDER WORKSHOP. **Dash.** 2019. Disponível em: <https://www.makewonder.com/robots/dash/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

WING, J. Computational Thinking. **Communications of The ACM**, v. 49, n. 3, mar. 2006.

YIN, R. K. **Estudo de Caso:** planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YIN, R. K. **Pesquisa Qualitativa do início ao fim.** Porto Alegre: Penso, 2016.

ZOOM: EDUCATION FOR LIFE. Disponível em: <https://zoom.education/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

APÊNDICE 1 – ARTIGOS ANALISADOS NA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA INICIAL

- (1) Thais Almeida, José Francisco Netto, Romero da Silva, Tiago Custódio. **Laboratório Remoto de Robótica como Elemento Motivador para a Aprendizagem de Programação.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). 2017
- (2) Monica Marques, Simone Cavalheiro, Luciana Foss, Christiano Avila, Adriana Bordini **Uma Proposta para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional Integrado ao Ensino de Matemática.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). 2017
- (3) Felipe Sobral, Luan Umeres, William Schanoski, Roberta Bartelmebs, Marcos de Assis. **A Utilização de Role Playing Games Digitais como Ferramenta Complementar no Processo de Aprendizagem de Crianças Deficientes Visuais.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). 2017
- (4) Leonardo Costella, Marco Trentin, Victor Amarante, Adriano Teixeira. **Construção de Ambiente de Ensino de Robótica Remota: Democratizando o desenvolvimento do pensamento computacional em alunos da educação básica.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). 2017
- (5) Christiano Avila, Simone Cavalheiro, Adriana Bordini, Monica Marques, Maicon Cardoso, Gustavo Feijo. **Metodologias de Avaliação do Pensamento Computacional: uma revisão sistemática.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). 2017
- (6) Fernanda de Melo Reis, Fábio Cristiano, Danielle Martins, Patrícia da Rocha. **Pensamento Computacional: Uma Proposta de Ensino com Estratégias Diversificadas para Crianças do Ensino Fundamental.** Workshop de Informática na Escola. 2017
- (7) André Luiz Maciel Santana, Elieser Ademir de Jesus, André Raabe, Luís Santana, Larissa Cucco, Gustavo Ramos. **Tem Ideia na Rede: Inserindo o Pensamento Computacional na Rede Municipal de Ensino.** Workshop de Informática na Escola. 2017
- (8) Christiano Avila, Rosaria Sperotto, Maria Debacco, Regina Trilho Otero Xavier, Marco Alkimim, Carolina Rodeghiero, Simone Cavalheiro, Franco Caballero. **Programação e robótica na escola: aplicação de roteiros e instrumentos avaliativos em um projeto piloto.** Workshop de Informática na Escola. 2017
- (9) Thais Almeida, José Francisco Netto, Tiago Custódio. **Desenvolvimento e Configuração de Cenários de Robótica para Fomentar a Aprendizagem de Programação aos Alunos do Ensino Fundamental.** Workshop de Informática na Escola. 2017
- (10) Natália Nascimento Leôncio, Claudiany Calaça de Sousa, Rogério Pereira de Sousa, Ramásio Ferreir de Melo. **Programação em blocos com o Mit App Inventor: Um relato de experiência com alunos do ensino médio.** Workshop de Informática na Escola. 2017
- (11) Selma Bessa, Ronald Brasil, Elaine Sobreira, Marcos Dionisio. **Utilizando Scratch e Arduino como recursos para o ensino da Matemática.** Workshop de Informática na Escola. 2017
- (12) Eduardo Araújo Pessoa, Kelson Santos. **A Linguagem de Programação Logo como Recurso Interdisciplinar no Ensino Fundamental.** Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2017.
- (13) Rudieri Bauer, Gian Luca Motta Flores, Angelo V. Crestani, Jaline Mombach. **Projeto codIFic@r: Oficinas de Programação em Dispositivos Móveis no Ensino Fundamental.** Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2017.
- (14) Ayala Lemos Ribeiro, Ivanaldo Cerqueira Carvalho, Luis Gustavo Araújo, Roberto Bittencourt. **Computação com Mídias na Aprendizagem de Programação Orientada a Objetos em um Curso Técnico de Informática.** Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2017.
- (15) Nathalia da Cruz Alves, Christiane Gresse von Wangenheim, Pedro Eurico Rodrigues, Jean Carlo Rossa Hauck, Adriano Ferreti Borgatto. **Teaching Computing in a**

Multidisciplinary Way in History Classes in Elementary Schools – A Case Study. Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE). 2016

(16) Tancicleide Gomes, Jeane Melo, Patrícia Tedesco. **Jogos Digitais no Ensino de Conceitos de Programação para Crianças.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). 2016

(17) Ricartty Martins, Ronaldo Reis, Anna Beatriz Marques. Inserção da programação no ensino fundamental. **Uma análise do jogo Labirinto Clássico da Code.org através de um modelo de avaliação de jogos educacionais.** Workshop de Informática na Escola. 2016

(18) Janaina Santos Batista, Amaury Castro Jr., Savio Cantero, Cintia Adriana Canteiro Bogarim, Andreia Alfonso Larrea. **Uso do Scratch no ensino de programação em Ponta Porã: das séries iniciais ao ensino superior.** Workshop de Informática na Escola. 2016

(19) Elaine Sobreira, Alessandra Viveiro, João D'Abreu. **Do Paper Circuit à programação de Arduino com Scratch: uma sequência didática para aprendizagem do conteúdo de energia nos anos iniciais do ensino fundamental.** Workshop de Informática na Escola. 2016

(20) Vinicius Santana, Siddharta Fernandes, Sandra Cristina Dias. **Criação de games na escola: uma experiência de interação, programação e ludicidade.** Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2016.

(21) Neuza Oro, Ariane Pazinato, Adriano Teixeira, Ádler Gross. **Olimpíada de Programação de Computadores para Estudantes do Ensino Fundamental: A interdisciplinaridade por meio do Software Scratch.** Workshop de Informática na Escola. 2015

(22) Fellipe Ramos, Lilian da Silva Teixeira. **Significação da Aprendizagem Através do Pensamento Computacional no Ensino Médio: uma Experiência com Scratch.** Workshop de Informática na Escola. 2015

(23) Sandro Darcy Gaubert Mattos, Vinicius Menezes de Oliveira, Luciane Baldassari Soares, Ygor Quadros de Aguiar, Braian Konzgen Maciel. **Introdução à Robótica e Estímulo à Lógica de Programação no Ensino Básico Utilizando o Kit Educativo LEGO® Mindstorms.** Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2015.

(24) Christiane Gresse von Wangenheim, Vinícius Rodrigues Nunes, Giovane Daniel dos Santos. **Teaching Computing with SCRATCH in Elementary Schools – A Case Study.** Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE). 2014

APÊNDICE 2 – CONVITE PARA A PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA (MENSAGEM DE E-MAIL)

Srs. Pais / Responsáveis :

Meu nome é CRISTIANE PELISOLLI CABRAL, sou doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, sob orientação da Prof. Dra. Rosane Aragón e gostaria de apresentar um estudo que estou realizando. O estudo em questão é uma investigação sobre o processo de construção de algoritmo por crianças em atividade de programação com robótica. O referencial teórico apoia-se na teoria da Epistemologia Genética de Jean Piaget e suas macrogêneses e Barbel Inhelder com as microgêneses. Trata-se de um estudo qualitativo, usando como base a análise de experimentos realizados com o material *Kids First Coding and Robotics*. As crianças envolvidas na pesquisa realizarão atividades, baseadas no Método Clínico Piagetiano e com o material *Kids First Coding and Robotics* gravados em vídeo para posterior análise. A coleta de dados acontecerá na residência da criança ou na residência da pesquisadora, conforme a opção dos pais/responsáveis. Os pais/responsáveis também responderão a um questionário sobre o uso da tecnologia por seu(sua) filho(a). A estimativa de tempo é de 1h - 1h30. A investigação está registrada na Conselho de ética em Pesquisa e na Plataforma Brasil sob número XX.

Converse com seu(sua) filho(a) XXXX sobre a possibilidade de participação no presente estudo, e caso seja possível, agendaremos um horário para a realização.

Obrigada,
Cristiane Pelisolli Cabral

APÊNDICE 3 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
 Faculdade de Educação - FAGED
 Programa de Pós Graduação em Educação – PPGEDU
 Doutorado em Educação



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Srs. Pais / Responsáveis :

A pesquisadora CRISTIANE PELISOLLI CABRAL, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, sob orientação da Prof. Dra. Rosane Aragón, vem por meio desta solicitar seu consentimento para a realização de uma pesquisa com seu(sua) filho(a) intitulada *Psicogênese da Noção de Algoritmo na Atividade de Programação com Crianças de 4 à 12 Anos*.

O estudo em questão centra-se na investigação de como ocorre o processo de construção de algoritmo por crianças em atividade de programação. O referencial teórico apoia-se na teoria da Epistemologia Genética de Jean Piaget e suas macrogêneses e Barbel Inhelder com as microgêneses. Trata-se de um estudo qualitativo, usando como base a análise de experimentos realizados com o material *Kids First Coding and Robotics*. As crianças envolvidas na pesquisa realizarão atividades, baseadas no Método Clínico Piagetiano e com o material *Kids First Coding and Robotics* gravados em vídeo para posterior análise. A coleta de dados acontecerá na residência da criança ou na residência da pesquisadora, conforme a opção dos pais/responsáveis. Os pais/responsáveis também responderão a um questionário sobre o uso da tecnologia por seu(sua) filho(a). A estimativa de tempo é de 1h - 1h30.

De acordo com a Resolução CNS N°. 466 de 12 de dezembro de 2012³⁴ e a Resolução CNS N°. 510 de 07 de abril de 2016³⁵ considera que a pesquisa em Ciências Humanas e Sociais exige respeito e garantia do pleno exercício dos direitos dos participantes, devendo ser concebida, avaliada e realizada de modo a prever e evitar possíveis danos aos participantes. Assim, é importante esclarecer os possíveis riscos e benefícios ao participante da pesquisa em Ciências Humanas. Com relação aos riscos, é destacado o uso da amostra para novas pesquisas sem a autorização do sujeito; a estigmatização a partir da divulgação dos resultados; o descarte inadequado do material coletado (escrito e filmado); a invasão de privacidade; a divulgação de dados confidenciais e a coerção para participar da pesquisa. No caso desta pesquisa, os riscos serão mitigados através das seguintes ações: garantia de acesso aos resultados individuais e coletivos; minimização dos desconfortos, garantindo local para que a criança se sinta confortável e liberdade para não responder a questões indesejadas e a pesquisadora também estará atenta aos sinais verbais e não verbais de desconforto do sujeito; garantia da não violação e a integridade dos documentos (danos físicos, cópias ou rasuras); a pesquisadora assegura a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas inclusive em termos de auto-estima, de prestígio e/ou econômico – financeiro. Os benefícios ao participante decorrem da possibilidade de experimentação de uma ferramenta tecnológica de robótica educacional que não é comercializada no Brasil e que, de maneira geral, interessa muito às crianças desencadeando experiências únicas e inovadoras. Os resultados desta

³⁴ <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>

³⁵ <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>

pesquisa serão divulgados em eventos científicos e publicados posteriormente, mantendo-se a confidencialidade sobre o nome dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Tais resultados talvez possam subsidiar práticas pedagógicas de professores que já trabalham ou que venham a trabalhar com a atividade de programação e abrir novas questões para aprimoramentos ou novas pesquisas.

Agradecemos a sua colaboração e disponibilizamos o contato das pesquisadoras responsáveis para eventuais dúvidas, bem como do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)³⁶ para eventuais esclarecimentos.

Prof. Me. Cristiane Pelisoli Cabral
Prof. Pesquisadora
pelisoli@gmail.com

Prof. Dra. Rosane Aragón
Universidade Federal do Rio Grande do Sul -
UFRGS
Faculdade de Educação - FACED
Av. Paulo Gama, 110 (prédio 12-220, sala 1001)
90046-900 Porto Alegre RS Brasil
Tel (051) 3308 - 3425

AUTORIZAÇÃO

Declaro estar devidamente esclarecido e autorizo meu(minha) filho(filha)

_____ a
participar da investigação: *Psicogênese da Noção de Algoritmo na Atividade de Programação com Crianças de 4 à 12 Anos* da doutoranda CRISTIANE PELISOLLI CABRAL, sob orientação da Prof. Rosane Aragón.

Assinatura _____ pais _____ ou _____ responsáveis:

Telefone para contato: (____) _____

_____ (Cidade), _____ de _____ de 20____.

³⁶ Conselho de Ética em Pesquisa (CEP): Fone: (51)33083738; E-mail: etica@propesq.ufrgs.br; Site: www.ufrgs.br/cep; Endereço: Sala 311 do Prédio Anexo 1 da reitoria – Campus Central

APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO PARA PAIS / RESPONSÁVEIS

1- Seu(Sua) filho(a) possui ou tem acesso à :

	SIM	NÃO			SIM	NÃO
Computador				Celular		
Notebook				Videogame		
Tablet				Brinquedos eletrônicos		

2- Se joga videogame, qual ? _____

3- Se possui brinquedos eletrônicos, qual(is) ? _____

4- A quem pertence o dispositivo ? (criança - pai/mãe - irmão/irmã – outros)

Computador _____

Celular _____

Notebook _____

Videogame _____

Tablet _____

Brinquedos eletrônicos _____

5- A partir de qual idade começou a usar ?

Computador _____

Celular _____

Notebook _____

Videogame _____

Tablet _____

Brinquedos eletrônicos _____

6- Quantos dias por semana utiliza ?

Computador _____

Celular _____

Notebook _____

Videogame _____

Tablet _____

Brinquedos eletrônicos _____

7- Quanto tempo utiliza por dia ? (1-2 horas / 3-4 horas / 5 horas ou mais)

Computador _____

Celular _____

Notebook _____

Videogame _____

Tablet _____

Brinquedos eletrônicos _____

8- O que faz com essa ferramenta ?

Computador _____

Celular _____

Notebook _____

Videogame _____

Tablet _____

Brinquedos eletrônicos _____

9- Faz aulas de tecnologia na escola ou fora dela ? () SIM () NÃO

10- Se sim, quantos dias na semana ? () 1 dia () 2 dias () 3 dias ou mais

11- Quando utiliza tecnologia, seu(sua) filho(a) demonstra:

() pouca motivação. Se interessa um pouco.

() muita motivação. Se interessa muito.

12- Como você percebe o uso de tecnologia pelo(a) seu(sua) filho(a) ?

APÊNDICE 5 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)



Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
 Faculdade de Educação - FAGED
 Programa de Pós Graduação em Educação – PPGEDU
 Doutorado em Educação



Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)

Olá participante,

Inicialmente, eu gostaria de me apresentar. Meu nome é **Cristiane Pelisolli Cabral**, eu estudo na Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e estou fazendo uma pesquisa para descobrir como as crianças aprendem a programar um robô utilizando o material *Kids First Coding and Robotics*. O nome da investigação é **Psicogênese da Noção de Algoritmo na Atividade de Programação com Crianças de 4 à 12 anos**. Pra isso, estou entrevistando crianças, assim como você, que utilizam tablets, celulares, computadores ou brinquedos eletrônicos. Para essa pesquisa, eu farei uma atividade com você, gravada em vídeo e dividida em duas partes. Na primeira parte, faremos algumas atividades utilizando materiais diversos, tais como, fichas plásticas, massinha de modelar, palatinhos, entre outros. Na segunda parte nós vamos brincar com um robô. Eu vou fazer alguns desafios de programação para você resolver utilizando o robô. Isso deve durar 1h-1h30 e vai acontecer na sua casa ou na casa da pesquisadora, conforme você e seus pais decidirem. As informações sobre você que serão coletadas na pesquisa serão sigilosas, ou seja, ninguém, exceto os pesquisadores, poderão ter acesso a elas. Não vamos dizer que você está na pesquisa, nem seu nome, imagem, voz não aparecerá em nenhum lugar. Seus pais foram informados sobre a pesquisa e concordaram com a sua participação, mesmo assim, você pode escolher não participar. Em qualquer momento você pode desistir, para isto, basta dizer para a Prof. Cristiane que não quer mais continuar fazendo as atividades e nós encerramos. Ainda assim, antes de aceitar esse convite, você pode conversar com alguém para ajudar a decidir. Ninguém ficará bravo ou desapontado com você se você disser não. A escolha é sua. Você pode pensar e falar depois se você preferir. Você pode dizer sim agora e mudar de ideia depois e tudo continuará bem.

De acordo com a Resolução CNS Nº. 466 de 12 de dezembro de 2012³⁷ e a Resolução CNS Nº. 510 de 07 de abril de 2016³⁸ considera que a pesquisa em Ciências Humanas e Sociais exige respeito e garantia do pleno exercício dos direitos dos participantes, devendo ser concebida, avaliada e realizada de modo a prever e evitar possíveis danos aos participantes. Assim, é importante esclarecer os possíveis riscos e benefícios ao participante da pesquisa em Ciências Humanas. Com relação aos riscos, é destacado o uso da amostra para novas pesquisas sem a autorização do sujeito; a estigmatização a partir da divulgação dos resultados; o descarte inadequado do material coletado (escrito e filmado); a invasão de privacidade; a divulgação de dados confidenciais e a coerção para participar da pesquisa. No caso desta pesquisa, os riscos serão mitigados através das seguintes ações: garantia de acesso aos resultados individuais e coletivos; minimização dos desconfortos, garantindo local para que a criança se sinta confortável e liberdade para não responder a questões indesejadas e a pesquisadora também estará atenta aos sinais verbais e não verbais de desconforto do sujeito;

³⁷ <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>

³⁸ <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>

garantia da não violação e a integridade dos documentos (danos físicos, cópias ou rasuras); a pesquisadora assegura a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou econômico – financeiro. Os benefícios ao participante decorrem da possibilidade de experimentação de uma ferramenta tecnológica de robótica educacional que não é comercializada no Brasil e que, de maneira geral, interessa muito às crianças desencadeando experiências únicas e inovadoras. Depois que a pesquisa acabar, os resultados serão informados para você e seus pais, também poderá ser publicada em uma revista, ou livro, ou conferência e talvez ainda poderemos ajudar os professores a dar aulas cada vez melhores e mais interessantes para seus(as) alunos(as).

Prof. Me. Cristiane Pelisolli Cabral
 Prof. Pesquisadora
 pelisolli@gmail.com

Prof. Dra. Rosane Aragón
 Universidade Federal do Rio Grande do Sul -
 UFRGS
 Faculdade de Educação - FACED
 Av. Paulo Gama, 110 (prédio 12-220, sala 1001)
 90046-900 Porto Alegre RS Brasil
 Tel (051) 3308 - 3425

CERTIFICADODE ASSENTIMENTO

Eu _____ entendi que a pesquisa
 é _____ sobre
 _____.

Minha _____ assinatura _____ (nome):

 _____(Cidade), _____ de _____ de 20____.