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

Rita de Cassia Madeira Machado

DESEMPENHO MATEMÁTICO, PROBLEMAS MATEMÁTICOS ADITIVOS E MEMÓRIA DE TRABALHO:

um estudo com alunos de 4ª série do ensino fundamental

Porto Alegre
2010

Rita de Cassia Madeira Machado

DESEMPENHO MATEMÁTICO, PROBLEMAS MATEMÁTICOS ADITIVOS E MEMÓRIA DE TRABALHO:

um estudo com alunos de 4ª série do ensino fundamental

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora:
Profa. Dra. Clarissa Seligman Golbert
Linha de Pesquisa: Psicopedagogia, Sistemas de Ensino/Aprendizagem e Educação em Saúde

Porto Alegre
2010

Rita de Cassia Madeira Machado

DESEMPENHO MATEMÁTICO, RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS ADITIVOS E MEMÓRIA DE TRABALHO:

um estudo com alunos de 4ª série do ensino fundamental

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação.

Aprovada em 15 mar. 2010.

____

Profa. Dra. Clarissa Seligman Golbert – Orientadora

____

Profa. Dra. Beatriz Vargas Dorneles – UFRGS

____

Profa. Dra. Jerusa Fumagalli de Salles – UFRGS

____

Profa. Dra. Neila Tonin Agranionih – URI

____

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para sua realização e em especial a meus pais que sempre valorizaram a educação.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, quero agradecer ...

...a Deus por tudo que representa na minha vida;

...à minha orientadora, Profa. Dra. Clarissa S. Golbert, pela sua atenção, paciência, dedicação e valiosa contribuição;

...às minhas queridas colegas de orientação Gessilda C. Müller, Joanne L. Maluf e Viviane Maia pela colaboração, companheirismo e carinho;

...às crianças das escolas, onde realizei a pesquisa, que sempre se mostraram dispostas;

...ao Felipe, meu marido, pela compreensão, paciência e auxílio em todos os momentos desta caminhada...

RESUMO

Este estudo analisa a relação entre desempenho matemático (DM), memória de trabalho (MT) e desempenho na resolução de problemas matemáticos aditivos (RPMV) em alunos de 4ª série do Ensino Fundamental. O objetivo desta dissertação justifica-se pela necessidade de compreender os processos cognitivos relacionados com a aprendizagem da matemática. Foram avaliadas 29 crianças de 4ª série do Ensino Fundamental de duas escolas estaduais, com 10 anos de idade. Aplicou-se a Prova de Aritmética (Capovilla, Montiel e Capovilla, 2007), para avaliar o desempenho matemático, uma tarefa de repetição de dígitos na ordem direta, para avaliar a memória de curto prazo (MCP) (Capelline, Smyte, 2008) e uma tarefa de repetição de dígitos ordem inversa para avaliar a memória de trabalho, (também de Capelline, Smyte, 2008). Aplicou-se ainda uma tarefa de resolução de problemas matemáticos verbais (aditivos) com diferentes posições da incógnita. Os dados foram analisados qualitativa e quantitativamente. Aplicou-se uma análise de correlação de Pearson entre as funções avaliadas DM, MT, MCP e RPMV. A técnica de Cluster separou a amostra total em dois grupos, um grupo com bom desempenho e um grupo com baixo desempenho. Posteriormente, aplicou-se o teste T de Studant para obter-se a diferença entre os grupos com bom e baixo desempenho em cada uma das funções avaliadas. As estratégias utilizadas na resolução de problemas foram analisadas qualitativamente, buscando comparar as estratégias utilizadas pelos alunos do grupo com bom desempenho com as estratégias utilizadas pelos alunos do grupo com baixo desempenho. Os resultados corroboram os dados da literatura, pois apresentaram correlações estatisticamente significativas entre as funções RPMV e MT, DM e MT e entre DM e RPMV. A maioria dos alunos com bom desempenho matemático apresentou bom desempenho na capacidade de memória de trabalho e na resolução de problemas matemáticos verbais. Os alunos com baixo desempenho matemático apresentaram baixo desempenho na capacidade de memória de trabalho e na resolução de problemas matemáticos verbais. Os grupos com bom e baixo desempenho diferiram especialmente na utilização de estratégias na resolução de problemas matemáticos. O grupo com bom desempenho demonstrou senso numérico mais desenvolvido, mais habilidades de contagem, menor uso de contagens imaturas e uma melhor compreensão das atividades. Os alunos do grupo com bom desempenho resolveram alguns problemas através da recuperação dos fatos básicos na memória de longo prazo. O grupo com baixo desempenho utilizou com mais freqüência estratégias imaturas de contagem, levou mais tempo para realizar as tarefas e necessitou da interação do pesquisador para compreender as tarefas de resolução de problemas matemáticos verbais. Todos os alunos com baixo desempenho demonstraram dificuldades para recuperar fatos básicos da memória de longo prazo (MLP).

Palavras-chave: **Matemática. Ensino Fundamental. Resolução de Problemas. Aprendizagem. Desempenho. Memória de trabalho.**

MACHADO, Rita de Cassia Madeira. **Desempenho Matemático**, **Problemas Matemáticos Aditivos e Memória de Trabalho**: um estudo com alunos de 4ª série do Ensino Fundamental. Porto Alegre, 2010. 103 f. + Anexos. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós Graduação em Educação, Porto Alegre, 2010.

ABSTRACT

This study examines the relationship between mathematical performance (MP) working memory (WM) and mathematical problem solving (MPSV) students in the 4th grade of elementary school. The objective of this thesis is justified by the need to understand the cognitive processes related to learning mathematics. We evaluated 29 children from the 4th elementary school's of two state schools, with 10 years of age. We applied the Arithmetic Test (Capovilla, Montiel & Capovilla, 2007), to evaluate the mathematical performance, task repetition of digits in forward order to assess the short-term memory (STM) (Capellini, Smyte, 2008) and a task repetition of digits in reverse order to assess working memory (also Capellini, Smyte, 2008). Applied also a task of problem-solving additives with different positions of the unknown. The data were analyzed qualitatively and quantitatively. We applied an analysis of Pearson correlation between the functions evaluated MP, WM, STM and MPSV. The technique of cluster separated the total sample into two groups, one group with good performance and a group with low performance. Subsequently, we applied the Student's t test for the difference between the groups with good and poor performance in each of the evaluated functions. The strategies used in problem solving were analyzed qualitatively, trying to compare the strategies used by students in the group with good performance with the strategies used by students in the group with low performance. The results corroborate the literature data, because it showed statistically significant correlations between the functions and MPSV and WM, MP and WM and between MP and MPSV. Most students with good mathematical performance showed good performance in the capacity of working memory and solve mathematical problems. Students with low mathematical performance showed a low performance in the capacity of working memory and solve mathematical problems. The groups with good and poor performance differed mainly in the use of strategies to solve mathematical problems. The group with good number sense performance showed more developed, counting skills, less use of immature scores and a better understanding of the activities. Students in the group with good performance solved some problems through the recovery of the basic facts in long-term memory. The group with low performance used more often immature counting strategies, took longer to perform the tasks and required the interaction of the researcher to understand the tasks of solving problems. All low-performing students showed difficulties in retrieving basic facts of long-term memory (LMT).

Keywords: **Math. Elementary school. Mathematical problem solving. Learnig. Performance. Working Memory.**

MACHADO, Rita de Cassia Madeira. **Desempenho Matemático**, **Problemas Matemáticos Aditivos e Memória de Trabalho**: um estudo com alunos de 4ª série do Ensino Fundamental. Porto Alegre, 2010. 103 f. + Anexos. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós Graduação em Educação, Porto Alegre, 2010.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTAS DE SIGLAS

ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa

SAEB – Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

MCP- Memória de Curto Prazo

MLP- Memória de Longo Parzo

MT – Memória de Trabalho

EC- Executivo Central

DL- Dificuldade em Leitura

DAM- Dificuldade de aprendizagem na Matemática

LA- Critério Leniente

TA- Grupo Controle com crianças com desenvolvimento típico

QI- Coeficiente de Inteligência

PA- Prova de Aritmética

DM- Desempenho Matemático

RPMV- Resolução de Problemas Matemáticos Verbais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa teve o objetivo de investigar a relação entre desempenho matemático, o desempenho na resolução de problemas matemáticos aditivos e a memória de trabalho em alunos de 4ª série, com 10 anos de idade, de duas escolas estaduais de Ensino Fundamental, uma de Porto Alegre e outra da grande Porto Alegre.

Esta pesquisa insere-se no campo de estudos das dificuldades de aprendizagem com ênfase nos processos cognitivos e neuropsicológicos que estão envolvidos na aprendizagem da matemática, tendo como base os aportes construtivistas, da psicologia cognitiva, da psicologia da educação matemática e dos estudos neuropsicológicos do desenvolvimento.

A matemática se constitui, inicialmente, a partir da necessidade do homem de resolver problemas concretos, relacionados à sua vida cotidiana. Porém, este sentido prático da matemática ao longo da escolarização vai se perdendo a cada novo conteúdo apresentado pelos professores. Assim, gradativamente, a matemática vai se distanciando dos alunos à medida que conceitos e cálculos não são compreendidos, pois a matemática ensinada nas escolas tem sua ênfase nos aspectos formais, com ausência de relações entre o que se aprende e o que se vive cotidianamente. Isso se reflete na aprendizagem, nas salas de aula as dificuldades de aprendizagem são muitas, chamam a atenção dos professores e preocupam os profissionais das áreas envolvidas com a aprendizagem. No que diz respeito à matemática, essa preocupação tem inspirado muitas pesquisas em diferentes áreas do conhecimento, em busca de respostas para as inúmeras situações de dificuldades encontradas e vivenciadas por seus alunos.

Como educadora sempre me interessei por estas questões referentes ao processo de aprendizagem. Como aluna do curso de Pedagogia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, desde os primeiros semestres, a temática das dificuldades de aprendizagem detinha a minha atenção, e durante todo o curso fui buscando entender como ocorria o processo de aprendizagem, como as crianças construíam seus conhecimentos e o que levava algumas crianças a terem mais dificuldades para aprender do que outras. Essa vontade de entender o que acontecia com as crianças foi aumentando ao passo que pude cada vez mais conviver com os alunos no ambiente escolar, por meio de estágios e estudos de campo. Ao enfrentar a realidade da sala de aula, percebi a grande disparidade de desempenho entre os alunos de uma mesma série e o quanto as dificuldades na matemática eram acentuadas. Isto tudo me levou a querer investigar com mais profundidade as questões referentes à aprendizagem da matemática.

A dinâmica escolar nem sempre propicia interações e relações diretas ou indiretas com o cotidiano e vivências dos alunos, o que dificulta a aquisição de conhecimentos. Quando se trata da matemática, a distância entre as ações cotidianas das crianças e os conteúdos escolares fica mais evidente. A dificuldade que os alunos têm de dar sentido aquilo que é ensinado na matemática escolar evidencia-se a cada nível de seriação, pois o número de alunos com dificuldades na matemática aumenta progressivamente a cada série.

O desempenho escolar dos estudantes brasileiros é preocupante, os dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico (SAEB), exame que é realizado a cada dois anos pelo governo brasileiro com uma amostra de alunos do ensino público e particular das 4ª e 8ª séries e 3º ano do Ensino Médio, nas áreas de português e de matemática, realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (INEP), confirmam os baixos e alarmantes níveis de desempenho em leitura e matemática (INEP, 2007). Os resultados dos exames vêm demonstrando que os alunos brasileiros chegam à 4ª série do Ensino Fundamental sem terem desenvolvido competências e habilidades elementares de leitura e de matemática, demonstrando profundas deficiências nessas áreas. A maioria dos alunos de 8ª série apresenta-se em estágios de construção de competências matemáticas em nível crítico (INEP, 2003; INEP, 2005). O desempenho dos alunos gaúchos nos exames para estudantes brasileiros de escolas publicas, aplicados em 2005, decresceu em língua portuguesa e matemática. (INEP, 2007)

Obviamente, há inúmeros fatores que contribuem para essas deficiências nos níveis de desempenho, sendo necessário observar as condições do sistema escolar, em nível nacional, estadual e municipal. Porém, estes dados sobre os níveis de desempenho dos alunos não podem ser ignorados e nos incentivam a investigar a relação entre estes índices de desempenho com possíveis interferências na aprendizagem dos conhecimentos matemáticos em relação ao desenvolvimento cognitivo dos alunos.

O conhecimento matemático é muito mais abrangente do que simplesmente fazer cálculo: envolve a capacidade de compreender informações e fazer relações com informações numéricas como tabelas, gráficos e estatísticas, ou seja, todo tipo de informação numérica que nos cerca. Essas habilidades matemáticas não são obtidas pela simples transmissão de fórmulas e cálculos, faz-se necessária uma compreensão conceitual de cada conhecimento matemático.(NUNES e BRYANT, 1997)

Ao considerar que o aprendizado da matemática requer uma série de competências conceituais e específicas, torna-se relevante um aprofundamento nos conhecimentos a respeito dos processos de aprendizagem de matemática, contribuindo assim para uma dinâmica de sala de aula mais coerente com as necessidades dos alunos.

Atualmente, muitos pesquisadores vêm tentando compreender como se desenvolve a cognição matemática em crianças com dificuldades de aprendizagem nesta disciplina. Os resultados das pesquisas salientam que ainda é difícil distinguir entre dificuldades por danos cognitivos e dificuldades por ensino inadequado, mas já se tem informações que podem auxiliar no aprendizado das crianças com dificuldades na matemática. Sabe-se que alunos com dificuldades de aprendizagem na matemática podem apresentar déficits na capacidade de memória de trabalho, utilizam mais estratégias de contagem imaturas, apresentam falhas no senso numérico e apresentam grande dificuldade para armazenar os fatos básicos da memória de trabalho (GEARY *et al.,* 2000, 2004b, GERSTEN *et al.*, 2005; BULL e ESPY, 2006; PASSOLUNGUI, 2007).

A presente pesquisa é relevante dada a importância do conhecimento dos processos cognitivos que contribuem substancialmente para as aprendizagens matemáticas, visto que essa é uma aprendizagem complexa. O conhecimento de tais processos pode auxiliar na compreensão de dificuldades existentes na aprendizagem da matemática, pois "somente havendo um entendimento ainda melhor do processo e de suas deficiências é que se poderão construir estratégias adequadas de prevenção e intervenção de tais dificuldades" (KRUSZIELSKI, 2005. p. 2). Torna-se importante realizar pesquisas neste campo, já que, no Brasil, ainda é um campo pouco explorado, com poucas pesquisas realizadas com alunos da realidade brasileira.

Para melhor abranger a rede de dados necessários para o presente estudo, optou-se pelo método misto concomitante cujo objetivo é entender melhor o problema de pesquisa ao convergir dados quantitativos e qualitativos (CRESWELL, 2007). Isso será feito por meio da utilização de testes padronizados para analisar a relação entre memória de trabalho, ao mesmo tempo em que se tentará descrever a relação entre memória de trabalho, desempenho matemático e resolução de problemas matemáticos aditivos.

A resolução de problemas matemáticos foi explorada por meio de entrevistas clínicas, que privilegiam as interações individuais do pesquisador com o participante. Os dados obtidos através da entrevista foram descritos para complementar a análise das capacidades cognitivas e das dificuldades de aprendizagem de forma qualitativa, que remete a complexidade das habilidades matemáticas e a importância da aquisição dos conceitos numéricos iniciais.

O trabalho está organizado da seguinte forma: no segundo capítulo, que sucede a introdução, é realizada uma revisão da literatura em relação às características do conhecimento matemático. No terceiro capítulo, apresenta-se uma definição do construto memória de trabalho e sua relação com a aprendizagem da matemática. No quarto capítulo, faz-se uma abordagem sobre a resolução de problemas e sua importância para a pesquisa. No quinto capítulo, está descrito o método utilizado. O sexto capítulo descreve os resultados; e por fim, no sétimo capítulo, apresenta-se a análise dos resultados.

2. PENSAMENTO MATEMÁTICO

Historicamente, a matemática teve início com a experiência prática. As tarefas cotidianas do homem originaram a necessidade de contar e medir. Com o avanço do comércio e o desenvolvimento das cidades, ficava cada vez mais ineficiente utilizar pedras, nós ou riscos para representar as quantidades. Passou a se fazer necessária a representação das quantidades por meio de desenhos, símbolos. Desde o uso do corpo como sistema de contagem até o sistema indu-arábico, ainda hoje utilizado, os diversos povos recorreram a diferentes formas para representar seus sistemas numéricos. A criação das primeiras representações simbólicas foi o primeiro passo para o desenvolvimento da matemática. A representação da realidade por meio de símbolos gráficos gerou uma maior mobilidade nas tarefas comerciais, levando a inúmeras novas relações que ultrapassaram a simples descrição do concreto, tornando o pensamento matemático mais complexo (VASCONCELOS, 2000).

2.1 APRENDIZAGENS DA MATEMÁTICA

Uma vez criado e adotado o sistema numérico, o número se desliga do objeto que representava originalmente, e, com o tempo, a conexão entre os dois é esquecida, passando o número a ser um modelo ou símbolo. Assim, os modelos concretos iniciais tomaram a forma abstrata dos nomes dos números, de modo que estes nomes passaram a representar uma determinada quantidade de objetos. O que conhecemos como número é uma construção humana para melhor representar a realidade, um conceito ou um entendimento a respeito de algo.

Tudo o que aprendemos em matemática são conhecimentos conceituais. O conhecimento matemático e de número não são possíveis de serem aprendidos diretamente dos objetos materiais, exige-se um entendimento conceitual que vai além da experiência física. Tal entendimento apoia-se principalmente no simbolismo e nas imagens mentais já adquiridas. Os conceitos matemáticos requerem uma capacidade de abstração que evolua conforme a necessidade de representação do pensamento matemático, pois estão além da simples percepção de dados materiais; estão apoiados no simbolismo (FERREIRA *et al.*, 2005).

Tais conhecimentos são hierarquizados e se sobrepõem, de modo que, para uma nova aprendizagem matemática, é necessário que se tenha consolidado um conhecimento anterior básico, o que torna o aprendizado matemático mais complexo. Para Golbert (2008, p. 11), “a complexidade própria da matemática reside na hierarquia entre os conhecimentos e habilidades, o que torna imprescindível o papel do conhecimento prévio para as novas aprendizagens”.

Para Glasersfeld (1995), os conceitos matemáticos, até mesmo os iniciais, estruturam-se em representações simbólicas, que são extremamente relevantes para o desenvolvimento de conceitos posteriores e mais complexos. Por representação Glasersfeld (1995) entende a produção de estruturas conceituais. Tais estruturas conceituais, expressas em símbolos, formam-se com base em ações e coordenações de ações. Assim, faz-se necessário um material sensorial disponível para sua representação. O autor afirma que:

> O aumento da dificuldade e o concomitante aumento do esforço envolvido na produção de estruturas conceituais quando o material sensorial necessário não esta disponível no campo perceptivo presente, está patente em todas as formas de representação e, sobre tudo, na re-execução de programas de ação abstraídos. Qualquer representação seja ela de um objeto experiencial ou de um programa de ações ou operações requer algum material sensorial para a sua execução (GLASERSFELD,1995, p.163).

Para Dehaene e Cohen (1995), o material sensorial é fundamental para representação do número. Segundo os autores, existem três códigos mentais para esta representação: 1) código verbal, que apresenta sequências sintaticamente organizadas das palavras; 2) código visual arábico, um código ideográfico, já que cada símbolo representa uma palavra e não uma unidade fonológica; e 3) código analógico, em que as magnitudes associadas estão distribuídas ao longo de uma linha numérica orientada da esquerda para a direita. Estes três códigos estão sempre interligados.

Nunes *et al.* (2005, p. 166) apontam que o uso de atividades de “representações simbólicas são relevantes no desenvolvimento dos conceitos matemáticos [...] a combinação de instrumentos simbólicos, incluindo materiais concretos manipulativos como precursores de imagem mostraram-se eficazes no desenvolvimento conceitual do campo das estruturas aditivas”. As representações auxiliam na compreensão dos conceitos matemáticos utilizados na escola, possibilitando “formas diferentes de pensar sobre a informação, as relações e os modelos, pois a disponibilidade de diversas representações pode ser útil para o desenvolvimento dos conceitos” (NUNES *et al.*, 2005, p. 167). A utilização de materiais manipulativos favorece a compreensão e o ensino, entretanto, sabe-se que a ajuda representacional por si só não garante a eficácia do desenvolvimento conceitual, pois ele não ocorre através dos elementos concretos, mas mediante a compreensão das relações abstratas e das redes de relações representadas pelo material. O conceito não é o próprio objeto, mas sim o que a ele atribuímos.

Todos os conhecimentos matemáticos se formam à medida que os conceitos já existentes se conectam com novos conhecimentos, e tornam-se possíveis de serem representados, dando sentido a cada aprendizagem matemática. Assim, a aprendizagem matemática está ligada à capacidade de fazer relações entre conceitos. A evolução conceitual é o que permite o desenvolvimento das competências numéricas específicas.

A prática escolar apresenta a matemática como uma disciplina fechada e desligada da realidade, o que compromete a evolução conceitual. Vasconcelos (2000) argumenta, afirmando que a matemática não é uma ciência fechada, estagnada; ela está em contínua expansão, revisando os seus próprios conceitos. Tais conceitos, assim como as formas de raciocínio lógico, devem ser assumidos como conteúdos de ensino, constituindo o núcleo essencial do aprendizado matemático.

2.2 CONSTRUÇÕES NUMÉRICAS

Um longo processo de desenvolvimento ocorrerá até a criança se tornar um adulto numeralizado, ou seja, “um adulto capaz de apreciar e entender algumas das formas pelas quais a matemática pode ser usada como um meio de comunicação” (NUNES e BRYANT, 1997. p. 19). O indivíduo passará por um extenso caminho de desenvolvimentos lógicos para chegar a elaborar um cálculo de acordo com os fundamentos e conceitos matemáticos, por exemplo, deduções, induções e previsão de ações, brincadeiras de classificar, ordenar, formar grupos, etc.

O ensino da matemática torna-se cansativo e perde o sentido com o passar do tempo, pois os estudantes não alcançam os níveis de entendimento exigidos para cada série. Lacunas no conhecimento da numeralização se formam desde o início, mas só são percebidas ao longo da escolarização. Surgem, então, as dificuldades para dar prosseguimento ao desenvolvimento do pensamento lógico matemático, o que acarreta no grande índice de fracasso escolar que a disciplina de matemática tem causado.

Segundo Piaget (1978), a criança constrói o conceito de número a partir das relações que ela cria entre os objetos. O número é uma síntese destes tipos de relação: ordem (contagem de um determinado número de elementos sem saltar ou repetir) e inclusão hierárquica (quantificação dos objetos, arranjos numa relação ordenada).

A criança precisa estabelecer uma relação entre os objetos para construir o conceito de número, ou seja, ela fará uma "síntese operatória entre procedimentos de classificação e de seriação, uma vez que o número designa, simultaneamente, uma classe de objetos seriados" (PIAGET, 1978). Desta forma, para obter o nível de abstração necessário à formulação do conceito de número, a criança terá que vivenciar uma série de ações sobre objetos, para que possa refletir sobre elas, percebendo as relações existentes (GOLBERT, 2002).

Salvador *et al.* (2005)[1] indicam que, durante a fase de aquisição do conceito de número, destacam-se quatro noções básicas, que terão de ser conhecidas pelas crianças:

a) classificação (agrupar segundo um critério);

b) seriação (colocar em série, ordenar);

c) correspondência biunívoca (estabelecer relação em que cada elemento de um conjunto corresponderá a um elemento de outro conjunto);

d) conservação da quantidade (reconhecer que o número de elementos de um conjunto não varia, quaisquer que sejam as maneiras como se agrupam).

A compreensão da conservação da quantidade demanda uma variedade de experiências. É um processo que se dá juntamente com o processo de entendimento da correspondência, necessário para a construção numérica. De acordo com Dorneles (1998), ambos estão interligados, pois a elaboração do conceito de número necessita das duas noções. O processo de correspondência pode ser dividido em três fases. Na primeira fase, ocorre uma correspondência global, feita pela comparação visual do aspecto global, sem estabelecer relações entre os objetos. Na segunda, começa a ser estabelecida uma correspondência termo a termo, ainda instável, pois não se mantém diante de transformações perceptivas. Na terceira, consolida-se o processo de coordenação lógica, ocorrendo o predomínio da correspondência

---

[1] Texto pesquisado e elaborado pelas Assessoras Pedagógicas: Adriana Zini, Marinês Feiten da Silva e Teresinha Manica Salvador - Smed/2005, que fazem parte do Grupo de Estudos de Educação Matemática e Científica, da Prefeitura Municipal de Caxias do Sul e Secretaria Municipal da Educação.

termo a termo, que se mantém independente da percepção, caracterizando a conservação da quantidade.

De acordo Ferreira *et al.* (2005), as concepções de Piaget (1971) a respeito do conceito de número estariam relacionadas às estruturas operatório-concretas, atingidas somente em torno dos 6-7 anos. Deste modo:

> A origem do número, segundo Piaget, não está na contagem, mas na necessidade de quantificar coleções pela correspondência biunívoca e recíproca (um para cada um), onde a contagem passa a ser um recurso útil no acabamento desse processo, porém ainda inicialmente sem significação cardinal. (FERREIRA *et al.,* 2005.p.4)

O pensamento de Piaget ressalta a importância da ação do sujeito para a reflexão sobre o objeto e posterior construção do seu pensamento lógico matemático. A construção do conceito de número exigiria muitas experiências de quantificação, e o ato de contar seria um instrumento para completar o processo.

Muitos pesquisadores, no campo da psicologia cognitiva (BUTTERWORTH, 2005; DEHAENE e COHEN, 1995), discordam da posição de Piaget. Pesquisas mais recentes vêm evidenciando a importância da contagem, que se mostra mais pertinente do que o raciocínio lógico para o desenvolvimento da noção de número. Tais estudos salientam que as crianças podem ter conhecimentos implícitos sem conseguir evidenciá-los explicitamente. Neste sentido, a contagem seria um sistema de comportamento indicativo do conhecimento implícito. O desenvolvimento do raciocínio e das habilidades numéricas mais complexas, por sua vez, ocorreria mediante a explicitação de um conhecimento antes implícito. Os estudos também sugerem que crianças com menos de seis anos são mais competentes do que Piaget imaginava e refutam a idéia de que o conceito de número esteja ligado a estruturas operatório-concretas.

Os pesquisadores concordam que a matemática escolar tem seus alicerces em habilidades cognitivas básicas (linguísticas e espaço-temporais) que se desenvolvem dos 2 aos 6 anos de idade, aproximadamente. Desta forma, são tidas como asseguradas para a criança com idade de ingressar na escola (GEARY, 2006). Porém, nem todas as crianças possuem os conhecimentos e as habilidades representativas iniciais e, não tendo um suporte de conhecimento para sustentar as aprendizagens numéricas desenvolvidas na escola, seu desempenho escolar fica comprometido (GOLBERT, 2008, p. 5).

2.3 DESENVOLVIMENTO DO SENSO NUMÉRICO

O desenvolvimento do senso numérico vem sendo estudado por inúmeros pesquisadores, que buscam esclarecer como se dá a aquisição de conceitos e procedimentos numéricos pela criança (NUNES e BRYANT, 1997; DEHAENE e COHEN, 1995).

Dehaene e Cohen (1995) propuseram um modelo para os processos mentais e circuitos neuroanatômicos envolvidos no processamento dos números e na aritmética mental, o modelo de Triplo Código. Segundo este modelo, existem três códigos mentais para a representação dos números: 1) código verbal: os números são representados por seqüências sintaticamente organizadas de palavras; 2) código visual arábico (ou forma visual dos números indu-arábicos): equivalente a um código ideográfico – já que cada símbolo representa uma palavra e não uma unidade fonológica – em que os números são representados por uma linha de dígitos organizada em um sistema interno visuoespacial; e 3) código analógico (código analógico de magnitude): em que as magnitudes associadas com o numeral estão analogicamente representadas pela distribuição ao longo de uma linha numérica orientada da esquerda para a direita. O código analógico é o único que contém informação semântica acerca dos números.

Segundo os autores, os três códigos se comunicariam mediante vias especializadas que permitiriam a transcodificação. Assim, cada tarefa realizada estaria ligada a um código específico de entrada e saída. Desta forma, cada manipulação mental de números poderia exigir mais de uma transcodificação, dependendo de sua complexidade (DEHAENE E COHEN, 1995).

O senso numérico está relacionado à proficiência em matemática, tendo dois elementos principais para o seu aperfeiçoamento: a contagem e a discriminação de quantidades. As duas habilidades precisam estar ligadas, a fim de possibilitar o desenvolvimento de pensamentos e estratégias sofisticadas de compreensão aritmética e de resolução de problemas matemáticos (GERSTEN *et al.* 2005).

Várias são as definições de senso numérico. De um modo geral, o conceito está relacionado às capacidades ou habilidades de estimar e julgar magnitude, reconhecer resultados incorretos, flexibilidade mental ao computar resultados, mobilidade entre diferentes representações, para escolher mais adequada (GERSTEN *et al.*, 2005). Tais capacidades e habilidades são desenvolvidas nas crianças por meio de experiências cotidianas. Para Gersten *et a.l* (2005), uma boa definição é a dada por Case *et al.* (1992), que definem senso numérico como uma estrutura conceitual que depende de muitas ligações entre conhecimentos e princípios matemáticos. O conceito de senso numérico como uma estrutura dependente de muitas ligações é mais abrangente e, por isso, mais adequado à compreensão das funções avaliadas nesta pesquisa.

Jordan *et al*. (2009) realizaram um estudo para avaliar o senso numérico de crianças ao início da 1ª série e ao final da 1ª e 3ª séries. Os resultados indicaram que um bom senso numérico contribui isolada e significativamente para o bom desempenho na resolução de cálculos e problemas matemáticos em diferentes contextos. Assim, o senso numérico pode ser considerado um poderoso preditor de resultados em matemática para as séries posteriores, principalmente em relação à competência para resolver problemas matemáticos, pois as crianças que não possuíam bom senso numérico tiveram maior dificuldade em resolvê-los, tanto na 1ª como na 3ª série.

A autora afirma que fatores como insuficiência de interação simbólica na aquisição do senso numérico, carência de competências relacionadas à contagem e incapacidade para estabelecer relações entre números e operações podem gerar dificuldades de aprendizagem na matemática. Segundo a estudiosa, as crianças que têm a compreensão do senso numérico mais comprometida geralmente provêm de famílias de baixa renda. A ausência de experiências com números pode resultar em um senso numérico deficiente, uma vez que tal noção se desenvolve mediante experiências que possibilitem utilizar a contagem, o conhecimento de número, as operações e todos os demais conhecimentos fundamentais nas séries iniciais (JORDAN, 2009).

Geary (2006) salienta que para usar o conhecimento numérico, chegar aos conceitos numéricos e desenvolver o senso numérico, as crianças devem mapear palavras e outros sistemas representacionais de sua cultura, passando a compreender as noções numéricas para além de pequenas quantidades. O aprendizado de quantidades específicas maiores que quatro é mais complexo, pois depende do aprendizado da seqüência numérica da contagem padrão e de propriedades desta seqüência. O conceito de número estará relacionado à compreensão de quantidades, já que envolve o mapeamento da seqüência de números arábicos em relação ao sistema de magnitude. O conhecimento numérico implica uma rede de relações entre conceitos representados mentalmente.

Uma das primeiras formas de interação da criança com o conceito de número é a contagem que precisa ser "apresentada como uma rotina convencional antes de que as crianças compreendam plenamente seu significado[....]" (GOLBERT, 2002, p. 12). Para uma melhor compreensão do desenvolvimento da contagem pela criança, segue uma breve explanação sobre seus princípios.

2.4 ORIGENS DA NUMERALIZAÇÃO: A CONTAGEM

Os princípios da contagem, conforme Butterworth (2005), estão presentes desde muito cedo nas atividades diárias das crianças. O autor nos remete ao texto de Gelman e Gallistel (1978), que fizeram uma descrição de tais princípios:

1) princípio da ordem constante: existe uma ordem para os nomes dos números que não se altera;

2) princípio da correspondência termo a termo: existe um único nome de número para cada objeto;

3) princípio da cardinalidade: o último número contado engloba todos os anteriores;

4) princípio da irrelevância da ordem: não importa de onde se começa a contar, a quantidade será a mesma;

5) princípio da abstração: existe uma única forma de contar que vale para todos os conjuntos de objetos.

A compreensão da contagem envolve o entendimento dos cinco princípios supracitados, que as crianças vão construindo de forma lenta e progressiva, à medida que entram em contato com situações matemáticas em seu cotidiano e também na escola. Butterworth (2005) aponta ainda três procedimentos principais que ocorrem durante a evolução da contagem para uma estratégia de adição. Conforme o autor, os estágios assim se caracterizam:

1) Contar tudo: para 3 + 5, as crianças contarão numa mão “um, dois, três” e na outra “um, dois, três, quatro, cinco”, a fim de estabelecer a numerosidade dos conjuntos a serem adicionados e torná-los visíveis – três dedos em uma mão e cinco dedos na outra. A criança então contará todos os objetos.
2) Contar todos a partir do primeiro: as crianças percebem que não é necessário contar os elementos do primeiro conjunto. Elas podem começar com o três e depois contar os outros cinco para chegar ao resultado final. Usando a contagem com os dedos, a

criança não contará mais o primeiro conjunto, mas começará com a palavra "três", e, então, usará uma mão para contar o segundo conjunto: "quatro, cinco, seis, sete, oito".

3) Contar a partir do maior: em 3 + 5, a criança inicia a contagem pela parcela maior, contando "cinco" e depois seguindo na seqüência: "seis, sete, oito".

As estratégias de contagem passam a ser usadas na medida em que os padrões de contagem vão sendo compreendidos pela criança. Tal compreensão permitirá uma maior mobilidade e rapidez no processamento das informações numéricas às quais o indivíduo for submetido. À medida que a criança desenvolve sua capacidade numérica, ela se torna capaz de efetuar cálculos numéricos mais complexos. Para realizar esses cálculos, ela necessitará de um grau de conhecimentos prévios matemáticos que servirão de base para todo e qualquer outro conhecimento e operação matemática posterior (NUNES e BRYANT, 1997).

A contagem serve de base para todo o saber matemático, pois acarreta no processo de conceituação do número. É o ponto de partida para qualquer outro conhecimento matemático, devendo também auxiliar nos procedimentos aritméticos. As crianças não precisam apenas aprender procedimentos, mas sim compreender as relações de transformação do número através dos cálculos aritméticos (BUTTERWORTH, 2005).

2.5 A MATEMÁTICA E AS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM

A aquisição dos conhecimentos matemáticos exige capacidade intelectual para representar e armazenar inúmeras informações e entendimentos conceituais e procedurais hierarquizados, que dependem uns dos outros. Primeiramente, a criança terá que saber contar, o que requer uma série de habilidades, como, por exemplo, respeitar um conjunto de princípios. Posteriormente, aprenderá a efetuar cálculos, que se tornam gradativamente mais complexos, exigindo abstrações cada vez mais elaboradas. Desta forma, as tarefas matemáticas exigem uma distribuição cuidadosa dos recursos de processamento mental e de memória, bem como requerem o emprego de estratégias, acarretando no ajuste progressivo de certos procedimentos a outros. Falhas no desenvolvimento de algum destes processos podem gerar dificuldades na aprendizagem (RIVIÈRE, 1995).

No decorrer da escolarização, o desempenho de muitas crianças na matemática torna-se preocupante, pois a disciplina ano a ano fica mais complexa, levando, inclusive, à interrupção dos estudos de muitos alunos. Para Geary (2004b), é difícil apontar o motivo ou causa de um fraco desempenho em matemática, pois primeiro é preciso identificar se a insuficiência é decorrente de instruções inadequadas ou de déficits cognitivos. Sabe-se que entre 5 e 8% das crianças em idade escolar apresentam alguma forma de déficit cognitivo que interfere na aprendizagem de conceitos e procedimentos de um ou mais domínios matemáticos.

O enfoque cognitivo tem sido o mais eficiente para explicar as dificuldades de aprendizagem de matemática. Tal enfoque não rotula as crianças, mas sim categoriza os processos mentais necessários às operações, tratando de compreendê-los e explicá-los, a fim de possibilitar o conhecimento das falhas e erros cometidos durante a realização de um cálculo (RIVIÈRE, 1995).

Os estudos na área da neuropsicologia cognitiva vêm contribuindo muito para o entendimento a respeito do complexo problema de como compreendemos e executamos mentalmente tarefas matemáticas. As descobertas obtidas pelas investigações em várias áreas da cognição (em estudos com pacientes com lesões cerebrais e, principalmente, com as técnicas de imagem cerebral) começaram a proporcionar informações sobre a atividade do cérebro durante a realização de operações aritméticas (FUENTES, 2001).

Muitas pesquisas (GEARY *et al.,* 2000, 2004a, 2004b, 2007; BULL & ESPY, 2006) na área das dificuldades de aprendizagem na matemática (DAM) apontam que crianças com problemas específicos nesta área apresentam, entre outras, dificuldades severas no armazenamento e recuperação de fatos aritméticos básicos na memória de longo prazo. Os dados decorrentes das investigações demonstram que existe correlação entre déficits na memória de trabalho e insucesso na matemática (GERSTEN *et al.*,2005, SWANSON, 2006, 2008; PASSOLUNGUI *et al.,* 2007).

Passolunghi *et al.* (2007) analisaram dados longitudinais para investigar se a relação entre as habilidades básicas e o aprendizado da matemática pode ser interpretada de maneira causal desde o início da escola primária. Avaliaram, assim, os recursos de memória de trabalho, habilidade fonológica e competência numérica através dos testes de *digit/Word span forwad*, *digit/Word span Backwards* e *listining Completion Span.*Os testes foram aplicados em 170 crianças do primeiro ano da escola primária com idade entre 6 anos e 6 anos e meio. Os resultados apontam que a MT sustenta a cognição de alto nível, como na resolução de problemas, por exemplo, embora não se tenha evidências suficientes para assegurar uma relação causal entre MT e desempenho na aprendizagem de matemática. Os resultados ainda indicam que a MT, em particular o sistema executivo central, é um importante preditor das habilidades matemáticas das crianças.

Cabe destacar os estudos de David Geary e seus colaboradores, no Departamento de Ciências Psicológicas da Universidade de Missouri, realizados desde os anos 80. Em 1993, Geary publicou uma pesquisa sobre os componentes cognitivos, neuropsicológicos e genéticos geradores das dificuldades na matemática. O referido material se tornou um marco para os estudos nessa área.

As descobertas de David Geary também vêm demarcando padrões de diferença entre crianças com dificuldades de aprendizagem apenas em leitura, dificuldades de aprendizagem apenas em matemática e dificuldades concomitantes em leitura e matemática. O pesquisador comparou crianças destes grupos com crianças que apresentam desenvolvimento típico, sem quaisquer déficits de aprendizagem. Para isso, investigou a relação entre habilidades cognitivas como memória de trabalho, memória de longo prazo, compreensão numérica e aquisição de conhecimento numérico e aritmético (GEARY *et. al*., 2000, 2004a, 2007).

Geary *et al*. (2000) realizaram uma pesquisa envolvendo 84 crianças de 1ª e 2ª séries, separadas em cinco grupos. As crianças com escores de raciocínio matemático menores que o percentil 35 foram colocadas no grupo de crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática (DAM). As crianças com escores menores que 35 para competência em leitura foram postas no grupo de dificuldades em leitura (DL). As crianças com média de desempenho abaixo do percentil 21 ficaram no grupo de crianças com dificuldades em matemática e em leitura (DAM/DL). As crianças com pelo menos um escore abaixo do percentil 35 em uma das séries e um escore acima do percentil 34 em outra série construíram um grupo variado. Todos estes grupos foram comparados a um grupo de crianças com desenvolvimento típico.

Os resultados desta pesquisa indicam que as crianças com DAM/DL apresentam escores de aquisição de leitura e matemática mais baixo do que o esperado, enquanto os grupos com DAM e DL isoladas apresentam déficits específicos em matemática e leitura, respectivamente. No grupo variado, os alunos apresentaram progressos da 1ª para 2ª série, e, na 2ª série, não se diferenciaram dos alunos com desenvolvimento típico (GEARY *et al.,* 2000).

Geary *et al.* (2000) salientam que crianças que apresentam baixos níveis de aquisição em uma série, mas níveis na média ou acima no outro ano, não apresentam deficiências cognitivas. Desta forma, as dificuldades acadêmicas intermitentes provavelmente estão ligadas a outros fatores.

Em relação à compreensão e produção de números, as crianças com DAM/DL apresentaram mais erros nas tarefas de comparações numéricas (magnitude) do que os demais grupos. Em relação à habilidade de contagem, o desempenho dos grupos com DAM/DL e DAM foi mais baixo que o desempenho dos outros. As estratégias utilizadas pelos grupos na resolução das tarefas demonstram que as crianças com DAM/DL não utilizam a estratégia de recuperação de fatos básicos da memória, necessitando realizar a contagem nos dedos. As crianças com DAM utilizam mais procedimentos de contar todos os termos desde o inicio, o que demanda mais tempo para chegar à solução da tarefa (GEARY et al., 2000).

Em 2004, Geary *et al.* realizaram um estudo sobre a contribuição da memória de trabalho na escolha de estratégias para solução de cálculos simples e complexos de adição por crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática. Os resultados foram comparados com os de alunos com desempenho típico, sem déficits. As diferenças individuais na combinação de estratégias e na mudança de estratégias foram relacionadas, em parte, às diferenças na capacidade da memória de trabalho e no conhecimento de contagem. Foram avaliadas 149 crianças, de 3ª e 5ª séries, relativamente ao desempenho em matemática e leitura, através de testes padronizados. Todas as crianças com escores de raciocínio matemático inferiores ao percentil 30 foram classificadas com DAM, independente dos níveis atingidos em leitura.

Geary *et al.* (2004a) descobriram que crianças de 1ª e 2ª séries com DAM cometem mais erros de contagem e usam mais frequentemente estratégias imaturas, em relação a seus colegas com desenvolvimento típico. As crianças com DAM encontram dificuldades para resgatar os fatos aritméticos básicos da memória de longo prazo. A diferença mais significativa entre as estratégias utilizadas foi encontrada na 1ª série, pois as crianças com DAM utilizam muito mais a contagem nos dedos para solução de adições simples, quando seus colegas com desenvolvimento típico já recorrem a uma combinação de estratégias de contagem e/ou recuperação direta para resolver as tarefas. As crianças com DAM cometem mais erros do que os colegas e demoram mais para fazer mudanças adaptativas em suas estratégias de resolução, à medida que problemas mais complexos vão substituindo os mais simples no decorrer das séries.

Geary (2004a) ressalta que a capacidade da memória de trabalho possibilita uma variação no uso de estratégias (contagem nos dedos ou recuperação na memória de longo prazo) para a resolução de 75% dos problemas simples e complexos. Porém, o pesquisador ressalva que a memória de trabalho não se relaciona com as estratégias de alunos de 3ª e 5ª séries. Segundo ele, isso indica que a memória de trabalho é mais importante durante a fase inicial de aprendizagem, diminuindo gradativamente sua representatividade conforme os procedimentos de contagem vão sendo utilizados com menos freqüência, na proporção em que aumenta o resgate de informações na memória de longo prazo.

Geary *et al.* (2007) realizou uma pesquisa longitudinal com crianças com DAM, diferenciando grupos mediante critérios de avaliação mais rigorosos. Para ele, grande parte das pesquisas apresenta critérios lenientes (LA) no diagnóstico das dificuldades na matemática, confundindo casos potencialmente graves com casos mais leves.

A pesquisa de Geary *et al.* (2007) teve por objetivo determinar a amplitude e a gravidade de diferentes déficits cognitivos em grupos definidos com critérios diagnósticos lenientes e critérios mais rigorosos. O estudo também se propôs a identificar em que medida os componentes da memória de trabalho diferenciam-se em grupos com níveis de cognição matemática diferentes. Foram avaliadas 278 crianças do jardim de infância e da 1ª série do Ensino Fundamental, com QI entre 80 e 130. Elas foram testadas no início do jardim de infância e no início e no final da 1ª série. Formaram-se três grupos: o grupo com DAM, constituído por crianças com percentil inferior a 15, que foi avaliado com critérios rigorosos; e o grupo de crianças com percentil entre 23 e 39, que foi avaliado com critérios lenientes (LA). Os dois grupos, DAM e LA, foram comparados a um terceiro, de controle (TA), constituído por crianças com percentil acima de 50.

Por meio deste estudo, Geary *et al.* (2007) constataram que o uso de um critério de corte restritivo identifica crianças com problemas generalizados de cognição matemática e muitas vezes graves déficits e déficits subjacentes na memória de trabalho e na velocidade de processamento, ao passo que a utilização de um critério favorável identifica crianças que podem ter déficits mais sutis em domínios específicos da matemática.

Os resultados do estudo de Geary *et al.* (2007) indicam que crianças com DAM podem compreender bem conceitos básicos de contagem, como as crianças TA e LA, e que qualquer dificuldade que as crianças com DAM tenham nas tarefas de contagem pode dever-se a falhas de memória de trabalho. Os resultados ainda apontam que a implicação da variação da severidade do critério de corte para definir a DAM pode resultar em variação nos déficits de memória de trabalho e na velocidade de processamento, levando em consideração que o acesso à informação numérica envolve sistemas visuoespaciais .

As crianças com DAM cometeram mais erros de contagem nos dedos, usando o procedimento de contar a partir do maior com menos freqüência, comprometendo, assim, a recuperação de fatos aritméticos na memória de longo prazo. As crianças LA, por sua vez mostraram-se tão habilitadas quanto as TA ao utilizar estratégias de recuperação para resolver problemas simples. Na resolução de problemas complexos, porém, demonstraram um déficit moderado.

Os grupos DAM e LA diferiram na frequência de erros de recuperação, mas não no uso da recuperação correta. O padrão sugere que crianças com DAM têm menos confiança para utilizar os fatos recuperados do que as crianças com LA (GEARY *et al*., 2000). Comparadas às crianças LA, as crianças com DAM podem ter dificuldade de inibir associações irrelevantes à entrada da memória de trabalho. A comparação dos Grupos TA e LA revelou diferenças moderadas para a velocidade de processamento, favorecendo as crianças TA, mas não houve diferenças entre as três medidas de memória de trabalho.

As crianças com DAM apresentaram déficits em todas as tarefas de cognição, medidas de memória de trabalho e velocidade de processamento. Muitos, mas não todos os déficits de cognição dessas crianças, foram parcialmente ou totalmente mediados pelo executivo central, embora a alça fonológica, o esboço visuoespacial e a velocidade de processamento tenham contribuído para vários outros déficits de cognição específicos de matemática.

Com base nas pesquisas atuais, o presente estudo pretende analisar a relação entre a memória de trabalho, o desempenho matemático e a resolução de problemas matemáticos aditivos por alunos de 4ª série do Ensino Fundamental, com o intuito de compreender melhor como está ocorrendo o desenvolvimento cognitivo matemático nas crianças, bem como suas limitações e dificuldades.

Tendo em vista a importância da memória de trabalho para a aprendizagem matemática, como vimos nas pesquisas descritas acima, torna-se relevante descrever mais detalhadamente as características e funções deste componente cognitivo. Desta forma, o Capítulo 3, que segue, abordará aspectos relevantes deste que se tornou um dos componentes cognitivos mais estudados atualmente.

3. MEMÓRIA DE TRABALHO

Atualmente, neurocientistas do mundo todo têm se dedicado ao estudo da memória. As contribuições neurobiológicas ajudaram a esclarecer o processo de aprendizagem em relação às mudanças mentais ocorridas durante a aquisição de conhecimentos novos, entendendo a aprendizagem como “a fase de recepção de estímulos novos, que são aqueles que geram mudanças nos processos mentais prévios, correspondendo á primeira das três fases do fenômeno mnemônico” (RIESGO, 2006, p. 269).

Durante muito tempo, os pesquisadores tentaram e ainda tentam compreender como o ser humano manipula e armazena as informações que recebe durante toda a vida. Compreender como podemos armazenar e processar as informações é fundamental para a compreensão de quase todos os outros aspectos da cognição (ANDRADE, 2001).

A memória é dividida em diferentes tipos de sistemas. Atualmente, utiliza-se um sistema de classificação da memória pelo tipo de conteúdo a ser armazenado.

- Memória explicita ou memória declarativa: é o tipo de memória que guarda os detalhes de eventos passados incluindo tempo, lugar e circunstâncias. Esta está subdividida em semântica (representa nossa cultura geral, o saber sobre o mundo, conceitos abstratos) e memória episódica (refere-se à memória autobiográfica, dos fatos da nossa história de vida). (FUENTES, 2008)
- Memória não declarativa; está relacionada à habilidade para realizar algum ato ou comportamento aprendido por intermédio de certo tempo de esforço. (FUENTES, 2008)
- Baddeley (1986), propõe a inclusão de um outro tipo de memória, a Memória de Trabalho (mais necessária quando aumenta a demanda para o pensamento abstrato e a linguagem) (FUENTES, 2008)

Memória de trabalho (MT): é um sistema necessário para o armazenamento e manipulação simultânea de informações, permitindo a realização de processamentos cognitivos sobre as informações memorizadas temporariamente (BADDELEY, 1992). Neste estudo, analisaremos os processos cognitivos e funções referentes a esta memória. Por isso, suas funções serão aprofundadas neste capítulo.

O modelo de Baddeley e Hitch (1974) tornou-se o mais adequado para a maioria dos estudos atuais (BULL & ESPY, 2006) já que contempla uma gama de funções capazes de explicar inúmeros processos mentais.

O modelo de MT é um modelo teórico que vem sendo muito utilizado pelos pesquisadores no dia-a-dia de investigações de processos cognitivos ligados a aprendizagem. Há um consenso entre os pesquisadores de que a MT é um mecanismo ou processo envolvido no controle, regulação e manutenção ativa da tarefa de informações relevantes importantes para a cognição complexa (BADDELEY, 1999).

O termo MT se refere a um sistema cerebral que fornece armazenamento temporário e manipulação da informação necessária para tais tarefas cognitivas complexas como a compreensão da linguagem, aprendizagem e raciocínio. Esta definição tem evoluído do conceito de um sistema de memória unitário curto prazo (BADDELEY, 1992).

De acordo com o relato de Baddeley (1999), a raiz do modelo teórico de memória de trabalho está relacionada com as teorias existentes sobre a memória de curto prazo. Muitas pesquisas foram realizadas, os dados coletados a partir de casos clínicos em pacientes com lesões cerebrais possibilitaram o avanço na compreensão dos processos mentais e as transformações que ocorrem no processamento cognitivo de informações no cérebro humano. Mais recentemente, o uso de novas tecnologias, software, hardware e o uso de neuro-imagens influenciaram a investigação sobre a memória. A partir da possibilidade de uma distinção entre a memória de longo e curto prazo que foi levantada por Hebb, em 1949, os pesquisadores levantaram a hipótese de que poderia haver dois sistemas neurofisiológicos de armazenamento separado dentro do cérebro. Nesse sentido, Atkinson e Shiffrin, em 1968, elaboraram um modelo de memória de curto prazo consistente com os dados neuropsicológicos contemporâneos e experimentais, onde era diferenciado um armazenamento de informações recentes (presente ilusório) em uma memória de curto prazo, do armazenamento de conhecimentos e de memórias passadas que ficariam na memória de longo prazo (BADDELEY, 1999).

Como relata Baddeley (1999), ocorreram problemas empíricos com este modelo de Atkinson e Shiffrin, pois não era capaz de explicar casos de pacientes com lesões especificas no cérebro, como o caso de KF**,** que possuía capacidade de aprender listas de palavras e de lembrar histórias normalmente, mas sua extensão de memória para dígitos era de apenas 2 ou 3 itens, bem abaixo da média de uma pessoa normal (7 a 9 itens). Assim, o modelo de memória de curto prazo como armazenamento unitário não contemplava as necessidades dos pesquisadores, pois não explicava como ocorria a manutenção e manipulação da informação de forma precisa (BADDELEY, 1999; ANDRADE, 2001).

A partir dos problemas empíricos do modelo de Atkinson e Shiffrin, Baddeley e Hitch, em 1974, propuseram um modelo de memória, um sistema de armazenamento com vários componentes, um modelo multimodal chamado memória de trabalho. Desde então, o modelo de memória de trabalho (MT) de Baddeley e Hitch (1974) é o mais utilizado pelos cientistas em suas pesquisas (BADDELEY, 1999; ANDRADE, 2001).

Torna-se importante salientar a diferença entre o significado dos termos memória de curto prazo e memória de trabalho para compreender por que eles desempenham papéis diferentes. As memórias de curto prazo e de trabalho desempenham papéis diferentes na aprendizagem de novas habilidades, especialmente durante a infância. A memória de curto prazo armazena a informação, por um curto período de tempo, já a memória de trabalho tem a capacidade de manipular a informação armazenada e integrá-la com as informações da memória de longo prazo (GATHERCOLE et al., 2008).

A partir da memória de trabalho se obtêm as informações primordiais para o processo de uma nova aprendizagem, o reconhecimento de informações já conhecidas e a reestruturação das informações antigas em relação às novas. Desta forma, memória de trabalho parece apoiar transformação e aprendizagem em uma ampla variedade de contextos, tanto na infância como na idade adulta (GATHERCOLE, 1999).

De acordo com Baddeley (1992), o modelo para representar a memória de trabalho funciona através de múltiplos sistemas, dotado de um controlador atencional – executivo central e subsistemas especializados no processamento e manipulação de quantidades limitadas de informação em domínios altamente específicos: alça fonológica, o esboço visuoespacial e o buffer episódico. Cada um dos componentes do modelo possui suas funções especificadas abaixo.

Executivo central: é o controlador atencional, realiza o resgate das informações integradas no buffer episódico na forma de consciência, manipula e modifica essas informações quando necessário.

Alça fonológica armazena e manipula o material baseado na fala, memória verbal. Possui dois subcomponentes: o armazenador fonológico (recebe informação por vias diretas e indiretas); processo de reverberação ou ensaio subvocal que atua para refrear o decaimento natural do armazenador fonológico (proposto para descrever o efeito de duração da palavra).

Esboço visuoespacial: capaz de manter e manipular temporariamente as informações visuais e espaciais dos objetos. Possui dois subcomponentes: o armazenador visual que representa as características físicas dos objetos; e um mecanismo espacial que serve para planejar os movimentos e refrescar as informações armazenadas.

Em uma revisão do modelo de memória de trabalho, Baddeley (2000) acrescentou um novo componente o **buffer episódico**: um armazenador temporário, responsável pela integração de informações, tanto dos componentes verbal, como do visual, entre memória de longo prazo e de curto prazo.

A memória de trabalho, por sua própria definição, opera de forma dinâmica todos os seus subsistemas e é "a partir da integração de todos eles que o armazenamento e o processamento de diversos tipos de informações pode ocorrer", como bem assinalam Galera e Fuhs (2003, p. 337).

As capacidades dos subsistemas da memória de trabalho tornam-na eficiente para gerenciar informações que chegam a todo o momento, e, ao mesmo tempo, manipulá-las de forma a não perder o mais importante daquilo que retém. Por este motivo a memória de trabalho tem uma relação estreita com a aprendizagem, que vem cada vez mais sendo estudada.

A matemática é um domínio complexo e muitas habilidades cognitivas contribuem para que haja um bom desempenho. Estudos cognitivos sobre o rendimento em matemática vêm esclarecendo os déficits que podem subjazer as dificuldades no aprendizado de matemática. Muitos deles apontam a capacidade da MT como um fator importante para um bom desempenho escolar (BULL e ESPY, 2006).

Gathercole e Alloway (2008) afirmam que o processo de aritmética mental impõe consideráveis exigências de memória de trabalho, pois várias combinações de números precisam estar ativadas durante o tempo necessário. Além disso, o conteúdo da memória de trabalho tem que ser continuamente atualizado para incluir as diferentes etapas para chegar à solução. Com uma fraca capacidade de memória de trabalho não seria possível realizar esse tipo de atividade mental complexa, faltariam meios para fazer uma representação mental dos números e dos cálculos.

De acordo com as pesquisas de Geary (2004a), a capacidade de memória de trabalho aumenta com o decorrer da escolarização, assim, os alunos de 4ª série com desenvolvimento típico teriam uma capacidade de reter em sua memória de trabalho de cinco a seis itens e assim progressivamente até a sua capacidade limite de sete itens.

Os estudos divergem quanto aos componentes que estão mais ou menos envolvidos na aprendizagem da matemática e do processamento numérico. Muitas crianças apresentam dificuldade em armazenar informações na memória enquanto desempenham outra atividade (como contar nos dedos) e em inibir informação irrelevante, além de obterem um desempenho pobre em medidas de memória operacional visuoespacial e executivo central, embora não apresentem problemas com memória operacional fonológica (PASSOLUNGHI et al., 2007).

Bull e Espy (2006) salientam que as crianças pequenas não se beneficiam do uso de códigos verbais armazenados na alça fonológica, usando assim muito mais recursos do esboço visuoespacial. Com o decorrer da idade, por volta dos quatro anos, passam por um estágio de estratégia dupla (visuoespacial e verbal), quando mais velhos passam a utilizar prioritariamente estratégias verbais. Por isso, deveria ser dado mais atenção ao papel do esboço visuoespacial em competências matemáticas desenvolvidas na infância, dando prioridade a tarefas que contemplem a utilização deste componente.

As pesquisas de Bull e Espy (2006) confirmaram que habilidade de reter, manipular e atualizar informação na MT tem crucial importância para o desempenho em matemática de crianças de todas as idades. A dificuldade de atualizar informação na memória pode ocorrer se a criança não está apta a recuperar eficientemente informação da MLP para sustentar o que está sendo retido no estoque de curto prazo. Além disso, a criança pode ter que selecionar e integrar a informação relevante e crítica, habilidades que são provavelmente dependentes de inibição e manutenção de curto prazo e manipulação de informação. Particularmente onde as tarefas contêm até mesmo pequenas quantidades de informação irrelevante, as crianças podem ter dificuldade não em selecionar a informação apropriada, mas em inibir a informação inapropriada que não é relevante ao contexto em questão. A MT pode então estar sobrecarregada, resultando em dificuldade de completar os aspectos procedurais da tarefa.

3.1 MEMÓRIA DE TRABALHO E A APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA

A memória de trabalho está relacionada a todas as aprendizagens. A relação entre MT e aprendizagens matemáticas se faz mais visível, inicialmente, devido à exigência da memória de trabalho na realização do resgate de fatos aritméticos básicos que estão presentes em cada cálculo matemático; posteriormente, complexidade do pensamento matemático. Ela contribui para desenvolvimento cognitivo de alguns aspectos, os quais conforme estudos de Santos e Mello (2004) são:

1 Aritmética - a ativação em tempo real da memória de trabalho oferece suporte para cálculos aritméticos tanto em crianças quanto em adultos.
2 Compreensão de linguagem: a memória de trabalho está envolvida nas habilidades de adquirir aspectos conceituais da aquisição do vocabulário.
3 Desempenho escolar: há uma ligação entre a capacidade da memória de trabalho e habilidades intelectuais, como, por exemplo, seguir regras, raciocínios, escrita e aprendizagens complexas.

As pesquisas realizadas, nos últimos 25 anos, vêm salientando que as medidas de capacidade de memória são excelentes preditores do desempenho escolar de crianças, pois se tem visto que crianças, com aprendizagem típica, com adequadas capacidades de memória de trabalho desenvolvem habilidades de leitura e matemática em todas as idades. Inversamente, as crianças com capacidade relativamente pobre de memória de trabalho tendem a ficar com níveis médios ou baixos no desempenho escolar (GATHERCOLE *et al.* , 2008).

As características conceituais e procedurais do conhecimento matemático exigem um rápido e preciso processamento das informações na memória de trabalho. Á medida que aumenta a complexidade do processo de aprendizagem da matemática, se fazem necessárias representações mentais mais elaboradas.

Desta forma, o estudo da memória de trabalho é importante para a compreensão dos processos cognitivos associados à aprendizagem da matemática e suas dificuldades. Por este motivo, a presente pesquisa tem o intuito de analisar essa relação entre memória de trabalho e desempenho matemático em alunos de 4ª série do Ensino Fundamental, durante a execução de tarefas de resolução de problemas matemáticos verbais.

3.2 MEMÓRIA DE TRABALHO E DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA.

A capacidade de gerenciamento das informações da memória de trabalho tem grande influência nos procedimentos matemáticos que tendem a exigir, a cada nova aprendizagem, um maior e melhor uso desta capacidade. As dificuldades nesse gerenciamento interferem diretamente na resolução de tarefas matemáticas, visto que:

> A dificuldade de gerenciamento enquanto há a manutenção durante alguns segundos (no máximo poucos minutos) de uma quantidade adequada de informações numéricas necessárias para uma boa resolução de problemas aritméticos poderia estar relacionada a um déficit na memória de trabalho em cuja recordação de informação numérica é crucial para a solução do problema (KRUSZIELSKI, 2005. p.2).

Bull e Espy (2006) verificaram que o processo de cálculo aritmético mental envolve a memória de trabalho a um grau substancial, uma vez que a esta função compete estabelecer conexões entre conjuntos de informações. E caso isso não ocorra pode acontecer um déficit na informação processada. Como já foi visto, para realizar um cálculo é necessário captar as informações externas necessárias para a operação, mantê-las na mente, relacioná-las com o objetivo e com a estratégia a ser tomada, sempre ativando a memória de trabalho em tempo real.

Santos (2004) ilustra a interação entre os componentes da memória de trabalho em um cálculo aritmético. A autora explica que uma criança, ao ter que realizar cálculos mentais seguindo equações escritas numa folha de papel (ex. 3 + 6 = 9), deve decidir se os números resultantes são pares ou ímpares, representar mentalmente a equação escrita no esboço visuoespacial e traduzir os símbolos escritos em números pronunciáveis na alça fonológica. Os conceitos de soma, par ou ímpar aprendidos previamente, o resultado parcial, bem como as informações armazenadas nos subsistemas, ficariam ativados de forma integrada no "buffer episódico", enquanto o executivo central coordenaria o processamento dessas informações até que as respostas fossem dadas.

Essa estreita relação entre memória de trabalho e cálculos aritméticos se comprova a partir de estudos cognitivos e neuropsicológicos recentes que "têm sugerido que o baixo desempenho na resolução de problemas aritméticos está associado a limitações em tipos específicos de memória, a saber: memória de trabalho e também memória imediata (memória de curto prazo)" (KRUSZIELSKI, 2005. p. 35). Essas pesquisas mostram que há inúmeros fatores a interferir nos processos de aprendizagem da matemática, e que o desenvolvimento cognitivo é um deles. Os pesquisadores ressaltam a necessidade de mais estudos sobre a correlação entre um bom desempenho matemático e um bom desenvolvimento processual da memória de trabalho.

Kruszielski (2005), encontrou correlação na sua pesquisa, entre memória de trabalho e desempenho escolar, em alunos de 6ª série do Ensino Fundamental de Curitiba. Avaliou a MT dos participantes através da Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho (BAMT-UFMG), e o desempenho aritmético foi avaliado através do subteste Aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE, STEIN, 1994).

Os conhecimentos matemáticos básicos são armazenados na memória de longo prazo com o desenvolvimento de representações de fatos básicos, por meio do uso da contagem. Essas representações na memória de longo prazo sustentam os processos de soluções de problemas, pois permitem um acesso direto, automático, de fatos aritméticos reduzindo, assim, a demanda da memória de trabalho, por ser executada rapidamente e automaticamente (GEARY, 2004b, p. 789).

Nas tarefas matemáticas escolares, a lentidão de processamento de algumas crianças pode estar relacionada a uma falha na conexão entre os conhecimentos novos e os conhecimentos que deveriam estar previamente adquiridos, como por exemplo, procedimentos de contagem, já que “contar é a base da aritmética para todas as crianças” (BUTTERWORTH, 2005).

Esse processo de falha acontece quando a memória de trabalho fica sobrecarregada, ou o aprendiz não consegue resgatar o conhecimento prévio que deveria estar na memória de longo prazo. Aqui se incluem o uso de estratégias imaturas, como contar nos dedos ou contar um a um, demonstrando a falta de domínio dos conhecimentos básicos de contagem e da aritmética. O avanço nas aprendizagens matemáticas requer conhecimentos e habilidades aritméticas armazenadas na memória de longo prazo, para serem rapidamente resgatadas e auxiliar novas aprendizagens, como por exemplo, os fatos básicos (por exemplo, 4+6) (GEARY, 2004b).

Prevê-se que, com a prática, as habilidades específicas tais como a contagem ou a recuperação imediata dos fatos básicos, por exemplo, “podem chegar a um nível de proficiência em que a compreensão conceitual e os procedimentos são rápidos e precisam de pouco ou nenhum monitoramento consciente. Com essa automatização as fontes de atenção podem ser alocadas a outras tarefas” (GERSTEN *et al.*, 2005, p. 295).

Geary *et al.* (2000) em seus estudos de comparação de desempenho matemático entre grupos de crianças com desenvolvimento típico, com dificuldade de aprendizagem na matemática e dificuldades de aprendizagem em leitura e matemática, constatou que, embora a relação entre memória de trabalho e dificuldades nos procedimentos aritméticos não seja ainda totalmente entendida, é claro que crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática têm alguma forma de déficit de memória de trabalho.

Segundo esse pesquisador, o que diferencia as crianças com bom e com baixo desempenho está relacionado com o tipo de estratégia de resolução de problemas que estará sendo usada. Crianças com desenvolvimento típico são mais rápidas na solução de problemas matemáticos por usarem estratégias de recuperação de fatos aritméticos na memória de longo prazo (MLP), enquanto as crianças com baixo desempenho utilizam estratégias imaturas de contagem (contagem nos dedo, por exemplo) para solucionar os problemas, uma vez que não conseguem recuperar os fatos aritméticos básicos da MLP, o que sobrecarrega a memória de trabalho.

Há uma série de estudos que vem identificando diferenças nas estratégias utilizadas por crianças com desenvolvimento típico e com dificuldades na aprendizagem da matemática. Bull & Espy (2006) salientam que crianças cujo desempenho é fraco em matemática utilizam estratégias imaturas de contagem, cometem mais erros e falham ao mudar de uma resolução de problemas baseados em um procedimento (por exemplo, contagem) para a resolução de problemas baseados na memória.

Os estudos indicam que crianças com desenvolvimento típico sofreram uma mudança adaptativa com o decorrer da escolarização, ano a ano, de acordo com a passagem de problemas simples para complexos. O que ocorre na verdade é uma transição de processos baseados na contagem para processos baseados na memória que resulta na solução rápida de problemas individuais e redução das demandas da memória operacional associada com a resolução desses problemas (GEARY, 2004 a).

As crianças passam a fazer adaptações mesclando as estratégias em busca de uma melhor e mais rápida forma de resolver os problemas de acordo com seus conhecimentos. Passam assim da utilização freqüente de contagem nos dedos na resolução de problemas complexos para estratégias mais precisas, como recuperação de fatos na Memória de Longo Prazo (MLP), diferentemente das crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática que permanecem mais tempo com estratégias imaturas de contagem tanto para problemas simples como para problemas complexos (GEARY, 2004 a).

Algumas das estratégias utilizadas pelas crianças, como contagem nos dedos, carregam pesadamente os recursos da MT, o que prejudica o desempenho na resolução de problemas matemáticos complexos, pois se sabe que os recursos da memória de trabalho influenciam o desenvolvimento da proficiência em matemática (BULL & ESPY, 2006).

Sabe-se que a contagem une os sistemas representacionais fonéticos e semânticos (entender a quantidade associada com palavras numéricas) do domínio da linguagem, qualquer interrupção na habilidade de representar ou recuperar informação desses sistemas deveria, em teoria, resultar em dificuldades em formar associações problema-resposta durante a contagem. As conseqüências incluiriam dificuldades em aprender fatos aritméticos e em recuperar aqueles fatos que realmente se tornam representados na memória de longo prazo (GEARY *et al.*, 2000; 2004b).

Para ocorrer a transição de estratégias imaturas para estratégias de recuperação da MLP, é necessário o desenvolvimento de processos baseados na recuperação, o qual é moderado por um critério de confiança que representa um padrão interno contra o qual a criança afere sua confiança na correção da resposta recuperada. O critério de confiança só é estabelecido por um avanço desenvolvimental baseado no ensino mais minucioso da aritmética, o que acarreta a mudança na distribuição de procedimentos, ou estratégias, que as crianças utilizam durante a resolução de cálculo (GEARY, 2004b).

Uma competência muito importante na matemática é a capacidade de resolver problemas de interpretação, pois esta requer uma demanda cognitiva maior do que o cálculo algébrico. A resolução de um problema de interpretação exigirá que os estudantes utilizem o texto para identificar a informação ausente, construam uma sentença numérica e derivem o problema de cálculo para descoberta da informação ausente (FUCHS, FUCHS e FLETCHER, 2008).

Torna-se importante aprofundar os conhecimentos a respeito da Resolução de Problemas Matemáticos verbais (RPMV), suas características próprias que requerem um acúmulo de conhecimentos, procedimentos e uma demanda importante da memória de trabalho. No capítulo 4, especificaremos teoricamente a função e as características desta competência.

4. RESOLUÇÕES DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS ADITIVOS

As avaliações do SAEB e do INEP (2003), anteriormente citadas, evidenciam o baixo desempenho dos alunos em matemática. Muitos deles demonstraram incapacidade de interpretar e resolver problemas apresentados de forma escrita. A capacidade de resolver problemas exige uma gama de competências cognitivas especificamente matemáticas nem sempre desenvolvidas nos alunos.

A resolução de problemas matemáticos verbais envolve uma mudança representacional que pode ser definida como a reconstrução mental do problema. Tal mudança exigirá conceituação, uso de estratégias, domínio de conhecimentos matemáticos, recordação de fatos numéricos e conhecimentos pertinentes à solução da questão. A utilização conjunta de conceitos, seleção de estratégias e de procedimentos requer tempo para reflexão e exploração do problema, além de exigir um monitoramento constante sobre o conhecimento adquirido e sobre as etapas da solução (VASCONCELOS, 2005; VIEIRA, 2001; TOLEDO e TOLEDO, 1997).

O desenvolvimento das habilidades e competências da cognição matemática requer um acúmulo de experiências e conhecimentos específicos. Entretanto, percebe-se que a escola nem sempre viabiliza as múltiplas situações matemáticas capazes de colaborar para a compreensão dos alunos. Uma forma positiva de auxiliar a aprendizagem matemática é favorecer situações que facilitem o estabelecimento de relações entre conceitos e procedimentos matemáticos e as situações da vida diária. A resolução de problemas verbais é uma tarefa que integra os aspectos procedurais e conceituais da matemática. Porém, ainda é pouco ou inadequadamente utilizada nas escolas brasileiras (RAMOS *et al.,*2002*).*

O uso de situações-problema tem se mostrado um recurso capaz de contribuir para uma melhor relação das crianças com os conceitos matemáticos. Vasconcelos, fundamentada em Vergnaud (1996), afirma que:

> É através das situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido para a criança, ou seja, quando um conhecimento passa a ter estatuto de objeto ou nome, não mais predicado para resolver um problema, este passa a ser um objeto de pensamento (VASCONCELOS, 2006, p.17).

Ao trabalhar com problemas, os conceitos matemáticos vão se aproximando da realidade vivida pelos alunos, visto que "o conhecimento conceitual deve emergir dentro de situações problemas" (VASCONCELOS, 2006, p.18). É sabido que os conhecimentos formais da matemática muitas vezes não adquirem sentido para as crianças, pois não se aproximam da realidade percebida por elas. Trazer os conhecimentos informais, as vivências diárias dos estudantes para sala de aula, por meio das situações-problema, contribui para um melhor entendimento da matemática, visto que, para alcançar a solução, será necessário um esforço cognitivo que permita ao indivíduo articular as habilidades já adquiridas com as exigidas pela situação nova. Isso porque, para se chegar à solução, "é preciso compreender o problema, familiarizar-se com ele, gravar na mente o seu objetivo" (POLYA, 1978, p. 25).

O uso de situações-problema na aprendizagem não se limita a cálculos mecânicos, repetidos inúmeras vezes, pelo contrário, facilita as noções de mobilidade e utilidade da matemática na vida cotidiana, além de exigir um conhecimento linguístico que permita ao aluno compreender e traduzir a situação descrita. Leva a criança a um desenvolvimento lógico-matemático que lhe possibilita interpretar e conectar todas as informações aprendidas, relacionando-as com as novas, pois "a atenção concedida ao problema pode também estimular a memória e propiciar a recordação de pontos relevantes" (POLYA, 1978. p. 25).

Os problemas trabalhados devem instigar as crianças, despertar sua curiosidade, de modo a levá-las ao uso de recursos e habilidades cognitivas para selecionar estratégias. Para tanto, uma situação:

> Somente pode ser concebida como problema, na medida em que exista um reconhecimento dela como tal, e na medida em que não disponhamos de procedimentos automáticos que nos permitam solucioná-la de forma mais ou menos imediata, sem exigir, de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a seqüência de passos a serem seguidos (POZO, 1998, p.16).

As situações-problema ajudam a medir a compreensão do aluno sobre o que ele está aprendendo e permitem avaliar suas habilidades para resolver questões que requerem mais do que um simples procedimento aritmético e mecânico. É necessária uma compreensão mais apurada dos conceitos matemáticos para solucionar um problema verbal, o que obriga os aprendizes a utilizarem o máximo de suas capacidades cognitivas. Para Vasconcelos (2005, p. 174):

> [...] a resolução de problemas aritméticos, expressão mais refinada da "competência matemática", assim considerada por muitos pesquisadores da psicologia da educação matemática e da neuropsicologia, envolve uma gama de funções cognitivas, não se resumindo ao puro exercício do algoritmo aritmético.

Deste modo, a resolução de problemas matemáticos verbais, quando utilizados de uma forma interativa, que leve ao diálogo dos estudantes entre si e do professor com seus alunos, pode facilitar a percepção das dificuldades, tanto de leitura e compreensão quanto de aritmética. Além disso, favorece a aprendizagem conceitual e procedural dos aprendizes, garantindo o investimento dos seus recursos cognitivos, pois "os problemas exigem dos alunos a ativação de diversos tipos de conhecimento, não só de diferentes procedimentos, mas também de diferentes atitudes, motivação e conceitos" (POZO, 1998, p17).

Polya (1978) estabelece alguns passos para que o aluno chegue à solução de um problema: em primeiro lugar, é necessário compreender o problema (qual é a incógnita?); em segundo lugar, estabelecer um plano (encontrar a conexão entre os dados e a incógnita); em terceiro lugar, é preciso executar o plano; e, por fim, examinar a solução obtida. Assim, para chegar a uma solução correta, é necessário que o aluno tenha alguns conhecimentos prévios que viabilizem compreender o problema e formular um plano de ação.

A capacidade para resolver problemas é pouco trabalhada no Ensino Fundamental, e, quando é trabalhada, baseia-se em situações-problema incapazes motivar os alunos. Mas, se o estudante for incentivado a desenvolver sua capacidade de solução, ele terá mais condições de compreender e planejar (POZO, 1998).

O uso de situações-problema que contribuem para o crescimento dos alunos é um fator que deve ser explorado de forma a auxiliar na compreensão dos conceitos matemáticos, que parecem cada vez mais distantes da realidade dos aprendizes. As questões que colaboram para o crescimento dos alunos são aquelas que os auxiliam na compreensão dos conceitos matemáticos. O trabalho em sala de aula com as situações-problema corretas só tem aspectos positivos, quando bem conduzido.

Para esta pesquisa, optou-se por enfocar situações com problemas aditivos, a fim de verificar como os alunos de 4ª série compreendem os conceitos envolvidos neste campo.

4.1 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS VERBAIS ADITIVOS

Nunes e Bryant (1997) apontam três tipos de situações em problemas matemáticos verbais aditivos que contribuem para o entendimento do conceito de adição: situação parte-todo, situação de comparação e situação de transformação.

Na situação parte-todo, números se referem a conjuntos de objetos, não há transformação para qualquer quantidade. Por exemplo: num tanque havia seis peixes vermelhos e sete peixes amarelos. Quantos peixes havia no tanque? (NUNES, *et al*, 2005).

Na situação de comparação, é necessário quantificar comparações. Por exemplo: João tem dez bolinhas de gude e Marcos tem seis. Quem tem mais bolinhas? Ou Quantas bolinhas João têm a mais que Marcos? (NUNES e BRYANT, 1997).

A situação de transformação, por sua vez, é aparentemente fácil, ao transformar uma quantidade acrescentando ou subtraindo dela outra quantidade. Por exemplo: Maria tinha 8 bombons e ganhou mais 3 de sua avó. Com quantos bombons Maria ficou ao todo? (NUNES e BRYANT, 1997).

Porém, de acordo com as pesquisas de Nunes e Bryant (1997), nem todos os problemas de transformação são simples, existem também os mais complexos, que apresentam dificuldades para as crianças. Há dois tipos de situações de transformação que requerem mais atenção, aumentando significativamente a dificuldade do problema:

1) Situação de transformação com montante ausente. Exemplo: Joe tinha cinco bolinhas de gude. Então Tom lhe deu mais algumas bolinhas. Agora Joe tem oito bolinhas. Quantas bolinhas Tom deu a Joe?

Existem duas formas para resolver o problema: usar modelagem sem inversão (recorrendo a blocos ou dedos, como apoio para contagem), em que a criança soma quantidades ao valor até chegar à resposta; ou utilizar a subtração, recurso que exige que o indivíduo reconheça a subtração como operação inversa à adição. (NUNES e BRYANT, 1997, p.119).

2) Situação de Transformação com início desconhecido. Exemplo: Joe tinha algumas bolinhas de gude. Então Tom lhe deu mais cinco bolinhas. Agora Joe tem oito bolinhas. Quantas bolinhas Joe tinha no começo?

Este tipo de problema requer o reconhecimento de mais uma invariável da adição: a comutatividade. O problema pode ser resolvido pelo recurso de ensaio e erro, em que a criança acrescenta valores à quantidade dada até chegar à resposta; ou pelo uso de duas operações de pensamento: a comutatividade e a inversão (NUNES e BRYANT, 1997, p.120).

Os estudos que analisam o segundo tipo de problema - transformação aditiva com início desconhecido - mostram que são eles os mais difíceis, devido ao número de invariáveis que devem ser entendidas, em comparação aos outros tipos. Nunes & Bryant (1997) apontam ainda que são também o tipo que alcança os maiores índices de erro.

Outros estudos, como o de Haydu *et al.*(2001), também vêm investigando o padrão de comportamento dos alunos durante a resolução de problemas de adição e subtração, a fim de avaliar as diferenças em relação à posição da incógnita (a incógnita pode estar nas posições a, b ou c, dependendo da informação que falta. Pode ser o primeiro operador, o segundo adendo ou o resultado). Os autores observaram que os menores índices de acerto ocorreram em problemas na forma de sentenças linguísticas, com a incógnita nas posições **a** e **b** (semelhantes às situações de transformação com montante ausente e início desconhecido). Haydu *et al.* (2001, p. 46) concluíram que "a forma de apresentação dos problemas e a posição da incógnita nos problemas são variáveis que interagem, afetando o desempenho dos participantes."

Nesta pesquisa, optou-se por trabalhar com problemas que apresentam situações de transformação do tipo simples, de montante ausente e início desconhecido, nos quais a informação faltante pode representar a incógnita **a**, **b** ou **c**, com o objetivo de saber se os conceitos aditivos, como a comutatividade (6 + 3 é igual a 3 + 6) e a complementaridade (se 5 + 2 é igual a 7, então 7 - 5 deve ser igual a 2), já foram compreendidos pelos alunos. Ou seja, o que se pretende é verificar se as invariáveis da adição/subtração, como relação inversa entre as operações, e a comutatividade, são compreendidas pelos alunos (BUTTERWORTH, 2005; NUNES & BRYANT, 1997).

4.2 RELAÇÕES ENTRE A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS VERBAIS E A MEMÓRIA DE TRABALHO

O nível de habilidades cognitivas necessário para a resolução de problemas matemáticos verbais exige dos estudantes condições de relacionar os conhecimentos adquiridos com as informações que estão sendo apresentadas – tarefa que depende em grande parte da capacidade e das funções exercidas pela MT. Sabe-se, através de pesquisas recentes, (BULL & ESPY, 2007; PASSOLUNGUI *et al.*, 2006; SWANSON, 2006; GEARY *et al.*, 2000; 2004a) que a MT tem um papel importante na resolução de problemas matemáticos verbais. Por isso, é uma provável fonte de diferenças de desempenho.

Atualmente, inúmeros pesquisadores (BULL & ESPY, 2007; PASSOLUNGUI *et al.*, 2006; SWANSON, 2006; GEARY *et al.*, 2000; 2004a) vêm investigando a relação entre a capacidade da MT e a resolução de problemas matemáticos. Os resultados têm demonstrado que a MT é preditiva do desempenho na resolução de problemas matemáticos verbais, exercendo um papel importante nas recentes teorias sobre o assunto. Desta forma, assume-se que o entendimento de problemas matemáticos apresentados verbalmente exige uma interação complexa entre compreensão de texto e processos matemáticos. A proficiência do sistema da MT relaciona-se, assim, com a precisão do resultado.

Bull & Espy (2006), em suas pesquisas, verificaram que as habilidades de controle de atenção do Executivo Central da MT estão envolvidas com a resolução de problemas matemáticos verbais, o que se deve às exigências de compreensão textual, pois a informação obtida deve ser integrada com a informação prévia, resgatada da memória de longo prazo (MLP), para que o solucionador possa construir uma representação mental da solução na MT. Uma vez representada, a informação obtida é examinada e selecionada, ou inibida, de acordo com sua importância para a solução daquele problema.

Os estudos de Swanson (2006) indicam que crianças fracas na resolução de problemas matemáticos verbais apresentam fraco desempenho em tarefas de MT, em comparação a crianças com facilidade para solucionar o mesmo tipo de problema. Os resultados apontam que o nível dos recursos disponíveis na MT determina a ativação do conhecimento que poderá ser resgatado na MLP.

Swanson (2006) realizou um estudo longitudinal para identificar os processos e habilidades cognitivas que subjazem às mudanças da MT relacionadas à idade e ainda para avaliar a proficiência em solução de problemas aritméticos em três grupos do Ensino Fundamental (1ª, 2ª e 3ª séries). Para isso, isolou os componentes da MT mais diretamente relacionados à precisão da resolução de problemas matemáticos verbais, a fim de detectar se a MT opera como um todo na solução de problemas, ou se um determinado componente é mais importante do que os outros. Além disso, avaliou se a recuperação de conteúdos da Memória de Longo Prazo é indicativa da capacidade da MT e da habilidade para resolução de problemas.

Os resultados da pesquisa de Swanson (2006) demonstraram que (a) 42% das diferenças relacionadas à idade na precisão de resolução de problemas matemáticos verbais estavam ligadas ao processamento executivo; (b) o desempenho do processamento executivo e o desempenho em leitura no primeiro ano foram as únicas variáveis que contribuíram para a variação única no desempenho em resolução de problemas no segundo ano, sustentando que o crescimento no sistema executivo é um preditor importante das habilidades da criança para a solução de problemas.

Swanson (2006) comprovou que crianças com maiores capacidades de MT são mais hábeis em resolver problemas matemáticos, pois a MT interfere na quantidade de recursos disponíveis a serem ativados na interação dos conhecimentos. Consequentemente, nas crianças com pouca capacidade de MT, os recursos a serem ativados estão menos disponíveis, dificultando a resolução da tarefa.

Pesquisas anteriores realizadas por Swanson (Swanson, 2004; Swanson *et al.*, 2001) mostraram que crianças com dificuldades para resolver problemas matemáticos verbais obtiveram baixos desempenhos em avaliações de MT, independentemente de suas faixas etárias. Os resultados também indicaram que os processos cognitivos da MT exercem um papel tão importante quanto os processos fonológicos, permitindo constatar que o desempenho em resolução de problemas verbais está mais relacionado ao processamento executivo da MT do que à influência do sistema fonológico (SWANSON, 2006).

Com a pesquisa realizada em 2006, Swanson comprovou que o componente executivo da MT desempenha um papel essencial na predição da habilidade para a resolução de problemas matemáticos verbais. A MT predisse a resolução de problemas matemáticos verbais quando as variações relacionadas à alça fonológica e ao esboço visuoespacial (MT visuoespacial) foram isoladas na análise.

Desta forma, a presente pesquisa, com base nos relevantes estudos realizados área e nas informações geradas pelas avaliações dos sistemas educacionais brasileiros (SAEB), tem o objetivo de analisar a relação entre a MT e o desempenho na resolução de problemas matemáticos verbais, identificando as estratégias utilizadas pelos alunos de 4ª série do Ensino Fundamental.

5. MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo descrever o percurso realizado na presente pesquisa, bem como os instrumentos e os procedimentos metodológicos escolhidos para melhor abordar a realidade estudada.

A fim de obter uma análise mais ampla do problema de pesquisa, optou-se por um método de pesquisa misto, o qual utiliza instrumentos para coleta de dados que possibilitem uma análise qualitativa e quantitativa dos dados coletados. A escolha do método misto justifica-se pela necessidade de obter uma visão mais ampla do problema de pesquisa. O método misto torna-se assim um meio para buscar convergência entre métodos qualitativos e quantitativos (CRESWELL, 2007).

A abordagem escolhida, segundo Creswell, tem sua origem em 1959, quando Campbell e Fiske usaram métodos múltiplos para estudar a validade das características psicológicas. Este método surge da necessidade de obterem-se dados, tantos numéricos quanto textuais, capazes de possibilitar um maior entendimento dos problemas de pesquisa. A técnica de método misto é aquela que:

> [...] envolve coleta de dados simultânea ou seqüencial para melhor entender os problemas de pesquisa. A coleta de dados também envolve a obtenção tanto de informações numéricas (por exemplo, em instrumentos) como de informações de texto (por exemplo, em entrevistas), de forma que o banco de dados final represente tanto informações quantitativas como qualitativas (CRESWELL, 2007, p. 38).

Tal abordagem permitiu uma melhor análise do processo cognitivo, bem como sobre o desempenho dos alunos. Possibilitou o uso de instrumentos que contribuíram para a qualidade das informações coletadas, além de auxiliar na compreensão das informações coletadas de um método para outro, visto que há limitações existentes em cada método.

Os dados relativos aos problemas matemáticos verbais aditivos foram coletados por meio de entrevistas clínicas individuais com base no método clínico piagetiano que "consiste em uma intervenção sistemática do pesquisador em função do que o sujeito vai fazendo ou dizendo, em alguns casos ele tem que cumprir uma tarefa, em outros explica um fenômeno" (DELVAL, 2000, p. 12) e tem a finalidade de "investigar como as crianças pensam, percebem, agem e sentem" (DELVAL, 2000, p. 67). Também, fez-se uso de testes padronizados para obter as informações referentes ao desempenho matemático e a capacidade da memória de trabalho.

Nesta pesquisa, também foi utilizada uma tarefa previamente elaborada para as entrevistas clínicas individuais, compreendendo que a essência do método clínico não está na conversa, mas sim no tipo de atividade do experimentador e da interação com o sujeito (DELVAL, 2002, p. 12).

Cabe salientar também que a seleção das tarefas para as pesquisas que se situam na interface entre neuropsicologia cognitiva e educação ainda é de difícil realização no Brasil, pois se têm poucos instrumentos padronizados. Esse problema não é específico do Brasil, pois pesquisadores de instituições internacionais como Bull e Espy (2006) afirmam que uma questão que complica o estudo sobre os apoios cognitivos da proficiência em matemática está relacionado ao modo como as habilidades em matemática são avaliadas, pois podem ocorrer diferenças importantes nos substratos cognitivos dependendo dos métodos de mediação.

5.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da pesquisa é investigar a relação entre desempenho matemático, memória de trabalho e resolução de problemas aditivos em alunos de 4ª série do Ensino Fundamental comparando o desempenho e estratégias utilizadas por alunos com baixo e bom desempenho nos testes e tarefas aplicadas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste estudo são:

5.2.1 Relacionar o desempenho matemático com o desempenho na memória de trabalho;

5.2.2 Relacionar o desempenho matemático com o desempenho na resolução de problemas matemáticos aditivos;

5.2.3 Relacionar o desempenho na memória de trabalho com o desempenho na resolução de problemas matemáticos aditivos;

5.2.4 Perceber as estratégias cognitivas utilizadas pelos alunos para solucionar os problemas matemáticos aditivos e relacionar o tipo de estratégias utilizadas com o desempenho na memória de trabalho, no desempenho matemático e na resolução de problemas matemáticos aditivos.

5.2.5 Comparar as estratégias e o desempenho dos alunos com bom e baixo desempenho nos testes e tarefas aplicadas.

5.3 PROBLEMA

Há relação entre memória de trabalho, desempenho matemático escolar e na resolução de problemas matemáticos aditivos em alunos da 4ª série do Ensino Fundamental? Como se caracteriza essa relação?

5.4 AMOSTRA

A amostra foi composta por 29 crianças, alunos de 4ª série do Ensino Fundamental de duas escolas estaduais, uma em Porto Alegre e outra na grande Porto Alegre. O número de alunos para compor a amostra foi baseado em cálculos estatísticos em função do numero de variáveis a serem correlacionadas entre si, sendo adotado um nível de significância de 5% e a diferença significativa maior que 10 %.

Optou-se por esta faixa etária e serie escolar, por considerar que os dados das pesquisas e os trabalhos feitos com o grupo de pesquisas coordenadas pela Drª Clarissa Golbert, vem demonstrando que alunos de 4ª série apresentam dificuldades em conceitos matemáticos elementares, como os conceitos do campo aditivo.[2]

Todos os participantes tinham 10 anos. Foram excluídos os alunos repetentes e os alunos que apresentaram qualquer tipo de queixa referente a graves dificuldades de aprendizagem decorrente de outros problemas cognitivos apontados pela professora.

Levou-se em consideração também o nível sócio econômico dos participantes avaliado a partir do Critério de Classificação Econômica Brasil, cuja função é a de estimar o poder de compra das pessoas e famílias urbanas (ABEP, 2003). Assim sendo, todos os participantes pertenciam a classe C, que corresponde a uma renda mensal média de R$ 927, 00. O Protocolo de Aplicação do Critério de Classificação Econômica Brasil encontra-se no anexo A.

5.4.1 Procedimentos

A todos os participantes foi entregue um termo de consentimento livre e esclarecido, e somente participaram da pesquisa os alunos que entregaram o termo devidamente assinado pelos responsáveis.

Foram utilizados três tipos de instrumentos, sendo dois instrumentos para análise de dados quantitativos e um para analise de dados qualitativos. Os dados foram coletados em duas etapas distintas:

1) A aplicação dos testes padronizados: prova de aritmética (CAPOVILLA, MONTIEL e CAPOVILLA, 2007) e o teste para a avaliação dos recursos de memória de trabalho, retirado do protocolo de avaliação de habilidades Cognitivo-lingüísticas (CAPELLINI, SMYTHE, 2008).

---

[2] Grupo de pesquisa que participa do Projeto de Pesquisa da UFRGS: processos cognitivos e dificuldades na aprendizagem da matemática em alunos de 5ª e 6ª série do ensino fundamental, coordenado pela professora Drª Clarissa Golbert.

2) Realização de entrevistas clínicas, as quais os participantes foram convidados a resolver tarefas matemáticas previamente elaboradas, descritas a seguir.

5. 4. 2 Instrumentos

5.4.2 .1. Prova de Aritmética:

Para avaliar o desempenho matemático escolar foi utilizada a Prova de Aritmética elaborada por Capovilla, Montiel e Capovilla (2007). Esta prova foi aplicada em pequenos grupos de três a quatro alunos, na própria escola, no turno escolar normal. As crianças foram retiradas da sala de aula com autorização prévia da professora responsável pela turma e levadas a outra sala com mesas e cadeiras individuais. Todas as sessões de aplicação foram realizadas no mesmo dia.

A prova de aritmética avalia as competências aritméticas de crianças de 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental. É composta por 6 subtestes:

O primeiro subteste avalia a escrita por extenso de números apresentados algebricamente e escrita da forma algébrica de números falados pelo aplicador da prova. A pontuação máxima neste subteste é de 10 pontos.

O segundo subteste avalia a escrita de seqüência numérica de duas formas: a primeira é uma escrita de seqüência numérica em ordem crescente a partir de 50, de dois em dois números até 62. A segunda, em ordem decrescente, a partir do número 30, de três em três até o número 12. A pontuação máxima é de 10 pontos.

O terceiro subteste avalia a compreensão da relação maior-menor, uma tarefa de magnitude; são apresentados por escrito quatro pares de dois números, o participante deve indicar qual é o maior circulando o número correspondente em cada par. A pontuação máxima é de 4 pontos.

O quarto subteste avalia a resolução de cálculos aritméticos das quatro operações, adição, subtração, multiplicação e divisão, na forma algébrica (na forma de cálculos montados). Há quatro cálculos para cada uma das quatro operações básicas. A pontuação máxima nesta tarefa é de 16 pontos.

O quinto subteste avalia a transcodificação de operações apresentadas oralmente e a resolução destas operações. Os cálculos são apresentados oralmente pelo aplicador, e o aluno deve montar o cálculo, no papel, e solucioná-lo. Também há quatro contas para cada operação básica. O máximo de pontos nesta tarefa é de 16 pontos.

O sexto subteste avalia a resolução de problemas apresentados por escrito. São quatro problemas verbais que devem ser solucionados. Os problemas envolvem cálculos simples com as quatro operações básicas, sendo um problema para cada operação. A pontuação máxima nesta tarefa é de 4 pontos. A pontuação máxima de todos os subtestes juntos é de 60 pontos. O protocolo de aplicação desta tarefa encontra-se no anexo B.

5.4.2.2 Teste de Memória Imediata (Dígitos na Ordem Direta)

O teste de memória imediata, dígitos na ordem direta, foi utilizado para avaliar a capacidade de memória de curto prazo. É um teste validado disponível no protocolo de avaliação de habilidades cognitivo-lingüísticas (CAPELLINI e SMITHE, 2008). Para este estudo foi usado o subteste de memória imediata ordem direta, no qual o examinador pronuncia 16 seqüencias, de dois a nove dígitos cada uma, e a criança deve escrever os dígitos quando o examinador terminar de pronunciar cada uma das seqüencias de dígitos. A pontuação máxima é de 16 pontos. Foi aplicado individualmente considerando-se as normas de aplicação sugerida pelos autores. O Protocolo da Tarefa encontra-se no anexo C.

Esta tarefa de memória imediata (ordem direta) requer a repetição de dígitos na ordem direta como está sendo falado pelo examinador. Trata-se de uma tarefa semelhante ao teste de dígitos da escala Wechsler-WISC III (FIGUEIREDO, 2000).

Este tipo de tarefa de repetição de dígitos utilizada no WISC III é empregada para verificar os recursos de atenção, pois o foco aumentado (a atenção) amplia a probabilidade de que possamos responder rápida e corretamente aos estímulos interessantes, assim, a atenção elevada também abre caminho para os processos de memória, de modo que sejamos mais capazes de memorizar a informação à qual prestamos atenção do que a informação que ignoramos (STERNBERG , 2000).

5.4.2.3 Teste de Memória Imediata (Dígitos na Ordem Indireta)

O subteste da repetição inversa de números também faz parte do protocolo de avaliação de habilidades cognitivo-lingüísticas (CAPELLINI e SMITHE, 2008), um teste validado e disponível a aplicação de professores e profissionais da área da educação e outras áreas afins. Este teste foi aplicado, individualmente, para avaliar a memória de trabalho.

Neste teste, o examinador fala oito seqüências de dois a cinco dígitos cada uma, e a criança deve repetir a seqüência na ordem inversa. É um teste semelhante ao aplicado na escala Wechsler – WISC III (FIGUEIREDO, 2000) e exige manipulação da informação, tornando necessária a utilização da memória de trabalho.

Muitos autores têm utilizado tarefas de repetição de dígitos na ordem inversa (Listening Span, Backward Digit) para verificar a capacidade da memória de trabalho (GEARY *et al*., 2000; GERSTEN *et al.,* 2005; SWANSON, 2006; BULL E ESPY, 2006). Geary *et al.* (2000) descobriu que há diferenças no *span* de dígito entre crianças com desenvolvimento típico em matemática e as crianças com dificuldades de aprendizagem em matemática (DAM), pois as crianças com desempenho típico (normal) em matemática apresentaram vantagem de um dígito, aproximadamente, em relação às crianças com dificuldades na matemática que apresentaram *span* de dígitos mais curto, e mais erros de cálculo.

A literatura aponta que as tarefas de *span* de dígitos inverso *(Listening Span, Backward Digit*) do WISC—III são preditoras da capacidade de memória de trabalho, pois identificam o processamento executivo da memória de trabalho (Swanson, 2006 Geary, 2000; Bull e Espy, 2006). Sendo assim, optou-se pelas tarefas do protocolo de avaliação de habilidades cognitivo-lingüísticas de CAPELLINI e SMITHE (2008), adaptadas à população brasileira e disponíveis aos educadores. O Protocolo da Tarefa encontra-se no anexo D.

5.4.2.4 Problemas Matemáticos Verbais:

Os problemas matemáticos verbais foram elaborados com vista a analisar as estratégias cognitivas de cada participante na resolução de problemas matemáticos. O item seguinte descreve os problemas matemáticos elaborados para essa pesquisa. Foram aplicados individualmente, de acordo com o método clínico piagetiano. A interação com o pesquisador estava prevista com o objetivo de detectar a forma de pensar dos alunos e melhor compreender as estratégias que estavam sendo utilizadas. Na análise qualitativa, é considerada a hipótese da interferência nos resultados pela interação do pesquisador. Foram anotadas todas as estratégias utilizadas para a resolução de problemas para fins de análise qualitativos.

5.4.2.4.1 Descrição dos Problemas Matemáticos Verbais.

Os problemas matemáticos apresentados envolveram situações com diferentes posições da incógnita, que foram apresentadas em quatro formas distintas:

a) Problemas que exigiram a representação gráfica, (através de desenho): os problemas eram apresentados com representação gráfica para ser conectada a uma sentença matemática.
b) Problemas apresentados oralmente: cada participante resolvia dois problemas apresentados oralmente, um de cada vez.
c) Problemas apresentados de forma escrita: os problemas eram acompanhados das respectivas sentenças matemáticas permitindo verificar como os participantes faziam a relação entre as duas formas de representação da informação matemática utilizada.
d) Problemas para relacionar com sentença: além de resolver os problemas apresentados, o participante deveria selecionar a sentença matemática que melhor representava os problemas dados por escrito.

Tais situações-problemas permitiram avaliar o raciocínio matemático, bem como o nível de conhecimento prévio dos participantes através do resgate de informações, de habilidades, de procedimentos e estratégias utilizadas. As quatro formas juntas e corretas somam um total de 10 pontos. Para todas as situações foram disponibilizados materiais de apoio como: folhas brancas, canetas, lápis, borracha e material concreto para manipulação se necessário. A pesquisadora poderia repetir o problema, ou intervir, caso o participante apresentasse impossibilidade de resolver o problema, a pesquisadora poderia reler o problema e fazer perguntas para orientar o raciocínio. As entrevistas ocorreram em sessões individuais que seguiram uma seqüência:

Situação 1 - representação gráfica: é composta de três partes, abaixo descritas, que avaliam a noção de número, a representação da parte e do todo na adição e a compreensão da relação e número e a quantidade que ele representa. Objetiva perceber como o aluno resolve um problema com uma forma alternativa a forma verbal, e quais as relações feitas pelo aluno. A ilustração desta tarefa também pode ser conferida no anexo E.

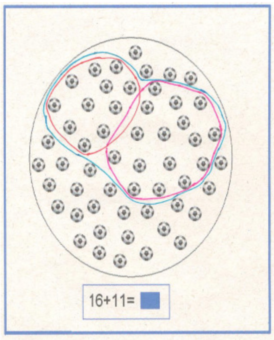


Figura 1: primeira parte da situação 1

No primeiro momento, é apresentada uma folha com o desenho de conjuntos de figuras que se interligam representando a sentença matemática indicada. O entrevistador deve entregar a folha e solicitar que o participante observe com atenção e diga:

a) o que tem na figura;

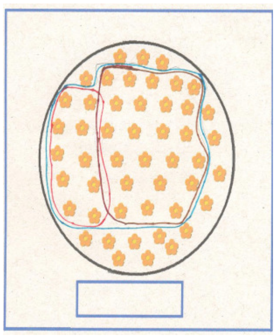
b) há alguma relação entre a figura e a sentença matemática? Qual?

c) quanto é 16+11?

d) mostre-me a quantidade 16, 11 e 27 na figura.

No segundo momento, é apresentada uma folha com conjuntos de figuras que se interligam e deve ser colocada a sentença que representa o problema.

O entrevistador solicita que o participante represente a sentença da figura.



. Figura 2: segunda parte da situação 1

No terceiro momento, é dada a sentença matemática que deve ser representada como figura, desenho.

O entrevistador solicita que o participante faça a representação gráfica, através de desenho, da sentença matemática.

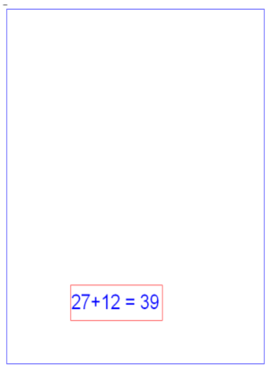


Figura 3: terceira parte da situação 1

A pontuação máxima nesta tarefa é de 1 ponto, sendo levada em consideração a representação feita na terceira parte.

Situação 2 - oral: São lidos dois problemas de adição em uma situação de transformação simples, que devem ser respondidos oralmente. O participante deve encontrar a solução com auxílio de cálculo escrito ou material concreto. Essa questão tem por objetivo observar a capacidade de atenção e de compreensão do aluno. A pontuação máxima nesta tarefa é de 2 pontos.

O entrevistador solicita que o participante escute o problema e responda, caso necessite fazer o cálculo, folhas, lápis e borracha estarão disponíveis na mesa.

a) João tinha 25 figurinhas ganhou mais 17. Com quantas ficou?
b) Maria tinha R$ 23,00 reais que havia economizado. Ganhou mais R$ 13,00 de seu pai. Com quantos reais ela ficou?

Situação 3 - sentença: são apresentados dois problemas de adição em situação de transformação simples e montante ausente. A pontuação máxima desta tarefa é de três pontos.

O entrevistador apresenta uma ficha de cada vez (A e B), com o problema e a sentença e solicita que o participante observe e leia o conteúdo da ficha. Feita a leitura, o entrevistador pergunta:

a) Há alguma relação da sentença com o problema? Qual?
b) Na sentença matemática, o que o número 23 está representando?
c) O que o quadrado representa?
d) Como chegou ao resultado?

A) Marcos comprou 12 bolas de gude. Ganhou de seu amigo mais 23 bolas de gude. Com quantas bolas de gude ele ficou?   *Sentença matemática a ser apresentada*: **23 +12 =** $\square$

B) Miguel tinha um álbum de figurinhas de jogadores de futebol. Ele tinha 33 figurinhas e ganhou mais algumas figurinhas de sua mãe. Agora tem 53 figurinhas ao todo. Quantas figurinhas Miguel ganhou de sua mãe?   Sentença matemática a ser apresentada: **33 +** $\square$ **= 53**

Situação 4: - seleção: São apresentados 2 problemas com alternativas de sentenças que os represente, o participante deve selecionar a sentença que melhor represente o problema. Avalia a capacidade de relacionar o problema com a sentença**.** A pontuação máxima desta tarefa é de 4 pontos.

Selecione a sentença matemática que melhor represente as situações dos problemas

A) João tinha muitos carrinhos, sua mãe comprou mais uma coleção com 15 carrinhos. Agora ele tem 32 carrinhos. Quantos carrinhos ele tinha?

( ) 16 + $\square$ = 32 ( ) 15+ 32 = $\square$ ( ) $\square$ + 15=32

B) Miguel gosta muito de doces. Ele ganhou de sua avó uma caixa com 16 bombons. Seu amigo lhe deu mais alguns. Agora ele tem 27 bombons. Quantos bombons seu amigo lhe deu?

( ) 16+ $\square$ = 27 ( ) $\square$ +16 = 27 ( ) $\square$ + 12= 27

O escore desta tarefa é feito pela a soma dos valores correspondentes a cada situação problema (situação1- soma total, 1,0; situação 2 – soma total 2; situação 3- soma total, 3,0; situação 4 – soma total, 4,0; Maximo de pontos 10.)

Durante a tarefa matemática atentou-se à receptividade, disponibilidade e motivação dos alunos ao resolverem as tarefas, e também às estratégias que os participantes utilizaram para solucionar cada problema. Algumas estratégias observáveis são:

1) Estratégias imaturas de contagem:

a) um a um;

b) dedos;

c) erro na contagem.

2) Estratégias de cálculo:

Maduras:

a) mental;

b) cálculo da subtração.

Imaturas:

a) erro no cálculo;

b) cálculo escrito;

c) modelagem sem inversão (utiliza-se da contagem somando quantidades até chegar ao valor necessário, muitas vezes precisa de apoio concreto, como dedos ou blocos),

d) Cálculo de cada sentença;

e) Cálculo da sentença escolhida.

3) Estratégias de raciocínio lógico matemático:

a) Representação conceitual precisa – o participante é capaz de fazer uma representação precisa das informações apresentadas;
b) Representação conceitual imprecisa – o participante não consegue fazer uma representação capaz de representar aquilo que está sendo pedido e foi trabalhado nas tarefas anteriores;
c) Compreensão apropriada – tem consciência da dúvida e pergunta; resolve corretamente a tarefa;
d) Compreensão inapropriada – não pergunta e silencia, sem fazer nada;
e) Seleciona corretamente a sentença;
f) Seleciona incorretamente a sentença.

5.4.2.5. Teste de Cluster

A intenção inicial foi a de analisar o desempenho do grupo como um todo. A partir da coleta de dados ficou evidente a necessidade de comparar os grupos com bom e baixo desempenho. Para esta comparação aplicou-se a técnica de cluster nos dados obtidos, esta técnica (teste) dividiu a amostra em grupos por similaridade (bom e baixo desempenho).

5.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados de acordo com os pressupostos teóricos. Foi realizado um cruzamento de informações obtidas pelas entrevistas clínicas e os testes aplicados.

5.5.1 Análise Quantitativa

Os dados foram analisados com o auxílio do software SPSS, versão 3.0. Foi feito um estudo de estatística descritiva sobre o conjunto de dados. Após, realizou-se um estudo de correlação de Pearson tendo sido delimitado a suposição de normalidade através do teste de Shapiro-wilk (BUSSAB, W.; MORETTIN, P., 1987).

Posteriormente, aplicou-se a técnica de Cluster (MINGOTI, S., 2005) e se obteve dois grupos por similaridade. A presença de diferenças entre os 2 grupos foi testada através do teste T, de Student para comparação de médias, para normalidade e igualdade utilizou-se nível de significância de 1% (MILLIKEN, G.; JOHNSON, D., 1992). Para os demais testes mencionados foi utilizado o nível de significância de 5%.

5.5.2 Análise Qualitativa

A análise qualitativa foi baseada na descrição das entrevistas clínicas utilizadas na aplicação dos problemas matemáticos verbais. Por meio da descrição das estratégias utilizadas pelos alunos para resolver os problemas pode-se relacionar o tipo de estratégia mais freqüente com o bom ou fraco desempenho. A tarefa proposta contou com a interação do pesquisador, como é próprio da entrevista clínica piagetiana. Cabe ressaltar que a interação existente na tarefa teve intenção de coletar dados qualitativos sobre o processo de resolução de problemas de cada participante, ou seja, como o participante estava pensando, entendendo e aplicando cálculos durante a resolução de problemas matemáticos verbais aditivos. O objetivo da interação não estava em aceitar ou negar as respostas dadas, certas ou erradas, mas sim compreender como o participante pensou para chegar àquela solução.

6. RESULTADOS

Esta seção traz os resultados obtidos a partir das avaliações feitas e da entrevista clínica, onde foi aplicada a tarefa de resolução de problemas matemáticos. Cabe ressaltar que nas entrevistas clínicas foi possível a interação entre pesquisador e aluno o que pode ter interferido nos resultados à medida que a interação com o pesquisador propiciou uma melhor compreensão sobre a tarefa e uma possível correção da resposta por parte do aluno que foi capaz de perceber e corrigir seu erro.

6.1 RESULTADOS ESTATÍSTICOS

Esta seção traz os resultados referentes à análise estatística dos dados.

Na tabela 1, observam-se os dados brutos das tarefas aplicadas para cada função: desempenho matemático (DM), Memória de trabalho (MT), Memória de curto prazo (MCP) e resolução de problemas matemáticos verbais (RPMV).

Tabela 1: Dados Brutos das funções avaliadas; DM, MT, MCP e RPMV

Participantes	Idade	DM	MT	MCP	RPMV
sujeito 1	10 anos	60	6	12	10
sujeito 2	10 anos	59	4	6	8
sujeito 3	10anos	59	4	10	10
sujeito 4	10anos	58	6	9	9,5
sujeito 5	10 anos	56	4	8	8
sujeito 6	10 anos	56	4	7	9
sujeito 7	10anos	55	4	8	8
sujeito 8	10anos	54	8	9	10
sujeito 9	10anos	53	5	7	8
sujeito 10	10anos	53	6	11	9
sujeito 11	10anos	53	5	6	10
sujeito 12	10anos	52	4	8	7,5
sujeito 13	10anos	51	5	6	9
sujeito 14	10anos	51	5	6	8
sujeito 15	10anos	50	4	6	9,5
sujeito 16	10anos	49	3	6	5,5
sujeito 17	10anos	49	4	10	5,5
sujeito 18	10anos	48	2	6	7

Participantes	Idade	DM	MT	MCP	RPMV
sujeito 19	10anos	48	4	7	9,5
sujeito 20	10anos	46	3	9	7,5
sujeito 21	10anos	42	3	7	8
sujeito 22	10anos	41	5	6	8,5
sujeito 23	10anos	40	3	7	7
sujeito 24	10anos	40	4	9	7
sujeito 25	10anos	40	4	6	9
sujeito 26	10anos	39	3	8	7,5
sujeito 27	10anos	38	5	5	8,5
sujeito 28	10anos	37	4	7	6,5
sujeito 29	10 anos	36	3	11	7,5
Média		48,72414	4,275862	7,689655	8,206896552
Desvio Padrão		7,381911	1,221725	1,834266	1,264326765
Máximo		60	8	12	10
Mínimo		36	2	5	5,5

Todas as funções foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-wilk (para amostras pequenas). A função MT foi a única que não aderiu ao modelo de distribuição normal $p<0,01$ no conjunto de variáveis. Para que fosse possível aplicar os testes estatísticos (correlação de Pearson e o teste t de studant) a todas as variáveis a variável MT sofreu uma transformação (cálculo) para o Logaritmo Natural da MT.

A Tabela 2 apresenta as correlações bivariadas da análise de correlações de Pearson entre as funções: DM, LN_MT, MCP e RPMV do grupo como um todo.

Tabela 2– Matriz de correlações entre funções: DM, MT (LN_MT), MCP e RPMV

CORRELAÇÃO DE PERSON	DM	MT	MCP	RPMV
DM – sig. N	1 29	0,423* 0,022 29	0,226 0,239 29	0,452* 0,014 29
MT sig. N	0,423* 0,022 29	1 29	0,200 0,297 29	0,608** 0,000 29
MCP sig. N	0,226 0,239 29	0,200 0,297 29	1 29	0,90 0,641 29
RPMV sig. N	0,452* 0,014 29	0,608** 0,000 29	0,90 0,641 29	1 29

*Nível de significância de 0,05.

**Nível de significância de 0,01.

O desempenho matemático dos alunos (DM), avaliados através da PA, correlacionou-se de forma estatisticamente significativa com a RPMV ($r = 0,452$; $p<0,05$) e com a MT ($r = 608$; $p< 0,01$). Não foi constatada correlação estatisticamente significativa entre DM e MCP.

A memória de trabalho (MT) correlacionou-se de forma estatisticamente significativa com a RPMV ($r = 608$; $p< 0,01$) e com DM ($r = 423$; $p< 0,05$). Não foi constatada correlação estatisticamente significativa entre MT e MCP.

A resolução de problemas matemáticos verbais (RPMV) correlacionou-se de forma estatisticamente significativa com o DM ($r = 0,452$; $p<0,05$) e com a MT ($r = 608$; $p< 0,01$). Não foi constatada correlação estatisticamente significativa entre RPM e MCP.

A análise de correlações dos dados da presente pesquisa demonstrou que existe uma correlação estatisticamente significativa entre o desempenho matemático (DM) e resolução de problemas matemáticos ($r = 0,452$; $p<0,05$), em crianças de 4ª série do Ensino Fundamental, portanto, mais avançadas do que as crianças no processo inicial de aprendizagem da matemática, que vem sendo estudada na maior parte das pesquisas**.**

A tarefa de resolução de problemas, elaborada para a presente pesquisa, avaliou a capacidade de planejamento, atenção e o uso de estratégias coerentes com a solução dos problemas, explorando as relações entre os dados dos problemas apresentados verbalmente e as sentenças matemáticas, com diferentes posições da incógnita.

6.2 ANÁLISE DE CLUSTER

Aplicou-se a análise de Cluster para dividir os participantes em grupos, por suas similaridades a partir das correlações entre funções analisadas. Assim sendo, para essa análise levou-se em consideração as correlações entre as funções: DM, MT, MCP, RPMV. A aplicação desta técnica deu-se com a finalidade comparar o desempenho e estratégias dos grupos obtidos.

O teste apresentou como melhor agrupamento, por similaridades, dois grupos, sendo um com 20 integrantes (69% do total) e outro com 9 integrantes (31,5% do total). A tabela 3 mostra a composição dos grupos e o resultado combinado.

Tabela 3 – Composição dos Grupos por similaridades.

	Freqüência	Percentual	Validade	Percentual cumulativo
Validade				69
Grupo 1	20	69	69	100
Grupo 2	9	31	31	
Total	29	100	100	

Na tabela 4, é possível observar que o grupo 1 é composto por alunos com melhores médias nas funções analisadas (DM, MT, MCP e RPMV), enquanto o grupo 2 é composto pelos alunos que apresentaram médias inferiores nas mesmas funções.

Tabela 4 – Médias das funções DM, MT, MCP e RPMV em cada grupo

Médias entre grupos	N	Media
DM		
1	20	53
2	9	39
MT		
1	20	4,5
2	9	3,7
MCP		
1	20	7,85
2	9	7,33
RPMV		
1	20	8,43
2	9	7,72

Para verificar a significação das diferenças entre os grupos aplicou-se o Teste t de Student para comparação de médias. O resultado do teste pode ser observado na tabela 5 que segue.

Tabela 5 – Diferença das médias dos grupos em relação às funções analisadas (DM, MT, RPMV e MCP)

	F	SIG	T - TESTE	DF	DIFERENÇA DAS MÉDIAS
DM	4,827	0,037	9,56 12,33	27 26	13,7 13,7
MT	1,120	0,299	1,50 1,78	27 23	0,72 0,72
MCP	0,276	0,604	0,69 0,70	27 16	0,51 0,51
RPMV	2,609	0,118	1,4 1,6	27 24	0,70 0,70

Na comparação das médias entre grupos, somente foi encontrada diferença estatisticamente significativa em relação ao desempenho matemático. Em relação às demais funções estudadas, MT, MCP e RPM, não foram evidenciadas diferenças significativas entre grupos.

A diferença entre médias por grupos de cada função pode ser observada nos gráficos abaixo.

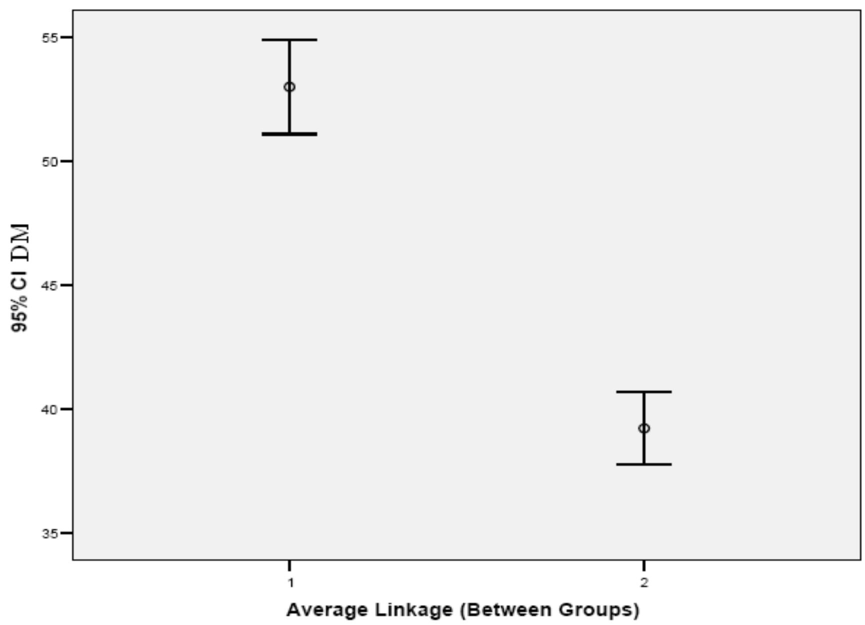


Gráfico 1: Intervalo de confiança entre grupos no Desempenho Matemático (DM)

Observa-se que no gráfico 1 não ocorre intersecção entre os intervalos indicando que há diferença estatisticamente significativa conforme os dados da tabela 6. Nos gráficos 2, 3 e 4, verifica-se a intersecção entre os escores dos grupos.

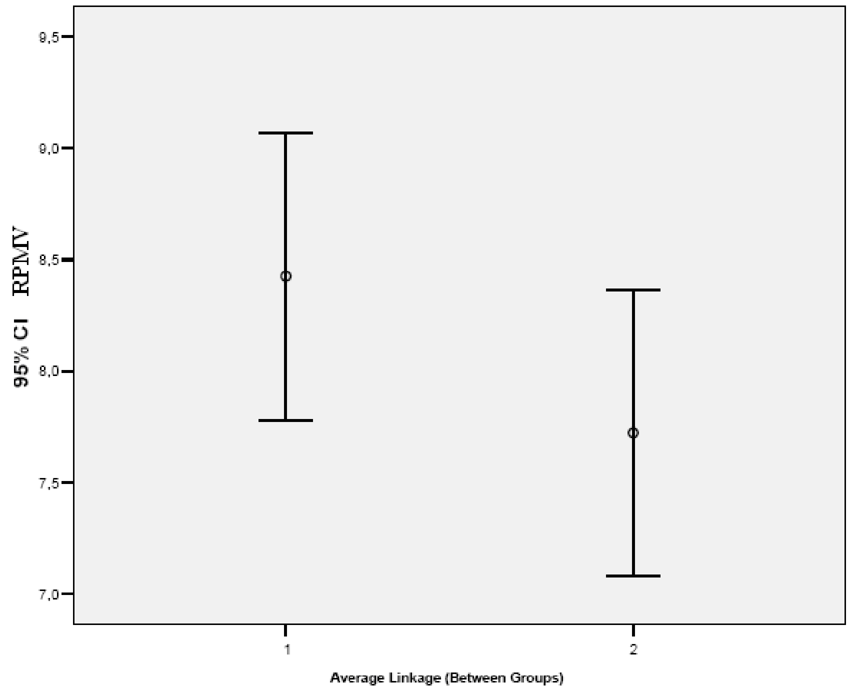


Gráfico 2: Intervalo de confiança entre grupos na função RPMV

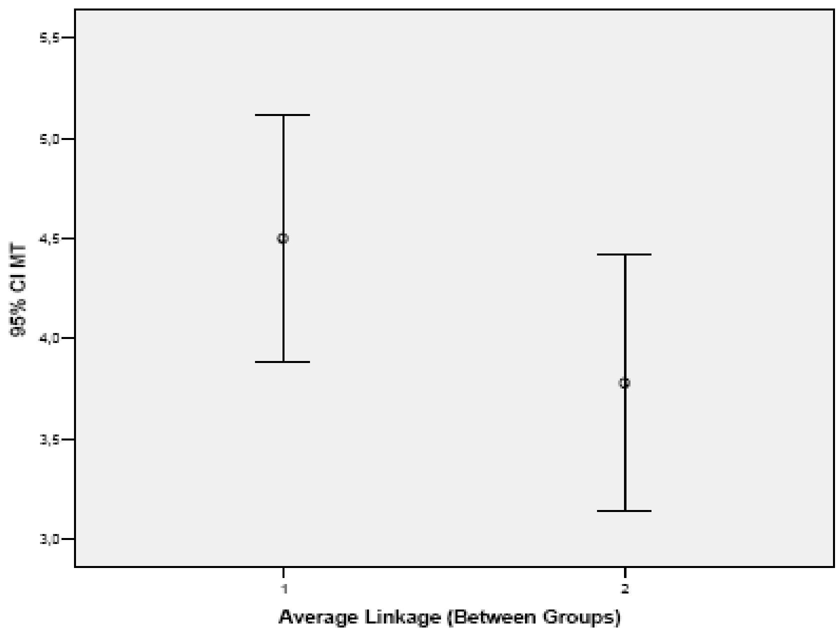


Gráfico 3: Intervalo de confiança entre grupos na função MT

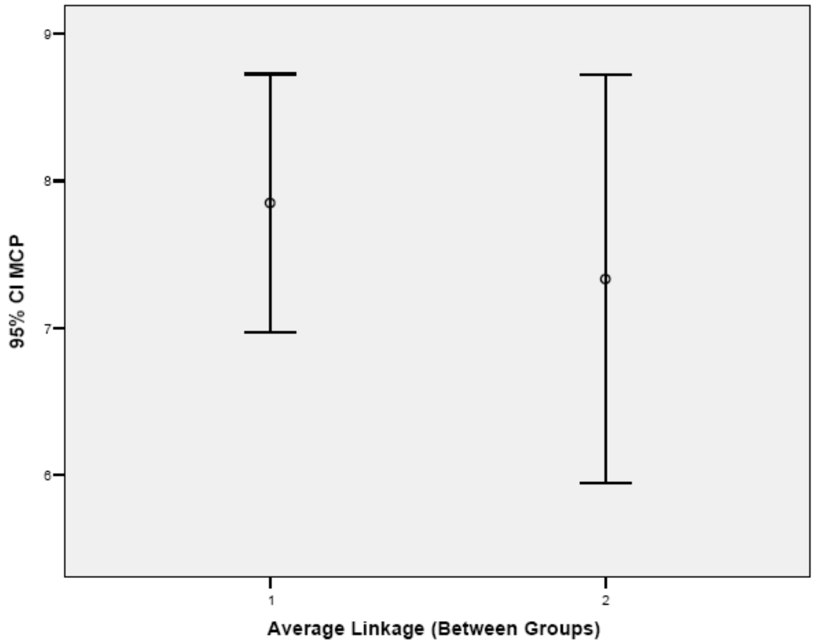


Gráfico 4: Intervalo de confiança entre grupos na função MCP

Nos gráficos 2, 3 e 4, a existência de intersecção entre os intervalos indica que não há diferenças significativas conforme observou-se nos dados da tabela 6.

A tabela 6 traz a freqüência das estratégias utilizadas pelos alunos, ao todo e por grupos, na resolução dos problemas matemáticos verbais.

Tabela 6 – Freqüência das Estratégias utilizadas

			Bom Desempenho	**Baixo Desempenho**	**Grupo Total**
ESTRATEGIAS DE CONTAGEM	IMATURAS	**CONTAGEM 1 A 1**	**95%**	**100%**	**96%**
		CONTAGEM NOS DEDOS	**75%**	**100%**	**82%**
		APORTE CONCRETO: Desenho de tracinhos	**10%**	**22%**	**13%**
		ERRO NA CONTAGEM	**15%**	**33%**	**20%**
ESTRATEGIAS	MADURAS	**Cálculo Mental**	**15%**	**11%**	**13%**
		Cálculo da Subtração	**75%**	**22%**	**72%**
		Uso de cálculo mental e cálculo escrito	**25%**	**11%**	**20%**

DE CÁLCULO	IMATURAS	C. escrito	60%	100%	72%
		C. de cada sentença	40%	55%	44%
		C. Da sentença escolhida	60%	44%	55%
		Erro no Cálculo	35%	66%	24%
		Modelagem sem inversão	25%	77%	41%
ESTRATEGIAS DE	RACIOCÍNIO LÓGICO MATEMÁTICO	COMPREENSÃO APROPRIADA	70%	55%	65%
		COMPREENSÃO INAPROPRIADA	30%	44%	34%
		SELECIONA CORRETAMENTE	55%	33%	48%
		SELECIONA CORRETA E INCORRETAMENTE	40%	66%	48%
		SELECIONA INCORRETAMENTE	5%	0%	4%

Como é possível observar na tabela 7, as estratégias imaturas de contagem (um a um e a estratégia de contagem nos dedos) foram predominantes sobre o cálculo mental e contagem mental no grupo como um todo. No entanto, o grupo com baixo desempenho demonstrou maior uso de contagem nos dedos do que o grupo com bom desempenho. Os dados da tabela 6 serão analisados qualitativamente.

Cabe ressaltar que não foi observado problemas de leitura que poderiam ter interferido na execução da tarefa de resolução de problemas.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A pesquisa realizada teve como objetivo verificar as relações entre memória de trabalho, desempenho matemático escolar e desempenho na resolução de problemas matemáticos, além de indicar como tais relações se caracterizam em alunos de 4ª série do Ensino Fundamental, com idades entre 9 e 10 anos.

Muitos pesquisadores vêm se dedicando ao estudo dos processos cognitivos subjacentes à aprendizagem da matemática na escola primária. Tem havido também grande empenho em compreender o que gera os déficits das habilidades cognitivas nas crianças com baixo desempenho em matemática (PASSOLUNGHI *et al.*, 2007; GEARY *et al.*, 2000, 2003; BULL & ESPY, 2006). Tais investigações têm indicado que há correlação entre o desempenho matemático escolar e o funcionamento neuropsicológico da criança. A neuropsicologia cognitiva, assim, tem contribuído para o avanço das descobertas relativas ao processamento mental e à resolução de tarefas matemáticas por indivíduos com desenvolvimento típico e atípico (FUENTES, 2001).

7.1 CORRELAÇÕES ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

Na pesquisa ora apresentada, encontrou-se correlação estatisticamente significativa entre memória de trabalho (MT) e desempenho matemático (DM). Tais resultados corroboram os dados da literatura científica, revisados no início do trabalho. Atualmente, têm-se evidências diversas relacionando a MT a várias habilidades matemáticas, comprovando que ela está substancialmente envolvida com o processo de cálculos aritméticos mentais, bem como com a capacidade de resolução de problemas matemáticos (PASSOLUNGHI *et al.*, 2007; GEARY *et al.*, 2000, 2003, 2004b; BULL & ESPY, 2006; GERSTEN, 2005).

Em uma série de estudos com crianças pré-escolares e escolares, Bull & Espy (2006) examinaram o papel da MT e, mais especificamente, o funcionamento do executivo central (EC) na solução de problemas matemáticos verbais. Os resultados apontaram que, em crianças com dificuldades em matemática, as funções do EC são mais limitadas, o que é evidenciado pelas dificuldades em controlar a atenção, recuperar informações, planejar, inibir ações e mudar de estratégias quando necessário. Também Passolunghi *et al.* (2007), ao examinarem crianças pré-escolares, indicaram que a MT e a contagem verbal são precursores diretos do aprendizado da matemática na infância.

7.1.1 Desempenho Matemático e Resolução de Problemas Matemáticos Verbais

Os participantes, nos dois grupos (bom e baixo desempenho), apresentaram maior dificuldade na resolução dos problemas matemáticos verbais que envolviam representação gráfica (problema 1) e comparação entre sentenças. Verificou-se, assim, que o desempenho matemático é melhor avaliado através da resolução de problemas verbais do que através de cálculos e exercícios, porque os processos envolvidos na solução de problemas incluem a tradução de sentenças para informações numéricas ou matemáticas.

Os alunos com bom desempenho matemático buscaram compreender a situação e perceber quais as indicações do problema, traçando um plano de resolução, integrando as informações e executando o procedimento ou procedimentos necessários para chegar ao resultado, enquanto as crianças com baixo desempenho detiveram-se nos valores numéricos apresentados no problema verbal, mostrando dificuldades para perceber as indicações do problema e não conseguindo traçar um plano de ação, além de realizarem cálculos aleatórios, em relação ao que indicava o problema matemático verbal (GEARY, 2004a).

Nesse sentido, Pozo (1998) afirma que, para resolver um problema, o aluno precisa colocar em prática uma ampla série de habilidades e conhecimentos, que podem variar de acordo com o tipo de questão apresentada. O que diferencia a forma de resolver um problema não é somente a capacidade individual, mas também as diferentes exigências dos problemas matemáticos, como foi exposto no Capítulo 4.

Para obter um bom desempenho matemático, a criança precisa compreender os procedimentos e conceitos matemáticos, de forma a ser capaz de utilizar uma combinação de estratégias eficientes. Geary (2006) sustenta que a melhora nas habilidades para a resolução de problemas surge com a idade e a experiência.

Ao compararmos as estratégias utilizadas pelos grupos com bom e baixo desempenho, é possível perceber diferenças em suas habilidades. O grupo com bom desempenho demonstrou uma visão mais ampla do problema proposto, acompanhada de capacidade de planejar ações a partir dos dados numéricos, maior domínio de combinações numéricas e de procedimentos de contagem e de cálculo. Os indivíduos deste grupo recorreram com menos freqüência à contagem nos dedos, resgatando mais fatos aritméticos da memória de longo prazo e, muitas vezes, utilizaram uma combinação de estratégias entre recuperação de fatos, cálculo escrito e contagem nos dedos. Já os alunos do grupo com baixo desempenho utilizaram predominantemente estratégias imaturas de contagem. Contando nos dedos todas as combinações aditivas (fatos aritméticos) propostas nos problemas, demonstraram uma visão limitada dos propostos, tentando sempre encontrar a solução da mesma maneira. Assim, acusaram pouca flexibilidade de pensamento e fraco domínio de fatos aritméticos básicos, refutando a estratégia de recuperação de eventos matemáticos da memória de trabalho.

A utilização de estratégias pode expressar a noção de número dos alunos. O desempenho matemático de uma criança dependerá em grande medida de como está a sua compreensão e aprendizagem dos conhecimentos numéricos, ou seja, de como está se desenvolvendo seu senso numérico. Em relação ao senso numérico, os alunos com bom desempenho demonstraram maior domínio de combinações, mostrando-se capazes de resgatar fatos aritméticos da memória de longo prazo, fazer uma representação precisa de números pequenos, utilizar com menos freqüência estratégias de contagem nos dedos, apresentar domínio de grandeza numérica (comparação de magnitudes), elaborar uma reta numérica mental mais consolidada ao serem solicitados a resolver tarefas que exigiam este tipo de conhecimento, além de acertarem a maioria das tarefas de resolução de problemas matemáticos. Estes dados confirmam a afirmação de Jordan *et al.* (2009) de que o senso numérico é um poderoso preditor de resultados em matemática para as séries posteriores, principalmente em relação à resolução de problemas matemáticos.

Os alunos com baixo desempenho, por sua vez, demonstraram fraco domínio de combinações numéricas, dependência de estratégias imaturas de contagem, usando os dedos, desenho e objetos concretos. Efetuaram erros de contagem nos dedos, utilizaram a contagem mais como uma atividade mecânica, demonstraram fracas noções de grandezas numéricas, errando tarefas que exigiam comparação de magnitudes, além de indicarem uma fraca constituição da reta numérica mental, apresentando dificuldades para preencher uma reta numérica crescente e decrescente. Tiveram dificuldades para resolver os problemas matemáticos verbais, cometendo mais erros do que seus colegas com bom desempenho. Assim, é possível inferir que a qualidade e a profundidade do sentido de número desenvolvido por uma criança pode ser um indicador de como ela está entendendo e apreendendo conhecimentos numérico-matemáticos (BARBOSA, 2007, p.190).

7.1.2 Desempenho Matemático e Memória de Trabalho

Os resultados do presente estudo demonstraram, como já foi dito, uma correlação estatisticamente significativa entre o desempenho matemático (DM) e a memória de trabalho (MT): r = 608; p< 0,01, o que corrobora os estudos atuais já mencionados sobre o tema. Contudo, a diferença de MT entre os grupos não foi estaticamente significativa. As variações de MT intra-grupos serão discutidas mais adiante.

Trabalhos de Bull e Espy (2006) apontam para uma relação direta entre a capacidade da MT e o desempenho em sala de aula. Citando o estudo de Gathercole & Pickering, os autores salientam ligações muito próximas entre o desempenho em avaliações nacionais de currículo e habilidades da MT. As pesquisas dos autores evidenciaram que o funcionamento do EC, medido pelas tarefas de *span* de MT (isto é, *repetição de dígitos* na ordem inversa), é mais fraco em crianças que apresentam níveis de rendimento abaixo do esperado (BULL e ESPY, 2006; GEARY *et al.,* 2000, 2004ª).

Ao avaliar a MT de crianças com 9 e 10 anos, os resultados obtidos pela presente pesquisa assemelham-se aos apresentados por Bull e Espy (2006), que revelaram que crianças com 7 anos de idade com fracas habilidades aritméticas também tinham um desempenho mais fraco de MT. Cumpre ressaltar a importância das tarefas do EC da MT num simples cálculo: a representação mental da equação escrita no esboço visuoespacial, a tradução dos símbolos escritos em números pronunciáveis na alça fonológica, a ativação dos conceitos aprendidos previamente, bem como a manutenção dos resultados parciais no “buffer episódico”. O EC coordena o processamento dessas informações até que as respostas sejam dadas (SANTOS, 2004).

7.1.3 Resolução de Problemas Matemáticos Verbais e Memória de Trabalho.

Outra correlação estatisticamente significativa encontrada neste estudo evidenciou-se entre a resolução de problemas matemáticos verbais (RPMV) e a memória de trabalho (MT): $r = 608$; $p < 0,01$. Esta relação, como já foi destacado, é a mais intensamente ligada ao desempenho matemático e o funcionamento neuropsicológico.

Vasconcelos (2005) afirma que a resolução de problemas matemáticos envolve uma gama de funções cognitivas, não se resumindo ao puro exercício do algoritmo aritmético. Assim, para solucionar um problema de maneira eficaz são necessários alguns requisitos importantes: organização, antecipação, planejamento, inibição, memória de trabalho, flexibilidade, autorregulação e controle de conduta.

Nesse sentido, corroborando os dados de Swanson (2006), a presente pesquisa demonstrou que crianças com maiores capacidades de MT são mais hábeis em resolver problemas matemáticos, pois a capacidade da MT determina a quantidade de recursos disponíveis para ativar a interação entre informações novas e conhecimentos armazenados na memória de longo prazo. Como se viu, crianças com poucas habilidades matemáticas apresentam menos recursos de MT disponíveis, o que dificulta a resolução dos problemas.

Os dados da atual pesquisa ressaltam que a interpretação de problemas matemáticos envolve uma interação complexa entre compreensão de texto e processos matemáticos, exigindo um sistema de MT bem desenvolvido. Swanson (2006) explica que, uma vez que os problemas interpretados introduzem informação na MT, os conteúdos da MT são comparados a possíveis sequências de ação recuperadas da memória de longo prazo. Quando uma combinação é encontrada, os conteúdos são atualizados, para gerar uma solução. Esta combinação, no entanto, não ocorre em alunos com baixo desempenho. Por exemplo, a KEL (sujeito 28 da tabela 1) ficou abaixo da média dos colegas (8,2) na resolução de problemas, pois mesmo com muita interação com a pesquisadora, ela não relacionou os problemas aos processos matemáticos.

Estudos de Passolunghi *et al.* (2007) e de Bull & Espy (2006) salientam diferenças nos níveis de MT necessários nas diferentes etapas da escolaridade. Os referidos estudos apontam que, quanto mais complexos são os problemas, maior é a exigência de MT, especialmente quanto ao controle de atenção do executivo central (EC). A informação obtida deve estar integrada ao conhecimento prévio, armazenado na memória de longo prazo e ativado na MT até que o solucionador construa uma representação mental dos passos necessários para resolver o problema. As autoras destacam que o EC tem ainda a função de examinar a informação, selecionando-a ou inibindo-a, de acordo com sua importância para a solução do problema.

Na presente pesquisa, os alunos com bom desempenho resolveram todos os problemas de adição propostos, foram capazes de identificar a incógnita nas sentenças matemáticas, apresentaram fluência na recuperação dos fatos básicos e usaram menos estratégias imaturas de contagem. Assim, não houve sobrecarga da MT, sobrando mais espaço mental para a recuperação do conhecimento prévio e para o raciocínio. Enquanto isso, os alunos com baixo desempenho não conseguiram recuperar os fatos básicos da memória de longo prazo e usaram predominantemente estratégias de contagem imaturas, sobrecarregando a MT e tendo, portanto, dificuldades para identificar a informação faltante, a fim de encontrar a posição da incógnita.

Nesse sentido, é preciso salientar que os problemas utilizados no presente estudo exigiram capacidades de interpretação, atenção e planejamento provavelmente diferentes das exigidas pelas atividades escolares, criando um grau de dificuldade maior. Representação gráfica de uma sentença matemática, interpretação e resolução de um problema dado oralmente, compreensão da relação entre sentença matemática e problema matemático e seleção da sentença matemática que melhor representa um problema verbal não são comuns nas escolas.

As tarefas de resolução de problemas matemáticos aplicadas neste trabalho apresentaram um grau de dificuldade novo para os participantes, o que pode ter exigido maior capacidade da MT. De acordo com os estudos de Geary (2004 a), a importância da MT aumenta de acordo com a complexidade e o grau de novidade da tarefa. Portanto, a capacidade da MT pode ser mais relevante para a resolução de problemas complexos do que para resolver exercícios aritméticos simples durante os anos iniciais de escolarização.

7.2 DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS

Os escores dos participantes foram divididos por suas similaridades, em grupos de bom e baixo desempenho, através do teste de Cluster. Posteriormente, foram calculadas as diferenças entre os grupos, através do teste T de Student, em cada uma das funções: DM, MT, MCP e RPMV.

7.2.1 Diferença no Desempenho Matemático Entre os Grupos com Bom e Baixo Desempenho

A diferença entre os grupos de alunos com bom desempenho e com baixo desempenho foi estatisticamente significativa, indicando que alunos com bom desempenho matemático apresentam maior domínio de conhecimentos numéricos (senso numérico), menor uso de contagens imaturas (contar nos dedos), maior capacidade de resgatar fatos aritméticos básicos na memória de longo prazo (MLP) e resolvem com mais rapidez as tarefas propostas. Já os alunos com baixo desempenho têm dificuldades para compreender as tarefas, utilizam predominantemente estratégias imaturas de contagem, possuem um fraco domínio de conhecimentos numéricos (questões como magnitudes), apresentam dificuldades para recuperar fatos aritméticos na MLP, cometem mais erros computacionais e são mais lentos para resolver as tarefas propostas (BULL e ESPY, 2006; GERSTEN, 2005; GEARY *et al.*, 2000). Para Geary (2006), ao desenvolver o senso numérico, a criança precisa utilizar sistemas de representações de sua cultura, como símbolos, palavras e imagens mentais da quantidade, tornando-se capaz de compreender os conceitos numéricos para além de pequenas quantidades.

Como já foi mencionado, a diferença entre os grupos quanto ao desempenho matemático, verificada através do teste T de Studant, foi estatisticamente significativa: (t =9,5).

O desempenho matemático foi avaliado pela Prova de Aritmética (CAPOVILLA, MONTIEL CAPOVILLA, 2007), composta por 6 subtestes que exigem conhecimentos numéricos de 1ª a 4ª série. Os subtestes que mais apresentaram erros foram o 2 e o 3.

Cabe destacar que a utilização de testes padronizados, como a Prova de Aritmética (CAPOVILLA, MONTIEL CAPOVILLA, 2007), embora contribua muito para a avaliação dos alunos, contempla uma gama vasta de tópicos, o que pode esconder, no desempenho geral, as reais dificuldades dos indivíduos. Isto porque crianças com dificuldade em matemática geralmente apresentam déficits severos em uma ou duas áreas da aritmética e um desempenho médio, ou melhor, em outras áreas (Geary, 2004).

Observa-se que nos subtestes 2 e 3 são exigidas habilidades numéricas básicas relativas ao desenvolvimento do senso numérico. Os erros nas questões referentes à seqüência numérica e magnitudes estão ligados a falhas na integração dos códigos analógico, arábico e de representação das quantidades, como esclarecem Dehaene e Cohen (1995).

Os alunos do grupo de baixo desempenho, em sua maioria, apresentaram grande dificuldade em realizar o subteste 3, demonstrando inabilidade para comparar números. Esse tipo de julgamento da magnitude numérica é uma tarefa de transcodificação utilizada para avaliar a compreensão numérica e a capacidade de transcodificar os números de uma representação para outra (PASSOLUNGHI et al, 2007). Nesta pesquisa, nenhum participante do grupo 1, com bom desempenho, apresentou erros nessas tarefas.

Os resultados indicam uma fraca compreensão numérica entre os participantes do grupo 2 (baixo desempenho). Como exemplo, podemos citar o desempenho de LUA (sujeito 24 da tabela 1), que errou as seqüências numéricas (crescente e decrescente) e a identificação das magnitudes. Na seqüência crescente, ele desconsiderou a instrução de completar de dois em dois *(exemplo da seqüência crescente completada por LUA: 50,51,52,53,54,55, quando deveria ser 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62*).

Os estudos de Geary (2000, 2004a) apontam que muitas crianças com dificuldades na aprendizagem da matemática possuem uma compreensão conceitual pobre sobre alguns aspectos da contagem, o que se pode evidenciar pelo desempenho dos alunos do grupo 2. Alguns destes alunos de baixo desempenho apresentaram erros no subteste 1, que pedia a transcodificação da forma algébrica para a verbal. Como exemplo, podemos citar FRA (sujeito 25 da tabela1), que escreveu *sete mil quatrocentos e oito* para 7.048 e escreveu *2010* quando foi ditado o número 210.

Todos os alunos com baixo desempenho cometeram erros nos cálculos do subteste 4, alguns muito simples. KEL (sujeito 28 da tabela 1), por exemplo, só acertou os cálculos de um único digito na adição, subtração, multiplicação e divisão. Neste subteste, os alunos com bom desempenho apresentaram em sua maioria 15 ou 16 acertos.

No subteste 5 os participantes deveriam montar um cálculo apresentado verbalmente. Embora tenha representado alguma dificuldade também para o grupo 1, o grupo com baixo desempenho teve dificuldades maiores.

Os resultados apresentados pelo grupo com baixo desempenho corroboram as pesquisas de Geary (2004a), apontando que o atraso nas habilidades de contagem impedem o desenvolvimento de capacidades mais complexas, exigidas no decorrer da escolarização, como, por exemplo, a resolução de problemas aritméticos.

Cabe destacar que a Prova de Aritmética avalia várias habilidades e competências matemáticas, predominando as de cálculo, bastante trabalhadas em sala de aula.

7.2.2 Diferença Entre os Grupos na Resolução de Problemas Matemáticos Verbais

Na resolução de problemas matemáticos verbais a diferença entre os grupos não foi estatisticamente significativa. Os problemas 2 e 3, ambos simples, apresentaram mais facilidade para os dois grupos. Este achado, de que problemas verbais simples não constituem muita dificuldade na 4ª série, coincide com os resultados dos estudos de Bull e Espy (2006), que encontraram diferenças na MT verbal ou visuoespacial de acordo com a idade dos sujeitos, como já foi apontado anteriormente. Nas etapas mais avançadas, a leitura e a interpretação não se constituem em dificuldade, nos casos de problemas aritméticos simples.

Já no caso do problema 1, com representação gráfica, observou-se expressiva diferença entre os grupos. Os alunos com bom desempenho compreenderam de imediato a instrução dada, encontrando a solução precisa e rapidamente. Como, por exemplo, a representação de BAR (sujeito 1 da tabela 1), na ilustração abaixo:

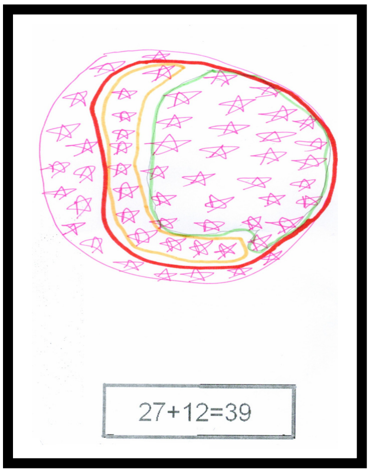


Figura 4: Representação feita por BAR

Os alunos com baixo desempenho, entretanto, não compreenderam a tarefa gráfica, mesmo depois do auxílio da pesquisadora, pois têm dificuldade para estabelecer relações entre o desenho e as formas verbal e arábica. NAN (sujeito 26 da tabela 1), por exemplo, não conseguiu fazer uma representação gráfica precisa do problema, apresentando dificuldade para estabelecer relações entre as diferentes representações, como é possível observar na ilustração abaixo:

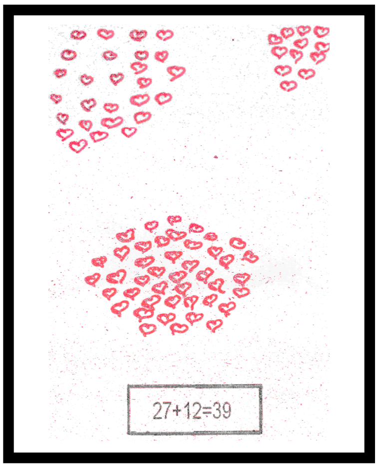


Figura 5: Representação feita por NAN

As dificuldades de representação do grupo com baixo desempenho (problema 1) podem indicar tanto falhas de memória visuoespacial, que se tornam um obstáculo ao processamento verbal, quanto podem indicar falhas no ensino, que desconsidera a importância de habilidades conceituais nas crianças. As falhas de memória visuoespacial podem ser explicadas por dificuldades na elaboração do senso numérico. As habilidades visuoespaciais são fundamentais nas crianças pequenas, quando se elaboram os princípios que vão sustentar as habilidades numéricas subseqüentes (BULL e ESPY, 2006).

Geary (2004a) afirma que algumas das dificuldades na matemática podem estar relacionadas à má representação conceitual do senso numérico e, por conseguinte, ao sistema visuoespacial da MT, pois “O sistema visuoespacial parece estar envolvido em representar algumas formas de conhecimento conceitual, como magnitudes numéricas, e em representar e manipular informação matemática que é projetada em uma forma espacial, como uma linha numérica mental” (GEARY, 2004a, p.10).

Essas dificuldades no senso numérico podem explicar a defasagem nas tarefas que foram solicitadas na Prova Aritmética (CAPOVILLA , MONTIEL e CAPOVILLA, 2007).

O problema 4, em que era preciso encontrar a informação ausente para situar a posição da incógnita, também apresentou resultados diferentes para os grupos com bom e baixo desempenho. O grupo com bom desempenho resolveu com facilidade o problema, como, por exemplo, BAR, que identificou de imediato a posição da incógnita após a leitura.

Os alunos do grupo com baixo desempenho tiveram mais dificuldades para compreender a tarefa, necessitando de interação com o pesquisador. SCH (sujeito 30 da tabela 1), por exemplo, aparentemente não conseguia armazenar e manipular as informações necessárias, pois mesmo após interação com o pesquisador ainda se mostrava bastante insegura, errando a resolução do problema.

Assim, confirmam-se os achados de Fuchs, Fuchs e Fletcher (2008), que destacam que a interpretação de um problema verbal exige que os estudantes utilizem o texto para identificar a informação ausente, construam uma sentença numérica e derivem o problema de cálculo. Os autores salientam ainda a importância da MT, tanto verbal quanto numérica, tanto em dificuldades computacionais como em dificuldades de solução de problemas. Como exemplo de diferença de desempenho, podemos citar o ocorrido com NAN (sujeito 26 da tabela 1), que faz parte do grupo com baixo desempenho. Ele demonstrou dificuldades para compreender o que era para ser feito em algumas situações-problema propostas (NAN lê o problema e exclama: *que continha eu tenho que fazer aqui*? *O que eu tenho que fazer*?). Enquanto NAT (sujeito 3 da tabela 1), que faz parte do grupo com bom desempenho, demonstrou uma compreensão adequada dos problemas. Quando perguntada sobre como havia resolvido a questão, exclamou: *eu li o problema e aqui diz que o total é uma das partes, para eu achar o que eu preciso, que é o que Miguel ganhou, eu diminuí um pelo outro.*

Ocorreram dissociações em relação ao desempenho matemático e a resolução de problemas matemáticos verbais, nas quais os sujeitos com bom desempenho na Prova de Aritmética (PA) obtiveram baixo desempenho na tarefa de RPMV. Como exemplo, podemos citar PL (sujeito 12 da tabela 1), que obteve uma boa pontuação no teste PA (52 pontos) e pontuação moderadamente baixa (7,5) na tarefa de RPMV. O sujeito PL utilizou estratégias de contagem imaturas, o que dificultou a resolução correta do problema. Atrapalhou-se ao somar e também teve dificuldades em compreender o que estava sendo pedido em cada problema, o que contribuiu para os erros.

O inverso desta situação também ocorreu: alunos com baixo desempenho na PA tiveram bom desempenho na RPMV, como LC (sujeito 27 da tabela 1), que obteve um desempenho matemático baixo em relação ao grupo avaliado e um bom desempenho na RPMV. O sujeito LC demonstrou compreensão dos problemas, conseguindo perceber qual a operação aritmética necessária, como é possível perceber no trecho da entrevista clínica que segue:

> **LC** *lê o problema*: Miguel tinha um álbum de figurinhas de jogadores de futebol. Ele tinha 33 figurinhas e ganhou mais algumas figurinhas de sua mãe. Agora tem 53 figurinhas ao todo. Quantas figurinhas Miguel ganhou de sua mãe?
> **LC** pensa, conta nos dedos e *exclama*: *a mãe dele deu 20, porque 33+20 é igual a 53*

7.2.3 Diferenças Entre Grupos Quanto à Memória de Trabalho

Esta pesquisa teve como objetivo perceber a relação entre memória de trabalho, desempenho matemático e resolução de problemas matemáticos. A análise feita pelo teste T de Student das diferenças entre os grupos em MT não foi estatisticamente significativa. Como a correlação entre o desempenho e a MT foi estatisticamente significativa para o grupo como um todo, é possível pensar que não apareceu diferença estatisticamente significativa entre os grupos na análise da MT devido ao pequeno número de participantes em cada um deles. Sabe-se que quanto menor a amostra mais se destaca a variabilidade intra-grupo.

Tal variabilidade pode, entretanto, ter importância clínica, orientando a intervenção, pois indica as competências e dificuldades que precisam ser trabalhadas. Para melhor ilustrar essas características, serão expostos alguns casos individuais que demonstraram discrepâncias entre desempenho matemático e MT.

O aluno AJ (sujeito16 da tabela 1) faz parte do grupo com bom desempenho. Ele, porém, obteve uma pontuação baixa na MT (3 pontos), mostrando uma discrepância entre seu bom desempenho matemático e sua fraca capacidade de MT. Estes dados divergem em relação aos achados apresentados no presente estudo. Geary (2004 a) aponta o desenvolvimento da memória de trabalho como correspondente ao aumento da escolaridade. Neste caso, seria importante confirmar este resultado com outros instrumentos, uma vez que o desempenho matemático é construído através dos anos e o resultado da MT pode ter sido situacional.

O aluno WL (sujeito 18 da tabela 1) também obteve um bom desempenho matemático e uma fraca capacidade de MT (2 pontos). Também houve alunos do grupo de baixo desempenho que apresentaram boa capacidade de MT, como o aluno LC (sujeito 27 da tabela 1), que obteve um desempenho matemático baixo (38 pontos) e uma boa pontuação de MT (5 pontos). Também, neste caso, seria oportuno verificar se não são insuficiências em outro processo cognitivo que estão impedindo a aprendizagem da matemática.

Houve também casos discrepantes em relação à capacidade de MT apontada no teste padronizado de Span de dígito inverso e ao desempenho na tarefa de RPMV. Alguns alunos que apresentaram boa capacidade de MT obtiveram baixa pontuação na RPMV, como é o caso da aluna KL (sujeito 28 da tabela 1), que obteve bom escore de MT e um desempenho baixo na RPMV. Além das diferenças individuais, estas discrepâncias podem dever-se aos testes padronizados, que nem sempre são capazes de medir as competências e habilidades de maneira precisa. Como alertam Bull e Espy (2006), alguns destes testes acabam avaliando uma vasta gama de competências aritméticas ao mesmo tempo, e assim como podem favorecer alguns alunos, também podem prejudicar outros.

É interessante ressaltar que não houve casos de sujeitos com baixa capacidade de MT e bom desempenho na RPMV. Pesquisas atuais mostram que as crianças com dificuldades para solucionar problemas matemáticos apresentam danos em medidas de MT. Tais pesquisas indicam que a competência do sistema de MT está relacionada com a precisão da solução e a compreensão de problemas matemáticos verbais que envolvem uma interação complexa de compreensão de texto e processos matemáticos (SWANSON, 2006).

7. 2. 4 Diferenças Entre os Grupos Quanto à Memória de Curto Prazo

Avaliou-se a memória de curto prazo (MCP) devido à importância da atenção na aprendizagem da matemática (STERNBERG, 2000). Neste estudo, a MCP foi avaliada através da tarefa de span de dígito na ordem direta (CAPELLINI e SMITHE, 2008). Aqui cabe ressaltar que as demandas das tarefas de resolução de problemas matemáticos, da tarefa de *span* de dígito na ordem inversa e das tarefas da prova de aritmética (Capovilla, Montiel e Capovilla, 2007) demandaram mais atenção do que a tarefa de span de dígitos ordem direta que avaliou a MCP.

Os resultados na memória de curto prazo não apresentaram correlações estatisticamente significativas com as demais funções, MT, DM e RPMV, bem como não demonstraram uma diferença estatisticamente significativa entre grupos (bom e baixo desempenho).

Tais resultados podem indicar que, no instrumento utilizado, houve uma sobreposição entre as funções avaliadas, MT e MCP. Outro fator importante está relacionado ao tamanho da amostra que para o tipo de avaliação da MCP demonstrou-se pequeno. Chamou a atenção a variabilidade de escores relativos ao teste entre os dois grupos, assim houve crianças do grupo com bom desempenho com pontuação baixa no teste, bem como crianças com baixo desempenho que obtiveram pontuação alta no teste.

Sabe-se que o papel da MCP está ligado a captação das informações novas (verbais e visuais), que a todo tempo vão chegando estando assim intimamente ligada a MT. Bull e Espy (2006) apontam que a dificuldade de atualizar informação na memória pode ocorrer se a criança não está apta a recuperar eficientemente informação da MLP para sustentar o que está sendo retido no estoque de curto prazo.

Swanson (2008) destaca que atualmente chegou-se a um consenso de que a MT e MCP são processos diferentes, mas altamente relacionados. O autor explica que as informações que chegam à consciência e são armazenadas na MCP são submetidas ao processamento de atenção controlada, efetuado pelo executivo central da MT.

Gathercole (1999) distingue a MT e a MCP como dois sistemas de memória de curto prazo que desempenham papéis importantes, mas distintos no apoio a aquisição de conhecimentos e habilidades durante a infância. A autora considera que a memória de curto prazo está relacionada especificamente com a aprendizagem da estruturas fonológicas de palavras novas, e que a memória de trabalho, por ser mais complexa parece apoiar a aprendizagem em uma ampla variedade de contextos, tanto na infância como na idade adulta. Estes sistemas de armazenamento de memória foram baseados na flexibilidade, nas capacidades de processamento, armazenamento, inibição e recuperação da MT, em atividades cognitivas complexas, tais como compreensão da linguagem, aritmética mental e raciocínio.

7.3 DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS QUANTO ÀS ESTRATÉGIAS UTILIZADAS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS VERBAIS.

As estratégias utilizadas pelos grupos de bom e baixo desempenho para a resolução de problemas matemáticos verbais foram analisadas qualitativamente. Elas foram computadas em relação à freqüência de uso. Coube distinguir dentre as estratégias utilizadas os procedimentos de contagem, procedimentos de cálculo e o raciocínio lógico matemático. Tais estratégias foram divididas, conforme apresentado anteriormente, da seguinte forma:

1) Estratégias imaturas de contagem: um a um, dedos, erro na contagem;

2) Estratégias de cálculo: Maduras: a) mental, b) cálculo da subtração; Imaturas: a) erro no cálculo, b) cálculo escrito , c) modelagem sem inversão d) cálculo de cada sentença, e) cálculo da sentença escolhida.

3) Estratégias de raciocínio lógico: a) representação conceitual precisa, b) representação conceitual imprecisa, c) compreensão, d) compreensão inapropriada, e) seleciona corretamente , f) seleciona incorretamente.

A maioria dos alunos de ambos os grupos utilizaram procedimentos imaturos de contagem, ou seja, contagem um a um e/ou contagem nos dedos. Porém, as estratégias utilizadas na resolução de problemas matemáticos verbais diferiram entre os grupos com bom e baixo desempenho em relação ao uso de estratégias de contagem na resolução dos problemas. Ressalta-se que todas as crianças de ambos os grupos tendiam a utilizar o procedimento *counting all*, isto é, contavam a partir do maior. Enquanto isso, poucos alunos com bom desempenho usaram a estratégia de recuperação de fatos aritméticos básicos da memória de longo prazo.

Já em relação à compreensão lógico-matemática, os alunos de ambos os grupos demonstraram uma boa compreensão das tarefas apesar das diferenças em relação ao domínio dos conceitos numéricos. Vejamos quais foram as estratégias utilizadas entre os grupos bom e baixo desempenho.

7.3.1 Estratégias Utilizadas no Grupo Com Bom Desempenho

Os procedimentos de contagem e o senso numérico desenvolvem-se concomitante e mutuamente. Os alunos com bom desempenho demonstraram um senso numérico bem desenvolvido por demonstrarem maior domínio das noções de magnitudes e uma reta numérica mental mais consolidada, terem mais facilidade para resolver as tarefas propostas em todas as fases da pesquisa e pouco uso de contagens imaturas e uma adequada compreensão dos problemas apresentados. Porém, em relação às estratégias de cálculo, observa-se que as crianças ainda não se sentem seguras no resgate dos fatos básicos da MLP, necessitando usar os dedos ou fazer o cálculo por escrito como forma de verificar a resposta correta. Este comportamento indica que ainda não possuem confiança na recuperação dos fatos aritméticos básicos, ou porque o ensino escolar exige cálculos escritos e desencoraja o cálculo mental ou porque os fatos básicos ainda não estão representados na MLP, como já deveriam estar.

Para Geary (2004a), a formação das representações dos fatos básicos na memória é de suma importância, pois, uma vez formadas, essas representações da memória de longo prazo sustentam o uso de processos baseados na memória para a resolução de problemas. Como se sabe, o avanço nos procedimentos de contagem é condição para desenvolvimento de representações de memória de fatos básicos e, uma vez formada essas representações de memória de longo prazo, elas apóiam os processos de memória na resolução de problemas. O autor sugere que mesmo crianças com bom desempenho podem apresentar pouca confiança na recuperação direta dos fatos básicos da memória de longo prazo (MLP).

A falta de confiança das crianças com bom desempenho pode ser devido a pouca ênfase nas atividades escolares que possibilitem a internalização conceitual e procedural dos fatos aritméticos básicos. Neste sentido, Bull e Espy (2006) salientam que este processo inicia no nível básico da escolarização, quando as crianças utilizam os dedos ou outros referentes concretos para ajudá-las no processo de contagem. A partir dessas estratégias simples, as crianças progridem até conseguirem recuperar os fatos aritméticos básicos na MLP.

Alguns alunos com bom desempenho já fizeram a transição da contagem para a recuperação de fatos básicos na MLP (Geary 2004ª), como AC (sujeito 4 da tabela 1), por exemplo, que solucionou os problemas corretamente com cálculo mental. De acordo com o quadro que segue abaixo:

Situação 2; Oral
Entrevistador: Lê o problema: - Maria tinha 23 reais, ganhou mais 13 reais de seu pai. Com quantos reais ela ficou?(se precisares usar folhas, papéis, lápis, estão aqui)
AC: responde: - 36. Não precisa fazer conta.

Outros alunos com bom desempenho oscilavam entre o uso de estratégias de contagem e a recuperação imediata na MLP para solucionar o problema, como BR (sujeito 1 da tabela 1).

Situação 2; Oral
Entrevistador: Lê o problema: - Maria tinha 23 reais, ganhou mais 13 reais de seu pai. Com quantos reais ela ficou?

BR: pega uma folha de rascunho; escuta o problema e arma a conta, calcula, conta nos dedos e diz: - 36.

Os exemplos acima servem para ilustrar o bom desenvolvimento dos alunos do Grupo com bom desempenho. Foi possível perceber uma tendência à recuperação automática de fatos básicos, o que é fundamental para o avanço nas competências aritméticas, pois a recuperação automática de fatos básicos e a conseqüente redução das demandas da memória de trabalho, por sua vez, parecem favorecer que a resolução de problemas mais complexos e a diminuição de erros (GEARY, 2004b).

Alguns comportamentos observados no grupo com bom desempenho, como o uso freqüente do cálculo escrito, por exemplo, podem indicar que o ensino escolar induz os alunos a utilizar o cálculo como única estratégia para resolução de problemas. O cálculo em colunas somando os números inteiros a coluna das unidades e depois os números inteiros da coluna das dezenas, dificulta a compreensão dos valores numéricos do sistema posicional e o uso de estratégias de composição e decomposição a partir do dez, próprias do sistema decimal (GEARY, 2004 a).

No grupo com bom desempenho, o desenvolvimento das competências aritméticas pode estar relacionado, em parte, ao avanço na compreensão conceitual dos conhecimentos matemáticos e pode refletir uma mudança gradual das estratégias, dos procedimentos de contagem para a recuperação direta dos fatos básicos da MLP na resolução de problemas.

Quanto às estratégias de raciocínio lógico matemático, os alunos com bom desempenho representaram de forma precisa os conceitos matemáticos aditivos, selecionando corretamente as informações de cada problema e resolvendo-os corretamente.

Outro ponto importante a ser ressaltado diz respeito ao domínio de conceitos aditivos, visto que os problemas matemáticos foram elaborados também para perceber como estava a compreensão dos conceitos de adição das crianças de 4ª série do Ensino Fundamental. Os problemas ativam diversos tipos de conhecimento, não só diferentes procedimentos, mas também os conhecimentos de diferentes conceitos (POZO, 1998). Com relação ao grupo com bom desempenho, a maioria dos alunos demonstraram domínio dos conceitos de comutatividade (6+3 é igual a 3+6), a complementaridade (se 5+2 é igual a 7, então 7-5 deve ser igual a 2), conceitos fundamentais para o pensamento aditivo (NUNES e BRYANT, 1997).

Os alunos do grupo com bom desempenho monstraram-se mais receptivos, disponíveis e motivados ao resolverem as tarefas. Eles foram mais capazes de compreender a relação entre as duas formas de representação da informação matemática utilizada (verbal) e arábica (sentença matemática), de selecionar a sentença matemática que melhor representava os problemas dados por escrito de forma correta, de utilizar uma representação gráfica adequada, além de utilizarem com menos freqüência as estratégias imaturas de contagem, mesclando as estratégias imaturas com a estratégia de recuperação de fatos na memória de longo prazo.

7.3. 2 Estratégias Utilizadas Pelo Grupo Com Baixo Desempenho

Os alunos do grupo com baixo desempenho se diferenciaram dos colegas do grupo com bom desempenho, na utilização de estratégias imaturas de contagem, na lentidão para realizar as tarefas, na dificuldade em compreender apropriadamente os conhecimentos matemáticos que estão lhe sendo solicitados por meio dos problemas matemáticos verbais, demonstrando uma necessidade da interação com pesquisador para compreender as tarefas de resolução de problemas.

Cabe ressaltar que o grupo com baixo desempenho utilizou mais constantemente as estratégias imaturas de contagem como: um a um, dedos, erro na contagem, as estratégias de cálculo imaturas: erro no cálculo, cálculo escrito, modelagem sem inversão, cálculo de cada sentença e cálculo da sentença escolhida, além de estratégias de raciocínio lógico como representação conceitual imprecisa, compreensão inapropriada e seleção incorreta das sentenças.

Quanto às estratégias de raciocínio lógico-matemático, observou-se que os alunos com baixo desempenho tiveram dificuldades em representar através do desenho as relações entre as informações dadas. Sem essa compreensão não conseguiam as informações necessárias para solução correta. É possível que os alunos com baixo desempenho não tenham evoluído a capacidade de representação matemática por falhas na capacidade de abstração.

Todos os alunos com baixo desempenho utilizaram a contagem nos dedos, demonstrando dificuldades para recuperar fatos básicos da MLP, o que pode gerar sobrecarga da MT. Tais dados corroboram os estudos de Bull e Espy (2006) que apontam que em crianças que utilizam métodos de contagem mais lentos e ineficientes a informação pode se perder da MT, e assim nenhuma representação (ou a representação de uma resposta incorreta) é criada na MLP. A respeito do baixo desempenho, Geary (2004b) afirma que ele pode se relacionar também a falhas na representação semântica ou fonética do sistema numérico.

Um exemplo para ilustrar as dificuldades dos alunos com baixo desempenho pode ser o do GL (sujeito 23 da tabela 1) que calcula armando a operação na folha, conta nos dedos e erra a resposta. Abaixo segue a fala e descrição do comportamento de GL.

E: eu vou te dar um problema para você ler, observar e resolver, depois nós vamos conversar sobre ele, pode ser?
GL: sim
GL: pega a folha com o problema e lê em voz alta:
- Marcos comprou 12 bolas de gude, ganhou mais 22 bolas de gude de seu amigo. Com quantas bolas de gude ele ficou?
GL pergunta: - posso calcular aqui?
E: sim.
GL calcula, conta nos dedos e escreve a resposta no papel.
E: - qual é a resposta?
GL diz: 36.
Depois de um tempo de conversa sobre o problema.
GL diz:- aqui tem que ser 35.

O grupo com baixo desempenho não apresentou mudanças adaptativas em seu desenvolvimento de estratégias para a solução de problemas complexos, permanecendo mais tempo com a utilização de estratégias imaturas de contagem que resultam em mais erros e sobrecarga da MT (GEARY, 2004a).

Os alunos com baixo desempenho demonstraram grandes dificuldades para compreender as situações problema do tipo montante ausente e início desconhecido que aparecem nas situações problemas 3 e 4. Muitos alunos deste grupo não conseguiam relacionar as quantidades dadas no problema com a posição que elas deveriam tomar na sentença matemática, ou seja, não conseguiam identificar a incógnita do problema, quando esta aparecia em uma posição não habitual aquela que estavam acostumados a ver, pois muitos demonstravam surpresa e exclamavam frases como: - Q*ue tipo de conta que eu tenho que fazer*? Ou - *Como faço para resolver esse problema?*

Estes dados confirmam algumas pesquisas como a de Nunes e Bryant (1997) que apontam que as crianças apresentam mais dificuldades para resolver problemas matemáticos verbais com montante ausente e início desconhecido por exigir uma compreensão conceitual das operações aritméticas e não meramente um conhecimento da técnica de operar cálculos matemáticos.

Todos os alunos do grupo com baixo desempenho demonstraram falta de compreensão dos conceitos aditivos como comutatividade e complementaridade, visto que na resolução dos problemas aditivos não usaram a subtração para achar o resultado do problema e sim a estratégia de modelagem sem inversão. Ao invés de subtrair eles foram somando a partir do valor de um dos adendos da sentença matemática que foi dada, (por exemplo, $15 + x = 23$), somaram a partir do 15 (16,17,18,19,20,21,22,23) até chegar ao total 23, depois contavam nos dedos e respondiam. De acordo com Nunes e Bryant (1997), esse tipo de estratégias é típico de crianças mais novas no início de sua escolarização. Esses erros na contagem podem ocorrer quando a criança se perde no processo de contagem, isto é, quantos dedos ela já contou e quantos precisam ser contados (BULL & ESPY, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ênfase nos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem da matemática tem levado pesquisadores de diversas áreas - psicologia cognitiva, psicologia da educação matemática e estudos neuropsicológicos do desenvolvimento - à intensa busca por elementos que contribuam para uma melhor compreensão dos processos de aprendizagem de matemática. O avanço da neuropsicologia cognitiva tem esclarecido sobre os processos cognitivos que diferem em alunos com desenvolvimento típico (normal) e em alunos que apresentam dificuldades na aprendizagem de matemática. A presente pesquisa tem em vista contribuir com a aprendizagem de crianças que apresentam algum tipo de dificuldade com a matemática, uma área complexa que merece ser intensamente estudada. Investigar as questões envolvidas na aprendizagem da matemática é cada vez mais necessário, tendo em vista a complexidade do ensino e o grande número de alunos que apresentam baixos índices de desempenho e fracas competências aritméticas.

Pesquisas na área da cognição matemática são de extrema importância, pois podem ter implicações educacionais que contribuam na elaboração de currículos, na utilização de recursos e na seleção de conteúdos e habilidades, tendo em vista tanto os alunos com aprendizagem típica quanto aqueles com dificuldades de aprendizagem, específicas ou não. Os estudos nesta área colaboram para um olhar educacional positivo sobre os grupos com diferentes desempenhos matemáticos, bem como contemplam a necessidade cognitiva de cada indivíduo, auxiliando na aprendizagem dos alunos em geral.

Atualmente, os estudos dos processos cognitivos têm colaborado muito para precisar a natureza das funções mentais que podem não estar ajustadas aos padrões normais de desenvolvimento cognitivo. Pesquisadores europeus e norte-americanos têm evidenciado a relação entre a capacidade da memória de trabalho e o desempenho escolar de crianças que apresentam dificuldades de aprendizagem na matemática, em diversas realidades e contextos culturais e em diferentes faixas etárias e graus de escolarização.

Entretanto, o grupo de crianças com dificuldades na matemática não é homogêneo, pois se observam dissociações no desempenho, como já foi apontado anteriormente.

No Brasil, não são muitos os estudos que buscam evidenciar a relação entre o desempenho matemático e a memória de trabalho. Entretanto, considerando a complexidade da matemática e os baixos índices de desempenho das crianças brasileiras, acredita-se que o presente estudo possa colaborar para a discussão sobre o ensino, a aprendizagem e as dificuldades de aprendizagem nesta disciplina.

Ao se retomar o objetivo geral desta pesquisa, investigar a relação entre desempenho matemático, memória de trabalho e resolução de problemas aditivos em alunos de 4ª série do Ensino Fundamental, constata-se uma forte correlação entre o desempenho na resolução de problemas matemáticos verbais e a memória de trabalho, corroborando os dados da literatura. Os resultados do presente estudo indicam que, para uma faixa etária específica da população escolar (10 anos de idade), pode haver uma estreita relação entre a capacidade de resolver problemas matemáticos e a memória de trabalho.

Solidificou-se a relação entre a boa capacidade de memória de trabalho e o bom desempenho matemático dos alunos na resolução de problemas matemáticos verbais, pois os alunos com boa capacidade de memória de trabalho apresentaram bom desempenho na resolução de problemas matemáticos verbais. Além disso, os alunos com bom desempenho apresentaram também controle atencional, capacidade de resgatar as informações da memória de longo prazo e habilidade para manipular e modificar as informações dadas para resolução dos problemas.

Já os alunos com baixa capacidade de memória de trabalho apresentaram baixo desempenho na resolução de problemas**.** Eles não mantiveram atenção, não mostraram dispor de conhecimentos prévios sobre os fatos aritméticos básicos e, consequentemente, tiveram dificuldades em manipular as informações dadas em cada um dos problemas matemáticos verbais.

Os resultados da presente pesquisa sugerem falhas importantes no senso numérico, como, por exemplo, dificuldades em comparar grandezas e dificuldade para manter uma linha numérica mental, que podem evidenciar problemas na construção numérica inicial. Dificuldades para evoluir de estratégias imaturas de contagem para recuperação imediata dos fatos básicos aditivos armazenados na MLP podem indicar também um ensino mecanicista da matemática, no qual se sobressai o repasse de técnicas que não possuem sentido conceitual e não colaboram para uma compreensão aritmética mais ampla por parte do aluno.

As tarefas de memória de trabalho apresentaram correlação estatisticamente significativa não só com a resolução de problemas matemáticos verbais, mas com o desempenho matemático dos alunos de um modo geral. A capacidade da memória de trabalho dos alunos com bom desempenho facilitou o uso de estratégias de recuperação de fatos aritméticos na memória de longo prazo, permitiu que compreendessem a relação inversa entre adição e subtração, viabilizou que utilizassem poucas vezes a estratégia imatura de contagem nos dedos e permitiu planejassem e resolvessem os problemas corretamente.

Os alunos com bom desempenho foram capazes de usar a estratégia de recuperação de fatos aritméticos na memória de longo prazo, demonstraram compreender a relação inversa entre adição e subtração, utilizaram menos as estratégias imaturas de contagem nos dedos em comparação ao grupo com baixo desempenho e compreenderam os problemas, mostrando-se capazes de planejar sua resolução corretamente. Contrariamente, os alunos com baixa capacidade de memória de trabalho apresentaram baixo desempenho matemático nas tarefas propostas. Estes alunos utilizaram predominantemente estratégias imaturas de contagem, como contagem nos dedos, erraram mais, lançaram mão de outros aportes concretos, além dos dedos, como desenho de tracinhos, apresentaram dificuldades para compreender os problemas e traçar planos de resolução, além de demonstrarem falhas na compreensão da relação inversa entre adição e subtração.

Os dados desta pesquisa evidenciam a importância da MT na cognição matemática, apontando-a como um dos fatores preditivos para a aprendizagem da matemática, cuja capacidade é determinante para um bom desempenho na resolução de problemas matemáticos, corroborando estudos recentes (SWANSON, 2006; BULL E ESPY, 2006; GEARY *et al*., 2007).

De acordo com a literatura da área e a presente pesquisa, as crianças com maior dificuldade na resolução dos problemas matemáticos aditivos também apresentaram falhas no conhecimento numérico e uma freqüência maior na utilização de estratégias imaturas de contagem. Nas entrevistas clínicas, foi possível observar as diferenças das estratégias utilizadas pelo grupo com bom desempenho e pelo grupo com baixo desempenho. Entretanto, foi surpreendente constatar que a maioria das crianças, mesmo algumas com bom desempenho, utiliza estratégias de contagem imaturas e apresenta falhas no conhecimento numérico, o que pode estar sobrecarregando a memória de trabalho.

Evidenciou-se a ênfase no ensino de cálculos na matemática escolar, pois muitas crianças com baixo desempenho na matemática efetuaram os cálculos corretamente, apesar das suas carências de senso numérico, ou seja, dificuldades para comparar grandezas e realizar outras tarefas que exigem representação mental da reta numérica. Tais evidências sugerem que o ensino da matemática ainda está centrado no domínio de técnicas de cálculo, mantendo-se mecanicista e limitando-se aos conhecimentos procedurais, em detrimento dos conhecimentos conceituais.

Verificou-se a importância de se trabalhar com tarefas de resolução de problemas matemáticos verbais, pois eles abrangem diversas capacidades cognitivas e competências matemáticas dos alunos. A utilização de entrevistas clínicas para verificar habilidades de resolução de problemas matemáticos, apresentados oralmente ou por escrito, propiciou uma percepção de como os alunos mantém e manipulam os conhecimentos matemáticos já adquiridos e de como a falta de conhecimentos prévios impede a compreensão dos problemas. A interação do pesquisador, no decorrer das tarefas, também contribuiu para uma melhor compreensão sobre o processamento cognitivo de cada aluno. Foi possível identificar os indivíduos que não precisaram de nenhuma intervenção da pesquisadora, outros que com uma breve interação resolveram os problemas propostos e outros ainda que não se beneficiaram de nenhuma maneira. Salientou-se, assim, a importância da interação professor-aluno constante e efetiva.

Apesar da relevância dos resultados da presente pesquisa e da concordância dos resultados obtidos com a literatura da área, este estudo apresentou algumas limitações que podem ter influenciado nos resultados, uma delas diz respeito à utilização de apenas uma única tarefa para avaliar a memória de trabalho, embora a tarefa de *span* de dígitos na ordem inversa seja uma tarefa de consenso entre os pesquisadores da área. A utilização de mais de uma tarefa, como fazem Geary (2000, 2004 a, 2007), Gathercole e Alloway (2008) e Bull e Espy (2006), poderia esclarecer os casos de dissociação entre os resultados na resolução de problemas verbais e os recursos de memória de trabalho. Sabe-se que ainda não há consenso entre os pesquisadores não só sobre os instrumentos, mas também quanto aos critérios de diagnóstico das funções neuropsicológicas subjacentes à aprendizagem da matemática, que não atuam isoladamente umas das outras, pois estão conectadas com inúmeros outros sistemas cognitivos. Outra limitação encontrada é a referente ao tamanho da amostra que não permitiu fazer generalizações. Por fim, cabe referir que a interação do pesquisador nas entrevistas clínicas também pode interferir na replicação do estudo.

Contudo, os resultados mostram dados de uma realidade que deve ser levada em conta, na medida que expressam características da aprendizagem de matemática em alunos de 4ª série do Ensino Fundamental . Cabe aos professores e formadores de professores na área da educação investir em mais estudos, em uma maior e melhor compreensão sobre a aprendizagem e as dificuldades de aprendizagem da matemática, um campo que ainda precisa ser muito explorado, e que pode auxiliar no desenvolvimento de metodologias de ensino que favoreçam os processos cognitivos subjacentes à aprendizagem da matemática.

As pesquisas na área da cognição matemática são indispensáveis na realidade brasileira, pois é grande o número de crianças apresentando severas dificuldades nessa área. Perceber como se caracteriza a relação entre o desempenho matemático escolar e a capacidade da memória de trabalho de alunos de escolas públicas de uma 4ª série propiciou uma noção das reais dificuldades dos alunos e dos problemas de ensino aprendizagem que podem ser constatadas na população escolar. Os dados evidenciados, no presente estudo, levantam novas questões e sugerem mais investigações e mais intervenções dos pesquisadores na realidade da sala de aula brasileira. É importante investigar sobre como está o senso numérico de crianças na entrada da escola, como esta a resolução de problemas matemáticos verbais em alunos da 3ª ou 2ª série do Ensino Fundamental, identificar as diferentes formas de representação numérica dos alunos das séries iniciais, investigar as relações existentes entre competências e dificuldades na linguagem e a resolução de problemas matemáticos verbais, entre muitas outras questões.

REFERÊNCIAS

ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – 2003 – **Dados com base no Levantamento Sócio Econômico** – 2000 - IBOPE disponível em: www.abep.org – abep@abep.org. 20 mar 2008.

ANDRADE, J. An introduction to working memory. In:___________. **Working memory in perspective**. Psychology Press Ltd. Publishers,2001.

BADDELEY, Alan. Working memory. Science. N. 255. In: **General One File**. Gale.1992. Disponível : /www.periodicos.capes.gov.br/portugues/index.jsp. CAPES, 17 Feb. 2008.

_________________. The episodic buffer: a new component of working memory? In: **Trends in Cognitive Sciences** – Vol. 4, N.11, November, 2000, PP. 417- 423.

_________________Is Working Memory Still Working? In: **European Psychologist**, Vol. 7, No. 2, June 2002, pp. 85–97

_________________. Short-term memory store. In:________. **Essential of Human Memory**. Psychology Press Ltd. Publishers, 1999.

BARBOSA, H. H. J. (2007). Sentido de número na infância: uma interconexão dinâmica entre conceitos e procedimentos. **Paidéia**, 2007, 17(37), 181-194

BUENO, Orlando Francisco Amodeo. OLIVEIRA, Maria G. Menezes. Memória e amnésia. In: ANDRADE, V. M.; SANTOS, F. H.; BUENO O. F. A .**Neuropsicologia Hoje**. Porto Alegre. Artmed, 2004.

BULL, R.; ESPY K. A.. Working memory, executive functioning, and children's mathematics. **Developmental Cognitive Neuroscience Laboratory** - Faculty and Staff Publications. University of Nebraska – Lincoln, 2006.

BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. **Estatística Básica**. São. Paulo: Atual Editora. 1987

BUTTERWORTH, B. The development of arithmetical abilities. **Journal of Psychology and Psychiatry**. N.46:1, p.3-18 (2005)

CAPOVILLA, A. G.;., MONTIEL, J. M; CAPOVILLA F. Prova de Aritmética. In: CAPOVILLA, A.G.S. & CAPOVILLA, F.C., **Teoria e prática em avaliação neuropsicológica**. 1. ed. São Paulo, SP: Memnon, 2007. v. 1.

CAPELLINE, S; SMYTHE, I. **Protocólo de avaliação de habilidades cognitivo-linguísticas: livro do profissional e do professor**. Marília: Fundepe, 2008.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DEHAENE E COHEN . "Towards and anatomical and functional model of number processing". **Mathematical Cognition**, V *1 (1),*83-120. 1995.

DELVAL, Juan. **Introdução a prática do método clínico: descobrindo o pensamento das crianças.** Porto Alegre: Artmed, 2002

DORNELES, B. V. **Escrita e número: relações iniciais**. Porto alegre: Artmed, 1998

FERREIRA, L. F; RANGEL, A. C.; BERCHT, M. A educação matemática e a construção do número pela criança, mediada pela tecnologia digital. In: **Revista Novas Tecnologias na Educação.** CINTED-UFRGS. V. 3 Nº 1, Maio, 2005.

FIGUEIREDO, Vera Lúcia Marques de. **Escala de Inteligência Wechsler para Crianças - WISC III**. Adaptação e Padronização de uma amostra Brasileira, 1ª ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.

FIORI, N. **As neurociências cognitivas**. Vozes. Porto Alegre2008

FUCHS, L; FUCHS, D; FLETCHER, J, STUEBING, K. Problem Solving and Computational Skill: Are They Shared or Distinct Aspects of Mathematical Cognition? **Journal of Educational, by the American Psychological Association**, 2008. Vol. 100, No. 1, 30–47 Vanderbilt University

FUENTES, D; ALONSO. Cérebro y pensamiento matemático. **Revista Neurologia**, 2001;33(6): 568-576.

____________, MALLOY-DINIZ, L, CAMARGO, C. H., COSENZA, R. M E cols. **Neuropsicologia: teoria e prática. Ed. Art. Med.** Porto Alegre, 2008.

GALERA, C.; FUHS, C. C. L. Memória visuoespacial a curto prazo: os efeitos da supressão articulatória e de uma tarefa aritmética. **Psicologia Reflexão e Crítica**, v.16, n.2, p.337-348, 2003

GATHERCOLE, S. E. AND ALLOWAY, T. P. Working memory & Learning: a practical guide for teachers. **SAGE Publications**. London, 2008.

GATHERCOLE, S. E. Cognitive approaches to the development of short-term memory**. Trends Cognitive Sciences –** Vol. 3, N.11, 410-419, 1999.

GAZZANIGA, Michael S. IVRY Richard B. MANGUN, George R. **Neurociência Cognitiva**. Porto Alegre. Artmed, 2006. 2º Ed.

GEARY, D. C., HAMSON, C. O., & HOARD, M. K. Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. **Journal of Experimental Child Psychology,** 2000. N.77, pp.236-263.

____________, HOARD, M. K., & BYRD-CRAVEN, J.. Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability**. Journal of Experimental Child Psychology**. 2004 a, N *88*,. pp.121-151.

____________. Mathematics and learning disabilities. Journal of Learning Disabilities, 2004b.N 37, pp. 4-15.

____________.Development of mathematical understanding. In D. Kuhl & R. S. Siegler (Vol. Eds.), **Cognition, perception, and language**, Vol 2 (pp. 777-810). W. Damon (Gen. Ed.), Handbook of child psychology (6th Ed.). New York: John Wiley & Sons. . (2006).

___________., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. **Child Development**, 2007.N.*78*, pp.1343-1359.

GERSTEN, Russel; JORDAN, Nancy; FLOJO, Jonathan. Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. In: **Journal of learning disabilities**. Volume 38, Number 4, July/August 2005. pp. 293-304.

GLASERSFELD, E. V. **Construtivismo radical: uma forma de conhecer e aprender**. Instituto Piaget.1995

GOLBERT, C. **Athurma Quantifica e Classifica**. Porto Alegre, Editora Mediação, 1997.

GOLBERT, Clarissa, S. (**2002**): Novos rumos na aprendizagem da Matemática. Porto Alegre, Meditação.

____________ O papel do professor na construção do pensamento matemático. In: BECKER, Fernando; MARQUES, Tânia I. **Ser professor é ser pesquisador**. Porto Alegre: Mediação, 2007.

____________ **Processos cognitivos na aprendizagem da matemática: habilidade no sistema de números através de jogo matemático**. Trabalho apresentado no VII Seminário de Pesquisa da Região Sul (ANPEDSUL), 10f. Itajaí, 2008. Comunicação Oral.

HAYDU, Verônica Bender, Costa, Lucita Portela da and Pullin, Elsa Maria Mendes Pessoa **Resolução de problemas aritméticos: efeito de relações de equivalência entre três diferentes formas de apresentação dos problemas**.*Psicol. Reflex. Crit.*, 2006, vol.19, no.1, p.44-52. ISSN 0102-7972

JORDAN, N.; GLUTTING, J.; RAMINENI, C. The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades . **Learning and Individual Differences Journal**, 2009. Disponível em homepage: www.elsevier.com/locate/lindif–1–7

KRUSZIELSKI, L; Romanelli, E. J. **Resolução de exercícios aritméticos e memória de trabalho**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Paraná. Setor de Educação. Programa de pós-graduação em Educação. Defesa: Curitiba, 200s http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/6026 Acesso em: 20/03/2008.

MCLEAN, J. & HITCH, G. J. Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties. **Journal of Experimental Child Psychology**, 1999, N.74, pp.240-260.

MILLIKEN, G. A.; JOHNSON, D. E. **Analysis of Messy Data**. Vol 1: Design of Experiments. Chapman & Hall/CRC, Boca Ratón. 1992.

MINGOTI, S. A., **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

NUNES, T; BRYANT, P. *Crianças fazendo matemática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

________ SELVA, DA ROCHA; FALCÃO. Solving additive problems at pre-elementary school level with the support of graphical representation. In Chick, H. L. & Vincent, J. L. (Eds.). **Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education,** Vol. 4, pp. 161-168. Melbourne: PME. 2005

________; CAMPOS, T.; MAGINA, M.; BRYANT, P. **Educação matemática: números e operações numéricas.** São Paulo. Cortez, 2005.

PASSOLUNGHI, VERCELLONI & SCHADEE. The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. **Cognitive Development,** 2007, N. 22 ,pp.165–184.

PIAGET, J.**A Gênese do número na criança**. Zahar, 1971.

PIAGET, J. A epistemologia genética. In Coleção **Os Pensadores**. São Paulo, Abril Cultural, 1978.

POLYA, G. **A arte de resolver problemas**; tradução de Heitor Lisboa de Araujo. Rio de Janeiro, Interciência, 1978.

POZO, Juan Ignácio. **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Trad. Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artmed, 1998.

RAMOS, A. MATEUS, A.; MATIAS, J. CARNEIRO, T. R. **Problemas matemáticos: caracterização, importância e estratégias de resolução**. Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Médias de desempenho do Sistema Nacional De Avaliação Da Educação Básica** – SAEB (2005) em perspectiva comparada – Brasília, 2007. Disponível em: http://www.inep.gov.br/edutabrasil.

______________________. **Análise qualitativa dos Itens de Matemática do Saeb** 2003. Brasília, junho de 2005. Disponível em: <http:// www.inep.gov.br/edutabrasil>

RIESGO, R.S. Transtornos da memória. In: ROTTA, N.; RIESGO, R.; OHLWEILER. L. **Transtornos da Aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. Porto alegre: Artmed, 2006. p. 269-283

RIVIÈRE, A . Problemas e dificuldades na aprendizagem da matemática: uma perspectiva cognitivista In: COLL,C. PALÁCIOS, J. MARCHESI, A . (orgs) **Desenvolvimento Psicológico e Educação. Necessidades educativas especiais e a aprendizagem escolar**.Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. vol.3

SALVADOR, T; ZINI, A.; SILVA, M. **Construção do número na infância**. Grupo de Estudos de Educação Matemática e Científica. Caxias do Sul, SMED, 2005.

SANTOS, F. H.; MELLO, C. B. Memória Operacional e estratégias de memória na infância. IN: ANDRADE, V. M.; SANTOS, F. H.; BUENO O. F. A.. **Neuropsicológica Hoje**. Porto Alegre. Artmed, 2004

SANTOS, F. **Sistemas de Memória**. Disponível em: www.atlaspsico.com.br, Curitiba, 07 jul. 2004.

SPSS, Inc. **SPSS windows user's guide**. Nova Iorque: MacGraw Hill, 1994

STERNBERG, R. J. (2000) - **Psicologia Cognitiva**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

SWANSON , H. Lee . Working Memory and Intelligence in Children: What Develops? **Journal of Educational Psychology** 2008, Vol. 100, No. 3, 581–602.

_________________. Cross-Sectional and Incremental Changes in Working Memory and Mathematical Problem Solving . **Journal of Educational Psychology. University of California-Riverside**, 2006, Vol. 98, No. 2, pp.265–281

TOLEDO, Marília. TOLEDO, Mauro. **Didática de matemática: como dois e dois**. A construção da matemática. São Paulo. editora: FTD,1997

VASCONCELOS, I. C. P. **Números Fracionários: A construção dos diferentes sentidos pela criança**. Projeto de Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Educação. Porto Alegre, 2006.

VASCONCELOS, L. Neuropsicologia da atividade matemática: aspectos funcionais.In: **Neuropsicologia e Aprendizagem** – Sociedade Brasileira de Neuropsicologia – Tecmed, 2005.

VASCONCELOS, C.C. **Ensino-aprendizagem da Matemática: velhos problemas, novos desafios**. Disponível em: www.ipv.pt/millenium/20_ect6.htm

VIEIRA, Elaine. Representação mental: as dificuldades na atividade cognitiva e Metacognitiva na resolução de problemas matemáticos.In: **Psicologia: reflexão e crítica**.v.14, n. 2. Porto Alegre,2001.

ANEXO A – Protocolo de Aplicação do Critério de Classificação Econômica Brasil

CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO ECONÔMICA BRASIL[1]

SISTEMA DE PONTOS

Posse de itens

	Não tem	Tem			
Televisão em cores	0	1	2	3	4 ou +
Rádio	0	1	2	3	4 ou +
Banheiro	0	1	2	3	4 ou +
Automóvel	0	1	2	3	4 ou +
Empregada mensalista	0	1	2	3	4 ou +
Aspirador de pó	0	1	2	3	4 ou +
Máquina de lavar	0	1	2	3	4 ou +
Videocassete e/ou DVD	0	1	2	3	4 ou +
Geladeira	0	1	2	3	4 ou +
Freezer (aparelho independente ou parte da geladeira duplex)	0	1	2	3	4 ou +

Grau de Instrução do chefe de família

Analfabeto / Primário incompleto	0
Primário completo / Ginasial incompleto	1
Ginasial completo / Colegial incompleto	2
Colegial completo / Superior incompleto	3
Superior completo	5

CORTES DO CRITÉRIO BRASIL

CLASSE	PONTOS	TOTAL BRASIL (%)
A1	30-34	1
A2	25-29	5
B1	21-24	9
B2	17-20	14
C	11-16	36
D	6-10	31
E	0-5	4

ANEXO B - Protocolo de Aplicação da Prova de Aritmética

Prova de Aritmética
Folha do Aluno

Alessandra Gotuzo Seabra Capovilla
José M. Montiel
Fernando C. Capovilla

Nome: ______________________________ Série: ________

1a) Você verá alguns números. Escreva os nomes deles.

8 ______________________________
37 ______________________________
60 ______________________________
152 ______________________________
7.048 ______________________________

1b) Escreva os números que você vai ouvir:

______ ______ ______ ______ ______

2a) Escreva os números, a partir do número 50, em ordem crescente, de dois em dois números. A seqüência já está começada, você deve continuar:

50 52 ______________________________

2b) Escreva os números, a partir do 30, em ordem decrescente, de três em três números. A seqüência já está começada, você deve continuar:

30 27 ______________________________

3) Observe os números abaixo e circule, em cada par, qual é o *maior*.

8 ______ 2
69 ______ 97
731 ______ 602
136 ______ 100

4) Nesta página há algumas contas. Você deve resolver as que você souber.

3	7	28	39
+ 5	+ 4	+ 60	+ 46
9	12	36	58
- 4	- 5	- 25	- 29
4	30	46	26
x 2	x 3	x 2	x 14
9 | 3	48 | 4	42 | 3	90 | 15

5) Você vai ouvir algumas contas. Eu vou falar e você deverá resolver, escrevendo a conta neste papel.

1)	2)	3)	4)
5)	6)	7)	8)
9)	10)	11)	12)
13)	14)	15)	16)

6) Agora você lerá quatro problemas por escrito e deverá solucioná-los, escrevendo a resposta correta.

1) João tinha quatro maçãs e ganhou mais oito. Com cuantas maçãs João ficou?

2) Maria tinha treze livros mas perdeu dois. Com quantos livros Maria ficou?

3) Na classe existem trinta alunos. Cada aluno tem dois cadernos. Quantos cadernos existem na classe?

4) A professora tinha vinte lápis. Ela dividiu os lápis entre os cinco alunos da sala. Quantos lápis cada aluno ganhou?

ANEXO C – Protocolo de Aplicação do Teste de Memória Imediata (Dígitos na Ordem Direta).

6. Memória Imediata (ordem direta)

Eu vou falar uma seqüência de números, depois que eu terminar de falar esta seqüência, vou fazer um sinal com a cabeça e você poderá escrever os números. Você não deve escrever enquanto eu estiver falando os números (O aplicador entre uma seqüência e outra deve falar "próxima" para que a criança tenha a atenção necessária para a nova seqüência de números que será apresentada oralmente).

2 4
9 7
4 8 5
2 7 4
2 5 9 4
4 9 5 1
2 7 1 9 5
7 2 8 5 4
1 5 4 7 9 2
8 2 7 9 5 1
5 1 2 7 8 9 4
9 4 2 8 1 5 7
8 1 7 9 2 4 1 5
7 2 9 1 4 5 8 7

6.1 Folha de Resposta da Memória Imediata (ordem direta)

1) ______________________________.
2) ______________________________.
3) ______________________________.
4) ______________________________.
5) ______________________________.
6) ______________________________.
7) ______________________________.
8) ______________________________.
9) ______________________________.
10) ______________________________.
11) ______________________________.
12) ______________________________.
13) ______________________________.
14) ______________________________.

ANEXO D - Protocolo de Aplicação do Teste de Memória Imediata (Dígito na Ordem Inversa)

13 - Memória Imediata (ordem indireta)

É importante que este teste seja explicado corretamente para a criança. O aplicador deverá dizer a seqüência de números, sendo um por segundo, para a criança e ela deverá repeti-los em ordem inversa. A instrução abaixo deve ser dita claramente para a criança.

Eu vou falar uma seqüência de números, depois que eu terminar de falar esta seqüência, farei um sinal com a cabeça e você deverá falar a seqüência de números em ordem inversa, ou seja, de trás para frente. Por exemplo: se eu falar 4 7 5, você deverá dizer 5 7 4. Você entendeu? Então, agora vamos praticar:

Treino

Se eu falar 4 7, você deverá repetir 7 4

Se eu falar 8 2, você deverá repetir 2 8

Preste atenção, pois você deverá repetir apenas os úmeros que forem falados.

Itens do Teste

5 2
9 4
2 8 5
7 9 1
1 7 5 9
4 9 8 2
1 5 4 2 8
2 1 4 7 5

Número de Acertos:_______________

3.1 Respostas do Subteste de Memória Imediata (ordem indireta)

2 5

4 9

5 8 2

1 9 7

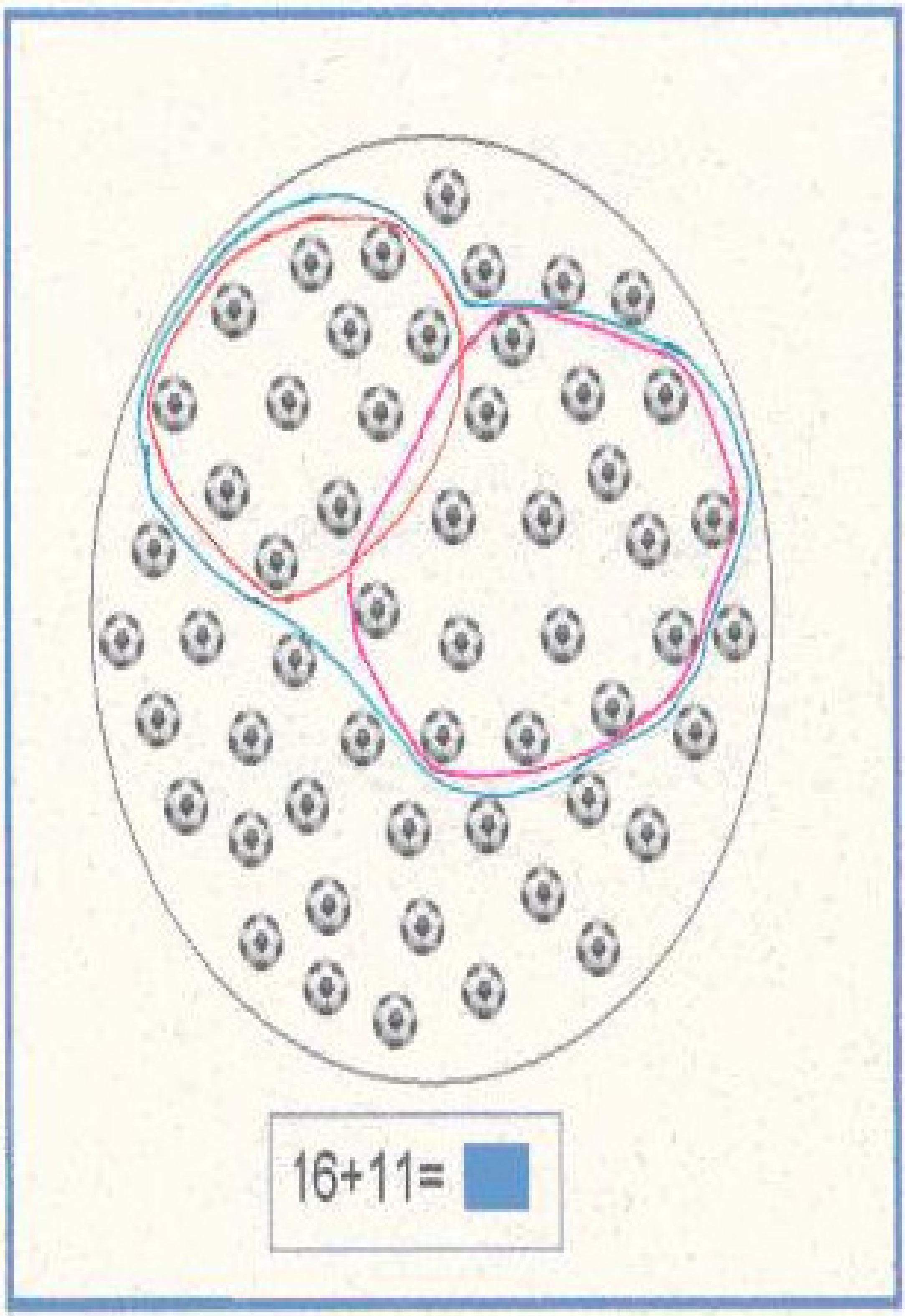
9 5 7 1

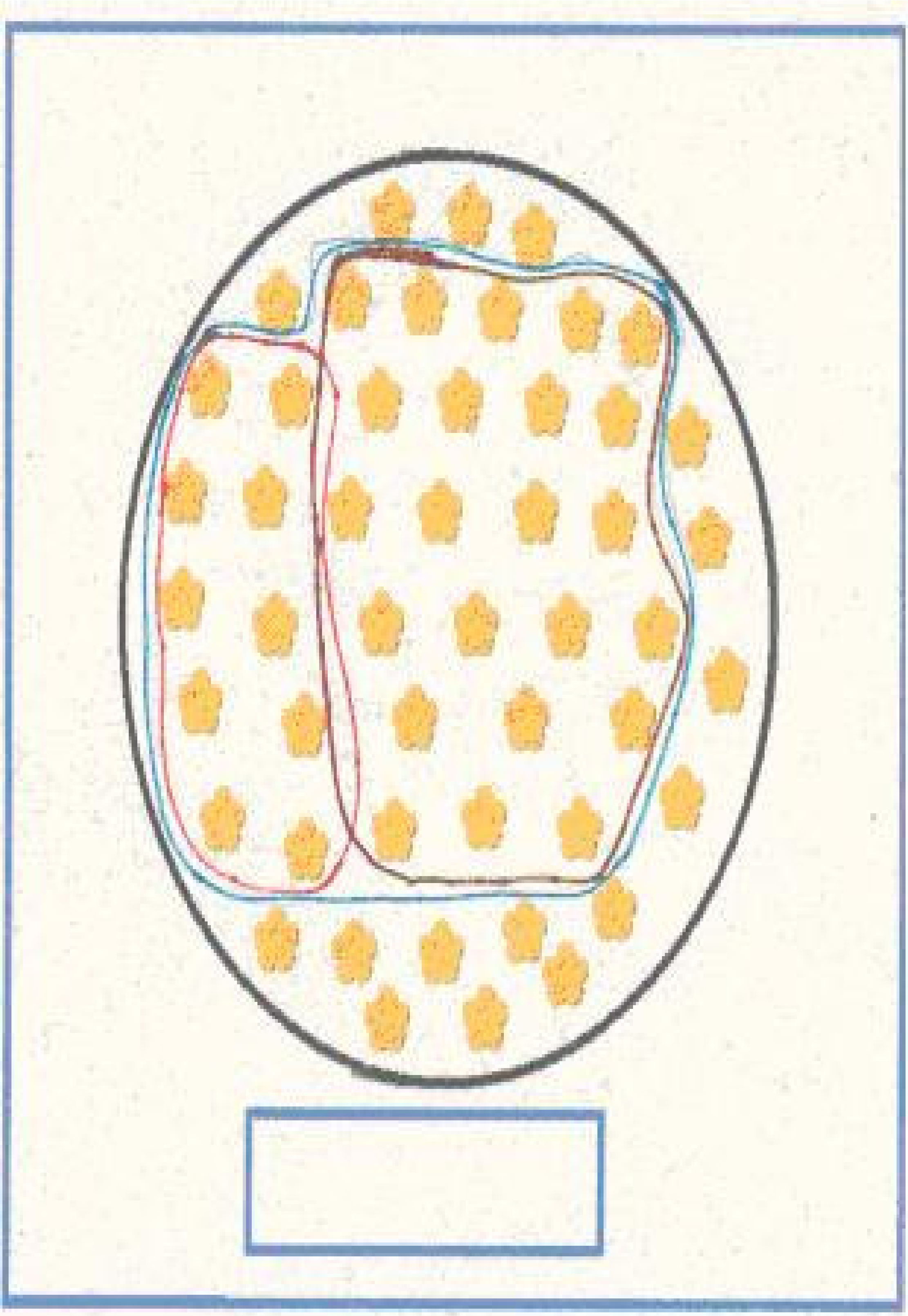
2 8 9 4

8 2 4 5 1

5 7 4 1 2

ANEXO E - Ilustração em tamanho natural das três partes que compunham a situação 1 da tarefa de resolução de problemas matemáticos.





$27+12 = 39$