



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
DEPARTAMENTO DE DESIGN E EXPRESSÃO GRÁFICA  
CURSO DE DESIGN VISUAL

RODRIGO DE NARDIN

**MONSTERVILHAS:**  
DESIGN DE UM JOGO DE MESA COMO  
CONTRIBUIÇÃO NO ESTUDO DA GENÉTICA

PORTO ALEGRE  
2019

RODRIGO DE NARDIN

**MONSTERVILHAS:**  
DESIGN DE UM JOGO DE MESA COMO  
CONTRIBUIÇÃO NO ESTUDO DA GENÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design Visual, da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Design Visual.

Orientadora: Prof. Dra. Adriana Eckert Miranda

PORTO ALEGRE  
2019

RODRIGO DE NARDIN

**MONSTERVILHAS:**

DESIGN DE UM JOGO DE MESA COMO  
CONTRIBUIÇÃO NO ESTUDO DA GENÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design Visual, da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Design Visual.

Orientadora: Prof. Dra. Adriana Eckert Miranda

---

**Prof. Dra. Adriana Eckert Miranda**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Professora Orientadora

---

**Prof. Dr. Gilberto Balbela Consoni**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

---

**Ma. Fernanda Hoffmann Lobato**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

---

**Prof. Dr. Régio Pierre da Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

PORTO ALEGRE

2019

## RESUMO

Este trabalho consiste no processo de pesquisa que visa a elaboração de um jogo de mesa para o ensino de genética. O objetivo é criar uma abordagem lúdica e motivante acerca dos conceitos relacionados, estimulando a participação dos alunos em sala de aula. Para isso, faz-se inicialmente uma revisão bibliográfica para construção da fundamentação teórica sobre os problemas relativos ao ensino-aprendizagem de genética em sala de aula. Além destes, foram pesquisados os aspectos relacionados ao design de jogos e ao design instrucional a eles aplicado. A partir deles e, de metodologias de referência, traçamos uma metodologia de trabalho adaptada. Nesta, se procedeu com a análise de similares e pesquisa junto a professores de biologia, para, por fim, elaborar o conceito do projeto. Tendo por base os dados levantados pelos os questionários, desenvolvemos um jogo de cartas centrado em alguns dos conceitos fundamentais da genética. Durante sua elaboração, realizamos três sessões de teste com públicos distintos com o intuito de aprimorar o jogo e adequá-lo ao contexto de sala de aula. Apresentamos as propostas visuais para os elementos do jogo e as instruções para sua reprodução.

**Palavras-chave:** Biologia. Design de jogos. Educação. Genética.

## **ABSTRACT**

This work consists in a research process to design a tabletop game to help on Genetics classes. The goal is to create a playful and motivating approach to related concepts, engaging students in the classroom. For this, we start the final paper with a literature review to build theoretical foundation about the problems concerning the teaching-learning process of Genetics in the classroom. Also, we did a research about aspects related to game design and instructional design applied to it. Based on these topics, and on reference methods, we developed an adapted methodology. Then, we proceeded with the analysis of questionnaires applied to Biology teachers and similar games, which lead to the concept of this project. Based on the data gathered with the teachers, we built a card game centered on some Genetics fundamentals. During the development process, we did three playtest sessions with different groups of people to improve the game and make it suitable to a classroom play. Finally, we show the visual designs made for each game element and the instructions for their reproduction.

**Keywords:** Biology. Education. Game design. Genetics.

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais, Zenei e Gilberto, pela paciência, carinho e incentivo expressos durante toda minha vida, em especial nesta última etapa da graduação. Agradeço também à minha irmã Janaína, a qual seguiu carreira pela Biologia, pela amizade, paciência, ensinamentos e pelo auxílio e sugestões durante a realização desse trabalho.

Aos colegas de graduação da UFRGS, em especial à Camila Rotert, Alexandra Xerxenevsky, Marta Zimmerman, Maria Victória Pasini, Laykor Gross e Jemvoni Wu, e aos colegas do programa Ciência sem Fronteiras, em especial a Rafael Senhorinho, Aline Ebone e Daniela Yumi, pela amizade, apoio, incentivo e alegrias proporcionadas durante todo o período que convivemos.

Aos professores dos cursos de Design da UFRGS, em especial à professora Dra. Adriana Eckert Miranda, a qual foi uma excelente companhia e orientadora, pelo apoio, conselhos e paciência. Agradeço também à professora Dra. Gabriela Trindade Perry pelos aconselhamentos e colaboração durante os testes do jogo, juntamente da equipe do NAPEAD UFRGS, e ao professor Dr. Régio Pierre da Silva por auxiliar na escolha do tema deste projeto e pelas sugestões de leitura.

Aos colegas do Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS, em especial ao professor Dr. Fabio Pinto da Silva, pela oportunidade de conviver com a equipe por um ano, e aos colegas bolsistas Aline Kauffmann, Gabriel Barbieri e Carolina Claser, pela amizade e contribuições durante o desenvolvimento do jogo.

Aos amigos Merrie Goguen, Joshua Robinson e Todd Sutton, pelo apoio, incentivo e pelas muitas alegrias e experiências proporcionadas desde o convite para participar de Sagan 4 em 2006, nosso projeto de ilustração e biologia conceitual, o qual me fez perceber durante o curso de engenharia que poderia buscar uma carreira voltada ao design, ilustração e animação.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho, seja através dos testes de jogo, questionários ou pelo suporte técnico e emocional.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de processamento da informação. ....	32
Figura 2 - A estrutura do modelo de fluxo. ....	45
Figura 3 - Extensão do modelo de três canais do fluxo.....	46
Figura 4 - Visão geral do modelo ELEKTRA para jogos com fins educativos. ....	48
Figura 5 - Representação do modelo DPE.....	51
Figura 6 - Diagrama que representa a metodologia de Looney. ....	54
Figura 7 - Organização das metodologias de referência por similaridade.....	56
Figura 8 - Detalhamento dos componentes do método proposto.....	57
Figura 9 - Cartas do jogo, ilustrando os personagens da família e o coringa.....	62
Figura 10 - Conjunto de cartas que exemplifica a disposição de elementos.....	63
Figura 11 - Representação de uma partida de Jardineiros intergalácticos.....	64
Figura 12 - Imagem do jogo, com os controles genéticos e ambientais.....	66
Figura 13 - Tela principal do jogo, ilustrando uma atividade de nível avançado. ....	67
Figura 14 - Painel semântico para os termos lúdico e intuitivo.....	72
Figura 15 - Mapa mental relacionando os principais tópicos citados. ....	73
Figura 16 - Esboços de cálculos e arranjos para definição de mecânicas. ....	76
Figura 17 - Delimitação do número de genótipos (letras) e fenótipos (cores). ....	77
Figura 18 - Recorte do sistema meiótico desenvolvido para o jogo. ....	79
Figura 19 - Representação esquemática do processo simulado.....	82
Figura 20 - Evolução inicial da carta de personagem.....	83
Figura 21 - Distribuição de informações na carta de ambiente inicial .....	85
Figura 22 - Balanceamento inicial da capacidade adaptativa. ....	85
Figura 23 - Esboço inicial das cartas de evento .....	87
Figura 24 - Diagramação e distribuição de cartas no protótipo 2. ....	89
Figura 25 - Evolução da representação de alelos em um indivíduo normal verde. ...	92
Figura 26 - Evolução da representação de forma e pictogramas correspondentes. .	93
Figura 27 - Segundo balanceamento da carta ambiente.....	94
Figura 28 - Nova configuração das cartas de evento. ....	96
Figura 29 - Esboços iniciais para definição da forma das personagens.....	99
Figura 30 - Construção das personagens com base na anatomia da ervilha.....	100
Figura 31 - Exemplo dos elementos visuais definidos para o jogo.....	103

Figura 32 - Assinatura visual do jogo. ....	104
Figura 33 - Exemplos das cartas de personagem do jogo <i>Monstervilhas</i> . ....	105
Figura 34 - Testagem da legibilidade das cartas de evento desenvolvidas. ....	105
Figura 35 - Exemplos de cartas de ambiente do jogo <i>Monstervilhas</i> . ....	107
Figura 36 - Simulação do dado de recursos e peças de alimento. ....	107
Figura 37 - Simulação da embalagem, ilustrando a organização interna. ....	109
Figura 38 - Simulação da embalagem, ilustrando a arte externa. ....	110

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais mecânicas encontradas em jogos de mesa.....	28
Quadro 2 - Principais elementos de jogabilidade identificados nos similares. ....	68
Quadro 3 - Relação de conceitos das cartas de eventos e seus efeitos no jogo. ....	86

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1	PROBLEMA .....	13
1.2	JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
3.1	O ENSINO DE BIOLOGIA E GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO .....	17
3.1.1	Currículo e dificuldades .....	18
3.2	JOGOS.....	21
3.3	DESIGN DE JOGOS .....	27
3.4	DESIGN INSTRUCIONAL .....	30
3.4.1	Teoria da carga cognitiva .....	32
3.4.2	Design instrucional em jogos educativos.....	35
3.4.3	Jogos educacionais.....	38
3.4.3.1	<i>Aspectos do uso de físicos e digitais</i> .....	41
3.4.4	Fatores que afetam a experiência de jogo .....	43
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>47</b>
4.1	MÉTODO ELEKTRA .....	47
4.2	DESIGN, PLAY AND EXPERIENCE .....	50
4.3	MODELO DE CICLOS.....	52
4.4	AS ETAPAS DE LOONEY.....	54
4.5	METODOLOGIA PROPOSTA.....	55
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DE CONTEXTO</b> .....	<b>59</b>
5.1	PESQUISA COM PROFESSORES DE BIOLOGIA.....	59
5.2	ANÁLISE DE SIMILARES .....	60
5.2.1	Mendelius .....	61
5.2.2	Gene Rummy .....	62
5.2.3	Jardineiros intergalácticos .....	64
5.2.4	Niche .....	65
5.2.5	Pigeonetics.....	67
5.2.6	Considerações relativas à análise de similares.....	68
<b>6</b>	<b>CONCEITUAÇÃO</b> .....	<b>70</b>

<b>7</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>72</b>
7.1	DELINEAMENTO DE CONTEÚDOS	73
7.2	GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	74
7.2.1	Definição do conjunto inicial	75
7.2.2	Proposta inicial	81
7.2.2.1	<i>Cartas de personagem</i>	83
7.2.2.2	<i>Cartas de ambiente</i>	84
7.2.2.3	<i>Cartas de evento</i>	86
7.3	ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO	87
7.3.1	Balanceamento 1	88
7.3.2	Iteração 1	89
7.3.2	Iteração 2	91
7.3.3	Balanceamento 2	91
7.3.4	Iteração 3	97
7.4	MANUAL DO JOGO	98
7.5	PERSONAGENS	98
7.6	NOME DO JOGO	101
<b>8</b>	<b>FINALIZAÇÃO</b>	<b>102</b>
8.1	LINGUAGEM VISUAL	102
8.2	CARTAS	104
8.3	ELEMENTOS ADICIONAIS	107
8.4	MANUAL DE REGRAS DO JOGO	108
8.5	EMBALAGEM	109
8.6	ROTEIRO DE APLICAÇÃO	111
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>112</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE A – RELAÇÃO DE CONCEITOS DE GENÉTICA</b>	<b>121</b>
	<b>APÊNDICE B – RELATÓRIO DE PESQUISA COM PROFESSORES</b>	<b>122</b>
	<b>APÊNDICE C – VARIAÇÃO DE COR E FORMA DAS PERSONAGENS</b>	<b>128</b>
	<b>APÊNDICE D – RELAÇÃO DE COMPONENTES</b>	<b>129</b>
	<b>APÊNDICE E – MANUAL DE REGRAS DO JOGO</b>	<b>132</b>
	<b>APÊNDICE F – PLANIFICAÇÃO DA EMBALAGEM</b>	<b>142</b>
	<b>APÊNDICE G – PANFLETO COM SUGESTÕES</b>	<b>144</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A escola detém múltiplas atribuições na formação de indivíduos para a sociedade. Com relação à educação em ciências, um dos objetivos fundamentais é que os estudantes sejam capazes de desenvolver o raciocínio analítico e habilidades de modo a serem capazes de avaliar a validade das informações. Entretanto, ao chegar ao ensino médio, muitos deles carregam concepções alternativas<sup>1</sup> e possuem dificuldades inerentes dos conteúdos trabalhados e à associação com outras disciplinas (KNIPPELS, 2002). Isso é particularmente verdadeiro nas aulas de genética, que lidam com aspectos da hereditariedade, as quais estão entre os conteúdos mais difíceis das aulas de biologia (MOURA *et al.*, 2013).

Ao mesmo tempo, nos dias atuais, lecionar um conteúdo em sala de aula é uma prática que requer muito esforço por parte do professor, uma vez que este deve contornar as muitas distrações que prejudicam o processo de ensino e a aprendizagem dos alunos. Para isso, o professor cada vez mais procura métodos que diversifiquem suas aulas e despertem a atenção dos alunos. Um destes métodos envolve o uso de jogos didáticos, os quais têm a função de criar um vínculo afetivo entre o aluno e o conteúdo abordado (LIMA, 2011).

O projeto deste trabalho de conclusão visa contribuir ao desenvolver um jogo de mesa baseado em conceitos de genética. A presente pesquisa busca então identificar os principais problemas associados ao processo de ensino e aprendizagem da genética e os conceitos relativos ao desenvolvimento de jogos e materiais de aprendizagem.

Através do conhecimento destes dados, buscamos associar alguns dos conteúdos em genética em atividades lúdicas, seja através de mecânicas que simulem os processos biológicos ou de elementos gráficos que convertam conceitos em representações simbólicas, com o intuito de despertar a curiosidade e o interesse dos alunos. Ao mesmo tempo, pretende-se provocar a discussão de conteúdos em sala de aula o que poderia ajudar a reforçar conhecimentos e termos.

---

<sup>1</sup> Concepções alternativas são ideias que não coincidem com os saberes científicos, que podem ser construídas ao longo do desenvolvimento dos alunos, pela intuição, ou durante o aprendizado (KNIPPELS, 2002; CHU, 2008).

De modo a atingir tais objetivos, desenvolvemos uma pesquisa abordando os principais problemas relacionados ao ensino-aprendizagem de genética e aspectos referentes ao desenvolvimento de jogos e o uso destes como ferramentas instrucionais. Com base nesses temas, selecionamos autores que lidam com o processo de criação de jogos educativos e de entretenimento com a finalidade de compor uma metodologia adaptada às necessidades do projeto. A partir dela, foram analisados trabalhos similares e desenvolvida uma pesquisa junto a professores de biologia de ensino médio para elencar problemas em sala de aula e possíveis abordagens, os quais permitiram o delineamento de diretrizes para a etapa de conceituação do projeto.

A partir das respostas obtidas junto aos professores, desenvolvemos uma estratégia que visa associar cores e formas com conceitos pouco compreendidos pelos alunos ou que os docentes consideram como mais difíceis de serem transmitidos. Associados a estes, por sugestão de alguns professores, incorporamos elementos associados a questões ambientais com a intenção de promover reflexões acerca do conteúdo trabalhado, valorizando aspectos relacionados à adaptação e continuidade de populações.

O material desenvolvido foi continuamente aprimorado por meio da avaliação de testes de jogabilidade, os quais forneceram base para a inserção ou substituição de tópicos que não colaboravam com a experiência de jogo.

O protótipo final é formado por um conjunto de 150 cartas, as quais dividem-se em três grupos, relativos a personagens, ambientes e eventos. Ao longo do jogo, os jogadores poderão sofrer o efeito de mudanças no ambiente, devendo coletar recursos e formar famílias de criaturas, as quais são sujeitas à adaptabilidade ligada às suas cores e formas, sendo cada uma representada por cinco variações.

Esperamos que o projeto elaborado neste trabalho possa vir a ser utilizado em sala de aula, dada a facilidade com que pode ser reproduzido em materiais alternativos, proporcionando meios para promover discussões sobre os assuntos trabalhados e tópicos relacionados.

## 1.1 PROBLEMA

Nos dias de hoje, boa parte dos conceitos trabalhados em sala de aula nas escolas de ensino médio dizem respeito à preparação dos alunos para as provas de ingresso às universidades e ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (MARASINI, 2010). Dentre as disciplinas com as quais muitos alunos têm dificuldades está a biologia, a qual carrega consigo uma densa carga teórica associada a conceitos científicos que, por vezes, misturam-se a outras áreas de conhecimento, dificultando a compreensão. Um dos assuntos apontados como mais difíceis durante este período de ensino diz respeito à genética, na qual os conteúdos são trabalhados de maneira abstrata e fragmentada e, muitas vezes, de modo descontextualizado com a realidade. Além disso, o assunto possui uma terminologia extensa e conceitos associados a outras áreas de ensino, como a matemática, o que afasta muitos estudantes (KNIPPELS, 2002; MOURA *et al.*, 2013).

Em consonância a isto, o professor de biologia sempre foi exposto a uma série de desafios que o obrigam a acompanhar as descobertas científicas e tecnológicas, exigindo muito estudo e dedicação. A carga horária costuma ser grande, principalmente nas escolas públicas, fazendo que com muitos não tenham tempo para se atualizar. Outro problema é a dificuldade de estabelecer conexão entre os conteúdos abordados em sala de aula com aquilo exposto pelos meios de comunicação. Isto se deve muitas vezes pela inexistência ou existência precária de laboratórios ou equipamentos, o que restringe o professor a apresentar aos alunos, com o mínimo de modificações, o material elaborado por autores aceitos como autoridades (LIMA; VASCONCELOS, 2006; MOURA *et al.*, 2013).

Moura *et al.* (2013) afirmam que, para a garantia de um bom ensino em genética é necessário que o professor tenha à sua disposição recursos didáticos que propiciem a relação entre conteúdos teóricos e práticos. Isso proporciona a construção de conhecimento por meio de uma atuação ativa, crítica e criativa por parte de alunos e professores.

Por serem uma fonte de muitas dúvidas para os alunos, os conceitos biológicos podem ser trabalhados com novas abordagens pelos professores a fim de motivar seus alunos. Uma dessas abordagens envolve o uso de jogos, na qual é

aberto um espaço para discussão ao mesmo tempo em que os alunos passam a construir conhecimento de modo autônomo (CAMPOS; MENEZES; ARAÚJO, 2018). O jogo é uma alternativa pedagógica que visa, de forma lúdica, fisgar o interesse do aluno, uma vez que os conteúdos são ensinados ou reforçados de modo que ele não percebe que está aprendendo (DE FREITAS, 2015).

No entanto, muitas vezes o material utilizado em sala de aula é uma versão adaptada de um jogo convencional, recontextualizado para os conceitos trabalhados de aula, uma vez que, para muitos, apenas os jogos de entretenimento são divertidos, ao passo que os jogos com fins pedagógicos muitas vezes não compartilham dessa característica (COSTA, 2018).

Estes fatos abrem espaço para a atuação do designer e a delimitação do problema de projeto. Assim, a questão que se impõe seria: como o designer pode contribuir para apresentar o conteúdo de genética de forma lúdica, motivando a aprendizagem e a aquisição de conceitos, ao mesmo tempo que estimula discussões em sala de aula?

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização deste trabalho partiu inicialmente de uma motivação pessoal do autor, que anteriormente ao curso de design obteve formação na área de biotecnologia, da qual genética é um dos eixos estruturais. Ao mesmo tempo, como já foi comentado, a complexidade do ensino-aprendizagem da genética induz a busca de alternativas que facilitem o processo em sala de aula. Com isso, a realização deste trabalho baseia-se em três principais fatores: a relevância acadêmica, a complexidade do ensino da genética no ensino médio e o interesse pessoal do autor.

No quesito educação, como já foi comentado anteriormente, boa parte das escolas no nível médio trabalham com os conceitos de suas disciplinas, em especial em biologia, de modo fragmentado e muitas vezes descontextualizado, sendo dada prioridade à memorização de termos e conceitos com a finalidade de preparar os

alunos para os testes de ingresso nas universidades. Essa abordagem nem sempre é produtiva, visto que na biologia a terminologia científica é bastante complexa e por vezes dificultada pela associação a outras disciplinas com as quais os alunos também têm dificuldades.

Por fim, são cada vez mais atuais os temas ligados à genética tanto na mídia como em publicações. Ao propor um jogo abordando esta temática, a qual permite aliar interesses do autor deste trabalho nas áreas de biologia e ilustração, pretende-se desenvolver um instrumento com fins pedagógicos que facilite não só a interação em sala de aula mas, fundamentalmente, a curiosidade e o aprendizado sobre conhecimentos de genética no ambiente escolar.

## 2 OBJETIVOS

O **objetivo geral** concentra-se na criação de um jogo de mesa centrado em alguns conceitos de genética do currículo do ensino médio. Para que esse seja atingido, foram definidos **objetivos específicos** que complementam e possibilitam a realização do objetivo geral. Estes objetivos são:

- a. Contextualizar o projeto e estudar os principais problemas relacionados ao ensino de genética em sala de aula;
- b. Estudar, através da bibliografia, os principais fatores envolvidos no desenvolvimento de jogos e o uso destes como materiais de ensino;
- c. Explorar a temática de genética de modo informativo e cativante, seguindo diretrizes de projeto;
- d. Estabelecer mecânicas que visem transformar os conceitos teóricos em elementos visuais e interativos de maneira a tornar a experiência de jogo lúdica e instrutiva.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conteúdos pesquisados de modo a desenvolver o produto final do projeto proposto, ou seja, um jogo sobre conteúdos de genética. Para tal, foram investigados os principais problemas e dificuldades associados ao ensino de genética no ensino médio, bem como tópicos relacionados à criação de jogos, com enfoque nos jogos educativos e questões relacionadas ao design instrucional, além de analisados jogos existentes com temática semelhante.

#### 3.1 O ENSINO DE BIOLOGIA E GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

Apesar das raízes da biologia estarem na antiguidade, a biologia como ciência moderna começou entre 1828 e 1866, com marcos como *A origem das espécies* de Charles Darwin. Naquele tempo, esta ciência era mais conhecida como história natural e assim se manteve nas escolas até meados dos anos 1950. Hoje a biologia é extremamente diversificada e tem uma ampla gama de aplicações práticas. Seus avanços têm cada vez mais impactado na sociedade e cabe aos biólogos informar e educar o público sobre essas novas descobertas (KNIPPELS, 2002).

O currículo atual de biologia nas escolas reflete os avanços em pesquisa e tenta fornecer uma educação integrativa, coerente e baseada em competências de modo que os alunos aprendam a aprender (KNIPPELS, 2002). No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio em 2002, determinaram que, a área das ciências da natureza deveria fornecer um aprendizado útil à vida e ao trabalho, fazendo com que os alunos das escolas públicas desenvolvessem competências, habilidades e valores que lhes permitissem ter uma visão crítica sobre as ciências e o conhecimento científico (MOURA, 2013).

A estruturação da educação secundária mantém padrões semelhantes mundialmente. Exemplos de outros países, mostram que o currículo de biologia possui uma carga cognitiva muito alta, sendo que os livros didáticos foram pouco modificados e mantêm as associações e sequências tradicionais. A maioria dos capítulos foi

projetada como unidades separadas, sendo poucas as atividades que integram diferentes conteúdos, o que contribui para a fragmentação do conhecimento e a dificuldade de elaboração de uma imagem coerente do contexto. Na ciência, os livros se tornam desatualizados rapidamente, e muitos autores decidiram incluir informações complementares a determinados assuntos, o que aumentou ainda mais a carga cognitiva, uma vez que os professores seguem estritamente a estrutura e os conteúdos dos livros didáticos (KNIPPELS, 2002; CHU, 2008).

No Brasil a situação é semelhante. Apesar das inovações científicas e tecnológicas fazerem parte dos currículos escolares, a maior parte dos alunos, pertencentes à faixa etária de 15 a 19 anos, não contextualiza os conceitos abordados nas aulas de biologia e genética com situações cotidianas. Muitas vezes, e talvez por isso, os conteúdos são tidos como difíceis e pouco interessantes, não permitindo ao aluno fazer correlação de tópicos como ciclo celular, constituição e funcionamento da molécula de DNA, abordados em sala de aula e base para a criação de diversas tecnologias, tais como os transgênicos (MOURA, 2013).

Apesar de todo apelo feito pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para que o ensino de biologia na educação básica promova a construção da consciência crítica, o que são percebidos são o despreparo e a desatualização de alguns professores, e a forma superficial de como alguns assuntos são abordados nos livros e, em especial, os tópicos de genética (BRASIL, 2006; MOURA, 2013). Muitos professores também têm seu desempenho comprometido em função da excessiva carga horária de trabalho, a qual dificulta ações como a reflexão e o planejamento de aulas e atividades (BARNI, 2010).

### **3.1.1 Currículo e dificuldades**

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), existe um conjunto de conhecimentos necessários para o aluno a fim de que ele compreenda sua realidade e nela possa intervir com autonomia e competência, sendo estes a base comum do currículo. O conteúdo de biologia tem como base seis temas estruturadores:

1. Interação entre os seres vivos;
2. Qualidade de vida das populações humanas;
3. Identidade dos seres vivos;
4. Diversidade da vida;
5. Transmissão da vida, ética e manipulação gênica;
6. Origem e evolução da vida.

Estes temas têm como função ajudar o professor a organizar suas ações pedagógicas, que devem seguir o projeto pedagógico da escola, criando situações de aprendizagem que permitam o desenvolvimento de competências como a habilidade de trabalhar em grupo, buscar e organizar informações, relacionar fenômenos biológicos com os de outras ciências, construindo assim um pensamento orgânico (BRASIL, 2006).

Como o PCNEM demarca, um tema de importância central no ensino de biologia é a origem e evolução da vida, o qual deve formar uma linha estruturadora para orientar as discussões dos outros temas, com enfoque na biodiversidade. Uma decorrência do aprendizado em diversidade é o estudo sobre a identidade dos seres vivos e a transmissão da vida, assuntos centrais da biologia central e da hereditariedade, que costumam ser tratados como itens isolados (BRASIL, 2006).

Dentro destes temas encontra-se a genética. Ela é o ramo da biologia que estuda os mecanismos de transmissão das características de uma espécie passados ao longo das gerações, as variações que ocorrem durante esse processo e a importância delas na constituição dos organismos.

Por não se tratar do foco fundamental deste trabalho de conclusão de curso, para um esclarecimento melhor acerca dos conceitos de genética apresentados neste relatório, bem como de outros que também integram o currículo das escolas de ensino médio, consulte o Apêndice A, visto que estes serão abordados no desenvolvimento do jogo.

Segundo os PCNEM, o aluno deve compreender como as informações genéticas são codificadas no DNA, conhecer o princípio básico de duplicação do DNA

e saber que esse processo está sujeito a erros, ou mutações, os quais podem originar novas versões (alelos) do gene afetado, sendo estas a fonte primária de variabilidade e da biodiversidade existente. O aluno também deve reconhecer os mecanismos de manutenção celular (mitose e meiose) como forma de interligar a formação de gametas e a transmissão de caracteres hereditários (BRASIL, 2006).

No Brasil, enquanto os processos celulares costumam ser trabalhados no primeiro ano, os tópicos da genética fazem parte do conteúdo de biologia ensinado no terceiro ano do ensino médio, e considerados por muitos discentes do ensino público como de grande complexidade. Muitos alunos concluem o ensino médio entendendo que as leis de Mendel são apenas letras que se combinam em um cruzamento, não fazendo a associação dessa representação simbólica às sequências nucleotídicas, que representam os genes, localizados nos cromossomos e que se segregam durante a meiose para a formação dos gametas (BORGES; LIMA, 2007). Muitos também não conseguem fazer a associação entre alelos, genes, cromatina e cromossomo e entender que todas essas estruturas fazem parte de uma mesma molécula que é o DNA, o que dificulta muito o entendimento das técnicas atuais de biologia molecular (MOURA, 2013).

Autores que estudam a didática em biologia, tais como Knippels (2002), Chu (2008) e Shaw *et al.* (2008) apontam as causas para as dificuldades encontradas por alunos e professores. Dentre elas destacam-se: a natureza do conhecimento científico e sua vasta terminologia, a existência de concepções alternativas, a complexidade inerente ao assunto e a associação à matemática em algumas tarefas. As concepções alternativas podem surgir a partir do momento que os alunos entram em contato com o conhecimento formal em ciência, uma vez que este pode entrar em conflito com as teorias que explicam o mundo que o indivíduo pode ter adquirido desde a infância. Muitas dessas surgem pela banalização da linguagem científica, através de associações que dificultam o estabelecimento de novos conceitos, ou então de tópicos completamente novos aos alunos, sobre os quais não existe uma base para a construção de novos conhecimentos, ou nos casos em que a demanda cognitiva for maior que o desenvolvimento conceitual do indivíduo. Isso ocorre especialmente nos tópicos que exigem pensamento abstrato, tais como divisão celular, gametas, alelos e genes.

Em genética, estudos mostram que estas concepções persistem mesmo após a instrução adequada. Os estudantes não compreendem completamente os conceitos associados a cromossomos, genes ou alelos. Frequentemente associam uma característica a um único gene e são incapazes de interpretar corretamente alguns conceitos como homocigoto ou heterocigoto. Além disso, têm interpretações alternativas de processos como a mitose e a meiose, associam mutações a doenças, e não entendem o significado da probabilidade em relação às frequências genotípicas e fenotípicas de uma geração (CHU, 2008; SHAW *et al.*, 2008).

A genética é conectada com a ocorrência de ideias e conceitos em diferentes níveis de pensamento. A observação de características morfológicas dos seres vivos, tal como a cor da pelagem em animais, ocorre num nível macroscópico, sendo facilmente acessível aos sentidos. Por outro lado, as células, DNA, cromossomos, genes e alelos, que explicam os fenômenos no nível macroscópico, levam os estudantes a analisar o nível microscópico e molecular, os quais não são diretamente acessíveis aos sentidos. Estes, por sua vez, são representados e manipulados pela matemática, através de razões e probabilidades, que são elementos simbólicos. Muitos estudantes são capazes de resolver problemas genéticos usando algoritmos e o quadro de Punnett, mas nem sempre são capazes de compreender o processo, pois manipulam os símbolos sem considerar a natureza probabilística da meiose e da genética (CHU, 2008).

### 3.2 JOGOS

Autores que trabalham com técnicas e métodos de desenvolvimento de jogos utilizam definições mais elaboradas que aquelas encontradas nos dicionários. Segundo o dicionário Houaiss (2009), por exemplo,

Jogo é toda atividade cuja natureza ou finalidade é a diversão ou entretenimento, [...] submetida a regras que estabelecem quem vence e quem perde, sendo este de dados, cartas, futebol, ou competição que implica em sorte ou azar, podendo ou não envolver apostas.

Para este trabalho, foram utilizadas as definições dos seguintes autores: Johann Huizinga (1938), Roger Caillois (1960), Katie Salen e Eric Zimmerman (2004), Wenhao D. Huang e Tristan Johnson (2009) e Lewis Pulsipher (2012).

Salen e Zimmerman, em seu livro “*Rules of Play*” (2004), trabalham com as definições de diferentes autores de modo a comporem sua própria. Uma delas foi proposta em 1938 pelo antropólogo alemão Johann Huizinga. Ele publicou um estudo sobre o elemento jogo na cultura intitulado *Homo Ludens* (o jogador), no qual fornece uma definição do que seria o jogo. Segundo ele

Jogar é uma atividade livre e consciente, fora da vida habitual e não-séria, mas ao mesmo tempo capaz de absorver o jogador de modo intenso e total. É uma atividade sem conexão com interesses materiais, na qual não se pode ganhar lucro e que deve ocorrer dentro de suas próprias limitações de tempo e espaço de acordo com regras fixas e de maneira ordenada. Ela promove a formação de grupos sociais, que tendem a se cercarem com segredo e para diferenciarem-se do mundo comum por meio de disfarces ou outros meios (HUIZINGA *apud* SALEN; ZIMMERMAN, 2004, p.75, tradução do autor).

Outro autor estudado por Salen e Zimmerman é Roger Caillois. O sociólogo francês expandiu o trabalho de Huizinga com a publicação de *Man, Play, and Games*, um livro que de muitos modos era uma resposta direta ao *Homo Ludens*. Presentes em sua conceituação, Salen e Zimmerman (2004) descrevem os aspectos:

- a. **Livre:** de modo que jogar não é uma obrigação, e se fosse poderia perder sua atratividade e qualidade de divertimento;
- b. **Separado:** circunscrito dentro de limites de tempo e espaço, definidos e fixados antecipadamente;
- c. **Incerto:** o curso da qual não pode ser determinado, nem o resultado de antemão, e deixando a iniciativa a cargo do jogador;
- d. **Não-produtivo:** não devem ser criados bens, nem riqueza, ou elementos de qualquer tipo, exceto para a troca de propriedades entre os jogadores, terminando em uma situação idêntica à do início do jogo;

- e. **Regido por regras:** sob convenções que suspendem leis ordinárias, e para o momento estabelecer novas regras, que possuem validade;
- f. **Faz de conta:** acompanhado por uma consciência especial de uma segunda realidade ou de uma irrealidade livre, contra a vida real.

Considerando estas e algumas outras definições de jogo trabalhadas em seu livro, Salen e Zimmerman (2004), conceituam os jogos como sistemas na quais os jogadores se enfrentam em um conflito artificial, definido por regras, resultando em algo mensurável. Para os autores, apenas devem ser considerados nesta categoria os jogos de tabuleiro, de cartas, esportes, jogos de computador e atividades similares.

Para Huang e Johnson (2009), que desenvolveram um trabalho na qual propõem um modelo de *game design* com uma abordagem instrucional, um jogo pode ser definido como

um contexto na qual indivíduos e equipes, ligados por regras e princípios, competem para alcançar objetivos definidos, seguindo uma série de processos de tomada de decisão. A atividade de jogar é um exercício voluntário de controlar um sistema caracterizado por um estado de desequilíbrio, na qual os jogadores continuamente buscam novos modos e estratégias, baseados nas respostas do jogo, para vencer os objetivos ou atingir o estado de equilíbrio (HUANG; JOHNSON, 2009, p.1144, tradução do autor).

Os jogos são conhecidos por suas capacidades de promover o aprendizado ativo e colaborativo, na qual os jogadores aprendem com seus erros e acertos até melhorarem suas habilidades, estabelecendo reflexões com base nas interações promovidas no jogo. Para eles, podem ser identificados nos jogos características marcantes e inter-relacionadas, independentemente das mídias nas quais são desenvolvidos (HUANG; JOHNSON, 2009, p.1146-1148). Estas podem ser resumidas como:

- a. **Desafio:** fornece um nível atingível de dificuldade para os jogadores que consiste de objetivos bem identificados, imprevisibilidade, retorno imediato das ações e um senso de realização e conquista após completar as atividades.
- b. **Competição:** estimula os jogadores a tomar riscos em um ambiente livre de consequências e rico de interações sociais, na qual os jogadores desenvolvem suas habilidades ao longo do jogo enquanto se equiparam ou superam os níveis de habilidade dos oponentes.
- c. **Regras:** servem como guias para as ações do jogador, podendo ser traduções diretas ou indiretas de materiais instrucionais nos jogos com proposta de aprendizado.
- d. **Objetivos:** estabelecem o estado final que deve ser atingido através de uma série de tarefas planejadas e ações tomadas pelo jogador seguindo um conjunto de regras do jogo. A presença de objetivos constitui a principal diferença entre jogos e simulações, uma vez que estas podem ser desenvolvidas desprovidas de objetivos.
- e. **Fantasia e realidade modificada:** a primeira é responsável por criar situações e ambientes irreais, encoraja os jogadores a tomar riscos em um ambiente seguro, além de motivar os jogadores a seguirem uma história para atingir os objetivos desejados. A realidade modificada, por outro lado, permite aos jogadores ter experiências exageradas em determinado contexto, que deve refletir um certo grau de realidade, alterando tempo, espaço, papéis ou a complexidade das situações.
- f. **História ou representação:** fornece caminhos para os jogadores interagir, reagir e progredir, resumindo os objetivos do jogo, regras, restrições, papéis e contexto para os jogadores, além de fornecer uma visão holística de todo o jogo. De modo geral, uma história contém um problema, os recursos necessários para sua resolução, as condições necessárias para a implementação e o resultado de tais ações.
- g. **Engajamento e curiosidade:** ao despertar a atenção, permite que os jogadores se percebam como parte do jogo e aproveitem as experiências intrinsecamente motivantes do jogo. A implementação de elementos de

mistério e curiosidade é considerada uma maneira efetiva de criar engajamento, permitindo que eles explorem e experimentem.

- h. **Controle:** permite aos jogadores, através de opções ou escolhas, determinar e prever o resultado de ações ou eventos.
- i. **Criação de papéis:** responsável por fazer com que o jogador se envolva na história do jogo, reforçando a conexão com o mundo de fantasia. Geralmente é pré-identificado com uma posição específica, acesso a um recurso ou controle, domínio sobre a progressão do jogo, função (se parte de uma equipe) e padrões de comportamento.
- j. **Apresentação multimodal:** costuma ser usada para aumentar o interesse e o efeito instrucional, em especial em jogos eletrônicos, na qual são combinadas apresentações visuais e textuais de modo a enriquecer a experiência.
- k. **Tarefas:** elementos construtores do jogo, constituem uma série de ações usadas para atingir os objetivos finais do jogo. Estas podem ser derivadas da análise de uma tarefa de aprendizagem, podendo ser usadas para guiar os jogadores até um objetivo de aprendizagem.

Ao considerar o jogo como um sistema do ponto de vista do design, Pulsipher (2012) exclui de sua definição os brinquedos, por existirem independentemente da existência de regras ou objetivos, e os quebra-cabeças que, apesar de terem um objetivo, muitas vezes não apresentam gratificação ao serem resolvidos mais de uma vez, uma vez que não envolvem oposição inteligente consciente. Um jogo envolve interações, regras e objetivos, sendo muitas vezes dispostos na forma de uma série de desafios.

Pulsipher ainda lista os subsistemas fundamentais que devem fazer parte de qualquer jogo, podendo ser usados para conceitualizar e gerar uma ideia que seria implementada na forma de um jogo. Caso um deles não esteja presente, o objeto de projeto poderia ser identificado como um brinquedo, mas não um jogo (PULSIPHER, 2012, p.25-27). Os subsistemas são:

- a. **Tema, história, emoção e imagem:** a história pode ser o aspecto essencial de um RPG (*Role-playing game*), mas pode estar ausente em muitos jogos. Muitos *game designers* desejam criar uma experiência imersiva que desperte as emoções dos jogadores, e até mesmo uma única imagem na mente pode caracterizar um jogo.
- b. **Interação e número de jogadores:** determina como os jogadores interagem uns com os outros, seja por cooperação ou competição.
- c. **Objetivo e condições de vitória:** quais são os motivos que levam alguém a vencer ou o jogo a terminar, e o objetivo buscado pelos jogadores. O término do jogo pode ser uma situação arbitrária, tal como encerrar ao final de determinado número de jogadas ou atingir certa pontuação, mas sempre deve existir um modo de determinar o vencedor. Caso o jogo não se encerre, como em muitos RPGs, devem sempre existir objetivos.
- d. **Gerenciamento de informações:** deve existir algo que registre o estado atual do jogo, seja através de um mapa ou tabuleiro, ou através da disposição da disposição ou vales contidos em cartas.
- e. **Sequência:** a ordem na qual as coisas acontecem, seja simultaneamente ou em turnos.
- f. **Movimento e posicionamento:** em um jogo digital, o movimento costuma ser do personagem que representa o jogador, ao passo que em jogos de tabuleiro podem ser peças em um tabuleiro ou cartas na mão, que podem ser jogadas cada uma a seu tempo, na maioria dos casos, ou em conjunto, como nos jogos de guerra.
- g. **Disponibilidade de informação:** quais são as informações do jogo disponíveis para os jogadores.
- h. **Resolução de conflitos:** o que ocorre quando a ação de um jogador leva a um conflito.
- i. **Economia:** como novas peças e recursos são adquiridos, trocados, ou convertidos em outras.

O entendimento dos elementos presentes na definição de jogo trazida por diferentes autores permite identificar áreas do design importantes para a realização deste projeto, dentre as quais destacam-se o design visual, o design de jogos e o design instrucional, sendo as duas últimas apresentadas nesta etapa do trabalho.

### 3.3 DESIGN DE JOGOS

A criação de jogos é uma atividade projetual que deve seguir um ciclo de projeto assim como qualquer outra. Segundo Pulsipher (2012), o processo se inicia no pensamento, onde deve-se buscar certa intimidade com o tema do jogo antes de iniciar seu desenvolvimento. Através de experimentos, o jogo pode ser testado em mente, mas sempre devem ser tomadas notas em relação a tudo que venha a ser considerado relevante para o projeto. Existem vários elementos necessários à criação de um bom jogo, tais como ideias, imaginação, atenção aos detalhes e compreensão do público, mas ainda mais importantes são os testes e o melhoramento constante do jogo. Uma vez que se trata de um objeto interativo, o designer deve ver como o jogo funciona na prática e fazer melhorias com base em suas observações.

Já Mastrocola (2012) menciona que a ideia de *game design* costuma ser associada apenas ao processo de dar forma gráfica ao jogo, uma vez que as pessoas não entendem o significado do design e associam o processo apenas ao visual exibido pelo jogo. Embora a modelagem, desenho do tabuleiro, cenário e trilha sonora façam parte do processo, o real desafio encontra-se na criação de mecânicas, regras e objetivos do jogo (Quadro 1).

Em seu livro, Mastrocola traz também a definição dessa atividade por outros autores, dentre os quais Adams e Rollings (2007, *apud* MASTROCOLA, 2012). Para eles, o processo de *game design* consiste em imaginar um jogo, definir suas regras e mecânicas e descrever o que fará parte do mesmo, através de seus elementos e componentes. Uma vez definidos, estes dados poderão ser passados para a equipe de profissionais responsável pelo desenvolvimento do jogo. Segundo eles, o que difere um jogo eletrônico frente a um jogo de mesa em relação a estrutura que liga o jogador ao jogo está no processo de mediação e interface. Enquanto num jogo

eletrônico ela se dá automaticamente através de uma tela, em um tabuleiro a mediação requer a atenção e os esforços dos jogadores.

Quadro 1 - Principais mecânicas encontradas em jogos de mesa.

<b>Mecânica</b>	<b>Descrição</b>
Apostas	Encoraja os jogadores a apostar em certos resultados do jogo.
Área de controle	Garante o controle ao jogador com o maior número de unidades presentes em uma área pré-definida.
Cercamento de área	Permite criar áreas no tabuleiro pelo posicionamento de peças.
Controle de mãos	Recompensa o uso de determinados conjuntos ou sequências de cartas em certas situações.
Cooperação	Estimula os jogadores a trabalharem juntos para vencerem o jogo.
Eliminação de jogadores	Ocorre quando um jogador é eliminado e o jogo continua.
Jogar dados	Ajudam a definir dados aleatórios na contagem de turnos do jogo.
Lápis e papel	Usados para registrar eventos ocorridos no jogo de modo a contabilizar pontos e definir os vencedores.
Memória	Os jogadores devem lembrar de eventos anteriores para atingir os objetivos do jogo
Montar baralho	Reunião de cartas ou peças que garantem determinadas ações ou recursos.
Movimentação	Restringe o movimento de peças entre pontos ou áreas do tabuleiro.
Narrativa	Um estímulo que deve ser incorporado na criação dos personagens do jogo.
Pedra-papel-tesoura	Possui uma hierarquia circular na qual uma peça vence sobre a seguinte e perde da anterior.
Pontos de ação	Os jogadores possuem certo número de ações para executar em uma rodada.
Simulação	São jogos que tentam simular situações ou um modelo de eventos.
Sorteio de ações	Os jogadores devem escolher ações dentro de um conjunto de ações disponíveis, limitadas a cada turno.
Tabuleiro modular	Formado por peças que podem ser posicionadas em diferentes posições, criando arranjos diferenciados.
Trocas	Os jogadores podem trocar recursos uns com os outros.

Fonte: Adaptação e tradução livre do autor com base em Board Game Geek (2018).

A ideia de que as regras são um aspecto fundamental de um jogo é trazida por James Ernest (2011, p.8), o qual afirma que enquanto um jogo consiste numa maneira de jogar de acordo com regras, diversos *game designers* cometem o engano de acreditar que as mecânicas e o jogo são a mesma coisa. Um jogo pode ter um tema, uma mecânica e um estilo, mas ele não é uma coleção de partes. Ele somente será completo se a união destas partes atrair a atenção, motivar e tornar-se parte da vida dos jogadores. Apesar do processo de design poder incorporar mecânicas de outros jogos, esse processo feito às cegas, fora de contexto, não é uma garantia de que o produto final será funcional.

Para Rob Daviau (2011), que explica seu processo de criação de jogos como design intuitivo, as regras não devem explicar um jogo, mas devem confirmar a mensagem do restante do jogo. Isso é especialmente importante em jogos de tabuleiro, uma vez que, ao contrário dos jogos digitais, os jogadores devem entender todo o sistema para serem capazes de unir seus componentes de modo a estabelecer uma estratégia que conduza à vitória. Tanto as mecânicas quanto os aspectos gráficos e físicos devem ser intimamente considerados, de modo que a aparência do jogo informe como ele pode ser jogado. Eles devem servir como um lembrete inconsciente das regras, visto que a primeira atitude dos jogadores será abrir a caixa e colocar as peças na mesa, ao invés de lerem manual.

Ainda para Daviau (2011), além da história e nome do jogo, as peças físicas oferecem diversas oportunidades de tornar o design intuitivo. Através da cor, por exemplo, o jogador costuma assumir parâmetros com a qual já está familiarizado, tal como o número de participantes, de modo que caso isso não se reflita nas mecânicas do jogo, deve ser escolhida uma característica distinta para tal. Além disso, todas as peças devem funcionar em conjunto, de modo que a cor execute um papel importante, tal como os dados e o verso das cartas refletirem o esquema de cores do jogo. Similarmente, se o jogo incluir peças de determinado formato e o tabuleiro tiver espaços naquela forma, os jogadores naturalmente colocarão as peças nesses espaços. Referências em relação à importância e função das peças devem ser atreladas à sua aparência, de modo que orientem os jogadores e não venham a confundí-los.

Jesse Schell (2008) estabelece uma distinção entre o desenvolvedor e o *game designer*, de modo que o primeiro pode ser qualquer pessoa envolvida no processo

de criação do jogo, sejam estes animadores, engenheiros, músicos, produtores ou designers. O designer, por outro lado, constitui um papel, e não uma pessoa, de modo que qualquer pessoa que contribua com a tomada de decisões no processo de criação de um jogo contribuirá com o design do jogo. Além de decidirem aspectos relacionados à história do jogo, eles também devem considerar as regras, aparência, atmosfera, riscos, recompensas, ritmo e qualquer outro aspecto que venha fazer parte da experiência do jogador.

### 3.4 DESIGN INSTRUCIONAL

Dentre as diversas atribuições do design, Villas-Boas (2007) frisa que o design gráfico deve elaborar projetos que busquem estabelecer uma comunicação entre o objeto e o usuário final, incluindo nesse processo todos os elementos visuais que venham a fazer parte de sua composição.

No que diz respeito ao processo educacional, o design instrucional é uma área que envolve o uso de métodos de design em situações de ensino, de modo que os usuários aprendam de modo colaborativo (BATISTA, 2008). Ele é um sistema bem estruturado que utiliza objetivos, tecnologias de ensino, sistemas de respostas e de validação visando facilitar o aprendizado e o desenvolvimento dos estudantes, envolvendo aspectos cognitivos, sociais, intelectuais, verbais ou físicos (GAGNÉ; BRIGGS; WAGER, 1992; REIGELUTH, 1999; MARTIN, 2011).

A maioria dos métodos na atualidade deriva do genérico modelo ADDIE (CHEN, 2011), um acrônimo para Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação. Estas etapas, segundo a abordagem de Filatro (2008), separam-se em duas fases denominadas Concepção - que envolve análise, design e desenvolvimento - e Execução, que contempla as demais.

Através desta metodologia, em um primeiro momento, deve ser realizada uma análise e determinadas as necessidades e identificados os problemas educacionais, com o objetivo de propor uma solução. Em seguida, devem ser definidos conteúdos, estratégias e atividades de aprendizagem (FILATRO, 2008), bem como identificados

exemplos, atividades práticas e formatos de resposta. Ao final, procede-se com a elaboração de um documento que forneça uma visão geral do material a ser desenvolvido (MARTIN, 2011, p.957), o qual pode conter todos ou alguns dos componentes identificados abaixo:

- a) Descrever os objetivos do material instrucional;
- b) Identificar a sequência de objetivos instrucionais;
- c) Identificar o material, ou informação, usado para atingir os objetivos;
- d) Identificar exemplos que suportem a instrução;
- e) Projetar atividades práticas;
- f) Fornecer respostas às atividades práticas;
- g) Revisar os pontos-chave do material instrucional;
- h) Projetar avaliações alinhadas com os objetivos;
- i) Identificar a mídia ou tecnologia;
- j) Identificar as estratégias de instrução.

Em seguida, deve ser produzido e implementado o material didático, que pode ser impresso ou digital. Por fim, o projeto aplicado deve ser avaliado quanto à sua eficiência como conteúdo pedagógico (FILATRO, 2008). Cada uma das etapas do processo deve receber informações das anteriores e fornecer dados para as seguintes, de modo que o sistema possa ser modificado caso o objetivo pretendido não seja atingido (CHEN, 2011).

Para diversos autores, os jogos têm a capacidade de promover motivação, engajamento e aprendizado, os quais servem de apelo para seu uso no design instrucional (VON GILLERN; ALASWARD, 2016). Este capítulo apresentará conceitos importantes relativos ao desenvolvimento de materiais educacionais, tendo por base princípios do design instrucional. Salientamos que, conforme o levantamento teórico realizado para este trabalho, a maioria dos artigos publicados sobre instrução em

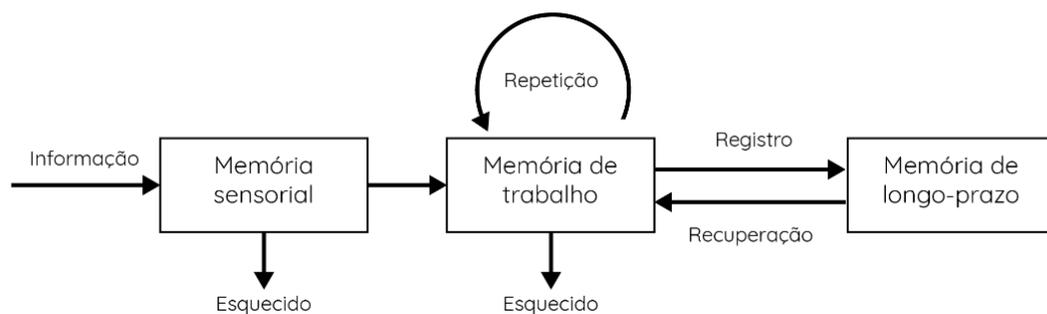
jogos visa jogos digitais. Por este motivo, apesar da ênfase, serão descritos elementos que venham a colaborar com o desenvolvimento de jogos tanto digitais quanto físicos.

### 3.4.1 Teoria da carga cognitiva

A arquitetura cognitiva humana possui um grande estoque de informações organizadas, de capacidade e duração ilimitadas, sendo parte desta a memória de longo-prazo. Ela é uma base de conhecimento organizada que contém uma grande quantidade de estruturas de conhecimento (KALYUGA; PLASS, 2009).

Embora o conceito de Teoria da Carga Cognitiva (TCC) tenha sido aprimorado ao longo das últimas décadas, seu modelo base permanece o mesmo (Figura 1). Este foi elaborado a partir de um trabalho publicado por Richard Atkinson e Richard Shiffrin em 1968, o qual descreve o processo como tendo três componentes principais: a memória sensorial, a memória de trabalho e a memória de longo termo (ATKINSON; SHIFFRIN, 1968).

Figura 1 - Modelo de processamento da informação.



Fonte: Adaptado de Atkinson e Shiffrin (1968)

A memória sensorial recebe os estímulos do mundo que nos cerca e filtra esta informação, mantendo uma impressão dos itens mais importantes por tempo suficiente para passá-los a memória de curta duração, ou **memória de trabalho**. Nela, a informação é processada ou descartada, sendo registrados entre cinco e nove blocos de informação de cada vez. Ao processar informações, o cérebro as categoriza

e move para a memória de longa duração, onde ela é armazenada na forma de estruturas de conhecimento conhecidas como esquemas, que organizam as informações de acordo com o modo como são usados. A utilização frequente destes esquemas faz com que os conceitos representados por eles exijam menor esforço cognitivo, caracterizando o processo conhecido como automação (ATKINSON; SHIFFRIN, 1968; HUANG; JOHNSON, 2009).

Os esquemas, por sua vez, são partes importantes da Teoria da Carga Cognitiva, que foi desenvolvida por John Sweller em 1988, o qual publicou um artigo onde afirma que a carga cognitiva se relaciona à quantidade de informação que a memória de trabalho pode armazenar a cada vez. Uma vez que sua capacidade é limitada, os métodos instrucionais devem evitar sobrecarregá-la com atividades que não contribuam diretamente para o aprendizado (SWELLER, 1988).

A TCC também mostra que a memória de trabalho pode ser ampliada de duas maneiras. A mente processa informações visuais e auditivas de modo separado, de modo que estímulos auditivos não competem com visuais do mesmo modo que dois elementos visuais, tal como texto e imagem. Além disso, a memória de trabalho trata um esquema estabelecido como um item único, de modo que, aprender atividades que exigem parte de um conhecimento existente expandem, ao mesmo tempo, a sua capacidade. Com isso, o fato de ensinar às pessoas pré-requisitos antes de introduzir tópicos mais complexos ajuda a estabelecer esquemas que estendem suas memórias de trabalho, fazendo com que entendam e aprendam informações mais difíceis (SWELLER, 1988; MAYER; MORENO, 1998).

A teoria da carga cognitiva estabelece relações do aprendizado humano com o design instrucional e o desenvolvimento. Ela propõe estabelecer uma ponte entre as estruturas de informação presentes em um material instrucional com a arquitetura cognitiva humana de modo que os aprendizes possam usar sua memória de trabalho de modo mais eficiente. A teoria sugere que a carga cognitiva seja composta de três elementos: carga cognitiva intrínseca, carga cognitiva estranha e carga cognitiva relevante. Estas, quando combinadas nunca devem exceder a capacidade da memória de trabalho do aprendiz para que o aprendizado ocorra (HUANG; JOHNSON, 2009).

A **carga intrínseca** é implícita do material, estando diretamente ligada aos elementos que deverão processados. Ela se relaciona aos conceitos, procedimentos e às características do material instrutivo, inclusive seu componente interativo, no qual a informação passa a ser entendida sem o envolvimento de outros elementos. Em um ambiente de sala de aula, ela corresponde à demanda de recursos cognitivos para aprender os conteúdos apresentados pelo professor, sendo que a demanda será menor para os alunos que dominam determinado assunto e já possuem esquemas cognitivos associados. Caso algum conteúdo seja demasiadamente interativo, muitos serão os elementos de informação envolvidos e, conseqüentemente, maior será a carga intrínseca associada ao conteúdo, exigindo mais memória de trabalho para seu processamento (HUANG; JOHNSON, 2009; ALVES; BUENO, 2017).

A **carga estranha**, por sua vez, está relacionada com o ruído nas tarefas, de modo que favorece o desempenho dos estudantes à medida que diminui. Este elemento pode ser influenciado pelo modo como a informação é apresentado, tal como em uma aula onde o professor faz uso de imagens e textos projetados no quadro. A competição causada pelos textos, imagens, a projeção e a voz do professor faria com que os alunos dividissem sua atenção, exigindo deles maior demanda da carga estranha. O desenvolvimento de materiais instrucionais deve buscar reduzi-la, uma vez que ela se refere aos recursos mentais direcionados a elementos que não contribuem com a aprendizagem e com o processo de automatização (HUANG; JOHNSON, 2009; ALVES; BUENO, 2017).

Por fim, a **carga relevante** relaciona-se à modulação dos recursos por parte do indivíduo para se adaptar à diferentes tarefas. Ela está ligada com a capacidade dos alunos em construir e automatizar esquemas cognitivos acerca das informações, promovendo um aprendizado mais profundo. O aumento dela, que é um dos objetivos dos materiais instrucionais, fornece aos alunos meios para utilizar mais recursos cognitivos na aprendizagem, melhorando seu desempenho e estimulando-os a explorar cada peça de informação por mais de uma vez. Em uma situação de sala de aula, o professor poderia utilizar exemplos em diferentes contextos, favorecer sua exploração e promover a prática mental do conteúdo aprendido. Uma vez que a carga intrínseca é fixa e não pode ser manipulada, o principal objetivo de um material instrucional é reduzir a carga estranha à medida que se aumenta a carga relevante (HUANG; JOHNSON, 2009; ALVES; BUENO, 2017).

### 3.4.2 Design instrucional em jogos educativos

Existem evidências de que o uso de jogos como ferramentas instrucionais tenha iniciado na antiguidade, por volta de 3.000 A.C. na China. No entanto, sua incorporação como parte do movimento de design instrucional ocorreu apenas no início da década de 1970. Na época, apenas o potencial de jogos físicos era considerado (AKILLI; ÇAĞILTAY, 2006).

Para muitos *game designers* a primeira regra para o sucesso de um jogo digital é a diversão, mas muitas vezes ela costuma ser associada a algo ridículo ou frívolo, o que pode prejudicar o uso do mesmo num contexto educativo. Ao comparar o design de jogos com o design instrucional, percebe-se que o primeiro busca explorar a experiência do jogador, enquanto o segundo aborda a tarefa na perspectiva do conteúdo que precisa ser ensinado (BECKER, 2006).

O design de objetos educativos deve levar em consideração a maneira como a mente humana funciona e suas limitações de processamento, uma vez que os jogos geralmente exigem performances simultâneas de diferentes atividades motoras e cognitivas. Os níveis de conhecimento em determinado domínio são um fator importante, diferenciando jogadores novatos dos experientes. Por isso, a maneira como a informação é apresentada em jogos educativos deve apoiar a aquisição e utilização de conhecimento, reduzindo ou eliminando a carga cognitiva desnecessária (KALYUGA; PLASS, 2009).

Os jogos, de uma maneira geral, possuem requisitos quanto à percepção e processamento de informação dos jogadores, seja através da imersão, descoberta ou impacto emocional, exigindo uma demanda cognitiva por parte destes. Segundo Kalyuga e Plass (2009), nossa mente tende a minimizar os recursos cognitivos na realização de uma tarefa, aplicando o que poderia ser chamado de princípio da economia cognitiva. Através dele, é uma opção mais eficiente e preferível utilizar estruturas cognitivas já conhecidas para orientar atividades do que buscar alternativas com o raciocínio. Desta forma, o sistema pode acabar selecionando estruturas de conhecimento incorretas que parecem servir à tarefa mas são inapropriadas, o que explicaria o caso de concepções alternativas em ciências. Concepções alternativas

são estruturas relativamente simples e duráveis, entranhadas na mente das pessoas, que exigem menor memória de trabalho ao lidar com processos cognitivos.

As limitações de processamento de nosso sistema cognitivo influenciam muito o processo de aprendizagem de modo que os jogos educacionais, dependendo da maneira como forem implementados, podem exigir muito do sistema dependendo dos recursos requeridos. Exemplos disso são: procurar pistas, processar narrativas e informações contextuais. A memória de trabalho tem uma duração e capacidade limitada ao lidar com assuntos desconhecidos, sendo facilmente sobrecarregada se mais blocos de informação forem processados simultaneamente. Em um jogo educacional, o jogador fica frente a um modelo que é construído e atualizado a cada momento, com base em esquemas pré-estabelecidos da tarefa, movimentos recentes e novas informações. Esse modelo conduz a atenção e governa o desempenho em tempo real. Na ausência de uma base de conhecimento apropriado na memória de longo prazo, são usados processos de busca aleatórios e tentativa e erro para tentar manejar a situação. Apesar destes processos eventualmente levarem ao objetivo, eles são associados com altos níveis de carga cognitiva e, portanto, são ineficientes (SWELLER, 1988; KALYUGA; PLASS, 2009).

As instruções, por outro lado, poderiam servir como substitutos parciais para a ausência do conhecimento que orientaria os iniciantes por dizerem exatamente como lidar com determinada situação (GEE, 2003). No entanto, um estudo publicado por um grupo de pesquisadores (PLASS *et al.*, 2007), apontou que a exploração de simulações em computador para a educação de ciências era mais eficiente que outros materiais de instrução. Estes estudos, portanto, indicam que com uma formulação adequada de design, os jogos educacionais poderiam superar os valores da instrução convencional.

Segundo Kalyuga e Plass (2009), os educadores acreditam que o conteúdo educacional deve ser apresentado em sistemas de modo integrado, ao invés de fragmentado e desconectado do contexto. No entanto, essa representação integrada faz com que vários elementos necessários ao aprendizado devam ser processados simultaneamente, o que poderia aumentar a carga cognitiva intrínseca associada.

A partir disso, foram formulados guias para auxiliar no desenvolvimento de jogos educativos. Um deles, elaborado por Reigeluth e Schawartz (1989, p. 4-6),

fornece um modelo composto de três fases do processo de aprendizagem que uma simulação educacional deveria ativar: aquisição de conhecimento básico, aplicação do conhecimento em diferentes cenários e avaliação do que foi aprendido. Este modelo, focado em simulações educacionais, é composto por heurísticas que buscam orientar o designer a seguir um conjunto de etapas. Estas etapas são:

1. Selecionar a complexidade de modo a não causar sobrecarga.
2. Introduzir um cenário, objetivos e regras.
3. Selecionar se a abordagem será expositiva ou de descoberta.
4. Fornecer a chance de aplicar os conhecimentos em diferentes cenários.
5. Avaliar e questionar os jogadores após a fase de aplicação.
6. Definir o nível de controle em relação ao nível de experiência do jogador.
7. Projetar instruções que suportam diferentes tipos de conteúdo.

Em outro modelo, proposto por Watson (2007, p.48-65), é descrita uma teoria de design cujo objetivo é utilizar videogames para motivar os estudantes em um tópico e encorajá-los para explorar o tópico mais a fundo. Denominada GATE, um acrônimo para Jogos para Ativar o Engajamento Temático (*Games for Activating Thematic Engagement*), o modelo é composto por quatro métodos fundamentais:

1. Desenvolver o contexto, espaço de problema e mundo de experiência.
2. Preparar os aprendizes para a experiência e implementar o jogo.
3. Fornecer respostas aos jogadores.
4. Avaliar a efetividade do jogo.

Além de delimitar um processo de design para desenvolver jogos educacionais, a teoria também fornece uma base para adaptar jogos comerciais para a abordagem didática. As instruções, assim geradas, deverão estimular a criatividade, o pensamento crítico e o debate entre os estudantes (WATSON, 2007).

### 3.4.3 Jogos educacionais

A escola tem importante papel no desenvolvimento dos estudantes, mas em função da diversidade e número de meios de comunicação aos quais eles têm acesso, a experiência de aprendizado acaba se tornando bastante desmotivadora pelo modo como os conteúdos são ensinados. A exposição oral é o método mais utilizado pelos professores, por permitir apresentar a informação de modo ordenado e sintético, além de proporcionar a compreensão dos conteúdos. No entanto, este é um método criticado por induzir a passividade dos estudantes, levando à desatenção e ao desinteresse desses (PEREIRA, 2013).

Deste modo, devem-se buscar meios que estimulem o interesse e forneçam uma motivação diferenciada aos alunos. Entre os meios disponíveis encontra-se os jogos educativos, que podem colaborar com o desempenho dos estudantes em conteúdos de difícil aprendizagem. Estes surgiram no século XVI com o intuito de facilitar as tarefas de ensino, melhorando a aquisição de conhecimento por permitirem a ação intencional, a construção de representações mentais, a manipulação de objetos e as interações sociais (HERMANN; ARAÚJO, 2013).

Piaget (1962) e Vygotsky (1978) foram pioneiros no estudo de jogos e de seu papel no desenvolvimento e processo de aprendizado em crianças. Baseada em experiências prévias, uma criança usa padrões de reconhecimento simples para identificar coisas e explorar o mundo através de habilidades moto-sensoriais simples, ganhando mais conhecimento do mundo à medida que adquirem esquemas mentais mais elaborados, que são aplicados a outras situações. Isso se acompanha ao longo de todo seu desenvolvimento, onde gradualmente ela irá tomar mais consciência do ambiente e da sociedade que a cerca (PIAGET, 1962).

O trabalho de ambos autores foi importante para o desenvolvimento da abordagem construtivista de ensino, a qual se baseia na suposição de que o conhecimento é construído pelos aprendizes à medida que estes buscam construir significado a partir de suas próprias experiências, agindo ativamente e de maneira autônoma (OBIKWELU; READ, 2012).

No processo instrutivo, por sua vez, deve-se fornecer uma situação colaborativa aos estudantes de modo que eles tenham tanto os meios como a

oportunidade de construir entendimentos novos e situacionais ao reunir conhecimentos prévios de diferentes fontes. Segundo Tam (2000, p.52), “a instrução construtivista leva os aprendizes a usar seus conhecimentos para resolver problemas com significado e complexidade verdadeira, os quais fornecem contexto para que eles apliquem seus conhecimentos e tomem propriedade do aprendizado”.

Esta abordagem defende que o aprendizado aconteça por meio da interação com os outros, de modo que o diálogo resultante do esforço combinado forneça a oportunidade de testar e refinar o entendimento em determinado processo. O professor, por sua vez, deve atuar como um facilitador, ajudando os estudantes a adotar uma postura ativa no processo de integração de conhecimento (TAM, 2000).

Malone (1980), por sua vez, afirmou que a habilidade de um jogo de criar um fator intrínseco de motivação é a chave do sucesso de ensinar sem ensinar. Apesar do principal foco do autor serem os jogos instrucionais computacionais, os elementos de jogo - desafio, fantasia e curiosidade - podem ser usados em uma grande variedade de ambientes educacionais, como jogos digitais ou físicos, promovendo diversão e aprendizagem.

Os jogos digitais, reconhecidos por despertarem imersão, motivação e emoções positivas nos estudantes, podem não ser os ideais para atividades desenvolvidas em ambiente de escolar. Conforme relatado por Liu e Chen (2013), em um artigo que discute o efeito do aprendizado baseado em jogos sobre o desempenho dos estudantes ao aprender ciências,

[...] em um ambiente de sala de aula as interações entre alunos e professores exercem grande impacto no processo de aprendizado. Ao contrário das interações digitais, o contato pessoal expõe as pessoas às expressões humanas, ações físicas e variações de entonação vocal, o que pode melhorar as relações interpessoais diretas entre alunos e professores, uma vez que esta experiência supera os efeitos sonoros encontrados em jogos digitais (LIU; CHEN, 2013, p.1045, tradução do autor).

De maneira geral, a estrutura dos jogos reflete uma abordagem pedagógica ao oferecer suporte para a aprendizagem e a oportunidade de resolver problemas. Os jogos educativos podem ser inseridos no contexto dos chamados *serious games*, ou

jogos sérios, os quais possuem uma proposta para além do entretenimento, podendo também incluir aprendizado, treinamento e mudanças sociais. Seu potencial de promover o aprendizado, no entanto, é limitado pela maneira como o jogo é desenvolvido, uma vez que deve ocorrer um balanceamento entre o caráter sério, referente aos conteúdos incorporados, e a diversão (WINN, 2008).

Leandro Demerciano Costa (2018), desenvolveu um estudo no qual aponta fatores presentes nos jogos de entretenimento que nem sempre são considerados na elaboração dos jogos educativos. Os jogos de entretenimento, de maneira geral, não são bem vistos no ambiente escolar por privilegiarem a diversão em detrimento da aprendizagem. Ao mesmo tempo, os jogos educativos também são vistos como pouco interessantes, não tendo o mesmo nível de investimento que os demais e, conseqüentemente, não sendo produzidos com a mesma aparência e acabamento dos demais. Nos jogos pedagógicos, muitas vezes, aquilo que se planejou para ser aprendido nem sempre é importante para o jogo, de modo estas informações podem ser substituídas sem que o jogo perca sua essência.

Ainda segundo Costa (2018), existem alguns princípios que devem ser seguidos para que um jogo com fim pedagógico alcance a mesma efetividade de um jogo de entretenimento. Para isso, é necessário que o jogo possua uma estrutura similar ao tema ensinado, sendo esta perceptível e indispensável durante todo o jogo, através de relações essenciais. Além disso, todos os aspectos desenvolvidos devem favorecer a diversão e o entretenimento, sendo o jogo melhor como um todo ou invés de suas partes ou da soma destas.

A criação de um jogo sério emerge da fusão entre teoria, conteúdo e *game design*, que geralmente ocorre junto a equipes multidisciplinares, as quais podem apresentar conflitos dependendo da natureza do jogo produzido. Esses conflitos são raros em jogos exógenos, os quais costumam trabalhar com questões de memorização. Neles, ocorre uma separação entre o conteúdo inserido e as mecânicas de jogo, que costumam ser retiradas de jogos conhecidos. Nos jogos endógenos, no entanto, a jogabilidade informa a teoria pedagógica e os conteúdos de aprendizagem, fazendo com que os jogadores explorem o ambiente do jogo e enfrentem desafios, resolvendo problemas e reforçando conceitos. Nesse contexto, o *game designer* deve partir de um estado neutro e conciliar as áreas de desenvolvimento de jogos com fins educativos para proporcionar uma forma avançada de aprendizagem (WINN, 2008).

### *3.4.3.1 Aspectos do uso de jogos físicos e digitais*

As pessoas têm jogado e aprendido com jogos desde antes do surgimento dos primeiros computadores, uma vez o que o aprendizado é um componente inerente dos jogos e do processo de design instrucional. De modo a obter melhores resultados em determinado jogo, cada pessoa deve aprender através de suas experiências. Jogadores mais experientes são mais habilidosos por terem aprendido habilidades e estratégias que melhoram seu desempenho, tanto de modo recreacional como acadêmico (VON GILLERN; ALASWARD, 2016).

Os educadores por sua vez, fazem uso dos jogos físicos para promover o aprendizado em diversas disciplinas. Os jogos e brincadeiras são elementos importantes no processo de apropriação de conhecimento. Utilizados desde as séries iniciais para introduzir e reforçar a linguagem e leitura, eles permitem o desenvolvimento de competências de comunicação, relações interpessoais, de liderança e trabalho em equipe, utilizando a relação entre competição e cooperação em um contexto formativo (BRASIL, 2006).

Uma razão provável para a inclusão de jogos na educação através de seu design instrucional é que os educadores reconhecem que seus alunos gostam de jogar, o que influencia a atenção e satisfação com relação às atividades, o que se alinha ao modelo ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação, do inglês) de Keller (1987). Portanto, quando o componente curricular pode ser apresentado na forma de um jogo, os alunos podem aprender enquanto se divertem.

Um dos principais benefícios de incorporar jogos de mesa é que os professores não são restritos pelo acesso a recursos de informática, visto que muitas salas de aula não dispõem de tecnologias como computadores, tabletes e softwares (VON GILLERN; ALASWARD, 2016). Quando existentes, as tecnologias não são garantia de aprendizagem, uma vez que muitas vezes estas são usadas apenas como um acessório e sem a devida exploração pedagógica (DA SILVA; PRATES; RIBEIRO, 2016).

Dentre as orientações para metodologia de ensino apresentadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, estão ações como: experimentações, projetos e seminários, e os jogos (BRASIL, 2006). Esses jogos

costumam ser baratos e facilmente personalizados, o que permite alinhar estes com conteúdos relevantes e objetivos de aprendizagem. Ao serem comparados com jogos digitais, os jogos físicos são vantajosos por permitirem interações interpessoais durante a atividade, o que pode facilitar o desenvolvimento e aprendizado de habilidades sociais importantes, adquiridas através de interações verbais, contato visual e linguagem corporal (KELLER, 1987; VON GILLERN; ALASWARD, 2016).

Por outro lado, diversos jogos comerciais que não possuem um caráter direcionado à educação têm promovido o aprendizado em diversas áreas, tal como a prática de um segundo idioma, através da combinação de aspectos do jogo em conjunto da motivação dos jogadores. A popularização dos jogos digitais tem ocorrido em diversos ambientes de aprendizagem, facilitando o aprendizado de conceitos e habilidades que poderiam demandar muito tempo, despertando o interesse dos alunos, aumentando sua autoconfiança e fornecendo um senso de satisfação ao completar tarefas. Através destas experiências de aprendizagem é possível encorajar os alunos a pensar sobre a resolução de problemas de modo sistêmico, oferecendo habilidades e oportunidades de aprender mais relevantes e agradáveis, ao se aproximar da maneira como eles se expressam (VON GILLERN; ALASWARD, 2016).

Apesar dos jogos digitais serem uma importante ferramenta para aproximar situações cotidianas quando estas não são acessíveis, eles nem sempre substituem o envolvimento com tarefas reais, tal como experimentos nas aulas de ciências que lidam com a vida e tempo reais, ao invés de uma simulação destes no computador. Ao usar jogos prontos, os professores frequentemente têm pouca liberdade de personalização sobre a narrativa ou estrutura do jogo, o que força-os a modificar o fluxo de instruções ou então a usar o jogo apenas como um mecanismo de aprendizagem suplementar. Além disso, muitos jogos são caros e necessitam de dispositivos digitais, nem sempre encontrados nas escolas (VON GILLERN; ALASWARD, 2016).

#### 3.4.4 Fatores que afetam a experiência de jogo

O ato de brincar é uma atividade fundamental em muitas espécies e provavelmente foi integrado ao comportamento humano antes da existência de jogos, da linguagem ou do aprendizado formal (ENFIELD, 2012). Como já foi citado anteriormente, existem diferentes conceitos para a palavra jogo, assim como múltiplas perspectivas de como o fato de jogar se relaciona ao aprendizado. Para Vygotsky (1967), as crianças são capazes de aprender através de um jogo pois brincar permite que elas ajam de uma maneira que a realidade não permite. Para ele, qualquer pessoa é capaz de aprender até determinado ponto sem que tenha ajuda, mas caso tenha suporte poderá atingir um nível de aprendizado superior, do qual a fantasia e a imaginação podem fazer parte.

O ato de brincar, por sua vez, relaciona-se ao lúdico, que engloba a as atividades lúdicas, o ser lúdico e a jogabilidade. Enquanto as atividades lúdicas envolvem não somente os jogos, mas também as brincadeiras, o ser lúdico engloba também um estado mental, no qual a interação lúdica deve estar presente a todo momento (SALEN; ZIMMERMAN, 2004).

A jogabilidade, por sua vez, é considerada um elemento essencial à experiência do jogo. Ela consiste de objetivos alcançáveis, desafios não-triviais que devem ser superados, ações e escolhas que devem ser feitas sobre qual ação realizar e quando realizá-las. Ao projetar um jogo, devem ser selecionados objetivos e desafios que levem a uma progressão de dificuldade (HAWORTH; SEDIG, 2011).

Raph Koster (2005) iguala a jogabilidade ao reconhecimento de padrões. Se estes forem facilmente reconhecidos ou novos padrões não forem fornecidos assim que o jogador reconhecer os atuais, o jogo se tornará tedioso. Caso sejam muito difíceis de reconhecer, o jogador poderá desistir. Deste modo, o jogo é mais envolvente quando os padrões exibidos não são difíceis de aprender, mas difíceis o suficiente para impor um desafio.

Proporcionar um nível apropriado de desafio para manter altos níveis de envolvimento é algo muito importante no desenvolvimento de jogos, o que pode ajudar a evitar sensações de frustração, ansiedade ou tédio por parte dos jogadores. Em um nível apropriado de dificuldade, a experiência de jogo aumenta a probabilidade dos

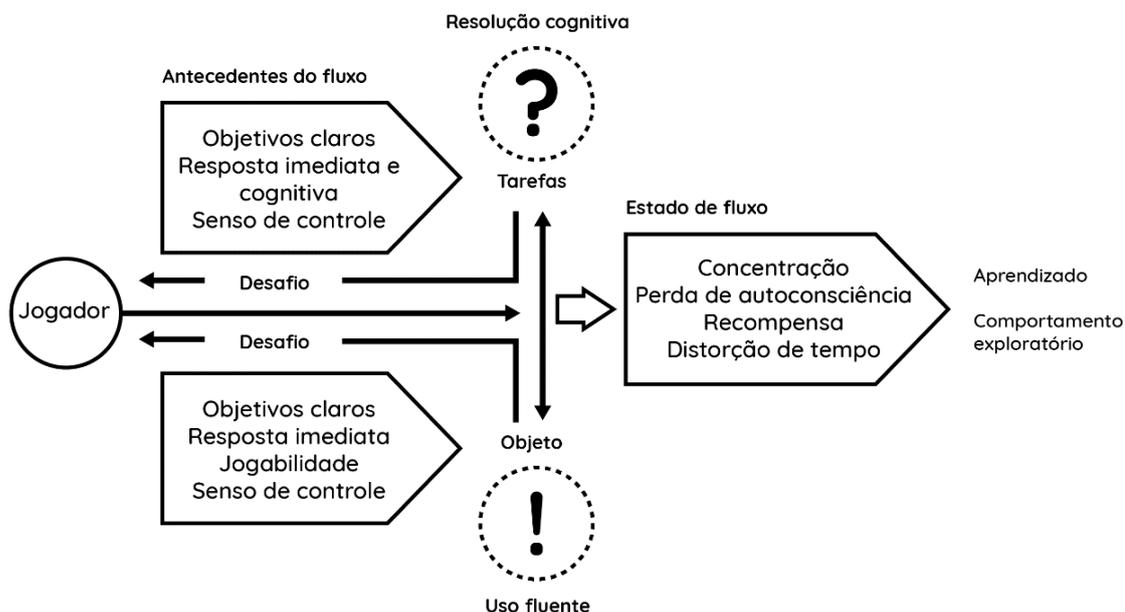
jogadores de experimentar um estado fluxo. Este é um estado de concentração na qual o foco do jogador leva à absoluta absorção na atividade (CSÍKSZENTMIHÁLYI, 1990).

Esse fluxo pode resultar da otimização de um desafio, oferecendo objetivos bem definidos e respostas claras e consistentes sobre o avanço no jogo. O aspecto desafiador de aplicar com efetividade o princípio da dificuldade apropriada é o fato de que os jogadores são diferentes quanto ao nível de habilidade de taxas de aprendizagem. Deste modo, os jogos precisam se adaptar, o que pode ser interessante considerar a incorporação de certo nível de personalização nos elementos do jogo, de modo a manter o envolvimento entre seus diversos jogadores (ENFIELD, 2012).

A atividade de design com frequência busca criar uma experiência para o usuário, de modo que ao projetar objetos educacionais deve-se compreender como os jogadores interagem com estes objetos e como essa interação afeta suas experiências de aprendizado. Para isso, devem ser considerados aspectos físicos, sensoriais, cognitivos, emocionais e estéticos. De maneira geral, a experiência do usuário consiste de três principais elementos: usuário, artefato e tarefa, os quais interagem dentro de certo contexto de uso. O contexto de uso são as condições na qual determinado objeto é usado, sendo inerentes aos usuários suas emoções, valores e experiências prévias, as quais determinam como o objeto e a tarefa são percebidos (KIILI, 2012).

Kiili *et al.* (2012), explica que os fatores que antecedem a experiência de fluxo devem ser considerados no desenvolvimento de um jogo voltado à educação (Figura 2). Quando os objetivos são claros desde o início do jogo, o jogador pode permanecer focado com mais facilidade nas tarefas que deve aprender. Este, por sua vez, deve ser subdividido em etapas que forneçam um andamento apropriado de modo a criar um sentimento de sucesso. Se os objetivos forem muito desafiadores, a probabilidade de surgir o fluxo é baixa. Além disso, os objetivos devem se relacionar aos objetivos de aprendizagem do jogo, de modo que caso estes não estejam bem visíveis durante a atividade, o jogo pode ser ineficiente em transmitir os ensinamentos desejados.

Figura 2 - A estrutura do modelo de fluxo.



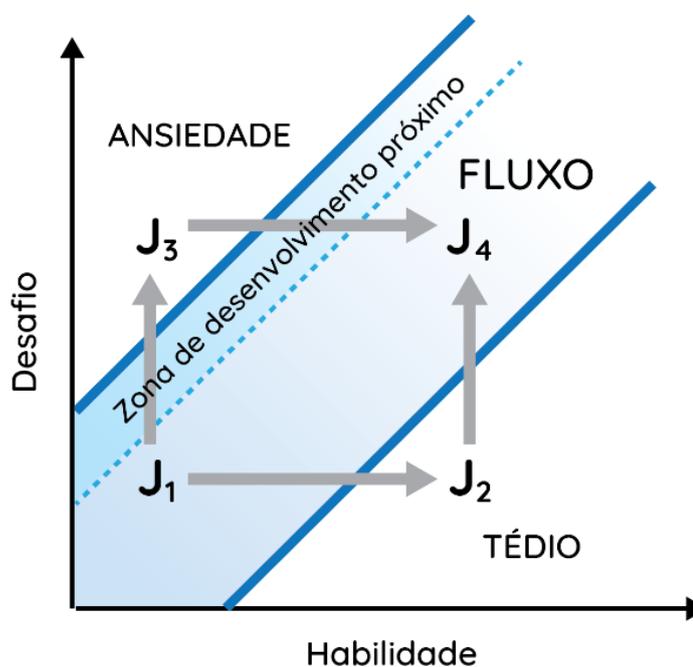
Fonte: Adaptação e tradução livre do autor, com base em KIILLI *et al.* (2012).

Ainda segundo Kiilli *et al.* (2012), a principal função do sistema de resposta é informar sobre o desempenho e evolução do jogador, evitando atrasos que criem problemas de interpretação ou levem-no a perder o foco. As respostas cognitivas buscam estimular o jogador a refletir suas experiências e soluções de modo a desenvolver seus modelos mentais e estratégias de jogo, mantendo-o focado nas informações relevantes aos objetivos de aprendizagem. A jogabilidade, por sua vez, deve fazer com que o conteúdo educacional relacionado às tarefas seja processado e refletido conscientemente, enquanto o controle do jogo é automático e espontâneo.

De maneira geral, o objetivo de um jogo educativo é oferecer desafios aos estudantes que sejam adequados aos seus níveis de habilidade, de modo a estabelecer um senso de controle. Os desafios devem ser relacionados à tarefa principal para que o fluxo ocorra, devendo-se evitar criar situações muito complexas que prejudiquem a atenção do jogador, que pode vir a destinar recursos cognitivos com atividades inadequadas. Uma vez que a capacidade de processar informação é limitada, todos os possíveis recursos devem ser disponibilizados para o processamento das informações mais relevantes, ao invés dos objetos usados para interagir com o jogo, permitindo que interação mude de um processo cognitivo para algo mais fluido.

O estado de fluxo pode ser explicado por um modelo que posiciona desafios e habilidades como eixos de um diagrama de três canais (Figura 3). A ansiedade e o tédio são experiências negativas que motivam o jogador a buscar o estado de fluxo, que pode incorporar elementos colaborativos e de orientação. A necessidade de adotar um aprendizado construtivista e associativo reflete-se na incorporação de abordagens cognitivas e centradas nas tarefas, permitindo a inserção da zona de desenvolvimento próximo de Vygotsky, na qual um jogador poderia adquirir um nível superior de aprendizado caso tenha contato com outro jogador mais experiente, reconhecendo a importância do aprendizado social (KIILLI *et al.*, 2012).

Figura 3 - Extensão do modelo de três canais do fluxo.



Fonte: Adaptação e tradução livre do autor, com base em KIILLI *et al.* (2012).

Apesar do modelo mostrar que o fluxo é um canal linear, mesmo nas situações mais agradáveis (J<sub>1</sub> e J<sub>4</sub>) o jogador pode passar a sentir tédio ou ansiedade, motivando-o a buscar o estado de fluxo para retornar à situação de diversão. O desafio do design de jogos é manter o jogador no estado de fluxo aumentando o nível de desafio do jogo à medida que o jogador aumenta seu nível de habilidade de modo a maximizar o impacto (KIILLI *et al.*, 2012).

## 4 METODOLOGIA

Os jogos educativos possibilitam significativas oportunidades de aprendizagem, mas para tal o jogo necessita ser projetado adequadamente. O êxito no desenvolvimento de jogos tem como base a ideia de promover experiências ao jogador e, no caso dos jogos educativos, este requisito deve ir além do entretenimento, uma vez que deve promover a aprendizagem de conteúdo (CEZAROTTO; BATTAIOLA, 2017).

O processo de design de jogos educativos demanda uma equipe multidisciplinar, geralmente formada por *game designers*, pedagogos e conteudistas, que devem conciliar suas diferenças ideológicas e culturais durante todo o processo, criando uma experiência interativa, divertida e educativa (WINN; HEETER, 2007).

Boa parte da literatura que trata da criação de jogos está voltada ao design de jogos digitais, sendo escassas as referências que trabalham com jogos de mesa. Na maior parte delas é possível identificar etapas aplicáveis em ambos os tipos, sendo apresentados a seguir os métodos selecionados para compor a base da metodologia deste trabalho.

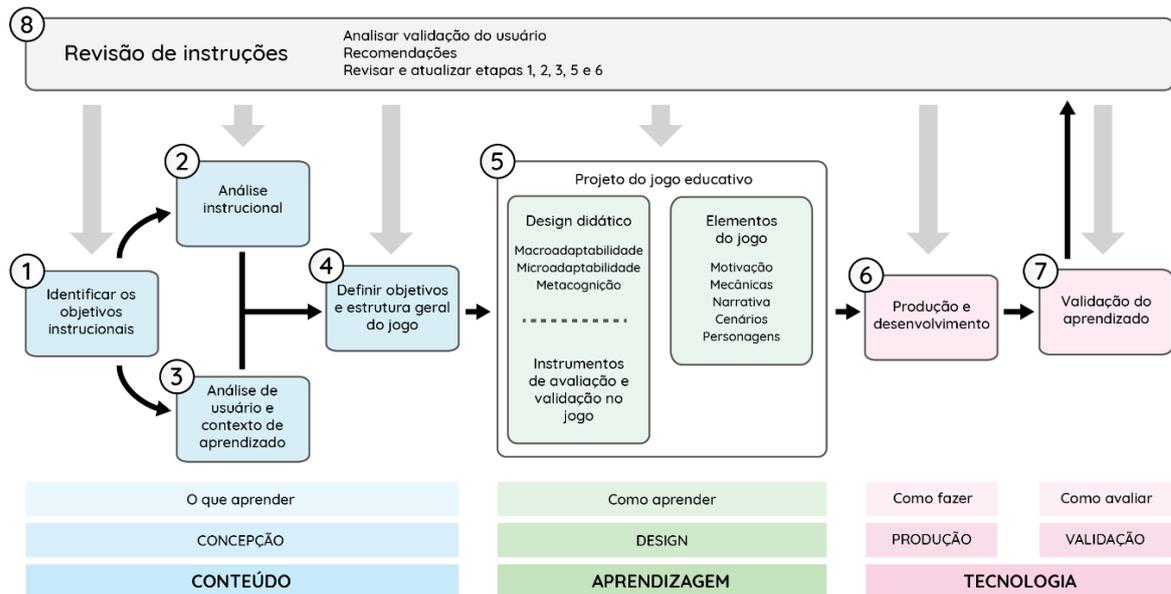
### 4.1 MÉTODO ELEKTRA

A metodologia de experiência de aprendizado avançado e transferência de conhecimento (*Enhanced Learning Experience and Knowledge Transfer*, ELEKTRA) foi desenvolvida com o intuito de produzir um jogo de aventura educativo e divertido como os jogos de entretenimento mais populares. A metodologia construída serviu de base geral para a conceituação e produção de jogos educativos digitais. Esta possui uma base de abordagem interdisciplinar que combina pesquisas em ciências cognitivas, teorias pedagógicas e neurociências com práticas de desenvolvimento de jogos (LINEK *et al.*, 2009).

A base do modelo pode ser resumida por quatro conceitos, diretamente associados à etapa de conceituação do jogo, bem como às etapas diretamente ligadas

a ela. São identificados como: macroadaptabilidade (o design instrucional), microadaptabilidade (resposta ao usuário), metacognição (processos de reflexão e compreensão da situação de jogo) e motivação (características que contribuam para o interesse do jogador, tais como competição, fantasia e curiosidade).

Figura 4 - Visão geral do modelo ELEKTRA para jogos com fins educativos.



Fonte: Adaptação e tradução livre do autor, com base em LINEK *et al.* (2009).

De modo a coordenar a colaboração interdisciplinar, a metodologia foi desenvolvida em um fluxo de trabalho de oito etapas (Figura 4), as quais se interconectam e possuem ciclos de retroalimentação. As fases de desenvolvimento podem ser listadas como:

- Identificação dos objetivos instrucionais:** nesta etapa prevalecem decisões baseadas em fundamentos didáticos e pedagógicos com respeito aos objetivos de aprendizado escolhidos, os conteúdos básicos trabalhados e a abordagem pedagógica. Também deve ser determinado o contexto do jogo, uma vez que as decisões de projeto serão dependentes da situação na qual o jogo será utilizado, seja em ambiente de sala de aula ou fora dela. A abordagem pedagógica não contribui apenas para a

experiência de aprendizado, mas também tem grande impacto na conceituação geral, ajudando a definir a modalidade de jogo a ser definida.

- b. **Análise instrucional:** os objetivos de aprendizado e conteúdos relacionados são transferidos para uma estrutura formal de conhecimento na qual todos os objetivos de aprendizagem são representados como uma ontologia de habilidades. Assim, as habilidades são estruturadas em um mapa que permite analisar o estado do conhecimento desenvolvido pelo aluno e o modelo do aluno, adaptando o ambiente do jogo para as necessidades do jogador.
- c. **Análise do contexto de aprendizagem e dos aprendizes:** são determinadas habilidades inerentes aos alunos, problemas de aprendizado e preferências. As habilidades inerentes podem representar seus conhecimentos acerca dos estilos de jogos conhecidos, bem como as dificuldades em determinado assunto. A análise do usuário serve como base para a determinação de diversas decisões de design, tais como o projeto de personagens com os quais eles interagem, o estilo visual do jogo e os métodos de ensino trabalhados.
- d. **Delimitar objetivos de performance e estrutura geral do jogo:** com base nas etapas anteriores são definidos os objetivos de performance e estabelecida a estrutura pedagógica geral do jogo. Este cenário servirá de base para as etapas subseqüentes, permitindo uma revisão contínua do processo de criação do jogo. De modo geral, a estrutura pedagógica deve incluir uma descrição geral da história do jogo, os capítulos e as diversas situações que poderão ser construídas a partir deles, através de esboços que registrem as principais funcionalidades e possíveis desdobramentos.
- e. **Projeto do jogo educativo:** nesta fase encontra-se a essência do método, onde devem ser detalhadas cada uma das situações presentes no jogo, sejam elas de aprendizado, jogabilidade ou narrativas, em termos de estágios, possíveis ações e eventos que aconteçam no ambiente do jogador, fornecendo dados para o desenvolvimento computacional e artístico do jogo.

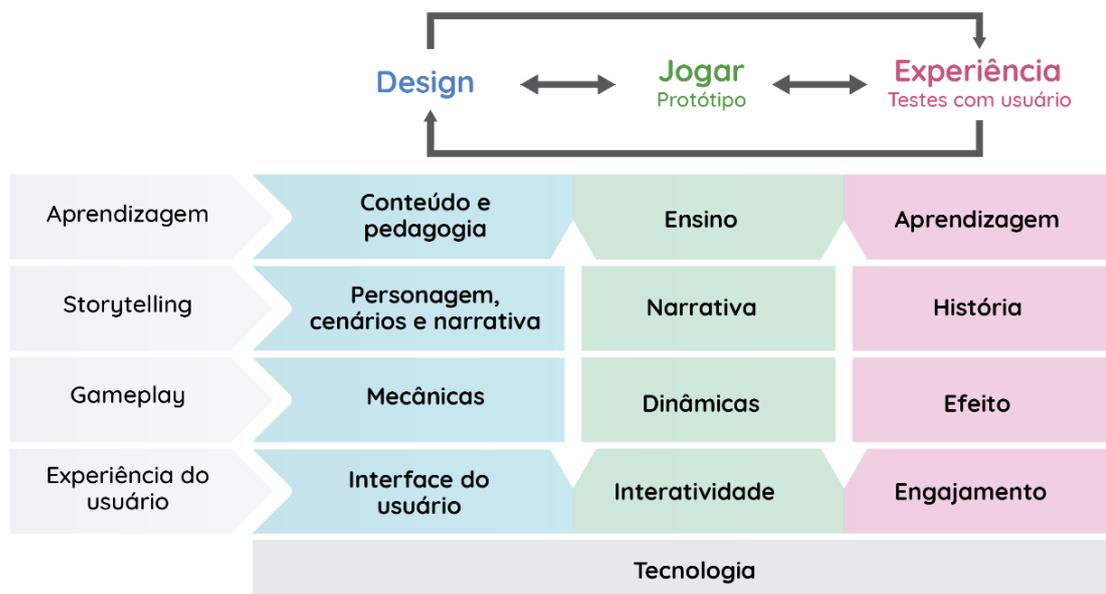
- f. **Produção e desenvolvimento:** nesta etapa ocorre o desenvolvimento de uma versão do jogo que pode ser testada e validada, elaborada a partir dos cenários pedagógicos descritos na fase 4 e da documentação criada na de conceituação.
- g. **Validação do aprendizado:** existem duas diferentes formas de validação: a formativa e a somativa. A primeira deve ser interconectada à etapa anterior, em intervalos regulares de testes e aprimoramentos do protótipo. Ela pode se concentrar em elementos únicos do jogo ou pode lidar com a implementação de novas abordagens, fornecendo dados para as etapas de desenvolvimento. No segundo caso, a validação ocorre com base no processo e no jogo desenvolvido, quando os testes foram capazes de gerar uma versão estável e significativa do jogo. De modo a analisar o aprendizado dos alunos ao usar o jogo, são realizados testes padronizados através de questionários, bem como são verificadas as informações de uso do software.
- h. **Revisão de instruções:** após os testes e validação, os dados devem ser interpretados e fornecer recomendações para melhorias do jogo como um todo, sendo usadas para aprimorar as etapas anteriores.

## 4.2 DESIGN, PLAY AND EXPERIENCE

O modelo Design, Play and Experience criado por Brian Winn (2008) pode ser caracterizado como um aprimoramento do modelo MDA (do inglês *mechanics, dynamics and aesthetics*) (MISHRA; KOCHLER, 2006), onde é dada ênfase aos jogos educacionais. Este tem como elemento central a relação entre o designer e o jogador, na qual o primeiro inicia o desenvolvimento do jogo buscando os objetivos que promoverão a experiência do jogador. O processo deve seguir um ciclo iterativo: inicia no design, segue para prototipação e, por fim, para testes com o usuário, retornando para o designer, que considera os resultados dos testes com o jogador. O ciclo é então repetido até que sejam alcançados a experiência e os objetivos desejados.

Em cada camada determinada para o modelo DPE são descritos subcomponentes do design de jogos educacionais, sendo estes: aprendizagem, *storytelling*, *gameplay* e experiência do usuário (Figura 5). Este modelo será apresentado a seguir.

Figura 5 - Representação do modelo DPE.



Fonte: Adaptação e tradução livre do autor, com base em WINN (2009).

No subcomponente **aprendizagem**, são contemplados o conteúdo e a abordagem pedagógica, elaborados com base no conteúdo. O foco está na definição dos objetivos de aprendizagem, pelos quais será possível mensurar, posteriormente, a apreensão do jogador na interação do jogo.

Em **storytelling** é planejada a história do jogo, a qual é considerada a partir de duas perspectivas: a do designer e a história do jogador. Em um primeiro momento, o designer planeja o *storytelling* com o objetivo de promover envolvimento e estimular o conteúdo do jogo, criando personagens e cenários. Posteriormente, durante a interação com o jogo, a história do jogo é combinada com as escolhas do jogador, o que comporá a trajetória do jogador na camada experiência do modelo.

Em **gameplay** são planejadas as possíveis ações do jogador, suas estratégias, escolhas e a experiência que se deseja proporcionar. Em um primeiro momento, são projetadas as mecânicas, regras, desafios e objetivos de jogo, os quais representam as possíveis ações do jogador. Na camada jogar, as dinâmicas representam as estratégias criadas pelo jogador para atingir os objetivos de jogo. Da interação entre mecânicas e dinâmicas surge o efeito, ou as experiências e emoções do jogador, alcançado através do processo interativo de criação, prototipagem e testes.

Na **experiência do usuário** está a interface do jogo, onde encontra-se tudo o que o jogador visualiza e interage, sendo seu objetivo possibilitar atingir os objetivos de aprendizagem. Na base de tudo fica a tecnologia, a qual delimita onde o jogo será desenvolvido, estando esta mais intimamente ligada às camadas mais próximas (interface e *gameplay*).

#### 4.3 MODELO DE CICLOS

O método proposto por Jesse Schell (2008), em seu livro *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, é uma adaptação de um modelo criado por Barry Boehm, em 1986, que reflete o processo de criação de *softwares*. O modelo é um aprimoramento da estratégia usada por programadores no passado, na qual as tarefas seguiam um modelo linear, sem interações ou retroalimentação, que era apenas beneficiado pelo fato de ser dedicado mais tempo ao planejamento antes de se iniciar a execução.

O modelo de Boehm gira em torno de três ideias principais: manejo de riscos, prototipação e ciclos, os quais devem ser executados até que o produto esteja finalizado. As etapas deste ciclo são as seguintes:

1. Definição de um problema.
2. Pensar nas possíveis soluções para o problema.

3. Escolher uma solução.
4. Listar os riscos associados à solução escolhida.
5. Construir protótipos que mitiguem os riscos.
6. Testar os protótipos e, se satisfatórios, parar os testes.
7. Listar os novos problemas e retornar à etapa 2.

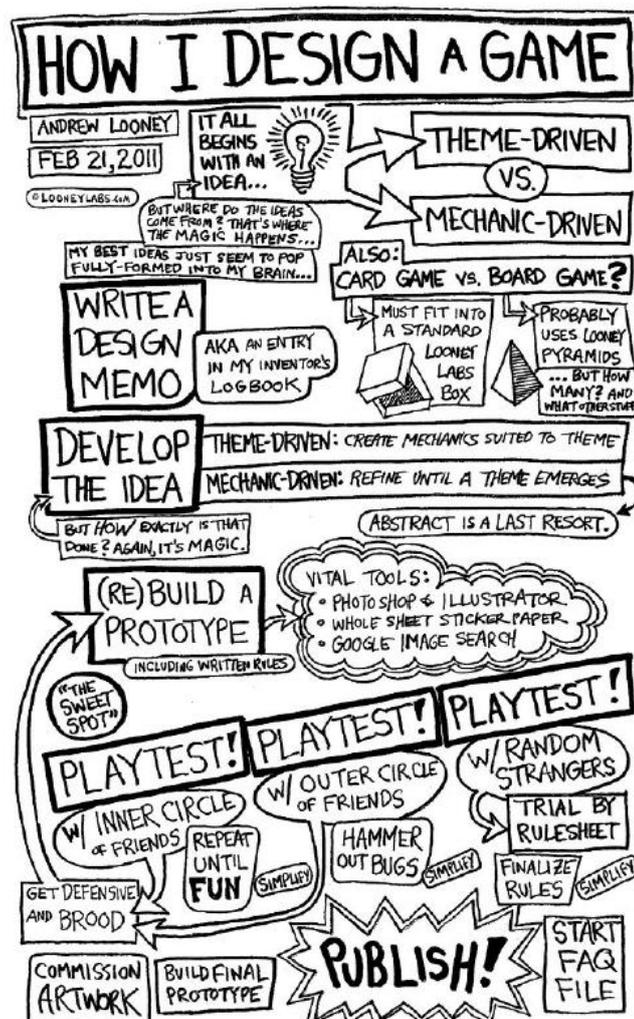
A cada ciclo realizado o produto será aprimorado, sendo identificados novos problemas que podem contribuir para o melhoramento do jogo. Segundo Schell (2008, p.77-78), o processo apenas poderá ser dado como concluído quando o jogo for capaz de superar oito testes ou filtros:

- a. **Impulso artístico:** de caráter extremamente pessoal, o jogo deve passar a impressão de que parece certo. Caso contrário, algo deverá ser alterado.
- b. **Demográfico:** o jogo deve ser desenvolvido tendo em mente a audiência a que se destina, seja ela por idade, gênero ou interesses.
- c. **Experiência:** para que o filtro seja aplicado, devem ser considerados todos os aspectos envolvidos para a criação de uma boa experiência, seja eles estéticos, temáticos, de balanço, entre outros.
- d. **Inovação:** se um novo jogo está sendo projetado, deve se considerar que ele contém algo de novo; o quanto, fica a cargo do processo de desenvolvimento.
- e. **Mercado:** refere-se à aceitação no mercado.
- f. **Engenharia:** o jogo deve ser avaliado quanto à viabilidade técnica e produtiva.
- g. **Social:** deve ser avaliado se o jogo é capaz de alcançar os objetivos em termos sociais e de manutenção de uma comunidade.
- h. **Testes de jogo:** deve questionar se o jogo agradou aqueles que participaram das etapas de teste.

#### 4.4 AS ETAPAS DE LOONEY

A metodologia elaborada por Andrew Looney (2011), autor de jogos como Fluxx e Icehouse, é uma das poucas referências para o projeto de jogos de mesa, uma vez que ao se realizar uma pesquisa por game design o foco costuma ser o design de jogos digitais, podendo ou não contemplar variações. No artigo de Looney, intitulado *How I Design a Game* (SELINKER, 2011, p.46-55) ele apresenta seu processo de criação, que pode ser sumarizado pelo diagrama da Figura 6, e descrito pelas seguintes etapas:

Figura 6 - Diagrama que representa a metodologia de Looney.



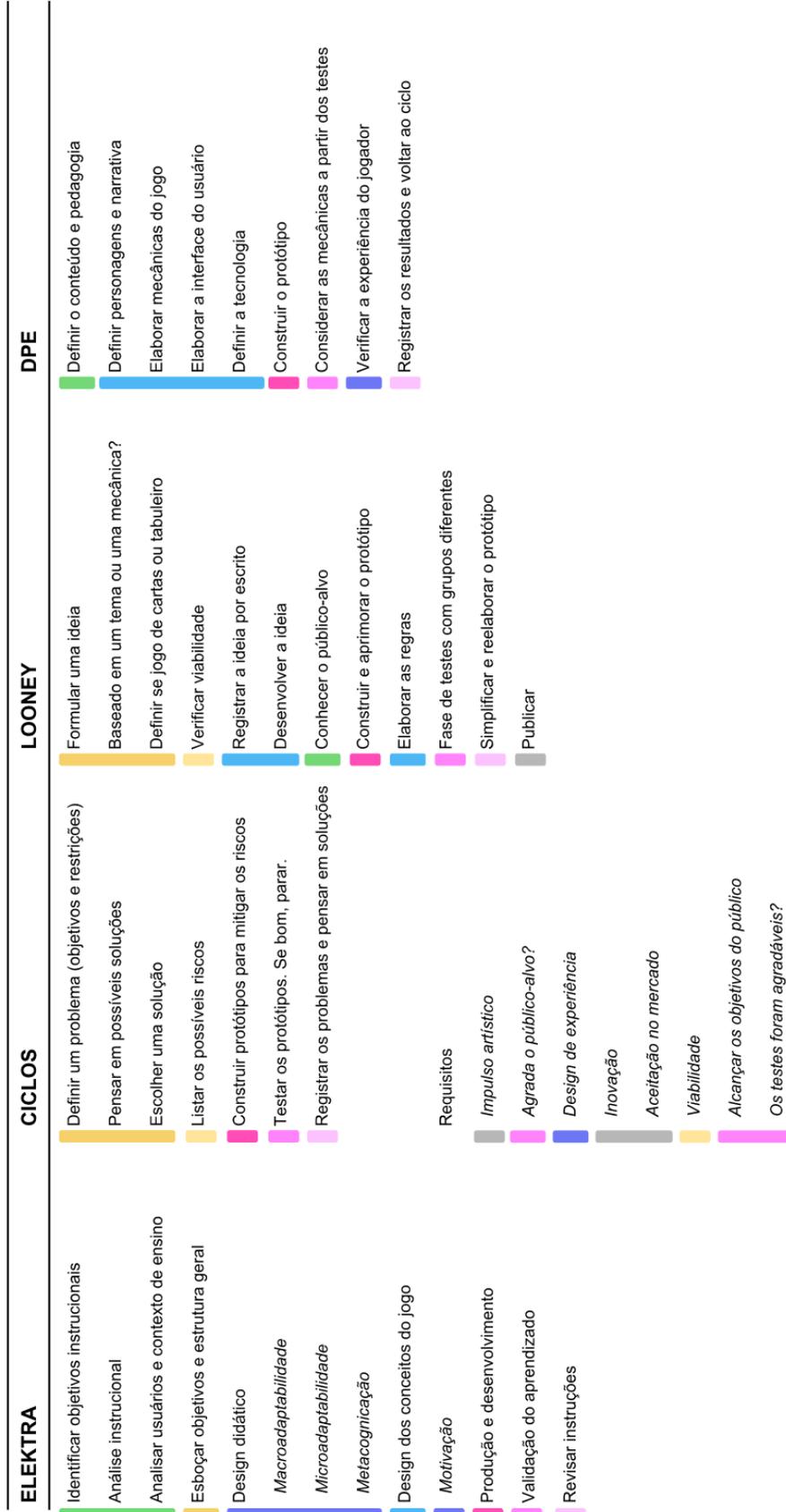
Fonte: SELINKER, 2011.

1. **Concepção:** a partir de uma ideia, definir se o jogo será baseado em uma mecânica ou tema em particular, escolher se o mesmo adotará a modalidade de cartas ou tabuleiro, analisar a viabilidade e limitações de produção e registrar em texto todas as ideias e como elas funcionariam.
2. **Desenvolvimento:** entender o público a quem o jogo se destina, construir o primeiro protótipo e manual de instruções e realizar um processo contínuo de testes e prototipagem, visando a melhoria do produto. A cada avanço no desenvolvimento é desejável consultar grupos de testes diferentes, iniciando por pessoas mais próximas, de modo a obter *feedback* sincero e verificar se o mesmo é divertido, o que segundo ele ocorre quando alguém que perdeu pede para jogar novamente logo em seguida, chegando até grupos de desconhecidos, que podem ser usados para testar o jogo apenas a partir do livro de regras, dando base para a correção de problemas no jogo.
3. **Publicação:** realização de todos os processos que envolvem a construção final do jogo, sejam eles do departamento de arte, embalagem ou divulgação.

#### 4.5 METODOLOGIA PROPOSTA

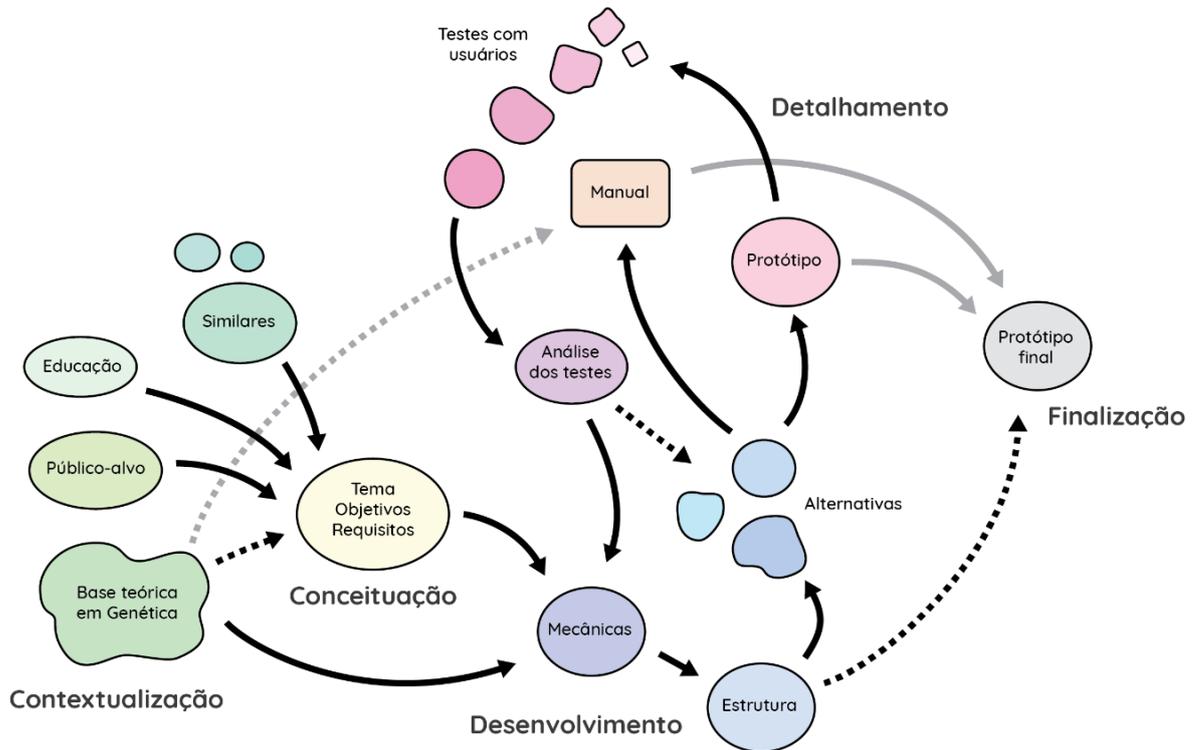
A partir da análise das metodologias selecionadas, foi elaborado um quadro na qual foram identificados elementos comuns a cada um dos métodos, os quais foram agrupados por similaridade, conforme mostrado na Figura 7. Tal organização permitiu a elaboração de um modelo híbrido (Figura 8), adaptado às necessidades de projeto, sendo este usado para delimitar as etapas de criação e desenvolvimento.

Figura 7 - Organização das metodologias de referência por similaridade.



Fonte: Autor (2018).

Figura 8 - Detalhamento dos componentes do método proposto.



Fonte: Autor (2018).

Como pode-se observar, o método proposto divide o processo de criação do jogo em cinco etapas: Contextualização, Conceituação, Desenvolvimento, Detalhamento e Finalização. Estas etapas, por sua vez, incorporam componentes do design instrucional, de modo que o jogo produzido possua também um caráter educativo. Uma descrição de cada uma destas etapas é apresentada a seguir.

1. **Contextualização:** nesta etapa deve ser analisado o contexto educacional e identificados os principais problemas relacionados ao tema de trabalho. Devem ser buscadas referências de modo a embasar o desenvolvimento do projeto, bem como informações relativas ao público-alvo e a trabalhos com enfoque semelhante desenvolvidos anteriormente. Além da pesquisa teórica, devem ser feitas entrevistas junto aos educadores de modo a conhecer o perfil dos estudantes e das condições escolares na realidade local, buscando também informações sobre os temas que seriam mais

atrativos para a elaboração do jogo. A etapa contempla ainda uma pesquisa para fundamentação teórica dos conceitos em genética, mas estes apenas virão a ser utilizados em etapas posteriores. Neste trabalho, esta etapa corresponde à introdução, objetivos, fundamentação teórica e análise de contexto.

2. **Conceituação:** comum a todas as metodologias citadas, é nesta etapa que devem ser definidos o tema e os objetivos do projeto, determinados os requisitos instrucionais, verificados os eventuais riscos e restrições associados à sua realização. A esta etapa corresponde à finalização das atividades relativas à primeira etapa do Trabalho de Conclusão do Curso.
3. **Desenvolvimento:** etapa que demarca o início do processo de criação, através da definição dos assuntos trabalhados no jogo e a maneira como cada um deles será abordada, através da definição de regras, mecânicas e da estrutura geral do jogo, propondo alternativas que busquem respeitar os objetivos definidos nas etapas anteriores.
4. **Detalhamento:** componente mais longo da metodologia proposta, esta etapa pode ser identificada em todos os métodos analisados e visa uma revisão contínua do protótipo e das instruções associadas. Iniciada após a escolha de uma das alternativas de projeto, devem ser realizados testes cíclicos com diferentes grupos de usuários com o objetivo de identificar problemas e propor soluções que melhor se ajustem às necessidades especificadas na etapa de conceituação, elaborando protótipos aperfeiçoados a cada nova interação. Esses protótipos envolvem tanto a elaboração de peças gráficas e objetos, quanto a redação do manual e as dinâmicas de jogo, oriundas da base científica explorada. Por se tratar de um jogo com abordagem educativa, o mesmo deve ser idealmente testado junto a alunos e professores, mas a viabilidade destes testes está condicionada ao acesso às escolas e turmas de alunos de nível médio.
5. **Finalização:** corresponde à confecção do protótipo final do jogo, de seu manual de instruções e da análise quanto aos objetivos alcançados.

## 5 ANÁLISE DE CONTEXTO

Baseado na metodologia adotada, de modo a concluir a etapa de contextualização, deve ainda ser realizada uma pesquisa junto aos professores de biologia de nível médio com o intuito de identificar problemas e possíveis abordagens do tema, complementando as informações coletadas durante a pesquisa teórica. Nesta seção também será realizada uma análise de similares.

### 5.1 PESQUISA COM PROFESSORES DE BIOLOGIA

Com o objetivo de reunir dados para o desenvolvimento do projeto, foi elaborada uma pesquisa qualitativa junto a professores de ensino médio de escolas públicas e particulares, na qual foram identificados alguns pontos de interesse. O questionário foi disponibilizado on-line em grupos de estudantes graduados em biologia e entregue para professores com o qual o autor e conhecidos tinham contato. Os respondentes foram voluntários e foram mantidos no anonimato. As respostas confirmaram diversos problemas apontados no levantamento teórico. A amostra, apesar de pequena, foi bem heterogênea (vide Apêndice B), contando com professores novos e outros que já lecionam há mais tempo. A diferença entre estes também é grande ao relacionar a quantidade de conteúdos trabalhados no ensino médio, visto que muitos apenas abordam os conceitos fundamentais.

Boa parte dos oito respondentes afirmou não dispor de tempo suficiente para elaborar o conteúdo de aula dentro da carga horária escolar. Todos possuíam graduação em Ciências Biológicas, alguns deles com mestrado ou especialização, e por vezes lecionando outras aulas além da biologia.

Questionados sobre o comportamento dos alunos em sala de aula durante as aulas de biologia, estes relataram um sortimento de reações, mencionando como possíveis causas de desinteresse e dificuldade dos alunos o fato destes estarem ingressando em um ambiente de maior cobrança acadêmica, a associação dos conteúdos de genética com a matemática, problemas relacionados com a

interpretação de textos, à abstração de conteúdos e falta de contextualização. Todos se mostraram bastante receptivos ao uso de jogos em sala de aula, reforçando a capacidade destes de promover a integração dos estudantes, que nem sempre demonstram interesse em aula ou nos materiais didáticos oferecidos pelo professor.

Dentre os conteúdos de genética trabalhados durante o ensino médio, foram mencionados pontualmente como de maior dificuldade para os alunos os cruzamentos genéticos e a compreensão da primeira lei de Mendel, bem como a separação dos alelos na formação dos gametas. Muitos professores disseram que a dificuldade se estende a todo conteúdo, sendo que muitos ensinam conteúdos além dos conceitos básicos de herança e expressão gênica.

Em relação à estrutura didática de genética no ensino médio, comentaram que seria interessante distribuir o conteúdo de modo que nem tudo fosse ensinado no terceiro ano. Além disso, no caso dos livros, que costumam abordar citologia no primeiro ano, seria mais produtivo trabalhar divisão celular e meiose junto dos conceitos de genética. Perguntados sobre possíveis abordagens ou temáticas para o jogo, os assuntos levantados dizem respeito à herança e gerações, proporções genotípicas e fenotípicas, tipos sanguíneos, à separação dos alelos na formação dos gametas, correlações com a divisão celular, estrutura do DNA, defeitos congênitos, ecologia e relações de genes com o ambiente.

Conforme citado por um dos respondentes, que leciona há 37 anos na rede privada de ensino, todos os temas pertinentes à genética do ensino médio poderiam ser trabalhados caso o jogo fosse elaborado com o intuito de promover a fixação e teste de conhecimentos, mas que este deveria se limitar os conceitos mais básicos caso o objetivo fosse apenas introduzir conteúdo.

## 5.2 ANÁLISE DE SIMILARES

Conforme foi explorado nas seções anteriores, desde a antiguidade os jogos têm sido usados como forma de promover o aprendizado, e têm se difundido cada vez mais com a popularização dos jogos eletrônicos. Ao realizar uma busca por jogos que

abordam conceitos similares, considerando o escopo deste trabalho, foram identificados alguns títulos digitais e físicos que exploram conceitos de genética em diferentes níveis. No cenário nacional, por sua vez, os exemplos encontrados foram desenvolvidos em contexto escolar, sendo muitos deles descritos entre os materiais didáticos publicados no periódico semestral *Genética na Escola*<sup>2</sup>, desenvolvido pela Sociedade Brasileira de Genética.

A seleção destes se deu por base em uma busca por palavras-chave no Google, utilizando os termos jogo, educacional e genética, em português e inglês, sendo selecionados tanto jogos como objetos de aprendizado que abordam o tema deste projeto. Para fins de análise, foram escolhidos cinco títulos, com base em sua disponibilidade e relevância, os quais são descritos de forma sucinta nesta seção, de modo a salientar aspectos de interesse que possam vir a colaborar com o desenvolvimento da proposta.

### **5.2.1 Mendelius**

*Mendelius* é um jogo de cartas desenvolvido por Rafael Navajas-Pérez e Cristina Aznarte-Mellado publicado em 2014, destinado para jogadores a partir de 15 anos. Disponível como aplicativo, baralho físico e imprimível, o jogo utiliza naipes para ensinar as bases genéticas de herança. Ao longo de sete rodadas, dois jogadores competem para formar uma combinação específica de cruzamentos predeterminados, os quais aumentam de dificuldade à medida que o jogo avança. Dado um conjunto de cartas inicial, os jogadores devem sortear e descartar uma carta a cada rodada com o intuito de formar as combinações desejadas.

O jogo explora a combinação de genótipos utilizando cartas para representar uma família composta por avós, pais e filhos, cada um com restrições próprias. O conceito trabalhado é a primeira Lei de Mendel, sendo a característica evidenciada no jogo a de cor da pele, definida pela combinação de dois alelos, os quais dão origem a três tipos de pigmentação, dois puros e um híbrido (Figura 9).

---

<sup>2</sup> <https://www.geneticaaescola.com.br/>

Figura 9 - Cartas do jogo, ilustrando os personagens da família e o coringa.



Fonte: Mendelius - <https://www.mendelius.com/juego/instrucciones/>

O baralho tem também um coringa, uma forma caricata da figura de Gregor Mendel, o qual pode ser utilizado em qualquer posição dos cruzamentos, mas penaliza o jogador que o tiver em sua mão e não completar todos os cruzamentos. O jogo utiliza um sistema de pontos atribuídos de modo distinto a cada uma das cartas, de modo que ao completar uma rodada o jogador recebe uma pontuação base e seu oponente deve somar o valor correspondente a cada uma das cartas que tiver na mão, de modo que vence o jogador com o menor número de pontos ao final das sete rodadas.

### 5.2.2 Gene Rummy

Desenvolvido por Katrin Becker (2014), uma educadora, designer e analista de jogos sérios, *Gene Rummy* é um jogo de cartas que explora o conceito de alelos múltiplos na determinação da cor da pelagem em coelhos (Figura 10). Ao contrário do jogo anterior, ele deve ser jogado com as mãos abertas, de modo que todos os jogadores possam ver as cartas do oponente durante o jogo. Seu objetivo é construir conjuntos de cartas que possam representar cruzamentos viáveis entre dois pais e suas possíveis proles.

Figura 10 - Conjunto de cartas que exemplifica a disposição de elementos.



Fonte: Gene Rummy - [http://minkhollow.ca/gene-rummy/?page\\_id=34](http://minkhollow.ca/gene-rummy/?page_id=34)

O jogo representa a combinação de quatro genes, com seus diferentes alelos, produzindo quatro fenótipos principais e o albino. As cartas ilustram imagens dos coelhos junto das denominações aceitas para seus genótipos e fenótipos, o sexo, a pontuação de cada carta, bem como de uma tabela com os possíveis alelos de cada espécime. Desenvolvido para uso em sala de aula, em seções de 10 a 30 minutos, o jogo pode ser trabalhado de três modos distintos, que incorporam cartas adicionais, aumentando a complexidade à medida que os alunos adquirem mais domínio do assunto.

Um aspecto interessante diz respeito à tabela presente nas cartas. Nelas, alguns alelos são indicados por traços, os quais são desconhecidos e, portanto, fazem com que os jogadores utilizem de tais dados para compor os cruzamentos e inferir a respeito dos genótipos desconhecidos dos pais ao gerar proles viáveis. Por trabalhar alelos múltiplos em diferentes ordens de dominância, a pontuação de cada rodada é feita com base na quantificação da raridade destes, de modo que alelos mais recessivos possuem uma pontuação maior. O fato do jogo trabalhar com exemplos reais ajuda a criar um nível de realismo, o que permite contextualizar os exemplos estudados em sala de aula, os quais vão além da base teórica.

### 5.2.3 Jardineiros intergalácticos

Jardineiros intergalácticos é um jogo desenvolvido no contexto de sala de aula através de uma intervenção educativa na disciplina de estágio do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com o intuito de propor atividades que proporcionassem a participação ativa dos estudantes (Figura 11). O jogo busca simular cruzamentos e pensar na genética de populações no sentido ecológico, tratando de noções básicas de seleção natural através da expressão de genes em função do ambiente. Cooperativamente, os jogadores devem definir estratégias de cruzamento de modo a evitar a extinção de plantas imaginárias em um planeta alienígena (BARBOSA, 2017).

Figura 11 - Representação de uma partida de Jardineiros intergalácticos.



Fonte: BARBOSA, 2017.

Para tanto, os jogadores devem aprender as particularidades de dois genes dessas plantas, de modo a gerar indivíduos aptos a sobreviver em um ambiente que se transforma a cada turno. O jogo possui uma apresentação de caráter artesanal, com um tabuleiro e cartas dos tipos de indivíduos possíveis, além de cartas para os parâmetros ambientais e peças de montar para cada um dos fenótipos possíveis.

Além desses elementos, são também usados dados para determinar as probabilidades de ocorrência dos diferentes genótipos ao longo dos cruzamentos.

O jogo proporciona aos estudantes uma visão concreta, apesar de simulada, das relações entre genótipo e fenótipo com a seleção natural, podendo ser uma alternativa interessante no entendimento desses conceitos em comparação às aulas expositivas convencionais, dando suporte para discussões e contextualizações em sala de aula. No entanto, a complexidade do jogo e o grande número de materiais de apoio, tal como folhas para anotações e fichas com informações sobre regras e conceitos, podem causar uma confusão inicial para muitos estudantes, exigindo a moderação do professor.

De acordo com a teoria pesquisada, pensamos que esses aspectos poderiam ser contornados ao estabelecer relações entre os elementos do jogo de modo mais intuitivo, reduzindo o número de elementos com os quais os alunos interagem. A teoria, no entanto, poderia ser expressa através de um manual que contivesse todas as possíveis correlações, sendo este uma fonte de consulta durante o jogo.

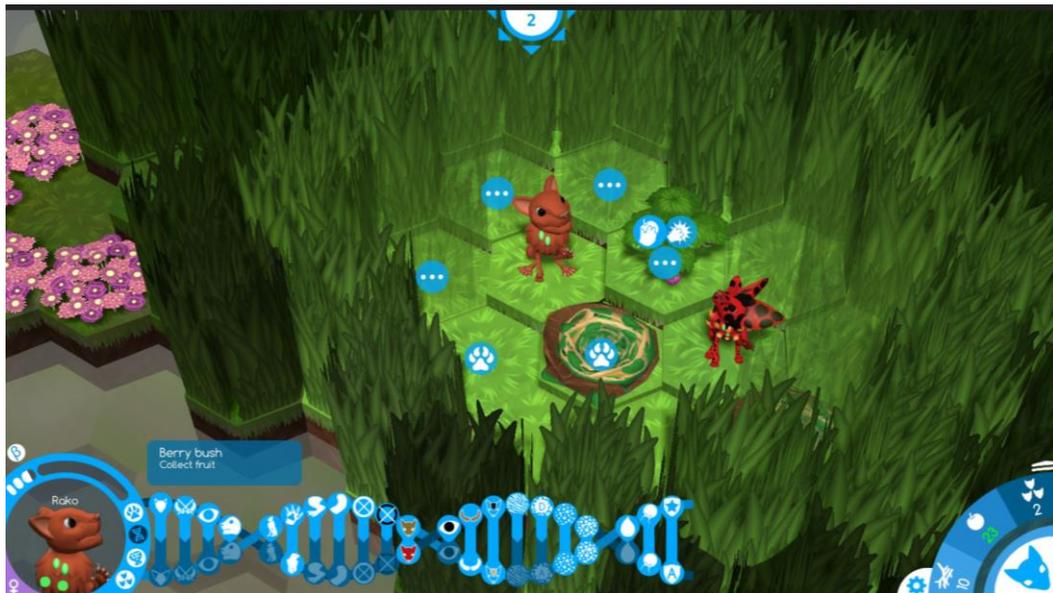
#### **5.2.4 Niche**

O jogo foi criado como parte da tese de graduação da *game designer* Philomena Schwab, a qual também se interessa por biologia. *Niche - a genetics survival game*, é um jogo eletrônico recente (2017), oriundo de uma campanha de financiamento coletivo, que aborda o tópico de genética de populações. Seu principal objetivo é moldar uma tribo animal e mantê-la viva contra diversas variáveis ambientais, tais como predadores, disponibilidade de alimento, mudanças climáticas e doenças.

O mundo do jogo utiliza um tabuleiro formado por casas hexagonais em ilhas, nos quais habitam animais gerados processualmente. Cada turno é composto pelo ciclo de um dia, na qual os animais podem se mover e realizar ações como coletar alimento, reproduzir ou atacar. Todos possuem uma expectativa de vida limitada e precisam gerar descendentes de modo a evitar sua extinção. As características dos

animais são definidas por genes, transmitidos de geração a geração, os quais podem ser encontrados e modificados ao longo do jogo (Figura 12). De modo a vencer, a tribo deve habitar todas as ilhas na qual sua estratégia de sobrevivência foi bem definida, criando assim espécies adaptadas.

Figura 12 - Imagem do jogo, com os controles genéticos e ambientais.



Fonte: Niche - a genetics survival game (2017)

O jogo possui uma curva de aprendizado acentuada, na qual a introdução dos conteúdos teóricos ocorre antes que o jogador sinta alguma necessidade de iniciar o condicionamento de características. Além disso, ele não oferece muito suporte didático em jogo, o que pode frustrar muitas pessoas em virtude da vida curta das criaturas e da aleatoriedade de eventos, que podem impedir uma exploração mais ampla dos cenários. Apesar de ser uma ferramenta consistente para auxiliar em atividades de ensino ao contemplar as bases da genética, tais como as leis de Mendel, mutações e seleção natural, permitindo visualizar facilmente como os genes influenciam as características da tribo de criaturas, acreditamos que em sala de aula o mesmo precisaria de algum suporte por parte do professor.

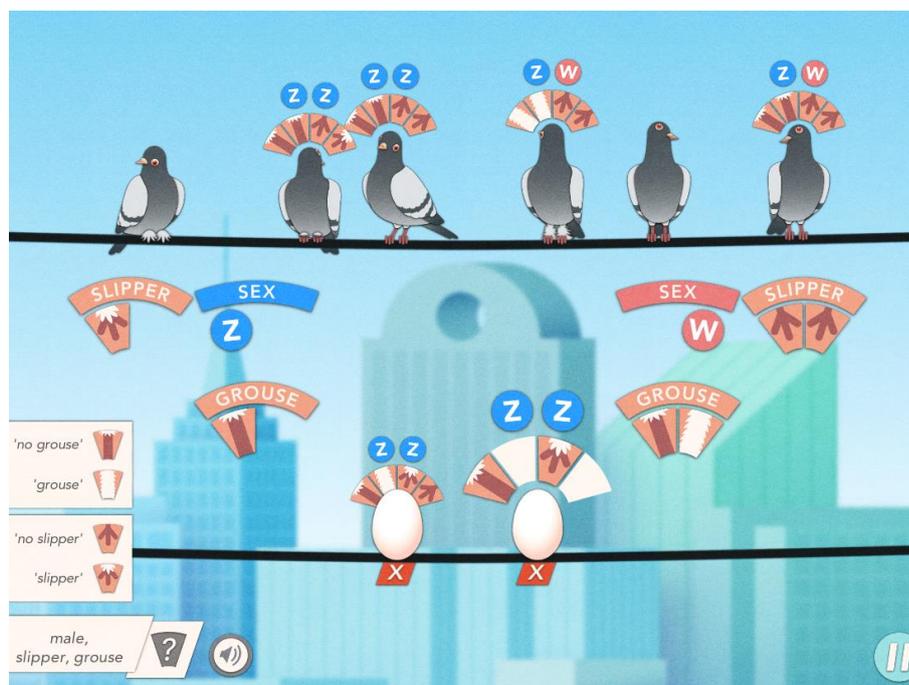
Muitas vezes, *Niche* deixa vago o modo como alguns mecanismos ocorrem, não oferecendo uma explicação mais aprofundada a respeito desses conceitos. Deste modo, o estudante acaba buscando soluções através de tentativa e erro ou da troca

de informações com outros jogadores. Ao compreender sua mecânica, o jogo pode se tornar previsível e repetitivo, sendo possível selecionar o cruzamento de características benéficas, ignorando em parte o conteúdo científico e dando muita ênfase para o gerenciamento de recursos.

### 5.2.5 Pigeonetics

*Pigeonetics* é um jogo online desenvolvido pelo *Genetic Science Learning Center*, da Universidade de Utah (2015), o qual utiliza uma abordagem narrativa ao introduzir conceitos e atividades. Composto por 26 exercícios de complexidade crescente, o jogo trás de forma instrutiva e lúdica elementos de genética aplicados ao cruzamento de pombos, através de exemplos animados, sons e um narrador (Figura 13). Nos exercícios mais avançados, o jogador tem um número limitado de movimentos, os quais contribuem para sua pontuação.

Figura 13 - Tela principal do jogo, ilustrando uma atividade de nível avançado.



Fonte: Pigeonetics - <https://learn.genetics.utah.edu/content/pigeons/pigeonetics/>

Ao longo de todas as atividades, o jogo dá a oportunidade de aprender a respeito de cada um dos conceitos introduzidos, bem como fornece dicas para auxiliar na resolução dos exercícios, o que vai de encontro com os preceitos do design instrucional.

### 5.2.6 Considerações relativas à análise de similares

Ao definir o foco deste projeto como um jogo de mesa, busca-se produzir um objeto de conteúdo didático que promova a integração dos estudantes e a discussão dos conteúdos trabalhados em sala de aula através de uma abordagem lúdica. Através dos similares explorados na seção anterior, é possível identificar elementos recorrentes nos jogos de temática genética (Quadro 2), os quais também podem servir de base para a construção de mecânicas, dinâmicas e representação gráfica dos conceitos, embasando as etapas criativas do projeto.

Quadro 2 - Principais elementos de jogabilidade identificados nos similares.

<b>Jogo</b>	<b>Mecânicas</b>	<b>Estrutura</b>
Mendelius	Apostas, controle de mãos, memória, montar baralho, simulação, trocas	Cartas, marcador
Gene Rummy	Controle de mãos, montar baralho, simulação	Cartas
Jardineiros intergalácticos	Apostas, controle de mãos, cooperação, dados, lápis e papel, memória, montar baralho, narrativa, simulação	Cartas, dados, marcadores, peças de montar, tabuleiro
Niche	Apostas, área de controle, eliminação de jogadores, dados*, memória, montar baralho, movimentação, narrativa, pontos de ação, simulação, sorteio de ações	Tabuleiro, personagens, marcadores, recursos
Pigeonetics	Apostas, controle de mãos, dados*, memória, pontos de ação, simulação	Cartas, marcadores

\*Jogos digitais que lidam com a questão de probabilidade, apesar do dado, como elemento visual, não estar presente.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas mecânicas extraídas de Game Board Geek (2018).

Um elemento comum nos similares analisados é o uso de cartas, as quais contêm informações acerca dos personagens, permitindo que os jogadores estabeleçam discussões com base nos conceitos nelas contidas. Diferentemente dos demais, *Jardineiros intergalácticos* incorpora também o uso de peças encaixáveis, as quais são uma estratégia interessante por permitirem a fixação dos conteúdos através de interações distintas, na qual deve haver uma interpretação da combinação de eventos do jogo, para posterior representação dos indivíduos presentes nas cartas. Os dados, por sua vez, representam o caráter aleatório dos cruzamentos, presentes também nos jogos *Niche* e *Pigeonetics*, os quais geram diferentes proporções de expressão gênica com base nas probabilidades.

*Mendelius* e *Gene Rummy*, uma vez compreendidos, exploram a questão da herança genética de modo bem simplificado, de modo que várias partidas podem ocorrer em uma mesma aula. Assim, para materiais distribuídos em sala de aula, o ideal seria utilizar jogos cuja duração não se estendesse além de um período, sendo importante considerar a quantidade de conceitos incorporados no jogo de modo que sua simplificação não comprometa o aprendizado.

## 6 CONCEITUAÇÃO

Uma vez concluídas as etapas de pesquisa para o desenvolvimento do projeto, foi dada continuidade à execução do jogo de mesa proposto. Conforme discutido anteriormente, nesta etapa devem ser estabelecidos os objetivos de projeto, bem como determinados os requisitos e restrições associados à sua realização. Tomando por base os aspectos analisados anteriormente, bem como os dados levantados nas entrevistas, foram definidas as seguintes diretrizes:

1. O jogo desenvolvido deve apresentar uma estrutura similar com os conteúdos teóricos da genética, através de suas mecânicas, dinâmicas, elementos visuais e interativos, mantendo um caráter lúdico.
2. O jogo deve evitar um alto nível de complexidade, de modo que o mesmo não comprometa o entendimento das regras e mecânicas, prejudicando o aprendizado e reduzindo seu caráter de divertimento.
3. Seu desenvolvimento deve levar em consideração o tempo de aula, de modo que uma partida do mesmo não exceda um período de 50 minutos.
4. Levando em consideração o aspecto interacional, o jogo deve ser multijogador, considerando também a questão cooperativa, de modo que promova a interação e discussão entre os participantes, característica valorizada entre os jogos de mesa.
5. Apesar de ser um projeto autoral, o jogo deve apresentar viabilidade produtiva e financeira, de modo que o mesmo possa vir a ser incorporado em ambiente escolar. Este pode também vir a considerar outros meios de distribuição para que esta diretriz seja alcançada.

O tema do jogo deve envolver os conceitos das leis de hereditariedade de Mendel, os quais devem ser bem estruturados para permitirem a incorporação de conceitos mais avançados, tais como aspectos ecológicos ou questões evolutivas, os quais serão definidos ao longo do processo de geração de alternativas na etapa de desenvolvimento. A incorporação de conceitos adicionais é válida visto que o jogo

será desenvolvido com o intuito de promover a fixação de conteúdos e estimular discussões, sendo para isso necessário ter uma base prévia de conhecimento. Isso não impede, no entanto, que o jogo possa se desdobrar em mais de uma dinâmica, dando espaço para introduzir, expandir e testar conceitos aprendidos.

## 7 DESENVOLVIMENTO

Uma vez definidas as diretrizes de projeto, foi dado prosseguimento à elaboração do jogo, através inicialmente da seleção de tópicos a serem abordados. Esta seleção dos tópicos seguiu as observações obtidas no questionário aplicado com os professores de ensino médio, sendo valorizados os tópicos com maior número de menções. Para a geração de ideias foi tomado por referência o processo descrito por Pulsipher (2012), no qual todo jogo tem por origem um dos seguintes tópicos: tema, mecânicas, restrições, componentes ou jogo base, sendo que dois deles (tema e restrições) já são atendidos pelas diretrizes pré-estabelecidas. Deste modo, verificou-se a necessidade de emparelhamento dos tópicos selecionados com possíveis mecânicas de jogo, obtidas em parte dos similares analisados e dos itens descritos no item 3.3 deste relatório.

Assim, pretende-se estabelecer relações entre os tópicos, possibilitando diferentes maneiras de exploração e garantindo o cumprimento dos parâmetros projetuais de ludicidade e intuitividade. Para estes, foi desenvolvido um painel semântico (Figura 14) com o objetivo de reunir elementos visuais que colaborassem com o desenvolvimento do projeto.

Figura 14 - Painel semântico para os termos lúdico e intuitivo.



Fonte: Compilação do autor<sup>3</sup> (2019)

<sup>3</sup> COLORCRAFT PUZZLES (2018); COUTINHO (2012); KITA.DE (2016); PIXAR (2010); SIMONELLI (2016).

## 7.1 DELINEAMENTO DE CONTEÚDOS

Tendo em vista que o objetivo deste projeto é criar um jogo que motive o aprendizado e reforce conteúdos, foram priorizados os tópicos citados pelos professores como sugeridos para trabalho, bem como os citados como de maior dificuldade ensino por parte dos professores ou de aprendizagem por parte dos alunos de ensino médio, delimitados no item 5.1 (Figura 15).

Figura 15 - Mapa mental relacionando os principais tópicos citados.



Fonte: Autor (2019)

Foram buscados exemplos na natureza e na teoria que pudessem orientar a criação de mecânicas de jogo baseadas nos mesmos, através de simulações ou representações abstratas de modo a ressaltar o caráter lúdico da proposta. Por ser uma área de estudo bastante ampla, alguns dos tópicos foram desconsiderados ao longo do processo de criação uma vez que poderiam ocasionar um aumento considerável no número de variáveis de jogo. Por outro lado, tópicos sugeridos por alguns professores acabaram sendo incorporados por colaborarem com a ludicidade do jogo, além de servirem para a introdução de conteúdos que não são trabalhados por todas as escolas, apesar de estarem presentes nos livros didáticos.

Durante o estabelecimento de diretrizes foi citado que o jogo poderia ser desmembrado em diferentes níveis de dificuldade e considerou-se que a progressão de níveis não comprometeria a experiência de jogo, uma vez que ficaria a cargo do professor sua utilização. A progressão de níveis, assim como em alguns dos similares,

deverá apresentar algum diferencial, visando associação com conceitos do tema trabalhado.

## 7.2 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Uma vez definidos os possíveis tópicos a serem simulados, tomando por base os assuntos recorrentes nos questionários, o processo de geração de alternativas foi iniciado através da análise de jogos similares, descrita no item 5.2, com o intuito de estabelecer mecânicas compatíveis com as diretrizes de projeto, bem como os cálculos para definição do número de elementos de jogo necessários à sua construção. Os jogos analisados, em sua maioria baseados em mecânicas de cartas, direcionaram maior parte do desenvolvimento, mas ao longo do processo de criação pretendemos que elementos adicionais vão ser incorporados.

Tomando os conceitos básicos da genética como fundamentais, optou-se por representar a relação entre genótipos (a informação contida no código genético dos indivíduos) e fenótipos (as características expressas por essa informação). Essas informações foram adotadas visualmente para as mecânicas fundamentais, de forma que o fenótipo seria de conhecimento de todos os jogadores enquanto o genótipo apenas seria conhecido por aqueles que possuísem o elemento de jogo. Para tanto, foi definido que tal mecânica seria baseada em um jogo de cartas, as quais trariam em cada um dos lados um dos conceitos acima citados. Essa escolha pelo uso de cartas é reforçada pelo fato de que o jogo possuirá muitos elementos a serem manipulados, bem como o fato de o papel permitir a reprodução do mesmo a custo inferior ao protótipo desenvolvido por este trabalho.

Dada a existência desta diferenciação, seria interessante incorporar outros conceitos, já citados pelos professores, que permitam aos estudantes analisar as cartas frente a diferentes situações. Salientamos que a escolha por determinado elemento nem sempre seja favorável, visto que no conjunto de possibilidades de combinações nem todas seriam ajustadas à situação vigente.

Dentre os tópicos citados, a **genética de populações** seria um tema interessante, por estudar a distribuição e mudança na frequência de alelos sob

influência de quatro forças evolutivas. Estas seriam a seleção natural, as mutações, o fluxo gênico e a deriva gênica, os quais estabelecem relações dos organismos com o meio ambiente e ressaltam o caráter ecológico de tais interações. A **genética ecológica**, na qual a genética de populações se insere, por sua vez, lida com populações naturais, usando para tanto características ligadas ao ajuste que afetam a sobrevivência e reprodução dos organismos, tais como mimetismo e polimorfismo (BIZZO, 2016; MENDONÇA, 2016b). Para tanto, poderiam ser estabelecidos paralelos com exemplos observados na natureza, oferecendo maneiras distintas para a interpretação de problemas abordados nas aulas de genética.

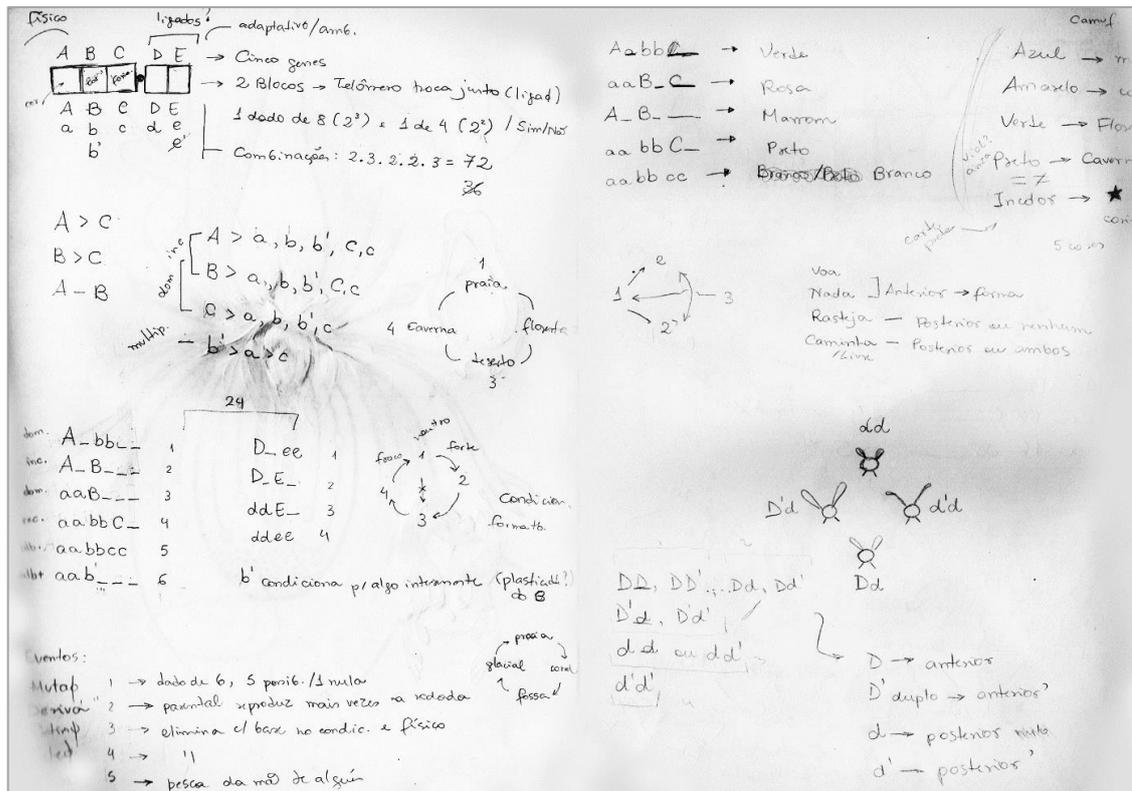
Além disso, levando em consideração as características importantes de jogos, descritas por Huang e Johnson (2009), das quais cabe destacar fantasia, representação, desafio e curiosidade, buscou-se elaborar um jogo no qual os elementos explorados estivessem descritos de maneira abstrata, através de uma história construída ao longo do jogo. Ao mesmo tempo, pretende-se incentivar a competição e a cooperação durante o jogo, criando um ambiente sujeito a alguma imprevisibilidade em função do caráter aleatório dos cruzamentos genéticos e de suas relações com o ambiente.

### 7.2.1 Definição do conjunto inicial

Conforme já descrito, o conjunto central de elementos do jogo foi concebido com base em dois dos conceitos fundamentais da genética. Por ser um jogo de cartas, o **genótipo** e o **fenótipo** foram utilizados para ilustrar as duas faces das cartas, sendo que em uma delas estaria representado um personagem, similarmente à estratégia usada nos jogos analisados Gene Rummy e Mendelius.

Inicialmente, foi avaliado o uso de características como padrões de pelagem e imunidades ligadas a parâmetros ambientais cuja expressão fosse determinada por relações de múltiplos alelos e interações entre eles, utilizando um conjunto maior de genes. A relação entre espécies e o ambiente poderia ser dada em função de um processo cíclico, no qual fossem criadas relações de dominância assim como em jogos no estilo pedra-papel-tesoura (Figura 16).

Figura 16 - Esboços de cálculos e arranjos para definição de mecânicas.



Fonte: Autor (2019)

A mesma lógica poderia ser usada para criar um jogo com temática fantástica, sendo estas relações associadas a diferentes elementos mágicos. No entanto, parte destas opções acabaram sendo desconsideradas em favorecimento de informações que pudessem ser facilmente visualizadas e reproduzidas, bem como para manter um alinhamento com o tema. Estas informações poderiam estar apresentadas na forma de cores, símbolos ou formas simplificadas, a fim de promover associações rápidas entre os conceitos e as mecânicas de jogo.

Posteriormente, utilizando os conceitos de **alelos múltiplos** e **interações gênicas** foram definidas as características que seriam trabalhadas no jogo, sendo estas forma e cor, respectivamente. Para a primeira, decidiu-se utilizar um gene com quatro alelos, os quais determinariam os possíveis formatos da personagem, enquanto a segunda característica foi associada a um conjunto de três genes com dois alelos cada. Para isso, foram elaboradas planilhas no qual foram simulados os cruzamentos genéticos para cada uma das características, dando uma dimensão da proporção de fenótipos observável (Figura 17).

Figura 17 - Delimitação do número de genótipos (letras) e fenótipos (cores).

Alelos múltiplos - 1 : 3 : 8 : 3 : 1 (16)				
	D	D'	d	d'
D	DD	DD'	Dd	Dd'
D'	D'D	D'D'	D'd	D'd'
d	dD	dD'	dd	dd'
d'	d'D	d'D'	d'd	d'd'

Interações gênicas - 1 : 3 : 12 : 12 : 36 (64)								
	Abc							
Abc	AAbbcc							
ABc	AABbcc							
ABC	AABbCc							
aBc	AaBbcc							
aBC	AaBbCc							
abC	AabbCc							
AbC	AAbbCc							
abc	Aabbcc							

Fonte: Autor (2019)

Dado o número elevado de combinações, que deve ser considerado como o produto entre ambos quadros de cruzamento, totalizando 1024 possibilidades, estas por sua vez, não poderiam ser reproduzidas em sua totalidade em um jogo físico. Em função disso foram feitas simplificações, buscando manter certa relação com a proporção de características observáveis em uma população.

No entanto, diferentemente dos similares físicos analisados, o jogo incorpora também, com base nos temas levantados durante a pesquisa com os professores, elementos relacionados à genética ecológica e de populações, os quais foram utilizados para compor a carta de ambiente e conectar esses conceitos diferenciais a outros elementos do jogo. Os conceitos considerados na criação das cartas de ambiente dizem respeito à capacidade de adaptação das criaturas, sendo que esta varia em função da cor e forma das mesmas em diferentes estágios de desenvolvimento, sendo parâmetro para a seleção natural.

Um conjunto adicional de cartas foi considerado, sendo este relativo a eventos de natureza ambiental e evolutivos, tais como migrações e extinções. O uso destas cartas, no entanto, por causarem modificações muitas vezes desagradáveis durante o jogo, envolvendo mecânicas como trocas e eliminações de cartas, poderiam

desmotivar os jogadores. Para tanto, decidimos incorporar neste conjunto um elemento de jogo neutro relacionado à alimentação das personagens, através de cartas com recursos de quantidades variadas. Uma vez que a alimentação dos grupos de personagens é um aspecto constante durante uma partida, estas cartas deveriam compor maior parte deste grupo de eventos, visto que as demais cartas representariam sua eventualidade, ocorrendo com menor frequência.

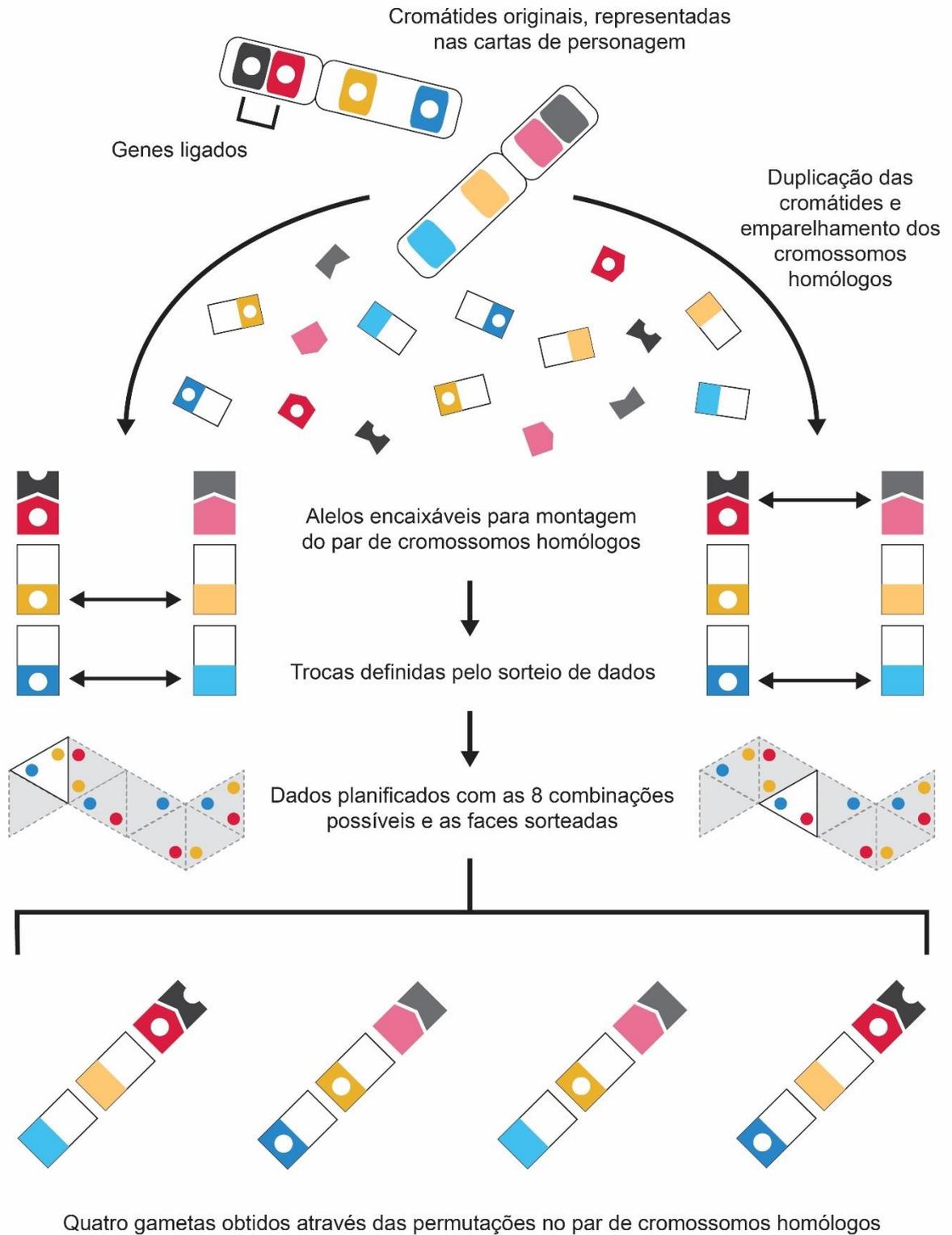
Outras estratégias consideradas para o grupo de eventos foi o uso de um dado comum aos eventos e recursos, de modo a reduzir o número de cartas e agrupar todas as variáveis consideradas como eventos em um único objeto. Para tanto, seria necessário utilizar um sólido regular com muitas faces, tal como um icosaedro (20), que poderia ser construído a partir de um sólido planificado, de modo a abrigar todas as possibilidades. Neste caso, o maior número de faces representaria alimento.

Uma alternativa, utilizando a mesma lógica de favorecer as opções ligadas à alimentação, seria a elaboração de uma roleta, com faixas mais amplas e numerosas para os eventos comuns e faixas estreitas para eventos ocasionais. No entanto, a execução e montagem dos mesmos poderia comprometer o uso, visto que estes poderiam privilegiar os eventos. Além disso, o sorteio de eventos aleatórios com muita frequência no dado ou roleta poderia ocasionar perturbações no jogo. Isso pode impactar na intenção de representar uma eventualidade, exigindo o desenvolvimento de regras adicionais para contornar essas ocasiões.

Outro conceito considerado durante a elaboração do jogo foi a **meiose**, que costuma ser estudada em separado dos conteúdos de genética, geralmente no primeiro ano do ensino médio. Contudo, foi apontada pelos professores como sugestão de trabalho. A meiose, responsável pela geração dos gametas sexuais e transmissão dos caracteres hereditários, por si só, poderia ter um jogo próprio, visto que o processo envolve um enorme número de etapas. No entanto, optamos por um recorte que envolveria as etapas iniciais e finais do processo, de modo a permitir a visualização da formação de gametas e permutações inerentes do processo.

Uma vez definido o número de genes envolvidos no processo, foram avaliadas maneiras de representar o processo de trocas entre cromátides, de modo que os alunos pudessem interagir com as cartas (Figura 18). Essas trocas poderiam ser condicionadas a um dado. No entanto, um dado comum de seis faces não seria capaz

Figura 18 - Recorte do sistema meiótico desenvolvido para o jogo.



Fonte: Elaborado com base nos conceitos de BIZZO (2016a) e MENDONÇA (2016a); Autor (2019).

de suprir todas as combinações possíveis entre os quatro genes selecionados. O gene para forma, por ter quatro alelos, acabou sendo associado a um dos demais, de modo que sua troca seria feita em conjunto, refletindo o que ocorre na natureza com os genes ligados, os quais realizam o *crossing-over* em conjunto quando muito próximos.

Restando três genes com dois alelos cada, as possíveis situações de trocas entre duas variáveis presentes nos cromossomos, sendo estas totais ou parciais, mostrou-se adequada à associação com um sólido de oito faces, de modo que cada uma das possibilidades deveria ser associada a uma das faces de um octaedro. As trocas, por sua vez, seriam feitas duas vezes, refletindo o que ocorre entre as cromátides no par de cromossomos homólogos. Essas permutações, que simulam o *crossing-over*, deveriam ser anotadas em papel ou feitas através de peças encaixáveis como um quebra-cabeça, sendo cada peça associada a um dos alelos. Uma vez completas, o jogador teria a sua disposição um conjunto de quatro cromátides, representando os gametas, para uso durante os cruzamentos do jogo.

Uma mecânica atrelada à meiose seria a da **mutação**, a qual possui validade uma vez que afeta as células reprodutivas e pode ser transmitida à prole. Seu mecanismo seria similar, mas afetaria somente os gametas provenientes da duplicação cromossômica. Uma vez gerados os gametas, caso a situação de mutação entrasse em jogo, o jogador deveria lançar o octaedro com as faces marcadas duas vezes de modo a determinar quais alelos deveriam ser substituídos nos gametas.

Durante o delineamento de temas, conceitos ligados à transmissão de caracteres hereditários ligados ao sexo, bem como a distinção de personagens como dos gêneros masculino e feminino, acabaram não sendo consideradas em favorcimento da redução no número de variáveis. Uma vez incorporadas, tal diferenciação de gêneros poderia ocasionar um aumento no número total de cartas de modo a contemplar todas as possibilidades de combinações. Uma estratégia poderia ser a incorporação de conceitos como a mudança de gênero, que ocorre em algumas espécies de animais, de modo a destacar a diferença entre machos e fêmeas em certas instâncias do jogo, tal como na definição do organismo mais apto a reproduzir. No entanto, por simplificação, decidiu-se adotar o gênero hermafrodita para as personagens do jogo, de modo que os cruzamentos fossem facilitados.

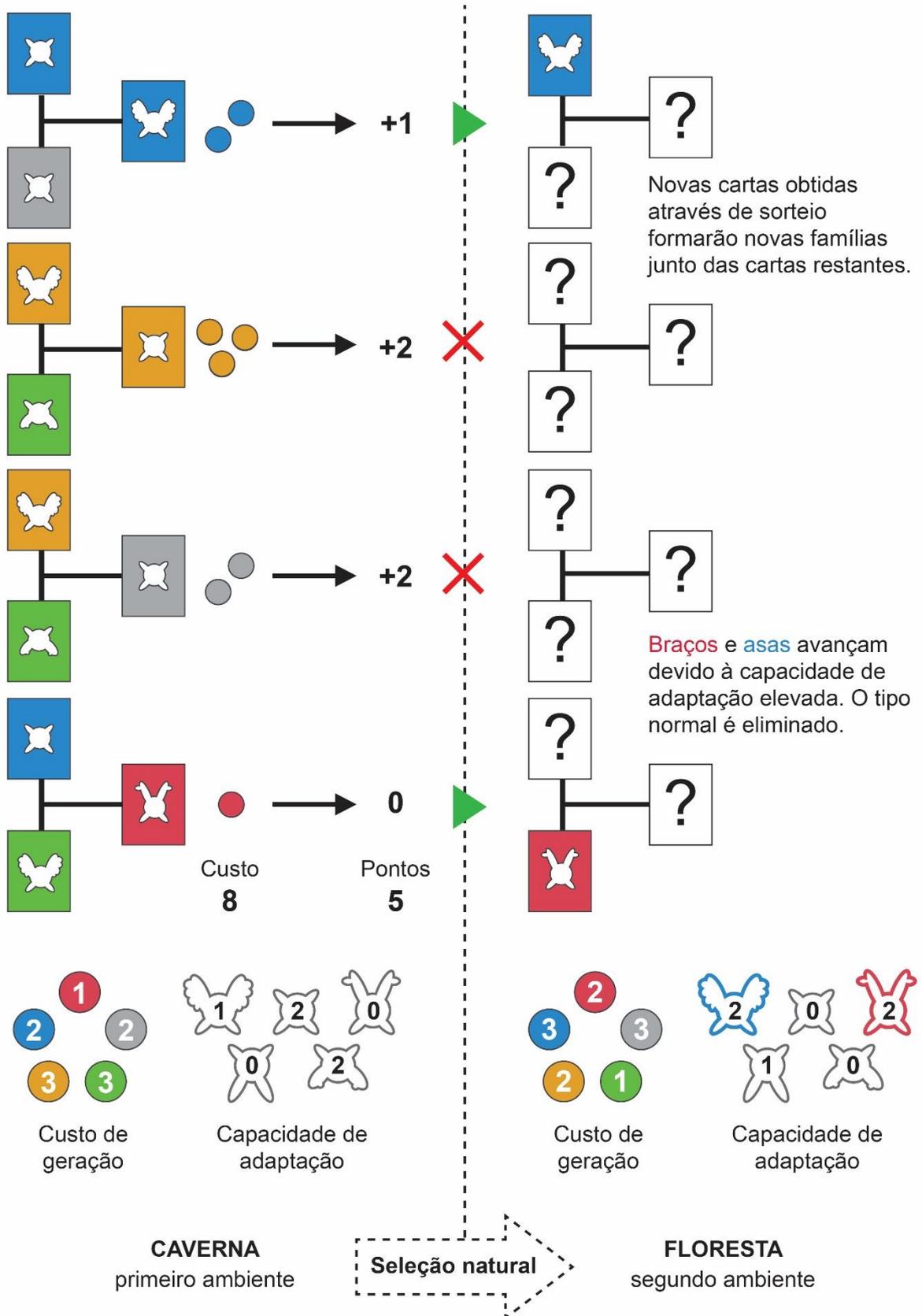
### 7.2.2 Proposta inicial

Uma vez definidos os elementos de jogo, foi dado prosseguimento ao desenvolvimento através da criação de uma narrativa e de objetivos a ela associados, levando em consideração os conceitos da biologia incorporados. As características visuais atribuídas aos personagens, definidas como cor e forma, foram utilizadas para elaboração de um histórico do personagem, através do qual estas teriam papéis distintos em momentos diferentes do jogo.

Através das combinações citadas anteriormente, chegou-se a um conjunto de cinco cores e cinco formatos de corpo. Cada personagem seria gerada sempre com o mesmo formato, o qual se diferenciaria com a maturidade em função de sua informação genética. A cor seria observável desde a infância, sendo visível a todos os jogadores, e influenciaria a capacidade de **camuflagem** do indivíduo no ambiente. Assim, uma criatura melhor disfarçada exigiria um menor número de recursos para sua geração, os quais deveriam ser pagos pelos jogadores assim que tivessem condições de formar pares e gerar novos indivíduos. A forma, por sua vez, foi definida como a característica que define a sobrevivência dos indivíduos a longo prazo. Por meio dela, as personagens com anatomia mais adaptada ao ambiente seriam selecionadas para prosseguirem no jogo, enquanto as menos adaptadas seriam eliminadas ao migrarem para novos habitats, seguindo os princípios da **seleção natural**.

Assim, o objetivo nas etapas iniciais do jogo seria o de formar famílias de indivíduos (Figura 19) gerados por dois progenitores e um filho (grupo de três cartas ou família), de modo que este deveria ser proveniente do cruzamento dos dois primeiros considerando-se para tanto o genótipo dos indivíduos. Ao final, uma vez formado um grupo de criaturas, ou tribo, seriam atribuídos pontos levando em consideração a **capacidade de adaptação**, de modo que as formas favorecidas teriam maior valor. Estas, por sua vez, dariam origem a um novo grupo de criaturas, a partir das quais seriam formadas novas famílias, sujeitas à seleção pelo ambiente. As cartas de eventos, por sua vez, afetariam o jogo de modo a promover interações entre os participantes, uma vez que a criação de famílias é restrita a cada um dos jogadores.

Figura 19 - Representação esquemática do processo simulado.

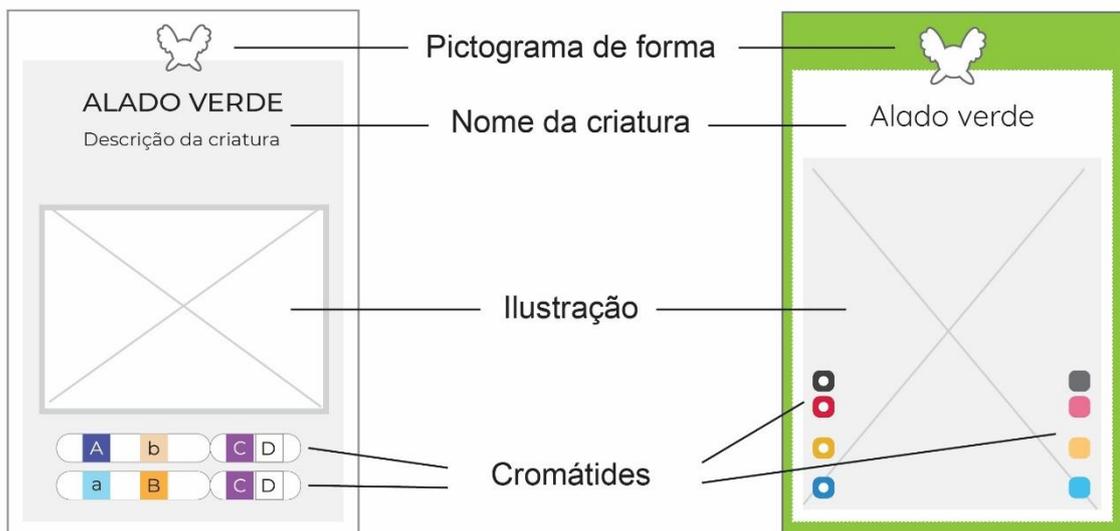


Fonte: Elaborado com base nos conceitos de BIZZO (2016b) e MENDONÇA (2016b); Autor (2019).

### 7.2.2.1 Cartas de personagem

As cartas ilustram as diferentes personagens do jogo e trazem no verso as cores correspondentes. Para cada uma das 25 possibilidades de combinação entre cor e forma, cada carta mostra a ilustração junto do pictograma de forma associado e o cromossomo (par de cromátides) correspondente (Figura 20). Estes, em um primeiro momento posicionados na parte inferior das cartas, foram deslocados para as laterais, com as cromátides separadas e dispostas verticalmente.

Figura 20 - Evolução inicial da carta de personagem.



Fonte: Autor (2019).

Uma vez que a utilização de letras para representar os alelos em dado genótipo, como visto nas aulas de genética, é de caráter simbólico, para cada um destes foi atribuído um símbolo com a cor correspondente ao fenótipo expresso (manifestado). Assim, na situação de mistura entre genes expressos, o fenótipo corresponde a uma mistura de duas cores. As cores selecionadas para representar a pigmentação das criaturas, tendo por base o conceito de interações gênicas foram: o azul, o amarelo, o verde (dado pela mistura de azul e amarelo), o vermelho – inibido pelas demais

(seguindo o conceito de epistasia<sup>4</sup>), e o albino – expresso na ausência de alelos dominantes para os genes de cor.

Em um primeiro momento, os alelos dominantes foram representados por símbolos vazados, ao passo que os recessivos receberam símbolos cheios com cores de menor saturação. No caso dos alelos de forma, foi escolhido o mesmo símbolo, porém em duas variações de tonalidade, de modo a representar as duas variações de expressão. Estas, ligadas ao conceito de alelos múltiplos, determinam o desenvolvimento de membros anteriores (braços) ou posteriores (pernas), que em homozigotos recessivos<sup>5</sup> levam ao crescimento de membranas, originando asas e nadadeiras, respectivamente. O quinto tipo, referente à combinação de ambas variáveis, originaria uma forma neutra, de baixa mobilidade.

Para a representação destas combinações entre símbolos, buscou-se elaborar padrões de repetição os quais mantivessem uma hierarquia semelhante, sendo o primeiro alelo representado o dominante, sempre que este estivesse presente. Levando em consideração o conceito de ligação, os alelos para forma e a cor vermelha foram mantidos próximos, de modo a facilitar a visualização e trocas na simulação de meiose.

#### *7.2.2.2 Cartas de ambiente*

As cartas ilustram o ambiente representado e fornecem um indicativo das formas e cores favorecidas em diferentes momentos do jogo, sendo cada variável representada por símbolos distintos (Figura 21). Para as cores, que determinam a quantidade de recursos necessária para a geração de cada criatura, que varia de 1 a 3, foram posicionadas formas semelhantes a ovos no topo das cartas, de modo que

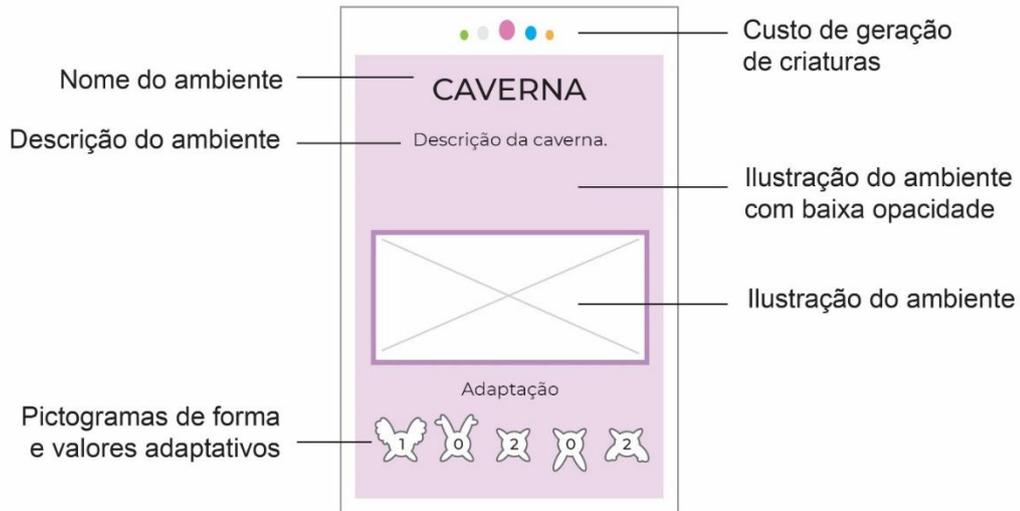
---

<sup>4</sup> A epistasia é um tipo de interação gênica. Na situação em que determinada característica é definida pela combinação de diversos genes, diz-se que determinado gene sofre epistasia, ou é hipostático, quando sua expressão é inibida pela ação de um par de alelos de outro gene (BIZZO, 2016b).

<sup>5</sup> O conceito de alelos dominantes e recessivos se refere ao fato de que, ao serem cruzados indivíduos de tipo puro, ou homozigotos, para duas variedades de uma característica ou fenótipo, os alelos dominantes do gene são expressos quando o mesmo aparece com uma cópia, em heterozigotos, ou duas cópias do mesmo. No caso dos alelos recessivos, a expressão ocorre apenas quando este aparece em homozigose, ou seja, quando duas cópias do gene estão presentes (MENDONÇA, 2016b).

as formas maiores e centrais correspondessem às cores favorecidas, ao passo que as menores e mais distantes seriam as de maior custo.

Figura 21 - Distribuição de informações na carta de ambiente inicial



Fonte: Autor (2019)

No caso das formas, foram incorporados os pictogramas desenvolvidos para as cartas de criaturas, os quais foram inicialmente elaborados como um esboço das formas de corpo pretendidas. Estes foram posicionados na base das cartas, sendo atribuído a cada um o valor correspondente à capacidade adaptativa frente ao ambiente, em valores entre 0 (não adaptado) a 2 (muito adaptado). A delimitação da capacidade adaptativa inicial seguiu um balanceamento (Figura 22) no qual foram considerados quatro ambientes, sendo estes: floresta, campo, caverna e rio.

Figura 22 - Balanceamento inicial da capacidade adaptativa.

	Rio	Campo	Floresta	Caverna	
Braços	1	1	2	0	4
Asas	0	1	2	1	4
Pernas	1	2	1	0	4
Nadadeiras	2	0	0	2	4
Atrofia	1	1	0	2	4
	5	5	5	5	

Fonte: Autor (2019)

### 7.2.2.3 Cartas de evento

As cartas de evento relacionam-se com conceitos ambientais e evolutivos, aos quais foram associadas mecânicas próprias (Quadro 3). A inserção destes conceitos no jogo seria condicionada à escolha do professor, que poderia montar o baralho de acordo com os temas que gostaria de trabalhar em aula.

Quadro 3 - Relação de conceitos das cartas de eventos e seus efeitos no jogo.

<b>Evento</b>	<b>Definição</b>	<b>Efeito no jogo</b>
Mutação	Alterações aleatórias que ocorrem no material genético.	Mudar o conjunto de peças dos gametas.
Migração	Ocorre quando indivíduos de uma população migram para outra e lá se reproduzem, podendo aumentar o fluxo de alelos de uma população para outra.	Promover a troca de cartas entre os jogadores.
Deriva genética	Ocorre quando, ao acaso, alguns indivíduos sobrevivem e passam suas características aos descendentes, deixando mais alelos.	Determinado indivíduo, se sorteado, deixaria mais descendentes.
Meteoro	Evento de impacto com potencial de afetar as cadeias alimentares e a atmosfera, levando à eliminação de organismos.	Eliminar aleatoriamente alguma carta.
Terremoto	Tremor abrupto que ocorre na superfície terrestre.	Eliminar aleatoriamente uma carta, deixando as voadoras ilesas.
Inundação	Grande alagamento decorrente da chuva ou das marés.	Eliminar aleatoriamente uma carta, deixando as nadadoras ilesas.

Fonte: Conforme os conceitos de BIZZO (2016) e MENDONÇA (2016b); Autor (2019).

Ao longo do processo de criação, diversos conceitos ligados à genética de populações foram considerados. Destes, foram selecionados os tópicos mencionados no quadro acima, por se entender que apresentavam maior proximidade com o público-alvo. O evento radiação e seus efeitos (Figura 23), por exemplo, o qual foi considerado inicialmente, poderia demandar um maior esforço de compreensão por associar diferentes conceitos relativos ao tema, e acabou sendo descartado.

Tendo por base uma diagramação semelhante à utilizada nos demais elementos de jogo, as cartas de evento buscavam retratar de maneira simbólica cada um dos acontecimentos. Para tanto, foram desenvolvidos esboços de pictogramas

relativos a cada um dos eventos de modo a promover uma rápida identificação pelos jogadores, com o intuito de reduzir a quantidade de texto presente nas cartas. Assim como nas cartas de ambientes, estas deveriam apresentar uma ilustração como elemento de fundo.

Figura 23 - Esboço inicial das cartas de evento



Fonte: Autor (2019)

Dado o caráter aleatório de algumas destas situações, a aplicação de parte de tais efeitos no jogo é condicionada à ação dos demais jogadores, cabendo aos adversários a decisão sobre quais cartas deverão ser trocadas ou eliminadas. Para os eventos de extinção, de modo a reduzir a perda de cartas de formas menos frequentes, decidiu-se atribuir o caráter imune aos indivíduos alados e nadadores em caso destes serem afetados por terremotos ou inundações, respectivamente.

### 7.3 ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento das propostas iniciais, junto da busca informal de opiniões, levou à elaboração do primeiro protótipo funcional, o qual permitiu a elaboração dos testes iniciais. Em um primeiro momento, foram consideradas somente as mecânicas relacionadas aos cruzamentos entre criaturas, uma vez que as relativas à meiose e

aos eventos foram consideradas como de elevada complexidade para serem trabalhadas em um primeiro momento, uma vez que consideram conceitos que por vezes não são trabalhados em todas as salas de aula. Assim, o jogo foi dividido em três etapas: uma inicial, relativa aos cruzamentos e adaptação ao ambiente, uma intermediária, relativa à meiose e mutações, e uma avançada, na qual seriam incorporadas as mecânicas de migração e extinção de criaturas.

Foram realizadas três rodadas de testes, as quais tiveram diferentes jogadores de públicos distintos, com o objetivo de avaliar o jogo e obter informações para a melhoria contínua do jogo. A cada nova iteração foram feitas observações, as quais pautaram modificações que foram incorporadas às mecânicas de jogo antes mesmo da melhoria do protótipo em teste. O número total de indivíduos convidados a participar dos testes foi de sete pessoas, enquanto que aspectos relacionados a questões práticas e teóricas relativas ao jogo foram discutidos em seções anteriores aos testes.

Estas discussões, estabelecidas com professores da universidade envolvidos neste trabalho e com profissionais formados em biologia, foram base para as etapas de balanceamento do jogo, no sentido de testagem e equilíbrio de elementos e ações: iterações, simplificações e ajustes nas mecânicas de jogo de modo a refletir sem distorções os conceitos teóricos representados, e reduzir o nível de dificuldade associado.

### **7.3.1 Balanceamento 1**

Antes da realização dos primeiros testes foram feitas melhorias no material desenvolvido. Através de consultas realizadas com colaboradores, foram revistas as ações e as informações determinadas nas cartas. Para as cartas de ambiente foram valorizados os pictogramas de forma das criaturas, de modo que estes ocupassem maior parte do espaço, visto que as informações relativas a estes eram mais importantes que as ilustrações de fundo.

Além disso, em testes com o protótipo inicial na tentativa de explicar as mecânicas de jogo, observou-se que seria interessante desmembrar a fase inicial em

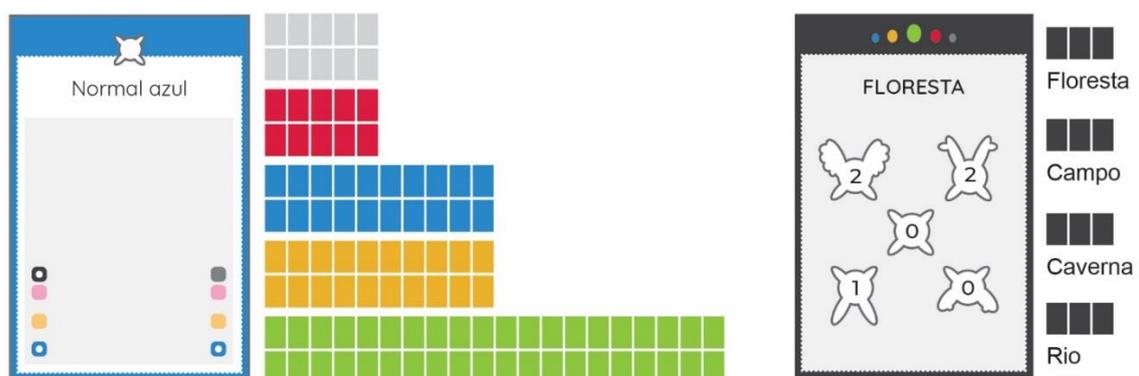
duas, de modo a criar uma situação de jogo que lidasse com um número menor de variáveis, permitindo uma rápida compreensão de seu funcionamento. Para a versão preparatória, foram consideradas apenas as cartas de uma mesma cor, buscando que as associações entre pares fossem facilitadas. Esta etapa de teste foi incorporada ao jogo e ao manual de regras do jogo, sendo aplicada em sessões posteriores.

### 7.3.2 Iteração 1

Nesta sessão foi utilizado o protótipo 2 (Figura 24), que contava com 100 cartas de criaturas (40 verdes, 20 azuis, 20 amarelas, 10 vermelhas e 10 albinas) e 12 cartas de ambiente, sendo três de cada tipo. O teste foi realizado no dia 16 de abril de 2019 nas dependências do Núcleo de Apoio à Educação a Distância - Produção Multimídia para a Educação (NAPEAD UFRGS). A sessão contou com a participação de três integrantes da equipe, todos jogadores com experiência em jogos de carta e RPG.

As cartas de recursos, pertencentes ao baralho de eventos, não foram consideradas por não apresentarem um balanceamento adequado, sendo substituídas por um dado de quatro lados, ou tetraedro. Para as peças de recursos foram utilizados grãos de pipoca. O principal objetivo desta iteração foi verificar o funcionamento das mecânicas estabelecidas, não sendo avaliado o tempo de jogo.

Figura 24 - Diagramação e distribuição de cartas no protótipo 2.



Fonte: Autor (2019)

Ao longo da sessão foram identificados diversos problemas que tiveram de ser adaptados, mas estes não comprometeram sua continuidade. Dentre os problemas citados, os quais exigiriam futuras correções, estavam:

- a. A diagramação das cartas de personagem, visto que estas deveriam ser combinadas aos pares e o modo como a informação estava disposta na carta impedia que todo conteúdo fosse visualizado no conjunto de cartas na mão.
- b. Essa mesma diagramação fez com que uma das pessoas tentasse fazer os pares combinando os símbolos como um dominó, apesar da informação no manual de regras de jogo teste estar correta.
- c. A necessidade de geração de alternativas para minimizar o excesso de peças de recursos ao longo da partida.
- d. O fato de que um dos jogadores terminou a partida muito antes dos demais, visto que a proposta inicial era de que todos deveriam formar o número pré-estabelecido de famílias para que o jogo fosse concluído.
- e. A representação das cores favorecidas na carta de ambiente, a qual foi interpretada no sentido inverso por alguns dos jogadores.

Junto com o jogo foi entregue aos jogadores uma redação inicial do manual de regras, a qual informava o significado das representações simbólicas e as regras básicas dos módulos de jogo. A este também foram dadas sugestões, tanto ao aspecto textual como visual.

Outra sugestão diz respeito à representação utilizada para mostrar as diferentes variações do gene responsáveis pela forma na carta de personagem. Até o momento, todos os alelos dos genes eram representados por quadrados cheios ou vazados. A estratégia usada era de variar entre cinza claro e cinza escuro quando o alelo levasse à expressão de membros superiores ou inferiores, o que para muitos poderia ser um indicativo de que se tratariam de genes distintos, em função da cor ser diferente. A sugestão foi modificar a forma e invertê-la quando a situação de expressão fosse a oposta.

### **7.3.2 Iteração 2**

Nesta sessão foi utilizada uma versão aprimorada do protótipo 2, o qual ainda não continha ilustrações. A modificação, frente ao anterior, diz respeito à informação no topo das cartas de ambiente. Em decorrência do teste anterior, os ovos referentes ao custo das cartas de criaturas foram substituídos por barras no canto superior esquerdo, as quais possuíam a quantidade correspondente de alimento referente a cada uma das cores. A iteração foi realizada no dia 20 de abril de 2019, na residência de uma professora de biologia, que leciona para o ensino médio e técnico no Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

De maneira geral o jogo ocorreu de modo mais fluido quando comparado à sessão anterior, visto que a participante dominava o assunto. O dado foi mantido como objeto de obtenção de recursos, mas com frequência a ação correspondente a ele era esquecida ou executada após a combinação de cartas. Observou-se também, em virtude da distribuição de cartas, que havia um desequilíbrio entre o número de cartas de determinada cor e outra, o que poderia dar vantagem para determinado jogador. Este, no entanto, foi concebido levando-se em consideração a proporção observável na natureza, ainda que de modo simplificado.

Assim como na sessão anterior, um dos jogadores terminou muito antes do outro, em virtude das cartas por ele sorteadas. O fato ocorreu apesar da mecânica ter sido ligeiramente alterada, permitindo que jogadores trocassem as cartas que têm em mãos caso verificassem que estas não lhe trariam pontos futuramente. Também foi sugerido alterar parte dos alelos nas cartas para símbolos vazios, os quais poderiam ser associados a um alelo ou outro, reduzindo o número de vezes que o jogo travaria pela inexistência de combinações possíveis.

### **7.3.3 Balanceamento 2**

Após os dois primeiros testes foram realizadas diversas modificações no jogo com o intuito de melhorar sua jogabilidade e aproximar os conceitos incorporados ao

jogo da genética. Inicialmente foi feita uma modificação na proporção de cartas, de modo que a representação da distribuição de pigmentação observável fosse mais próxima do esperado, apesar de simplificada. Para isso, o número de cartas de criaturas foi reduzido para 95, das quais apenas os conjuntos albino, azul e amarelo mantiveram o mesmo número de cartas. Ao conjunto vermelho foram adicionadas 5 cartas, ao passo que o verde perdeu 10, o que ajudou a refletir uma distribuição de cores mais representativa. Para compensar as perdas, além de permitir a inclusão de combinações de alelos não possíveis anteriormente, parte dos símbolos foi convertida a formas com apenas um contorno, os quais poderiam assumir uma variação ou outra, atuando como uma espécie de coringa. Além disso, o número de cartas de formato menos abundante foi elevado de acordo com a nova proporção, ganhando repetições adicionais em cada conjunto, ao passo que as formas comuns foram reduzidas.

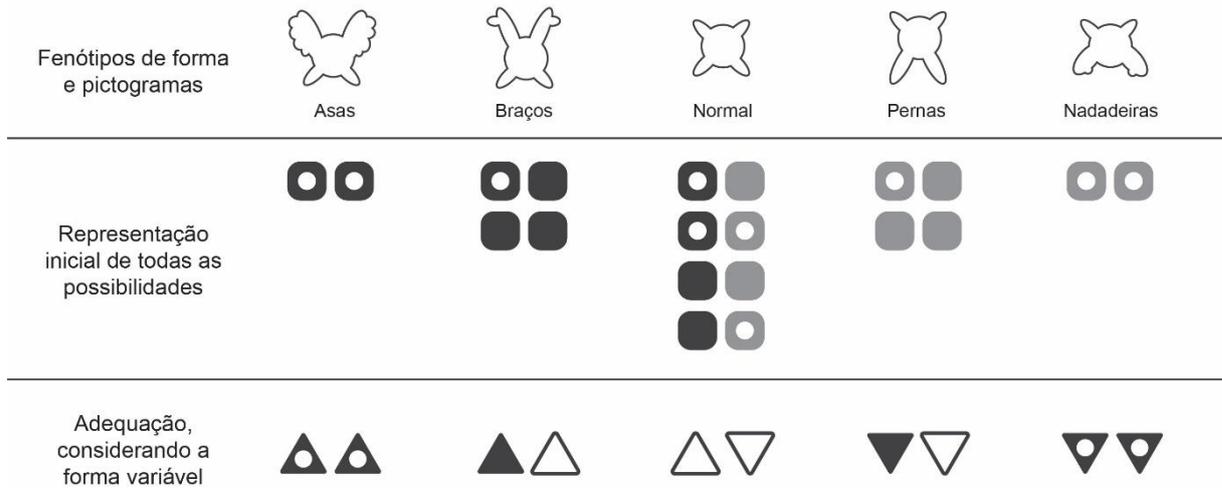
Seguindo as sugestões obtidas nos testes, a representação dos alelos foi alterada. As cromátides foram deslocados para o lado esquerdo das cartas, ao passo que os alelos passaram a adotar uma mesma cor para ambas variações (Figura 25). Para a forma, passou-se a utilizar triângulos orientados conforme os membros desenvolvidos no fenótipo: braços e asas com o triângulo apoiado na base, pernas e nadadeiras com o triângulo invertido, e o tipo normal como uma mistura dos dois, onde nenhum tipo fosse expresso (Figura 26). Uma vez que o alelo recessivo era representado por símbolos cheios e a característica asas e nadadeiras estava sendo associada a símbolos vazados, decidiu-se inverter a associação forma-alelo de modo que os alelos dominantes passassem a ser representados pelos símbolos cheios.

Figura 25 - Evolução da representação de alelos em um indivíduo normal verde.



Fonte: Autor (2019)

Figura 26 - Evolução da representação de forma e pictogramas correspondentes.



Fonte: Autor (2019)

A opção de manter os símbolos dominantes como contínuos é razoável, visto que a expressão destes ocorre mesmo quando apenas um deles está presente, ao passo que o símbolo vazado pode ser associado à ideia de algo incompleto. Durante o planejamento das interações poderiam ter sido incluídas situações onde ambos alelos fossem combinados gerando um novo tipo, como ocorre nos casos de dominância incompleta e codominância, mas por motivo de simplificação tais situações foram descartadas, ou mais combinações deveriam ser inseridas considerando o número de variáveis já definido.

De modo a equilibrar as relações entre as cores de criaturas e os ambientes disponíveis foi incluído um habitat adicional, intermediário aos demais, a montanha (alpino), o qual também permitiu redistribuir os valores atribuídos a cada uma das formas no adulto, de modo que sempre houvesse uma forma mais favorecida que as demais, em uma escala de 0 (não adaptado) a 3 (muito adaptado), visto que antes havia repetições. Este balanceamento foi feito de maneira similar ao anterior (Figura 27). Assim, a cada um dos ambientes foram associadas cores favorecidas correspondentes, as quais passaram a ocupar ordenamentos distintos ao longo de cada um dos ambientes. Por este motivo, o custo de geração das cartas foi ampliado para até 4, sendo as cores com custo reduzido as mais favorecidas pela camuflagem.

Figura 27 - Segundo balanceamento da carta ambiente.

	Floresta	Campo	Caverna	Montanha	Lagoa	
Asas	3	1	2	1	0	7
Braços	2	3	0	1	1	7
Normal	1	1	3	0	2	7
Pernas	1	2	0	3	1	7
Nadadeiras	0	0	2	2	3	7
	7	7	7	7	7	

Fonte: Autor (2019)

Uma vez que o baralho de eventos continha um número diverso de efeitos, dentro os quais a obtenção de recursos, a associação destes últimos a um dado durante os testes mostrou ser uma alternativa interessante, visto que as cartas associadas aos demais deveriam ser removidas na modalidade de jogo básica. Assim, optou-se por construir um baralho único para os eventos relacionados à mutação, migração e extinções, mantendo a alimentação das criaturas ligada à uma mecânica de dados. Uma vez que o custo relativo à geração das cartas varia de 1 a 4 nas cartas de ambiente, poderia ser utilizado um dado comum de seis faces, facilmente encontrado em outros jogos, sendo necessário atribuir às faces correspondentes aos números 5 e 6 um símbolo relativo aos eventos. Assim, a chance de ocorrência de um dos eventos seria bastante reduzida, sendo o conjunto de cartas relativas aos eventos construído de modo a refletir as situações mais esperadas. Cogitamos usar apenas uma das faces do dado para os eventos. No entanto, isso reduziria drasticamente a chance de ocorrência deles, o que não justificaria a construção de um baralho com maior número de cartas.

Ainda referente à questão alimentar, foi adicionado um **custo de manutenção** com o objetivo de reduzir a quantidade de peças de recursos em jogo, uma vez que estes seriam utilizados com mais frequência. O mesmo ajuda a criar sentido para a construção de um grupo de criaturas, o qual necessita de alimento para crescer. Esse custo de manutenção deve começar a ser pago assim que jogador obtiver sua primeira carta-filha, sendo equivalente a uma unidade por carta, devendo ser pago a cada rodada seguinte, em adição ao custo necessário à geração de criaturas, mesmo quando novas cartas-filhas não forem incorporadas.

Durante as etapas de desenvolvimento dos módulos de jogo ainda não testados, e dialogando com colaboradores, chegamos à conclusão que a inserção da simulação da meiose na etapa intermediária poderia comprometer o andamento do jogo. Como já citado, por envolver muitas etapas, foi considerado apenas um recorte do processo. No entanto, por contemplar as trocas de apenas três pares de alelos em um dado com oito faces, estas permutações poderiam ser simplificadas para quatro, visto que trocas opostas gerariam os mesmos resultados.

Além disso, a manipulação de peças adicionais poderia modificar o ritmo de jogo, apesar de que, quando utilizada, a simulação da meiose e geração de gametas exigiria a manipulação de um menor número de cartas. Nela, os jogadores deveriam selecionar a criatura melhor adaptada ao ambiente para tornar-se a líder do bando, sendo então cruzada com outras quatro para gerar o mesmo número de descendentes do nível base. Cada cruzamento deveria se restringir aos gametas gerados a partir do líder e seus parceiros e isso poderia ocasionar mais situações de bloqueio de jogo, visto que o número de combinações durante a partida seria reduzido.

Apesar de interessante em um primeiro momento, tal simplificação poderia comprometer a fixação de conceitos, pois estaria omitindo maior parte do processo. Nesse sentido, seria mais promissor desenvolver um jogo que desse mais valor ao processo meiótico, tornando-o elemento central para definição de mecânicas, que por sua vez poderiam incluir conceitos mais avançados em genética. Por este motivo, optou-se por manter apenas as cartas de criaturas, ambientes e eventos e seus elementos associados.

Para os eventos descritos no item 7.2.2.3 foram feitos alguns ajustes para adequação à teoria. As migrações mantiveram o caráter de troca, mas receberam o acréscimo do lançamento de dados para obtenção de alimento. A deriva genética, associada ao efeito gargalo de garrafa, que se relaciona ao fato de determinado fenótipo ocorrer em maior número em certa população em decorrência de um evento aleatório, estava sendo interpretada no jogo de maneira errônea ao associá-la a uma maior capacidade de deixar descendentes. A mesma passou então a assumir uma regra substitutiva, de modo que ao utilizar mais ciclos de jogo, a deriva faria com que os jogadores ignorassem os efeitos da seleção natural, dados pela carta de ambiente, e fizessem a eliminação com base no que fosse ditado por esse evento.

Com a eliminação da etapa da meiose, um maior número de cartas passa a ser manipulado a cada partida, o que facilita a visualização dos eventos e reduz os eventuais danos causados por eliminações no conjunto de cartas. Dentre estas eliminações, meteoro, terremoto e inundação ganharam efeitos adicionais, de modo a dar um significado maior às cartas de ambiente. Enquanto para carta meteoro foi atribuído um efeito global, de modo que todos os jogadores fossem afetados e perdessem tanto cartas como alimentos, os demais passaram ser vinculados aos ambientes afetados, de modo que estes passariam a atuar sobre todos os jogadores portadores de cartas de mesmo habitat.

A eliminação da meiose também fez com que a mecânica da mutação fosse modificada. Antes ligada à substituição de peças associadas aos alelos, as quais derivavam da formação de gametas, a mutação passou a assumir um caráter de coringa no jogo, com o intuito de reduzir as situações de pausas no jogo em virtude da ausência de combinações possíveis. Para tanto, a nova configuração das cartas, antes pensada apenas como uma instrução para o lançamento de dados, passaria a trazer símbolos referentes a cada um dos alelos (Figura 28). Deste modo, a ocorrência de símbolos coloridos seria um indicativo de que tais alelos poderiam assumir o caráter variável na cromátide selecionada, espelhando a nova adição de símbolos de alelos para as cartas de criatura decorrente desse balanceamento.

Figura 28 - Nova configuração das cartas de evento.



Fonte: Autor (2019).

Para as cartas de evento, que contemplam conceitos nem sempre trabalhados em sala de aula, em virtude da programação dos currículos escolares e do tempo disponível para exploração de cada tópico da biologia, optamos por valorizar as definições em detrimento das ilustrações, uma vez que a compreensão destes seria mais importante.

### 7.3.4 Iteração 3

Essa etapa consistiu em uma série de diálogos estabelecidos com professores de biologia de ensino médio e alunos com graduação em Ciências Biológicas, com o objetivo de validar o modelo. Junto do protótipo, ainda em fase de elaboração, mas com as mecânicas definidas conforme o final do segundo balanceamento, foi apresentado um resumo do desenvolvimento desta abordagem para sala de aula, sendo também realizados testes de jogo. Ao todo, foram consultadas três pessoas, que lecionam atualmente ou têm experiência na área de genética.

Uma das considerações feitas foi a de que a estratégia para a atribuição de pontos aos jogadores era um aspecto interessante. Assim como no similar *Gene Rummy* (p. 63), o jogo apresenta alelos coringa, porém estes não impactam no modo como as pontuações são calculadas. Uma vez que a proposta utiliza o fenótipo, ao invés do genótipo, como atributo valorizado, foram feitas colocações de que isso condiz com o observado através da seleção natural ao longo de gerações.

Por mais que as espécies contenham em seu código genético as informações necessárias para sobreviver em determinadas situações, algumas vezes esses genes são mascarados por outros. Entretanto, geralmente são as características expressas (o que é visível ou manifestado) que condicionam a sobrevivência dos indivíduos, em condições normais. O jogo, no entanto, faz apenas um recorte do sistema natural, de modo que a seleção ocorra entre gerações de famílias, sem considerar a diversidade de uma população com numerosos indivíduos.

Outro comentário diz respeito à diversidade da população, ou *pool* genético. Esta é uma característica presente no jogo que, apesar de simplificada, tem impacto ao serem considerados um número maior de ciclos de jogo. A alteração de mecânica realizada na segunda iteração, na qual os jogadores passaram a ter a opção de trocar

as cartas – se essas não fossem favoráveis para sua pontuação – foi considerada válida. Salientamos que ao montar uma tribo de criaturas predominantemente de certa forma ou cor, os jogadores podem ser levados a agir em decorrência das informações nas cartas de ambiente. Agindo assim, eles podem estar limitando o número de possibilidades de descendentes distintos para as gerações seguintes.

A opção de manter cartas mais diversas em detrimento das pontuações obtidas ocorre quando os alunos percebem a lógica por trás dos cruzamentos e seleções (essa ação é positiva portanto). No entanto, os professores consultados acreditam que isso aconteceria ocasionalmente. Eles destacaram, no entanto, que seria interessante iniciativas nas quais os jogadores possam auxiliar os colegas com mais dificuldade, através da formação de duplas ou trios. Assim, cada instância de jogador seria composta de uma a três pessoas, melhorando a convivência em sala de aula, o aspecto lúdico do ensino e o processo de aprendizagem e interação.

Quanto ao tempo de jogo, os colaboradores consultados consideraram a mecânica base adequada a um período de aula de 50 minutos, desde que os conteúdos fundamentais já tivessem sido ofertados. Com a prática e mais conhecimento, a expansão também poderia ser usada.

#### 7.4 MANUAL DO JOGO

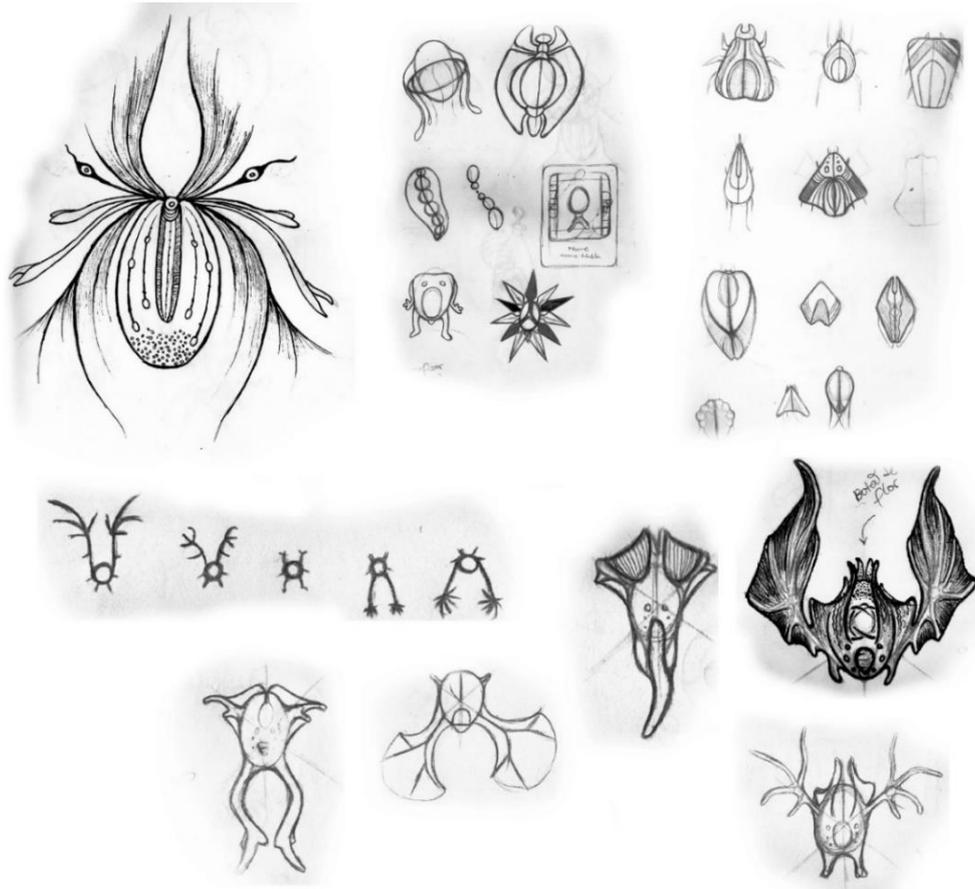
Para o manual, buscou-se elaborar um texto que incorporasse os tópicos trabalhados no jogo, acompanhados de um histórico do personagem. Para tanto, foram considerados aspectos mencionados durante as sessões de teste para reduzir a dificuldade relativa à interpretação das regras do jogo, ligadas a tópicos de relativa complexidade.

#### 7.5 PERSONAGENS

Desenvolvidos e aprimorados durante a etapa de criação, as criaturas retratadas no jogo tiveram suas formas concebidas com base nos pictogramas de

forma desenvolvidos nas etapas iniciais de projeto. Em um primeiro momento, foram feitos ensaios e esboços nos quais estas eram retratadas por meio de ilustrações à mão livre (Figura 29), as quais evoluíram para representações vetoriais à medida que o projeto foi sendo desenvolvido.

Figura 29 - Esboços iniciais para definição da forma das personagens.



Fonte: Autor (2019).

Para o desenvolvimento da aparência das criaturas, foram reunidas imagens de personagens que combinassem elementos de animais e plantas que valorizassem o caráter lúdico da proposta, bem como de espécies representativas do estudo da genética. As personagens criadas (Figura 30), tendo por inspiração estes elementos e os contornos pré-estabelecidos pelos pictogramas, usaram por base a anatomia de uma planta de ervilha, da qual o grão e as flores, folhas, gavinhas, ramos e vagens foram traduzidos no corpo das personagens e em nadadeiras, patas, tentáculos, braços e asas, compondo as cinco variações de formas das criaturas.

Figura 30 - Construção das personagens com base na anatomia da ervilha.



Fonte: Esboços do autor (2019). Ilustração da ervilha por ZAKIROV (2016).

## 7.6 NOME DO JOGO

Durante as etapas de desenvolvimento, foram selecionadas diferentes palavras que poderiam ser associadas à proposta, sendo estas relativas aos conceitos trabalhados. Dentre as alternativas, foi dada preferência aos nomes que pudessem ser lidos com facilidade e que não tivessem associações desagradáveis. Uma das alternativas que se mostrou interessante foi o termo “*Pentagenos*”, formado pela união da palavra grega *pénte* (cinco) e a terminação *genos*, ligada ao conceito central e à hereditariedade. O numeral cinco acabou sendo relacionado em consequência da estrutura do jogo, a qual contempla esse número de variações para cores e formas das personagens e para os ambientes no qual elas podem habitar.

No entanto, a junção dessas palavras poderia conduzir erroneamente à interpretação de que o jogo lida com uma mecânica envolvendo cinco genes ao invés de quatro, como de fato ocorre.

Assim, através da associação com outras palavras, ligadas diretamente à forma das personagens, chegamos ao nome “*Monstervilhas*”, dado pela fusão do termo inglês *monster* (monstro) e da espécie usada por Gregor Mendel em seus experimentos, a ervilha, base para a construção das criaturas do jogo.

Até o momento da construção do novo termo, e durante todos os testes e melhorias realizados, o jogo seguia a primeira nomenclatura descrita, a qual se relaciona apenas a suas mecânicas, enquanto as personagens eram identificadas exclusivamente por suas cores e formas. A atribuição de um nome às mesmas mostrou-se interessante, associado ao fato de que não existem referências ao termo ao realizar uma busca na Internet. Ao contrário de *Pentagenos*, *Monstervilhas* soa como uma expressão mais leve e divertida, além de fazer conexão com referências tradicionais da genética: as ervilhas. Ao consultar colaboradores, a resposta obtida foi favorável, sendo mencionado o fato de que o novo nome valoriza o aspecto lúdico associado ao jogo, sendo de fácil memorização.

## 8 FINALIZAÇÃO

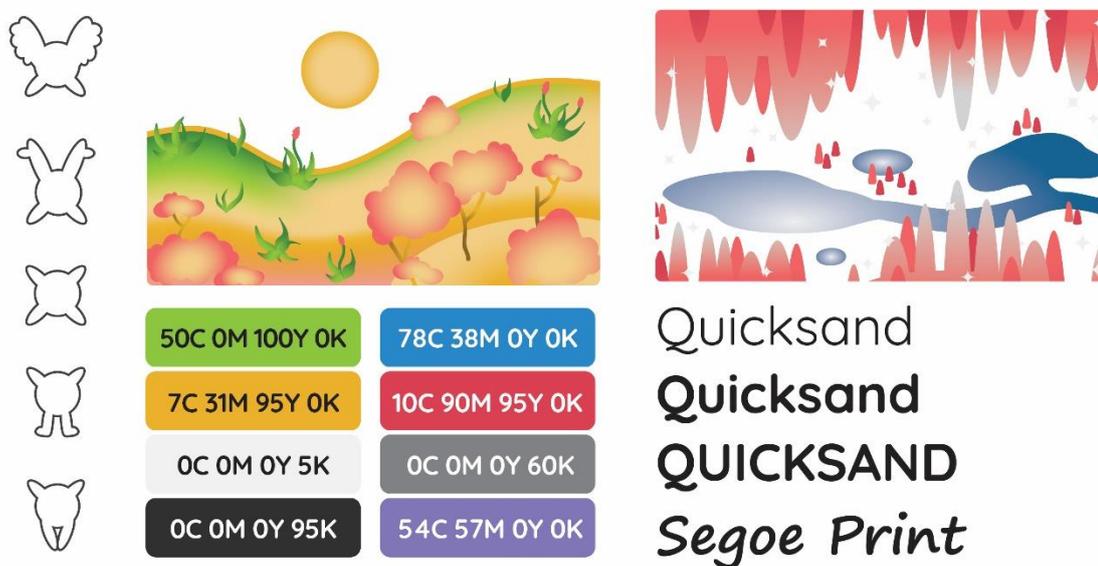
Uma vez desenvolvido um protótipo adequado aos parâmetros projetuais estabelecidos e em acordo com os conceitos teóricos abordados, foi possível iniciar a etapa de finalização. Como já citado na seção 4.5, essa fase é centrada na elaboração do protótipo final, o manual do jogo e uma análise quanto aos objetivos alcançados. Ela também contempla uma sugestão de aplicação do jogo nas escolas, com o intuito de descrever o momento da sua inserção em sala, bem como os processos que podem ser utilizados para confecção do material.

### 8.1 LINGUAGEM VISUAL

A escolha dos elementos gráficos foi feita com a intenção de refletir os parâmetros projetuais estabelecidos, destacando os aspectos lúdico e intuitivo, associados com cores primárias e secundárias e formas arredondadas. Estes parâmetros foram base para a definição da paleta de cores, a qual foi construída para transmitir um caráter alegre, para facilitar a familiarização com os conceitos de genética, e a leitura fácil dos personagens (Figura 31). Um exemplo disso é a utilização da cor verde para demarcar os indivíduos que expressam tanto os genes para as cores azul como amarela, uma vez que a combinação de ambos, a exemplo de algumas situações na natureza, não necessariamente acarretaria em uma mistura das duas cores.

Quanto à tipografia, foi adotada a família Quicksand, uma fonte não-serifada de código aberto desenvolvida por Andrew Paglinawan. Pertencente ao grupo das geométricas, possui quatro variações e letras arredondadas que fornecem uma aparência amigável e acolhedora (GOOGLE FONTS, 2016). Foram utilizadas três de suas variações: a bold para títulos e destaques, a média para o descritor do jogo, e a regular para corpo de texto. Dada a inexistência da versão itálica, alguns trechos de destaque no manual de regras receberam o acréscimo do sublinhado. Para o título do jogo foi selecionada a fonte Segoe Print, cuja forma remete a elementos da escrita à mão livre e se harmoniza com os elementos desenvolvidos para o jogo.

Figura 31 - Exemplo dos elementos visuais definidos para o jogo.



Fonte: Autor (2019).

Os pictogramas foram desenvolvidos para auxiliar a associação entre elementos de jogo. Por este motivo, os pictogramas vinculados às cartas de eventos acabaram sendo eliminados, uma vez que eles apenas ilustravam o conjunto, não havendo necessidade de referenciá-los nas demais cartas. Nas cartas de personagem, eles foram utilizados inicialmente para representar de maneira simplificada as formas pretendidas para cada criatura, sendo posicionados tanto nas cartas de personagem quanto nos demais conjuntos de cartas. Com a definição da forma das personagens, esses pictogramas foram ajustados para refletir a aparência final das criaturas.

Optamos por utilizar ilustrações criadas por meio de arte vetorial, que colabora com a transmissão do caráter amigável do jogo, dado os contornos curvos e cores saturadas, bem como facilita a criação de variações de um mesmo elemento. Durante o desenvolvimento foi definido que seriam 25 variações de personagem (vide Apêndice C), as quais apresentariam cinco formas base. A mesma estética foi utilizada para o desenvolvimento de todas as ilustrações, presentes nas cartas, na embalagem e no manual de jogo.

A assinatura visual utilizada no manual e na embalagem busca ressaltar o caráter lúdico da proposta. Para sua elaboração, foram posicionados olhos das personagens sobre duas das vogais (Figura 32), os quais podem ter as cores

alteradas. Abaixo do nome, adicionamos um descritor opcional contendo uma chamada para a atividade proposta pelo jogo. Optamos por manter a tipografia em preto uma vez que a linguagem visual é bastante colorida, em favor da legibilidade. Esta deve ser preferencialmente usada sobre fundo branco ou de baixa saturação.

Figura 32 - Assinatura visual do jogo.



Fonte: Autor (2019)

## 8.2 CARTAS

Conforme mencionado, o estilo artístico adotado foi o de ilustrações vetoriais. Para cada um dos conjuntos elaborados, sendo estes personagens, ambientes e eventos, foram escolhidas cores temas com o intuito de promover a diferenciação entre eles. Além disso, seguindo as sugestões das rodadas de teste, foram definidos tamanhos diferentes para cada conjunto. Jogos populares, cujo tamanho médio das cartas é 63 x 88 mm (BOARD GAME GEEK, 2010), foram base para a definição das dimensões da carta de personagem, a qual serviu de modelo para a atribuição das dimensões das demais. O detalhamento das cartas pode ser visto no Apêndice D.

As cartas de personagem totalizam 95 elementos, os quais não possuem repetições nos conjuntos de alelos e correspondem a aproximadamente duas vezes o número de cartas que obrigatoriamente são manuseadas durante uma partida com quatro jogadores. O verso das cartas de personagem, o qual reflete a cor dos indivíduos indicada na frente, seguindo as informações descritas pelo conjunto de alelos, foi ilustrado com ovos e pictogramas de cada uma das formas para remeter ao estágio de vida inicial das mesmas (Figura 33), visto que a cor não é um indicativo da anatomia apresentada na frente. Com o intuito de melhorar a legibilidade das informações contidas na frente das cartas, foi adicionado um limite no entorno do conjunto de símbolos referentes ao genótipo (faixa branca junto aos alelos).

Figura 33 - Exemplos das cartas de personagem do jogo *Monstervilhas*.

Fonte: Autor (2019)

Para as cartas de ambiente e eventos, optamos por escolher cores neutras para representar cada um dos conjuntos, uma vez que o conjunto de cartas de personagens possui cinco cores distintas. Em decorrência das cartas de evento possuírem maior quantidade de informação textual, foi adotada a orientação horizontal das mesmas (Figura 34). Para o verso das cartas escolhemos um ponto de interrogação para simbolizar a aleatoriedade de boa parte dos conceitos contemplados.

Figura 34 - Testagem da legibilidade das cartas de evento desenvolvidas.



Fonte: Autor (2019)

Após uma série de testes com variações de cores, a representação sobre fundo claro mostrou-se mais adequada, com os detalhes importantes sobre as ações dos jogadores em texto destacado. Por mais que as versões em fundo escuro apresentaram boa legibilidade quando testadas em gráfica expressa, considerando o aspecto de que material pode ser reproduzido em impressoras domésticas, esta não seria uma boa escolha em função do ganho de ponto, que poderia prejudicar a leitura.

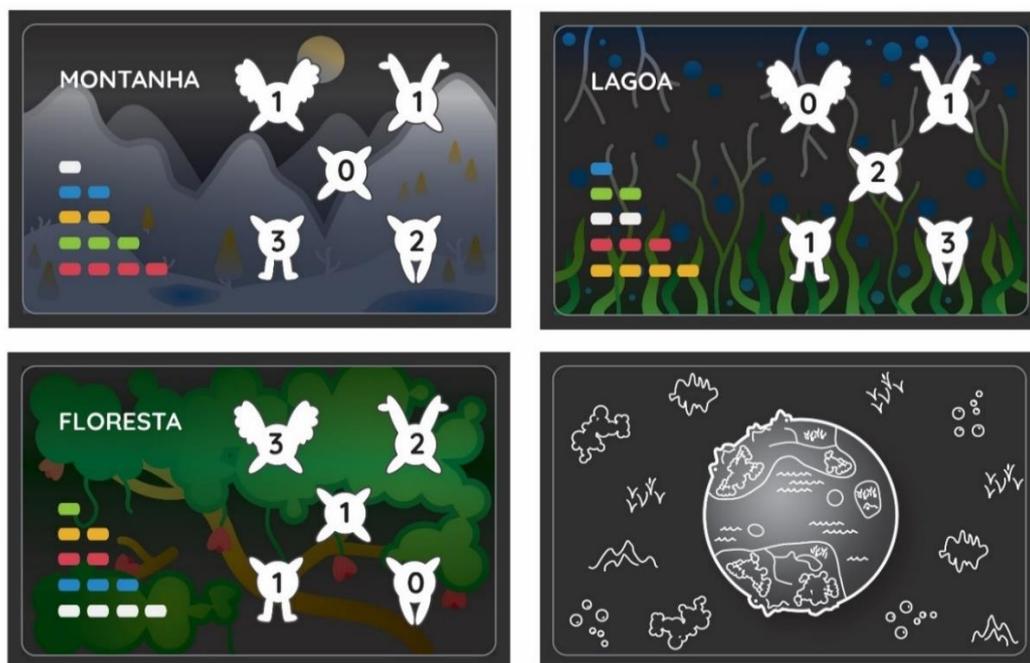
Outro motivo para as versões em fundo escuro diz respeito à interpretação das informações contidas nas cartas de mutação. Estas cartas contêm unidades coringas, pela associação das cores marcadas com alelos variáveis (associados a dominantes ou recessivos). Nestes casos, os triângulos pretos sobre fundo escuro exigiram a aplicação de contornos claros no seu entorno. Isso, no entanto, poderia prejudicar a interpretação das mesmas, uma vez que a instrução descrita nas cartas (símbolos preenchidos com contorno claro) não condizia com a representação presente nas cartas de criatura (símbolos vazios com contorno colorido).

Por fim, nas cartas de ambiente, que contêm informações essenciais durante todo um ciclo de jogo, foram utilizadas cartas maiores que as demais, orientadas na horizontal, as quais se mostraram adequadas para a elaboração das ilustrações e distribuição dos elementos gráficos.

Adotando também o critério de escolher uma cor neutra para o conjunto, optamos pelo cinza escuro como meio de valorizar as informações descritas pelos símbolos e pictogramas. Nas variações desenvolvidas em fundo claro ou de baixa saturação, as cores mais claras exigiriam a adoção de contornos para que se destacassem. Além disso, julgou-se que em tais versões existia certa poluição visual pelo fato de os símbolos competirem com as ilustrações de fundo.

Cada uma delas foi construída com base nas três cores de personagens mais favorecidas por cada ambiente, designadas pelos símbolos de custo no lado esquerdo das cartas, de modo a valorizar o aspecto da camuflagem (Figura 35). Assim, tomando por exemplo a carta de montanha, as cores de maior destaque são o branco, o azul e o amarelo. Para o verso das cartas foi elaborada a imagem de um planeta, com grafismos que remetem a cada um dos ambientes representados no jogo.

Figura 35 - Exemplos de cartas de ambiente do jogo *Monstervilhas*.



Fonte: Autor (2019)

### 8.3 ELEMENTOS ADICIONAIS

Acompanham o jogo um dado convencional e peças para a contagem de alimentos (Figura 36). O dado, conforme mencionado no item 7.3.3, deve ter duas de suas faces substituídas de modo a contemplar as possibilidades presentes no jogo.

Figura 36 - Simulação do dado de recursos e peças de alimento.



Fonte: Autor (2019)

Algumas alternativas consideradas para uma produção das peças em pequena escala, como a do protótipo deste jogo, foram a confecção de fichas em papel de maior gramatura e a impressão 3D. No entanto, ao avaliar os custos de produção, a praticidade, a facilidade de manuseio e o estabelecimento de relações com os elementos do jogo, optamos pela modelagem manual das peças utilizando porcelana fria. Estas foram coloridas e conformadas com o intuito de manter certa semelhança com os símbolos utilizados para o custo das cartas relativo às cores, as quais colaboram com a estratégia de criar uma abordagem lúdica para o jogo.

Para a definição do total de peças a serem incluídas no protótipo, consideramos o número mínimo de rodadas para a conclusão de um ciclo básico do jogo com quatro instâncias de jogadores. Assim, na eventualidade de cada um sortear o máximo de recursos a cada lançamento do dado, ao final de quatro rodadas teriam sido utilizadas 64 peças. Ao longo do jogo estas são coletadas e gastas para incorporação e manutenção das cartas de personagens. Assim, decidimos incluir 80 peças, equivalentes a cinco rodadas de jogo nas condições descritas, as quais em todos os testes realizados se mostraram suficientes.

Entretanto, em virtude de sua aparência final, ao elaborarmos a embalagem inserimos um selo alertando sobre a presença de peças pequenas, as quais podem ser facilmente confundidas com doces e consumidas por crianças.

#### 8.4 MANUAL DE REGRAS DO JOGO

O manual foi desenvolvido com o intuito de ser facilmente reproduzido. Tomando por base as dimensões dos demais elementos de jogo e o ajuste no interior da embalagem, ele foi diagramado de modo a ocupar cinco folhas de formato A4, com corpo de texto e subtítulos em peso 10 pt e com títulos em peso 14 pt. O mesmo foi impresso, frente e verso, em folhas de papel couchê 150 g/m<sup>2</sup>, formando um livreto de 20 páginas e dimensões 27,6 cm x 19,5 cm, quando aberto.

Ao longo de diversas revisões, a redação do texto passou a descrever as fases de vida das personagens e suas relações com o ambiente em um primeiro momento, ambientando os jogadores ao material e à situação simulada no jogo. Em seguida, são dadas explicações acerca das representações simbólicas utilizadas e

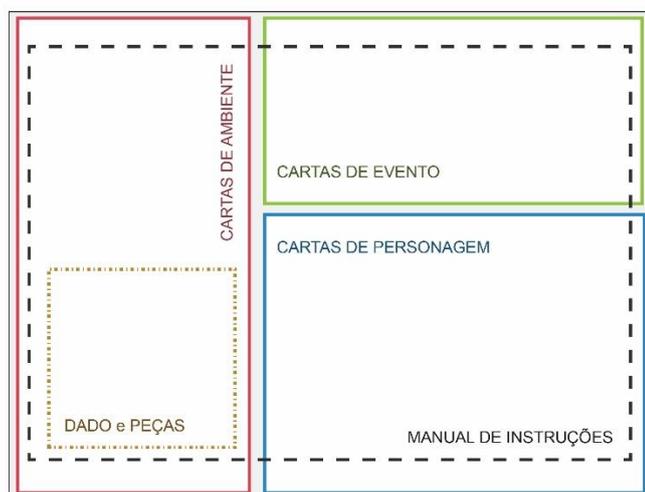
apresentados exemplos das personagens, em suas variações de forma e cor, juntamente dos pictogramas e combinações de alelos correspondentes, apontando os conceitos assim que mencionados.

Seguindo as explicações iniciais, o texto contempla as regras de jogo, junto de infográficos para melhor entendimento, divididas entre o módulo base e o avançado, ou expansão. O conteúdo do manual pode ser lido detalhadamente no Apêndice E deste trabalho (p. 133).

## 8.5 EMBALAGEM

As dimensões para a base da embalagem foram calculadas visando a economia de material e a praticidade de transporte. Estas foram definidas como sendo 21 x 16 x 5 cm, as quais levam em consideração as medidas de cada um dos conjuntos de cartas e as peças (Figura 37). A caixa foi elaborada em papel paraná 1,04 mm e revestida por papel couchê 150 g/m<sup>2</sup>, sendo impressa apenas na tampa. O grupo de personagens, por ser o mais numeroso, deve formar duas pilhas de cartas, as quais equivalem em altura ao grupo de eventos. As cartas de ambiente, em menor número, servem de base para o armazenamento do dado e das peças de recursos.

Figura 37 - Simulação da embalagem, ilustrando a organização interna.



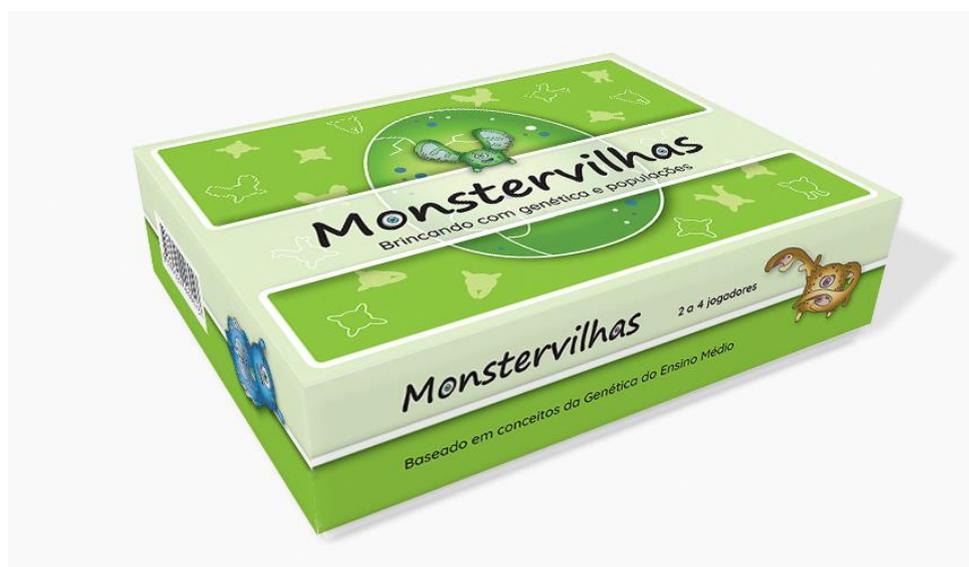
Fonte: Autor (2019)

A arte elaborada para embalagem seguiu o padrão desenvolvido para os demais elementos do jogo, buscando valorizar suas personagens. Originalmente, a cor verde foi escolhida apenas para a face superior por remeter diretamente às ervilhas, além de ser o fenótipo de cor mais versátil.

Partindo do topo, as laterais receberam as demais cores de personagens, estando presentes nelas as criaturas cuja combinação de cor e forma é favorecida por certo ambiente no qual a cor é predominante. Esse posicionamento orientou a colocação dos pictogramas na face superior, estando os mesmos distribuídos ao longo de quatro quadrantes. Em cada um deles, a personagem colorida mais próxima era um indicativo do ambiente retratado (vide Apêndice F). Assim, cada um dos quadrantes recebeu os pictogramas das formas favorecidas correspondentes, sendo preenchidas as formas com maior capacidade adaptativa.

Essa estratégia de posicionamento foi usada para fornecer um indicativo visual, ainda que um pouco vago, das mecânicas relacionadas às cores e formas das personagens em seus ambientes correspondentes. Entretanto, a decisão de fazer cada uma das laterais com uma cor diferente não se mostrou interessante. Por este motivo, o verde acabou sendo definido como a cor predominante na tampa da embalagem (Figura 38), sendo mantidas as demais colocações de imagens, as quais ajudam a ilustrar a diversidade de criaturas presente no jogo.

Figura 38 - Simulação da embalagem, ilustrando a arte externa.



Fonte: Autor (2019)

## 8.6 ROTEIRO DE APLICAÇÃO

Sugerimos que o jogo seja utilizado como ferramenta de reforço de conteúdos associados à genética. O mesmo pode ser aplicado em sala de aula às vésperas de alguma avaliação, sob a supervisão do professor, em até quatro grupos formados por um a três alunos cada, estimulando a cooperação, uma vez que os tópicos essenciais já tenham sido trabalhados. Aconselha-se que o docente realize a leitura do manual de regras e responda a eventuais dúvidas que surjam durante a atividade. Apesar de sua abordagem, o jogo *Monstervilhas* não deve ser utilizado como único instrumento de ensino, mas sim como material complementar, possibilitando visualizar os conceitos sob uma perspectiva diferente.

O conjunto base, formado por cartas de personagem e de ambientes, deve ser sempre utilizado, estando o uso das cartas de evento condicionado à vontade do professor. Este, por sua vez, pode ser montado de acordo com os conteúdos que se pretende introduzir ou relembrar, sem prejuízo para o andamento do jogo. Assim, por exemplo, caso o professor deseje trabalhar apenas com os conceitos de migração e mutação, poderá selecionar apenas estas cartas para compor o grupo de eventos.

Para a elaboração do protótipo, considerando a impressão das cartas, manual, embalagem e a modelagem das peças, foi gasto um total de R\$ 176,30. Este custo, no entanto, pode ser bastante reduzido em razão da escolha dos meios de produção. Em virtude disso, decidimos incluir na embalagem um panfleto com sugestões (vide Apêndice G). As cartas, por exemplo, podem ser impressas apenas na frente e coladas sobre um papel colorido de maior gramatura, enquanto as peças podem ser substituídas por grãos ou botões. Estimamos que a reprodução do jogo na situação descrita possa ocorrer em uma faixa de preço entre R\$ 16,50 e R\$ 61,05, que varia principalmente em função do custo de impressão.

Para tanto, consideramos que as cartas possam ser distribuídas em 23 páginas tamanho A4, enquanto o manual requer dez páginas, as quais poderiam ser impressas a um custo individual de R\$ 0,15 a R\$ 1,50. Para o verso das cartas poderiam ser usadas folhas de papel cartão 240 g de dimensões 50 x 70 cm, em sete cores, a custo médio de R\$ 16,50 a dezena. Estas estimativas levaram em consideração valores praticados na cidade de Porto Alegre em junho de 2019.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a etapa de pesquisa foi possível identificar através da literatura, e posteriormente junto aos professores, elementos essenciais para a elaboração da proposta, tais como as dificuldades de ensino enfrentadas durante as aulas de genética, muitas delas associadas à complexidade do tema, à interpretação dos enunciados, ao conteúdo matemático e à presença de concepções alternativas, as quais dificultam a aquisição de novos conhecimentos.

Uma tentativa de contornar esses problemas seria através da aplicação de atividades lúdicas em sala de aula, tais como os jogos educativos, que despertariam o interesse, a curiosidade e a motivação dos estudantes. Dentre os autores que conceituam jogos e o processo de desenvolvimento destes, cabe ressaltar as informações trazidas por Daviau (2011) e Costa (2008), os quais destacam a intuição e a relação direta do jogo com o conteúdo nele presente como aspectos fundamentais, os quais podem servir de base para a elaboração de regras e elementos gráficos e interativos, de modo que o jogo venha a refletir os conceitos que se pretende comunicar.

Essa questão vai ao encontro dos aspectos instrucionais discutidos ao longo do trabalho, que salientam a necessidade de reduzir a quantidade de informações simultâneas processadas de modo a facilitar a aquisição de conhecimento, ao mesmo tempo que mantêm um balanço entre desafio e habilidade de modo a garantir uma experiência agradável entre os jogadores.

Cabe reforçar que a proposta do trabalho foi projetar um jogo de mesa, o qual, segundo as referências pesquisadas, seria a estratégia preferencial para incluir uma abordagem lúdico-pedagógica em sala de aula. Além de menos oneroso, ele poderia colaborar com a integração dos estudantes, facilitando o desenvolvimento de habilidades sociais importantes, nem sempre encontradas em jogos digitais.

Uma discussão estabelecida no início do desenvolvimento deste trabalho, junto aos professores que, de alguma forma colaboraram com sua realização, foi a da possibilidade de se produzir um artigo relacionado ao projeto. Este desdobramento poderia gerar um material passível de publicação em periódicos especializados, tal como a Revista Genética na Escola, a qual foi fonte de consulta para este trabalho.

Apesar do jogo ter demonstrado boa aceitação, tanto em sua fase conceitual quanto durante e, após o desenvolvimento do protótipo, a elaboração do artigo exigiria que o mesmo fosse testado junto ao público-alvo: os alunos de ensino médio. Em contrapartida, buscamos a validação junto aos professores de biologia com a intenção de verificar se o protótipo atendia os objetivos propostos.

No entanto, esperamos que em breve possamos retomar este projeto e realizar novas iterações junto ao público-alvo, promovendo aprimoramentos ao jogo desenvolvido e fazendo uma contribuição para a comunidade escolar de modo mais amplo, compartilhando nossos resultados.

Em todo seu desenvolvimento, a reprodutibilidade do material foi um aspecto considerado. Apesar do presente trabalho ter elaborado um protótipo de alta fidelidade, gostaríamos que *Monstervilhas* chegasse até as escolas, mesmo que isso significasse uma perda de qualidade frente ao projeto original, visto que esta aplicação é prevista neste relatório. Esta foi uma meta apreciada durante as etapas de validação com os professores. Eles mencionaram que dada a situação atual da educação no Brasil e a valorização dos professores, dificilmente um professor de escola pública teria condições de adquirir diversas cópias de um material de maior custo para utilizar durante as aulas.

Além disso, quando relatamos que as peças de recursos poderiam ser substituídas por botões ou grãos, foi mencionado por eles que um grande estímulo para a participação das turmas durante as atividades pedagógicas de integração são os brindes ou guloseimas distribuídas durante as aulas. Assim, acreditamos que essas peças poderiam também ser trocadas por balas ou doces sem que isso prejudicasse a atividade, servindo também de estímulo à participação dos alunos.

Acreditamos que o jogo *Monstervilhas*, desenvolvido ao longo desta monografia, o qual contou com a participação de professores e colaboradores para seu contínuo aprimoramento, atingiu os objetivos propostos inicialmente, seguindo a metodologia proposta e respeitando as diretrizes de projeto estabelecidas. Com isso, esperamos ter produzido um trabalho possa servir de referência para outros interessados no tema, além de ter destacado o importante papel dos jogos de mesa como fontes de divertimento, integração e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- AKILLI, Göknur Kaplan; ÇAĞILTAY, Kürsat. An Instructional Design/Development Model for the Creation of Game-like Learning Environments: The FIDGE Model. **The Future of Learning**, v. 1, p. 93-112, 2006.
- ALVES, Marcus Vinicius; BUENO, Orlando Francisco Amodeo. As dimensões da Carga Cognitiva e o Esforço Mental. **Revista Brasileira de Psicologia**, n. 4, v. 1, 2017.
- ATKINSON, Richard C.; SHIFFRIN, Richard M. Human memory: a proposed system and its control processes. **Psychology of Learning and Motivation**, v. 2, p. 89-195, 1968.
- BARBOSA, Anderson Machado. **Jardineiros intergalácticos: um jogo de tabuleiro para o ensino de biologia desenvolvido na perspectiva da pesquisa baseada em design**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- BARNI, Graziela dos Santos. **A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais e Matemática da FURB). Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 184 p., 2010.
- BATISTA, Márcia Luiza França da Silva. **Design Instrucional: uma abordagem do design gráfico para o desenvolvimento de ferramentas de suporte à EAD**. Bauru, 2008. Dissertação (Mestrado em Design) - FAAC - UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus Bauru.
- BECKER, Katrin. Design Paradox: Instructional Games. *In: Future Play: The International Conference on the Future of Game Design and Technology*, 2006, London. **Anais** [...]. London, ON: The University of Western Ontario, 2006.
- \_\_\_\_\_. Gene Rummy: a card game about Mendelian Genetics. Tested Studies for Laboratory Teaching. **Proceedings of the Association for Biology Laboratory Education**, v. 35, p. 53-56, 2014.
- BIZZO, Nélio. **Biologia: novas bases. Ensino médio, 1º ano**. 1. ed. São Paulo: IBEP, 2016a.
- \_\_\_\_\_. **Biologia: novas bases. Ensino médio, 3º ano**. 1. ed. São Paulo: IBEP, 2016b.
- BOARD GAME GEEK. **Standard card sizes**. Disponível em: <https://boardgamegeek.com/thread/500294/standard-card-sizes>. Acesso em: 20 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Game Mechanics**. Disponível em: <https://boardgamegeek.com/browse/boardgamemechanic>. Acesso em: 28 nov. 2018.

BORGES, Regina Maria; LIMA, Valderéz Marina. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

CAMPOS, Rita; MENEZES, Maria da Conceição; ARAÚJO, Magnólia. Ensinar Genética e Evolução por meio de jogos didáticos: superando concepções alternativas de professores de ciências em formação. **Genética na Escola**, v. 13, n. 1, p. 24-37, 2018.

CEZAROTTO, Matheus Araujo; BATTAIOLA, André Luiz. **Estudo comparativo entre modelos de *game design* para jogos educacionais**. Universidade Federal do Paraná, 2017.

CHEN, Irene. Instructional Design Methodologies. *In: Instructional Design: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. Hershey, NY: Information Science Reference, p. 80-94, 2011.

CHU, Yu-Chien. **Learning Difficulties in Genetics and the Development of Related Attitudes in Taiwanese Junior High Schools**. Tese (Doutorado em Filosofia). Centre for Science Education, University of Glasgow, 2008.

COLORCRAFT PUZZLES. **Quebra-cabeças para adultos: Designs difíceis #1**, 2018. Disponível em: [https://www.amazon.com/Jigsaw-Puzzles-Adults-Difficult-Challenge/dp/B07HFGJC8V?language=en\\_US](https://www.amazon.com/Jigsaw-Puzzles-Adults-Difficult-Challenge/dp/B07HFGJC8V?language=en_US). Acesso em 6 jun. 2019.

COSTA, Leandro Demerciano. **O que os jogos de entretenimento têm que os educativos não têm: 7 princípios para projetar jogos educativos eficientes**. Porto Alegre: Simplissimo Livros, 2018.

COUTINHO, Rafael. Biologia Escolar. **Cultura Mix**, 2012. Disponível em: <https://cultura.culturamix.com/ciencias/biologia/biologia-escolar>. Acesso em 31 mar. 2019.

CSÍKSZENTMIHÁLYI, Mihaly. **Flow: The Psychology of Optimal Experience**. Nova Iorque: Harper Collins, 1990.

DA SILVA, Ione de Cássia Soares; PRATES, Tatiane da Silva; RIBEIRO, Lucineide Fonseca Silva. As Novas Tecnologias e aprendizagem: desafios enfrentados pelo professor na sala de aula. **Revista em Debate**, v. 16, p. 107-123, 2016.

DAVIAU, Rob. Design Intuitively. *In: SELINKER, Mike. Kobold Guide to Board Game Design*. Kirkland: Open Design, 2011.

DE FREITAS, Cristiane Janssen. **O uso de jogos virtuais aplicados ao currículo de biologia do ensino médio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Mídias na Educação). Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

ENFIELD, Jacob. **Designing an Educational Game with Ten Steps to Complex Learning**. Tese (Doutorado em Filosofia). Department of Instructional Systems Technology. Indiana University, 2012.

ERNEST, James Ernest. The game is not the rules. *In*: SELINKER, Mike. **Kobold Guide to Board Game Design**. Kirkland: Open Design, 2011.

FILATRO, Andrea. **Design Instrucional na prática**. São Paulo: Pearsib Education do Brasil, 2008.

GAGNÉ, Robert; BRIGGS, Leslie; WAGER, Walter. **Principles of Instructional Design**. 4. ed. Florida: Harcourt Brace & Company, 1992.

GEE, James Paul. What video games have to teach us about learning and literacy. **ACM Computers in Entertainment**, v. 1, n. 1, 2003.

GENETIC SCIENCE LEARNING CENTER. **Pigeonetics**. University of Utah, 2015. Disponível em: <https://learn.genetics.utah.edu/content/pigeons/pigeonetics/>. Acesso em: 04 ago. 2018.

GOOGLE FONTS. **Quicksand**. 2016. Disponível em: <https://fonts.google.com/specimen/Quicksand>. Acesso em: 12 abr. 2019.

HAWORTH, Robert; SEDIG, Kamram. The importance of design for educational games. *In*: **Education in a technological world: communicating current and emerging research and technological efforts**. MÉNDEZ-VILAS, Antonio (Ed.). Badajoz: Formatex Research Center, p. 518-522, 2011.

HERMANN, Fabiana Barrichello; ARAÚJO, Maria Cristina Pansera de. Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias compartilhadas nos artigos da revista de Genética na Escola. *In*: Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia, 6., 2013, Santo Ângelo. **Anais [...]**. Santo Ângelo: FuRI, 2013.

HUANG, Wenhao; JOHNSON, Tristram. Instructional Game Design Using Cognitive Load Theory. *In*: FERDIG, Richard (Ed.), **Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education**. Hershey, PA: Information Science Reference, v. 3, p. 1143-1165, 2008.

KALYUGA, Slava; PLASS, Jan L. Evaluating and managing cognitive load in games. **Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education**, v. 2, p. 719-737, 2009.

KELLER, John M. Development and use of the ARCS model of instructional design. **Journal of instructional development**, v. 10, n. 3, p. 2-10, 1987.

KIILLI, Kristian; DE FREITAS, Sara; ARNAB, Sylvester; LAINEMA, Timo. The Design Principles for Flow Experience in Educational Games. **Procedia Computer Science**, v. 15, p. 78-91, 2012.

KITA.DE. **Soziale Kompetenz bei Kindern: Sozialkompetenz fördern und trainieren**, 2016. Disponível em: <https://www.kita.de/wissen/soziale-kompetenz-bei-kindern/>. Acesso em: 31 mar. 2019.

KNIPPELS, Marie-Christine Paulina Josephina. **Coping with the abstract nature of genetics in biology education – The yo-yo learning and teaching strategy**. Centre for Science and Mathematics Education, Universiteit Utrecht. Utrecht: CD-β Press, 208 p., 2002.

KOSTER, Raph. **A theory of fun for game design**. Scottsdale, AZ: Paraglyph Press, 2005.

LIMA, Magali Fonseca de Castro. **Brincar e aprender: o jogo como ferramenta pedagógica no ensino de Física**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

LIMA, Kênio Erithon Cavalcante; VASCONCELOS, Simão, Dias. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas da rede municipal de Recife. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 14, n. 52, p. 397-412, 2006.

LINEK, Stephanie; BOPP, Mathias; SCHWARZ, Daniel; ALBERT, Dietrich. Game-based Learning - Conceptual Methodology for Creating Educational Games. *In: Proceedings of the Fifth International Conference on Web Information Systems and Technologies*, v.1. Lisboa: WEBIST, p.135-142, 2009.

LIU, Eric Zhi Feng; CHEN, Po-Kuang. The Effect of Game-Based Learning on Students' Learning Performance in Science Learning – A Case of “Conveyance Go”. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 103, p. 1044-1051, 2013.

LOONEY, Andrew. How I Design a Game. *In: SELINKER, Mike. Kobold Guide to Board Game Design*. Kirkland: Open Design, 2011.

MALONE, Thomas. **What makes things fun to learn? Heuristics for designing instructional computer games**. Palo Alto: Xerox, 1980.

MARASINI, Alessandra Brochier. **A utilização de recursos didático-pedagógicos no ensino de biologia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

MARTIN, Florence. Instructional design and the importance of instructional alignment. **Community College Journal of Research and Practice**, v. 35, p. 955-972, 2011.

MASTROCOLA, Vicente Martin. **Ludificador: um guia de referências para o game designer brasileiro**. São Paulo: Independente, 2012.

MAYER, Richard E.; MORENO, Roxana. A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. **Journal of Educational Psychology**, v. 90, n. 2, p. 312-320, 1998.

MENDONÇA, Vivian. **Biologia: o ser humano, genética, evolução: volume 1 - ensino médio**. 3. ed. São Paulo: Editora AJS, 2016a.

\_\_\_\_\_. **Biologia: o ser humano, genética, evolução: volume 3 - ensino médio**. 3. ed. São Paulo: Editora AJS, 2016b.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

MOURA, Joseane; DE DEUS, Maria do Socorro Meireles; GONÇALVES, Nilda Masciel Neiva; PERON, Ana Paula. Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, n. 2, p. 167-174, 2013.

NARVAJAS-PÉREZ, Rafael; AZNARTE-MELLADO, Cristina. Mendelius, el acento granadino a las leyes de la herencia. **Revista Calle Elvira**, p. 40-43, 2014.

OBIKWELU, Chinedu; READ, Janet C. The Serious Game Constructivist Framework for Children's Learning. **Procedia Computer Science**, v. 15, p. 32-37, 2012.

PEREIRA, Ana Luísa Lopes. **A Utilização do Jogo como recurso de motivação e aprendizagem**. Dissertação. Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Cidade do Porto, 2013.

PIAGET, Jean. **Play, dreams and imitation in childhood**. Londres, UK: William Heinemann, 296 p., 1962.

PIXAR. Peas-in-a-Pod. **Toy Story 3**, 2010. Disponível em: <https://www.imdb.com/videoplayer/vi150995993>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PLASS, Jan L.; HOMER, Bruce D.; CHANG, Yoo Kyung; BARRIENTOS, Juan; MILNE, Catherine; JORDAN, Trace; KIM, Minchi. Representational Mode, Instructional Format, and Cognitive Load: Optimizing the Instructional Design of Science Simulations. *In: Annual Meeting for the American Educational Research Association (AERA), Division C-4: Science, 75.*, 2007, Chicago. **Anais [...]**. Chicago: American Educational Research Association, 2007.

PULSIPHER, Lewis. **Game Design: How to Create Video and Tabletop Games, Start to Finish**. North Carolina: McFarland, 2012.

REIGELUTH, Charles Morgan; SCHWARTZ, Ellen. An instructional theory for the design of computer-based simulations. **Journal of Computer-Based Instruction**, v.16, n. 1, p. 1-10, 1989.

REIGELUTH, Charles Morgan. What is Instructional Design Theory and How Is It Changing? *In*: REIGELUTH, Charles Morgan (Ed.) **Instructional-Design Theories and Models**, v. 2. London: Lawrence Erlbaum Associates, p. 5-29, 1999.

SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. Massachusetts: The MIT Press, 2004.

SCHELL, Jesse. **The Art of Game Design: A Book of Lenses**. California: Morgan Kaufman, 2008.

SCHWAB, Philomena; WALKER, Severin; REBER, Laura; STETTLER, Micha; STRIEBEL, Max. **Niche - a genetics survival game**. Version 1.1.4. Zurique: Stray Fawn Studio, 2017. Disponível em: <https://niche-game.com/>. Acesso em: 04 ago. 2018.

SELINKER, Mike. **The Kobold Guide to Board Game Design**. Washington: Open Design, 2011.

SHAW, Kenna Mills; VAN HORNE, Katie; ZHANG, Hubert; BOUGHMAN, Joann. Genetics Education - Innovations in Teaching and Learning Genetics. **Genetics**, v. 1157-1168, 2008.

SIMONELLI, Nádia. Escola ganha cores do arco-íris em Singapura. **Casa Vogue**, 2016. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/noticia/2016/04/escola-ganha-cores-do-arco-iris-em-singapura.html>. Acesso em: 31 mar. 2019.

SWELLER, John. Cognitive load during problem solving - effects on learning. **Cognitive Science**, v. 12, p. 257-285, 1988.

TAM, Maureen. Constructivist, Instructional Design, and Technology: Implications for Transforming Distance Learning. **Educational Technology & Society**, v. 3, n. 2, p. 50-60, 2000.

VAN ECK, Richard. Digital Game Based Learning: It's not just the digital natives who are restless. **Educause**, v. 41, n. 2, p.16-30, 2006.

VILLAS-BOAS, André. **O que é [e o que nunca foi] design gráfico**. Rio de Janeiro: 2AB, 2007.

VON GILLERN, Sam; ALASWARD, Zina. Games and Game-based Learning in Instructional Design. **International Journal of Technologies in Learning**, v. 23, n. 4, p. 1-7, 2016.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **Mind in society: The development of higher psychological functions**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

WATSON, William R. **Formative research on an instructional design theory for educational video games**. Tese (Doutorado em Filosofia). Department of Instructional Systems Technology of the School of Education, Indiana University, 2007.

WINN, Brian. The design, play, and experience framework. **Handbook of research on effective electronic gaming in education**, v. 3, p. 1010-1024, 2008.

WINN, Brian; HEETER, Carrie. Resolving conflicts in educational game design through playtesting. **Innovate: Journal of Online Education**, v. 3, n. 2, 2007.

ZAKIROV, Eldar. Pea Plants. **The Art of Eldar Zakirov**, 2016. Disponível em: <https://www.eldarzakirov.com/Art-Illustration/Pea-Plants>. Acesso em: 4 maio 2019.

## APÊNDICE A – RELAÇÃO DE CONCEITOS DE GENÉTICA

De modo a facilitar a compreensão dos assuntos pertinentes à biologia mencionados durante o desenvolvimento deste trabalho e que serviram de base para o desenvolvimento da proposta educativa, foram elaborados pequenos textos para contextualização, agrupando os conceitos por afinidade. Essas definições foram retiradas de livros didáticos desenvolvidos para as aulas de biologia do ensino médio (MENDONÇA, 2016a, 2016b).

A **Genética** é a área da Biologia que estuda os genes, os mecanismos de transmissão das **características hereditárias** ao longo de gerações de pais e filhos, incluindo também a área de manipulação de genes, conhecida por engenharia genética. Ela teve início com os trabalhos de **Gregor Mendel**, um monge austríaco que viveu entre 1822 e 1884. A partir de 1960 ele realizou uma série de cruzamentos entre plantas de ervilhas, dos quais foi possível elaborar as leis de hereditariedade que servem de base aos estudos de genética.

Cada característica é determinada por um par de fatores que se separam na formação dos gametas e que são sempre puros. A característica que se manifesta nas gerações que não formam linhagens puras é chamada **dominante**, ao passo que a característica que não se manifesta é a **recessiva**.

As células das somáticas, responsáveis formação de órgãos e tecidos em organismos multicelulares, são **diploides**, apresentando pares de **cromossomos homólogos**, os quais possuem os mesmos **locos gênicos**. Cada cromossomo é formado por duas **cromátides**, ou filamentos. Se em determinado cromossomo um gene ocupa um *loco* específico, em seu homólogo este local será ocupado por um **alelo**. Da combinação entre dois alelos para uma característica é definido um **genótipo**, cuja expressão caracteriza o **fenótipo**. Na geração de gametas, durante a primeira fase da **meiose**, os cromossomos homólogos se alinham e ocorre a troca de fragmentos entre cromátides, correspondentes a diferentes *loci* gênicos, permitindo a **recombinação** genética e a **variabilidade**. Em uma segunda etapa esses cromossomos se separam, indo um para cada nova célula reprodutiva formada.

A teoria da **seleção natural** de **Charles Darwin** foi escrita em 1859, em uma época onde ainda não eram conhecidos o DNA, mecanismos de divisão celular e hereditariedade. Darwin considerou a população de cada espécie como uma **unidade evolutiva**, explicando que as variações vantajosas para a sobrevivência dos organismos em determinado ambiente eram selecionadas positivamente, favorecendo suas chances de sobrevivência e reprodução. Com o desenvolvimento da genética, outros **fatores evolutivos** foram descobertos, sendo os principais a **mutação gênica**, a **recombinação gênica** e a **migração**, além da **seleção natural**.

## APÊNDICE B – RELATÓRIO DE PESQUISA COM PROFESSORES

De modo a coletar dados para caracterizar o público-alvo local, foi desenvolvido um questionário com respostas abertas para coletar dados de modo qualitativo. As questões foram reunidas em quatro blocos, sendo este o roteiro e a relação de respostas obtidas a partir da amostra. A pesquisa obteve um total de oito participantes, voluntários e anônimos, sendo cada um identificado pelas letras A a H. Algumas perguntas foram agrupadas para permitir uma melhor leitura e organização das respostas.

### Jogos de tabuleiro e genética

Esta pesquisa visa reunir dados junto a professores de Biologia para contribuir com o trabalho de conclusão do curso da UFRGS intitulado "Design de um jogo de tabuleiro como contribuição no estudo da genética", de autoria do aluno Rodrigo De Nardin e orientado pela professora Adriana Eckert Miranda. A intenção é desenvolver um jogo que explore os conteúdos trabalhados durante o ensino médio de maneira lúdica, promovendo discussões em sala de aula e estimulando a curiosidade dos alunos sobre o tema.

Sua participação nesta pesquisa é anônima e voluntária e seus dados serão tratados com sigilo. Você poderá desistir de participar a qualquer momento, sem que isso implique em qualquer risco ou penalidade.

### BLOCO 1 - Perfil do professor

Qual sua formação (curso de graduação; pós-graduação)?

- A. Graduação
- B. Licenciatura em Biologia
- C. Biologia - Mestrado em Biologia Animal
- D. Bióloga, Mestre em Ecologia
- E. Licenciatura Plena em Biologia; pós em Planejamento ambiental
- F. Mestrado
- G. Licenciatura em Ciências, Licenciatura em Biologia, Especialização Biologia Lato Sensu
- H. Ciências Biológicas. Mestrado e Doutorado em Genética e Biologia Molecular

Você leciona há quanto tempo? Em quantas escolas? Que tipo?

- A. 19 anos, uma escola estadual
- B. 37 anos, uma escola privada
- C. 4 anos, nenhuma, mas lecionei numa escola estadual
- D. 5 anos e depois parei, escola privada
- E. 31 anos, uma escola privada
- F. 6 anos, nenhuma, mas lecionei numa escola privada
- G. 33 anos, duas escolas estaduais
- H. 8 meses, um instituto federal

Você ensina outras matérias além de Biologia? Se sim, qual?

- A. Não
- B. Não
- C. Sim, Ensino religioso
- D. Não
- E. Sim, Química e Ciências
- F. Não
- G. Não
- H. Não

---

## **BLOCO 2 - Aulas e material didático**

Você tem tempo para planejar suas aulas dentro da carga horária semanal? Que tipo de materiais didáticos costuma utilizar?

- A. Sim. Livros, filmes/vídeos, experimentos, jogos
- B. Não. Livros, filmes/vídeos, experimentos, artigos
- C. Não. Livros, filmes/vídeos
- D. Não. Livros, filmes/vídeos, experimentos, computador/software
- E. Não. Livros, filmes/vídeos, experimentos, computador/software
- F. Não. Livros, filmes/vídeos, experimentos, computador/software, jogos
- G. Sim. Livros, filmes/vídeos, experimentos, computador/software, jogos
- H. Sim. Livros, filmes/vídeos, experimentos, computador/software, artigos

Qual a aceitação e reação dos alunos quando utiliza esses materiais?

- A. Boa
- B. Os alunos interessados aceitam e reagem bem a qualquer proposta; já aqueles que não se interessam pela Biologia, são indiferentes a qualquer forma de apresentação dos conteúdos.

- C. Boa
- D. Nem sempre gostavam
- E. Muito boa
- F. Muito boa
- G. Antigamente qualquer atividade diferenciada que propunha a aceitação era 100% e adoravam as aulas, na atualidade está difícil conseguir a atenção e interesse de todos.
- H. Boa

De maneira geral, qual o comportamento observado nas turmas durante as aulas de biologia?

- A. Boa
- B. De forma geral, os alunos participam bem, fazendo questionamentos e trazendo contribuições, mas toda turma tem suas exceções...
- C. Geralmente as turmas são bem dispersas
- D. Médio interesse
- E. Participação com muitos questionamentos
- F. Não demonstram muito interesse
- G. Somente os alunos que pretendem seguir curso ligado a área é que realmente se envolvem e questionam, os demais cumprem a obrigação.
- H. A maioria dos alunos faz perguntas relacionadas à temática da aula.

---

### **BLOCO 3 - Genética: conteúdos trabalhados**

Em genética, quais são os assuntos trabalhados ao longo do período?

- A. Hereditariedade, genética evolutiva
- B. Conceitos básicos em genética, genética básica (Leis de Mendel), variações da primeira Lei de Mendel, polialelia (sistemas sanguíneos), interações gênicas (simples, epistasia, herança quantitativa), herança ligada, restrita e limitada ao sexo + herança condicionada pelo sexo, genética de populações (ligada à Evolução)
- C. Leis de Mendel, alelos letais, dominância incompleto, ausência de dominância, alelos múltiplos, sistema ABO, RH, interação gênica, epistasias, herança quantitativa, mapeamento
- D. Bases da genética
- E. 1 e 2a leis de Mendel, herança quantitativa
- F. Herança genética, expressão gênica...
- G. Conceitos; Primeira Lei de Mendel; Segunda Lei de Mendel; Probabilidade; Polialelia; Grupos Sanguíneos, Herança Quantitativa; Transgênicos, Clonagem, Células Tronco, Biotecnologia; Engenharia Genética; Doenças Genéticas; Projeto Genoma Humano; Mutação

H. Primeira Lei de Mendel, Segunda Lei de Mendel, Grupos sanguíneos, Sexo e herança genética, interação gênica

Algum tema relacionado à genética é ensinado antes do terceiro ano? Qual?

- A. Evolução
- B. Ensina-se conteúdos que considero pré-requisitos para compreender os mecanismos de herança: divisões celulares e gametogênese, por exemplo.
- C. Divisão celular
- D. Efeitos, doenças, pouco evolução
- E. Sim. Todos
- F. Não
- G. Sim, Divisão Celular: Mitose e Meiose (fundamental para entender sobre os alelos e a segregação); DNA e RNA; Núcleo Celular e Cromossomos; Síntese Proteica;
- H. Sim. Divisão celular.

Que assuntos você sente mais dificuldade de ensinar em genética?

- A. Cruzamento genético
- B. Nenhum; o estudo de genética é bem tranquilo.
- C. Mapeamento
- D. Estrutura do DNA, visão tridimensional
- E. Nenhuma
- F. Não sinto dificuldade, pois, é um dos temas que mais gosto de ensinar
- G. Herança e sexo; Interação Gênica; Epistasia; Mapas Gênicos (mais por falta de tempo)
- H. Mapeamento

Você sente que os alunos têm mais dificuldade em algum momento? Com quais assuntos?

- A. Cruzamento genético
- B. A maior dificuldade na realização de questões de genética é a interpretação dos enunciados; alguns cometem erros básicos nos cálculos matemáticos.
- C. Entender a primeira lei de Mendel.... separação dos alelos na formação dos gametas
- D. Quase todos
- E. Interpretação
- F. Sim, no 1º ano do Ensino Médio
- G. No início quando precisam aplicar os conceitos e quando precisam utilizar a matemática para resolver os questionamentos
- H. Sim. Probabilidade e mapeamento.

Saberia nomear um ou mais motivos para essas dificuldades?

- A. Um bom entendimento e exercícios
- B. Desatenção, falta de foco durante a leitura das questões... Normalmente essas dificuldades não são restritas à Biologia; os alunos com dificuldades de interpretação e/ou raciocínio lógico/ matemático refletem isso em outras disciplinas também.
- C. Não conseguem visualizar de forma concreta
- D. Entender a relação com sua vida e dia-a-dia
- E. Falta de leitura
- F. Mudança de postura e de cobrança dos professores em aula
- G. Falta de concentração nas aulas, falta de estudos em casa
- H. Dificuldades com matemática, e com pensamento abstrato.

O que você acha a respeito da estrutura didática de conteúdos de genética? Mudaria alguma coisa?

- A. Bom
- B. Não
- C. Sobre os livros...acho que daria pra trabalhar juntamente com divisão celular (meiose)
- D. Hoje não tenho contato
- E. Não
- F. Eu não deixaria toda a genética para o 3º ano do Ensino Médio
- G. Hoje vejo a parte de transgenia, biotecnologia, células tronco, clonagem, grupos sanguíneos muito mais importantes para uso pessoal do que saber fazer o Quadro de Punet e os cálculos de probabilidades.
- H. Colocaria divisão celular logo antes de Genética.

---

#### **BLOCO 4 - Jogos em sala de aula**

Qual seria sua receptividade para um jogo de tabuleiro com o tema genética em sala de aula?

- A. Ótimo
- B. Estaria disposta a experimentar, dependendo dos objetivos do jogo.
- C. Gostaria bastante
- D. Toda novidade provoca curiosidade. Sim, de fato
- E. Adoro coisas novas
- F. Acho que seria bem interessante, portanto, eu seria bem receptiva
- G. Adoraria que estes materiais realmente chegassem nas escolas
- H. Boa!

Você acha que o uso de jogos seria uma estratégia positiva para a integração da turma? Explique.

- A. Sim, aprender de forma prática e didática
- B. Possivelmente, sim. Tudo depende de como a atividade é apresentada, organizada e de quais são os objetivos da mesma.
- C. Sim...aumenta a interação dos alunos, mas de uma forma relacionada com o assunto abordado
- D. Totalmente
- E. Sim, pois é uma maneira lúdica de introduzir um assunto novo
- F. Com certeza, é uma excelente maneira de fazer com a turma trabalhe em conjunto
- G. Sim, "brincando" o aprender se torna agradável e tudo o que é feito em grupo ajuda na socialização dos conteúdos
- H. Sim, pois permite trabalhar o tema de forma lúdica, e jogar com colegas que não necessariamente fazem parte do seu círculo próximo de amigos.

Você tem alguma sugestão sobre assuntos ou temática que poderiam ser abordados?

- A. Genes e o ambiente
- B. Tudo depende dos objetivos do jogo: se é um jogo para fixar/testar conhecimentos, todos os conteúdos de genética podem ser contemplados. Se é um jogo para introduzir conteúdo, penso ser mais interessante contemplar conceitos mais básicos...
- C. Separação dos alelos na formação dos gametas... proporções fenotípicas e genotípicas
- D. Combinação sanguínea, estrutura do DNA, correlação com a divisão celular, mitose e meiose
- E. Malformações congênitas
- F. Acho que seria muito bom ter jogos que envolvessem as principais características que são herdadas dos genitores, enfocando diversas gerações.
- G. Um dos assuntos mais cobrados em vestibulares e ENEM e necessários para a vida do cidadão: Ecologia.
- H. Genética Ecológica

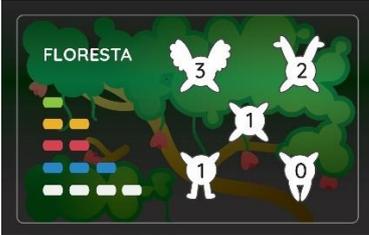
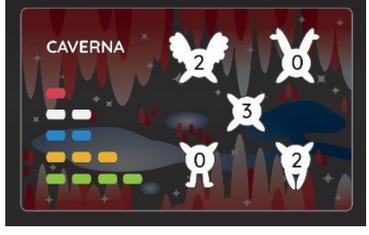
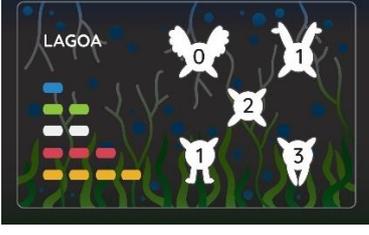
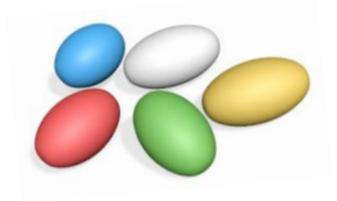
APÊNDICE C – VARIAÇÃO DE COR E FORMA DAS PERSONAGENS



## APÊNDICE D – RELAÇÃO DE COMPONENTES

Item	Quantidade	Dimensões	Material
 <p>Saltador albino</p>	<p>10 albinas</p> 	55 x 85 mm	<p>Papel couchê 300g/m<sup>2</sup></p>
 <p>Normal vermelho</p>	<p>15 vermelhas</p> 	55 x 85 mm	<p>Papel couchê 300g/m<sup>2</sup></p>
 <p>Hábil amarelo</p>	<p>20 amarelas</p> 	55 x 85 mm	<p>Papel couchê 300g/m<sup>2</sup></p>
 <p>Nadador azul</p>	<p>20 azuis</p> 	55 x 85 mm	<p>Papel couchê 300g/m<sup>2</sup></p>

Item	Quantidade	Dimensões	Material
 <p>Alado verde</p>	30 verdes 	55 x 85 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
<p><b>MIGRAÇÃO</b></p> <p>Todos os jogadores devem selecionar uma carta-adulta do adversário para trocar e jogar o dado para determinar a quantidade de alimento obtida. <b>A carta deve permanecer em mãos por uma rodada se não usada em um cruzamento.</b></p>	Migração 14 cartas	100 x 55 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
<p><b>MUTAÇÃO</b></p> <p>Sua tribo entra em contato com agentes mutagênicos durante a busca de alimento. No próximo cruzamento, <b>aplique a transformação a uma das cromátides.</b> Alelos coloridos tornam-se variáveis.</p> 	Mutação 12 cartas	100 x 55 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
<p><b>DERIVA GENÉTICA</b></p> <p>Quando for mudar de ciclo, <b>antes de sortear um novo ambiente, jogue o dado e elimine o número de cartas-filhas correspondente. Ignore a etapa de seleção adaptativa forma-ambiente.</b></p>	Deriva genética 8 cartas	100 x 55 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
<p><b>METEORO</b></p> <p>Todos os jogadores devem ter <b>2 cartas-adultas eliminadas</b> pelos adversários. Em seguida, todos devem sortear novas cartas para suprir as perdas. <b>A quantidade de alimento deve ser reduzida pela metade.</b></p> 	Meteoro 2 cartas	100 x 55 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
<p><b>TERREMOTO</b></p> <p>Todos os jogadores que estiverem no mesmo ambiente devem ter <b>1 carta-adulta eliminada</b> pelos adversários. Cartas aladas são imunes e, caso escolhidas, devem ser reveladas. Em seguida, sorteie novas cartas.</p> 	Terremoto 2 cartas	100 x 55 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
<p><b>INUNDAÇÃO</b></p> <p>Todos os jogadores que estiverem no mesmo ambiente devem ter <b>1 carta-adulta eliminada</b> pelos adversários. Cartas nadadoras são imunes e, caso escolhidas, devem ser reveladas. Em seguida, sorteie novas cartas.</p> 	Inundação 2 cartas	100 x 55 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>

Item	Quantidade	Dimensões	Material
	Floresta 3 cartas	110 x 70 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
	Montanha 3 cartas	110 x 70 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
	Caverna 3 cartas	110 x 70 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
	Lagoa 3 cartas	110 x 70 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
	Campo 3 cartas	110 x 70 mm	Papel couchê 300g/m <sup>2</sup>
	Recursos 80 peças	Aprox. 12 x 8 x 8 mm	Porcelana fria
	Dado 1 unidade	15 x 15 x 15 mm	Acrílico

## APÊNDICE E – MANUAL DE REGRAS DO JOGO





95 cartas de personagens

### CONTEÚDO DO JOGO



15 cartas de ambientes



40 cartas de eventos



1 dado e 80 peças de recursos

Monstervilhas é um jogo baseado em conceitos da Genética. Nele você irá controlar grupos de criaturas de cores e formas variadas com o objetivo de formar famílias adaptadas ao ambiente onde vivem.

As criaturas do jogo são hermafroditas, de modo que não existem restrições entre quais indivíduos podem ser combinados. As tribos são compostas por criaturas variadas, as quais tomam conta dos filhotes. Os jovens nascem de ovos, cuja casca reflete a cor do indivíduo e favorece sua capacidade de se disfarçar.

À medida que as tribos crescem e formam novas famílias, surge a necessidade de buscar alimento em outros locais. A migração ocorre durante a fase de crescimento e faz com que os indivíduos menos adaptados ao novo ambiente sejam eliminados.

Por vezes também ocorrem eventos ambientais aleatórios, os quais interferem nas chances reprodutivas e afetam a composição das populações.

### Para 2 a 4

Grupos de jogadores



## CARTAS DE CRIATURA

As características de cada criatura são controladas por seus genes, cuja combinação de alelos dita como as informações presentes no genótipo serão expressas. Os símbolos nas cartas de personagem representam um cromossomo, formado por duas cromátides.

Cada uma das **cromátides** é representada por um conjunto de quatro símbolos posicionados um acima do outro na lateral esquerda das cartas.

Os alelos do jogo são representados por formas e cores que fazem analogia à expressão do fenótipo.

Os triângulos referem-se aos **alelos de forma**, enquanto os quadrados são associados aos **alelos de cor**. Símbolos cheios marcam os alelos dominantes enquanto os vazados por um ponto branco são os recessivos. Algumas vezes as cartas trarão símbolos vazios, dados por apenas um contorno, podendo ser considerados variáveis e associadas tanto ao alelo dominante como o recessivo.



## CARTAS DE AMBIENTE

As criaturas, em decorrência de suas cores e formas, sofrem diferentes influências do ambiente ao longo da vida. As cartas de ambiente, mantidas ao longo de um ciclo de jogo, trazem essas informações.

Hermafroditas, os adultos não têm limitações entre quais formas podem ser cruzadas. Uma vez geradas, independente da cor, todas nascem com o mesmo formato. Por esse motivo, as criaturas que melhor se camuflam exigem inicialmente um menor número de alimentos. O **custo de geração** de cada criatura é indicado pelas barras coloridas.



À medida que crescem ocorre a diferenciação da forma que, por sua vez, impacta na sobrevivência das criaturas, eliminando as menos adaptadas, de acordo com a seleção natural. O valor de **adaptação** é indicado pelos números no centro dos símbolos associados com cada um dos formatos de corpo.



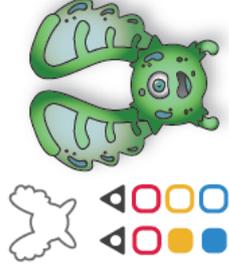
## CARTAS DE EVENTO

Esse conjunto de cartas, por sua vez, indica eventos pela qual as populações podem passar. Estas envolvem algumas situações de caráter aleatório que

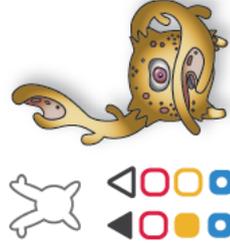
podem afetar apenas um dos indivíduos ou populações inteiras. Dentre estas estão migrações, extinções e mutações.



O tipo **alado** destaca-se nas florestas. Indivíduos com asas surgem quando dois alelos recessivos para membros anteriores estão presentes no genótipo. Além de determinar o membro desenvolvido, os alelos recessivos também controlam o desenvolvimento de membranas. A expressão de mais de um fenótipo pelo mesmo gene é determinada pleiotopia. O tipo **verde**, por sua vez, surge pela combinação de ao menos um alelo dominante para azul e outro para amarelo.



Os campos favorecem o aparecimento de criaturas **amarelas**. Estas possuem ao menos um alelo amarelo dominante, mas nenhum azul. Dentre estas, o **hábil**, que possui dois alelos para membros superiores, se destaca como o mais adaptado, capaz de manipular objetos.



Isso, no entanto, não impede que outras configurações de aparência também ocorram, uma vez que o resultado dos cruzamentos tende a ter um caráter aleatório, seguindo um conjunto de probabilidades.

Nas cavernas são favorecidos os indivíduos fixos ou de alta mobilidade, os quais não precisam escalar as formações rochosas

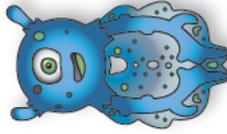
irregulares. Dentre esses, destacam-se as criaturas comuns vermelhas. O tipo **comum** ocorre pela combinação de dois alelos para membros opostos. A cor **vermelha**, no entanto, é inibida pela presença de alelos dominantes para azul ou amarelo, através de uma interação denominada epistasia.



Nas montanhas geladas, são os indivíduos **albinos** que recebem vantagem na fase jovem, tendo estes apenas alelos recessivos para cor. Dentre estas, os **saltadores** levam vantagem na vida adulta, oriundos da combinação de dois alelos para membros posteriores.



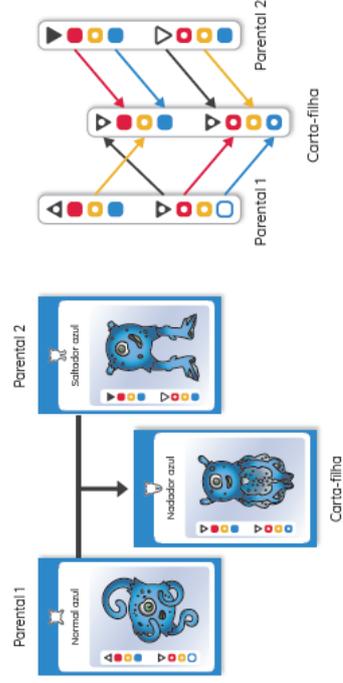
Nos ambientes aquáticos prosperam as criaturas **nadadoras**, as quais possuem dois alelos recessivos para membros inferiores. Os indivíduos **azuis** possuem ao menos um alelo azul dominante, mas nenhum amarelo.



## PREPARAÇÃO

Durante o jogo você precisará criar famílias de indivíduos em uma população, formadas por três cartas, usando combinações de diferentes formas de criaturas.

Cada **carta-filha** deverá ter, entre os alelos de seu genótipo, metade dos alelos vinda de cada um dos pais, escolhidos entre o grupo de cartas-adultas. A posição dos alelos não importa, mas não podem existir repetições, ou seja, dois alelos de um gene vindos do mesmo parental. Ao formar uma família, você deverá posicionar a carta-filha sobre as demais, que deverão ficar viradas para baixo.

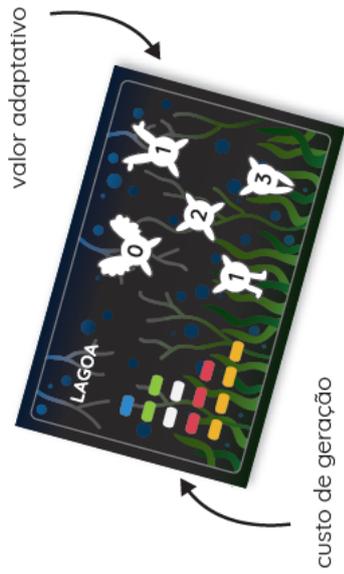


Antes de iniciar o jogo, faça um treino com apenas uma das cores, uma vez que você terá menos variáveis para analisar.



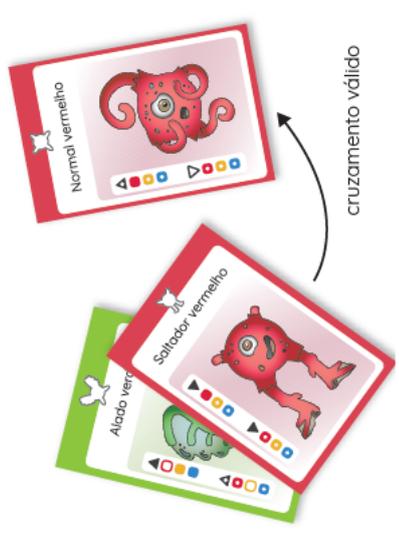
## O CICLO DE JOGO

Antes de começar a jogar, forme grupos de jogadores de uma a três pessoas, e embaralhe cada conjunto de cartas separadamente. Na modalidade básica de jogo utilize apenas as cartas de personagem e ambientes. Em seguida, distribua, individualmente, oito cartas de personagem para cada grupo. Estas cartas comporão o conjunto de cartas-adultas, as quais deverão ser mantidas mantidas na mão, sem que seu conteúdo seja revelado aos adversários. Coloque a pilha de cartas restantes no centro da mesa, com o verso virado para cima.



Cada grupo deve sortear uma carta de ambiente, que deve ser mantida por perto durante todo um ciclo de jogo. Essa carta contém informações sobre o custo necessário para a geração de criaturas, relativo à camuflagem dos indivíduos jovens, e o valor adaptativo na fase adulta.

A cada rodada, cada grupo deve, em sua vez, lançar o dado de recursos e coletar a quantidade de peças correspondente. A cor das peças não importa, e elas podem ser substituídas por botões, grãos ou balas. Caso uma das faces de eventos ? seja sorteada, o dado deve ser jogado novamente. Em seguida, vire uma carta de personagem do centro e observe se dentre as cartas que possui é possível formar a carta-filha pela combinação de alelos entre duas cartas-adultas.



Uma vez obtida uma carta-filha, cada nova rodada exigirá um **custo de manutenção**, relativo à alimentação das criaturas já nascidas, e correspondente a uma unidade por carta.

O ciclo deve prosseguir até que um dos grupos consiga formar quatro famílias, colocando todas as cartas na mesa. A **pontuação final** será dada em função das formas das cartas-filhas em relação ao ambiente na qual se situam, sendo vencedor aquele que obtiver o maior número de pontos. Em caso de empate, devem ser consideradas também o número de cartas com cores favorecidas, conforme a ordem descrita na carta de ambiente.

Observando o custo para geração e o valor adaptativo, o grupo terá a opção de incorporar a carta-filha, caso o cruzamento seja possível, ou efetuar uma troca entre a carta sorteada e uma das cartas-adultas que tem na mão. Caso ela seja incorporada como filha, pague a quantidade de recursos correspondente. A carta-filha deverá ser posicionada sobre as duas cartas-adultas, que deverão ser viradas para baixo, formando uma família. Essas cartas saem de jogo e não são repostas, reduzindo o número de cartas na mão.

Em caso de impossibilidade de cruzamento ou falta de recursos, o grupo também terá a opção de efetuar uma troca de carta, que deverá ser posicionada no centro da mesa. O grupo seguinte, após lançar o dado e coletar os recursos, terá a opção de jogar com a carta descartada pelo grupo anterior ou sacar uma nova da pilha.



valor adaptativo:  
2 pontos

custo de geração:  
3 recursos

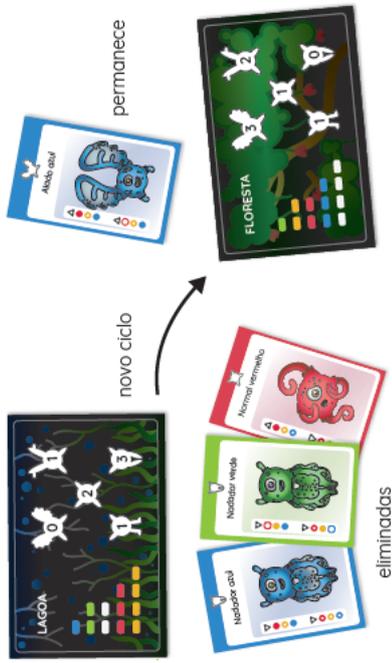
## EXPANSÃO

Na **modalidade avançada**, o jogo dispõe de um baralho com eventos, com conceitos relativos à questões ambientais e evolutivas. A utilização dessas cartas é condicionada ao sorteio da face ? no dado de recursos, devendo ser efetuadas as ações correspondentes, que devem ser lidas em voz alta. Ao utilizar este baralho os jogadores devem expandir o jogo para um maior número de ciclos.

Uma vez definido o número total de ciclos (a partir de 2), assim que um grupo concluir o primeiro, o jogo não se encerra e os demais grupos devem permanecer jogando. Suas pontuações serão dadas ao concluírem o respectivo ciclo de jogo, avançando então para o seguinte.



14



Ao passar para um novo ciclo, sorteie uma nova carta de ambiente e elimine as cartas-filhas menos adaptadas ao novo ambiente (valor adaptativo 0 ou 1) e todas as cartas-adultas. Caso nenhuma carta sobreviva, o jogador será eliminado. De modo a recompor uma população adulta de oito indivíduos, cartas adicionais deverão ser sorteadas da pilha central e adicionadas às cartas adaptadas sobreviventes, que passam a ser cartas-adultas. Todas as cartas fora de jogo deverão ser embaralhadas junto à pilha central.

O jogo deve prosseguir até a conclusão do número de ciclos desejados, devendo nesse caso ser considerado o primeiro grupo a atingir o objetivo, encerrando o jogo dos demais. A **pontuação** será dada pela soma de pontos ao longo do número de rodadas estipulado inicialmente.

15

As cartas de eventos incluem conceitos relacionados à mecanismos que afetam a frequência de genes em uma população, sendo estes responsáveis por mudanças evolutivas em populações de indivíduos.

As **migrações**, ou fluxo gênico, caracterizam qualquer movimentação de indivíduos, muitas vezes em busca de alimento, que leva informações genéticas de um grupo a outro. No jogo, essas cartas determinam trocas entre os jogadores. Ao ser sorteada, cada grupo deverá trocar uma carta-adulta com o grupo ao lado. A escolha deverá ser feita pelos adversários. Em seguida, lance o dado e colete a quantidade de recursos sorteada. Caso a carta trocada não possa ser usada em um cruzamento, aguarde uma rodada caso queira descartá-la.



Criaturas azuis e vermelhas, quando cruzadas, podem dar origem às próprias cores ou a indivíduos albinos.

A ação dessa mutação sobre uma das cromátides da criatura azul possibilita a geração de gametas com alelos para a cor amarela.



As **mutações** são caracterizadas por mudanças no material genético. Aleatórias, elas afetam a evolução caso ocorram nas células reprodutivas. As cartas de mutação servem como coringas no jogo. Elas indicam os alelos que devem ser tomados como variáveis, podendo assumir tanto a forma dominante como a recessiva. Alelos para membros superiores e inferiores, no entanto, não podem ser trocados entre si. Essa atribuição deve ser feita a apenas uma das cromátides da carta parental escolhida.

As cartas de **deriva genética** relacionam-se à ocorrência de um fenótipo predominante em decorrência de um evento aleatório. A geração seguinte terá os genes dos indivíduos que tiveram mais sorte, mas não necessariamente os melhor adaptados. Caso sorteada, o grupo deverá desprezar os efeitos adaptativos ao entrar em um novo ciclo. Ao chegar nessa etapa e após a contagem de pontos, o grupo deverá lançar o dado e eliminar o número de cartas-filhas correspondente, antes mesmo de sortear uma nova carta de ambiente. A escolha das cartas eliminadas é livre. No novo ambiente não acontecerão perdas em razão da baixa adaptação.



Apesar das cavernas não favorecerem o desenvolvimento de criaturas hábeis, elas irão permanecer no novo bando.

As cartas de extinção, por sua vez, descrevem eventos de natureza aleatória que podem alterar a composição das populações. Esses acontecimentos têm efeito sobre as cartas-adultas.

**Terremoto** afeta as criaturas terrestres mas deixa ilestras as voadoras, tendo efeito em todos os grupos de jogadores pertencentes ao mesmo ambiente.

**Inundação**, assim como terremoto, afeta todos os grupos que estiverem no mesmo ambiente, mas não possui efeito sobre as criaturas capazes de nadar.

**Meteoro**, por sua vez, possui um efeito amplo e afeta todos os jogadores, que deverão ter cartas eliminadas, bem como reduzir seus estoques de alimento pela metade.

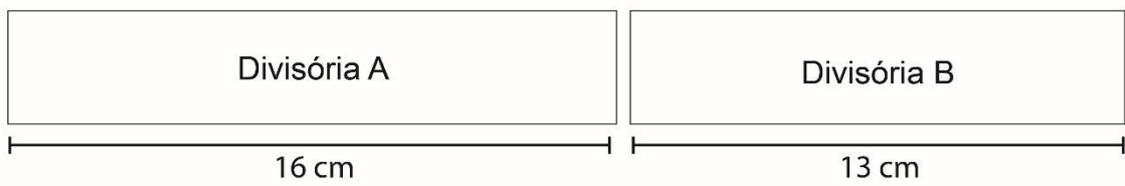
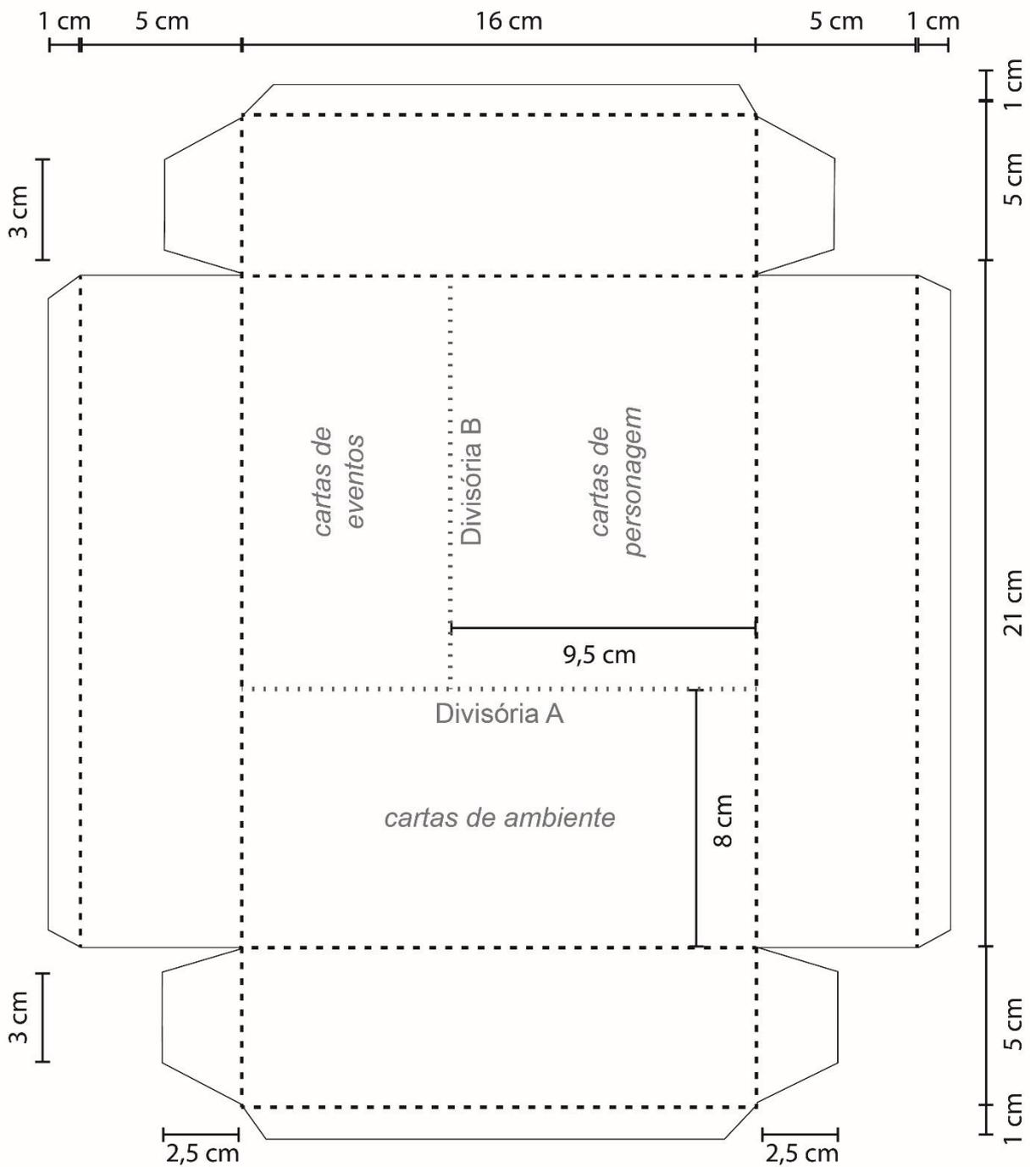
Em todos os casos, a eliminação de cartas deverá ser feita pelos adversários, refletindo a aleatoriedade dos eventos e a falta de controle do jogador. Cartas imunes, caso escolhidas, deverão ser reveladas. Uma vez descartadas as cartas, cada grupo deve sortear novas cartas para recompor sua população de adultos.



## APÊNDICE F – PLANIFICAÇÃO DA EMBALAGEM



Tampa da embalagem  
Escala 1:2



Base da embalagem  
Escala 1:2

## APÊNDICE G – PANFLETO COM SUGESTÕES

# Monstervilhas

Brincando com genética e populações

Este jogo foi desenvolvido para ser usado em sala de aula. Ele pode ser replicado usando materiais alternativos.

Use dados encontrados em outros jogos e substitua, ou considere, as faces 5 e 6 como sendo relativas aos eventos do jogo.

As peças podem ser substituídas por botões, grãos ou doces, que podem estimular a participação dos alunos ou abrir espaço para discutir outros temas relacionados às aulas de genética e biologia.



As cartas podem ser impressas em papel offset, usado em impressoras comuns, e coladas sobre cartolinas coloridas de maior gramatura, de acordo com a cor tema de cada conjunto de cartas.

Você pode guardar as cartas em envelopes.

Dimensões: 13,0 x 18,5 cm  
Material: Papel couchê 150 g/m<sup>2</sup>