

WALTER BARBOSA FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* DE JOGO EDUCATIVO A PARTIR DE
OFICINAS INVESTIGATIVAS: UMA PROPOSTA ARTICULADA E INTERATIVA
PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GENÉTICA CLÁSSICA**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA**



JOÃO PESSOA

2019

WALTER BARBOSA FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* DE JOGO EDUCATIVO A PARTIR DE
OFICINAS INVESTIGATIVAS: UMA PROPOSTA ARTICULADA E INTERATIVA
PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GENÉTICA CLÁSSICA.**

Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Prof^{fa} Dra. Darlene Camati Persunh

JOÃO PESSOA

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F383d Ferreira, Walter Barbosa.

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE JOGO EDUCATIVO A PARTIR
DE OFICINAS INVESTIGATIVAS: UMA PROPOSTA ARTICULADA E
INTERATIVA PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GENÉTICA
CLÁSSICA / Walter Barbosa Ferreira. - João Pessoa,

2019.

138 f. : il.

Orientação: DARLENE CAMATI PERSUHN.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Software educativo. 2. Modelo didático. 3. Ensino de
genética. 4. Aprendizagem investigativa. I. PERSUHN,
DARLENE CAMATI. II. Título.

UFPB/BC

WALTER BARBOSA FERREIRA

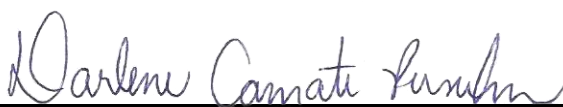
**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE JOGO EDUCATIVO A PARTIR DE
OFICINAS INVESTIGATIVAS: UMA PROPOSTA ARTICULADA E INTERATIVA
PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GENÉTICA CLÁSSICA.**

Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Data: 22/07/2019

Resultado: Aprovado

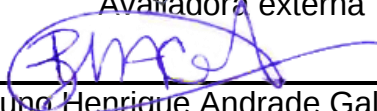
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Darlene Camati Persuhn (DBM/UFPB)
Orientadora



Prof. Dra. Iriane Eger (UEPG/PR)
Avaliadora externa



Prof. Dr. Bruno Henrique Andrade Galvão (CCS/UFPB)
Avaliador interno

Prof. Dr. Davi Felipe Farias (DBM/UFPB)
Membro Suplente

Prof. Dr. Luis Fernando Marques dos Santos (DBM/UFPB)
Membro Suplente

DEDICATÓRIA

Aos meus educandos e educandas que me ensinam todos os dias o real significado da palavra resiliência.

RELATO DO MESTRANDO

Instituição:	Universidade Federal da Paraíba
Mestrando:	Walter Barbosa Ferreira
Título do TCM:	DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE JOGO EDUCATIVO A PARTIR DE OFICINAS INVESTIGATIVAS: UMA PROPOSTA ARTICULADA E INTERATIVA PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GENÉTICA CLÁSSICA.
Data da Defesa	22/07/2019

Experienciar o aprofundamento no estudo da Biologia é desafiador, por ser uma ciência complexa, mas também é motivador, pois nos provoca pela beleza que ela traz, em sua complexidade, em sua riqueza, em sua abrangência. Dito isto, a nós, como aprendentes mestrandos, ávidos por melhorar nossa prática, vimos no PROFBIO a oportunidade do mergulho, da busca, da descoberta por novos caminhos.

Sem dúvida, aprendemos muito, tanto com os professores, como também nas experiências compartilhadas com os colegas frente aos desafios que nos foram apresentados nas atividades de Temas 1, 2 e 3. Tais situações foram marcantes no meu processo de formação, resultando em mudanças significativas em minha postura, em meu olhar, em minha prática pedagógica. Desse modo, me percebi um professor mais provocativo, buscando desenvolver a curiosidade dos educandos, fazendo-os pensar, interagir, descobrir e redescobrir a partir do conhecimento.

Contudo, dos tantos desafios que se apresentaram, o maior deles foi adequar o tempo em meio a uma carga horária excessiva - uma realidade não apenas minha, mas de inúmeros professores no nosso país. E nesse contexto, a parte mais bela, e sem dúvida o principal objetivo do PROFBIO, foi o de contribuir com tantos estudantes que cresceram e se desenvolveram conosco ao longo desse processo. Conseguimos provocá-los na perspectiva da dúvida, da descoberta, do real sentido que se busca na aprendizagem: aprender com significado.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me faz companhia em todo o tempo, mas principalmente nas madrugadas silenciosas, momento em que mais pude me concentrar para escrever.

À minha amada esposa Denise e as nossas bênçãos, Ana Laura e João Luiz, pela sensibilidade e compreensão nos momentos em que, mesmo estando presente, poderia estar mais perto.

À minha orientadora, Profa. Darlene Persuhn, por ter me aceitado, mas principalmente pela crença em mim depositada, o apoio e o fortalecimento ao longo de todo o processo.

À CAPES pelo incentivo financeiro concedido por um período.

À coordenação do PROFBIO –UFPB, pelo desafio assumido conosco, pioneiros dessa jornada.

Aos professores do PROFBIO/UFPB, por ter nos provocado e semeado em nós o desejo de fazer ainda mais e melhor.

À Escola Técnica Estadual Miguel Arraes de Alencar, que me oportunizou espaço para realização da minha pesquisa.

Aos meus companheiros de trabalho, pela sensibilidade, compreendendo meus estados de esgotamento, dando-me muito apoio nos momentos em que eu não acreditava seguir em frente.

Aos meus educandos e educandas, que sendo sujeitos da minha pesquisa, contribuíram diretamente para a concretização deste trabalho.

A todos, que de alguma forma, me ouviram e comigo dialogaram, fortaleceram, ou mesmo estiveram prontos a me ajudar, contribuindo para essa pesquisa.

[...] "os conceitos constituem a 'matéria prima' tanto para a aprendizagem receptiva significativa como para a generalização das proposições significativas para a solução de problemas". Sendo, pois, [...] "o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo".

(Ausubel, 1978, p. 04; 1980 p. 72).

RESUMO

A aprendizagem de genética na educação básica tem sido um dos grandes desafios no ensino de Biologia. Os avanços da ciência e do desenvolvimento tecnológico estão cada dia mais próximos de professores e estudantes, trazendo desafios conceituais para a realidade da sala de aula. Tal cenário tem suscitado intervenções pedagógicas que permitam o envolvimento, a motivação e a interatividade entre os estudantes e o professor, mas sobretudo, a apropriação significativa do conhecimento. Diante dessa realidade, esse trabalho teve como objetivo desenvolver um *software* de jogo educativo para auxiliar o ensino de conceitos básicos de genética de forma interativa, vinculado ao modelo didático-analógico como organizador prévio de facilitação da aprendizagem em uma escola Pública de Pernambuco. A princípio, foram aplicadas duas oficinas pedagógicas, utilizando roteiros investigativos com múltiplas assertivas e um modelo cromossômico construído com materiais recicláveis, ambos, para trabalhar conceitos básicos de genética. A partir da análise dos resultados das oficinas, criou-se um *software*, usando a plataforma *Construct 2* para explorar os conceitos abordados de forma lúdica e dinâmica. A percepção dos estudantes a respeito do *software* foi avaliada por meio de um instrumento apropriado. A oficina 1 tratou de conceitos de genética básica e foi aplicada com 304 estudantes de 2ª e 3ª séries do Ensino Médio de 8 turmas diferentes e a análise do aproveitamento evidenciou uma média de 80% de coerência nas respostas em ambas as séries. A oficina 2 que abordou teoria cromossômica da hereditariedade foi aplicada com 155 estudantes das turmas de 2ª série e apresentou um rendimento de 77%. O jogo foi desenvolvido a partir da análise das dificuldades conceituais identificadas e envolveu a participação ativa dos alunos na escolha de personagens, interfaces, etapas e forma de apresentar os conceitos. O jogo foi aplicado em grupos de alunos e a avaliação permitiu identificar que sua aplicação proporciona uma experiência didática diferente, prazerosa e que facilita a compressão de conceitos básicos de genética, mas que necessita de ajustes principalmente no que se refere a interface e narrativa do jogo. A partir dos resultados obtidos identificamos que a utilização do recurso didático cromossomos reciclados como instrumentos em oficinas investigativas foi uma excelente estratégia pedagógica para aplicar os conceitos de genética mendeliana e de divisão celular. O processo de construção e aplicação de um *software* de jogo educativo, levou os estudantes a se apropriarem dos conceitos de forma mais dinâmica e divertida. Os resultados deste trabalho sugerem que o ensino de Genética aliado a práticas interativas, ocasiona melhor rendimento dos educandos e provoca maior interesse pelas aulas e a aprendizagem do conteúdo.

Palavras-chaves: *software* educativo, modelo didático, ensino de genética; aprendizagem investigativa.

ABSTRACT

The learning of genetics in secondary education has been one of the most challenges in teaching Biology. The progress in science and technological development are every day closer to teachers and students, bringing conceptual challenges to the classroom reality. This scenery has provided pedagogical intervention that allows participation, motivation and interactivity among students and teachers but also, mainly, the significant appropriation of knowledge. Taking this reality in consideration, the aim of this research was to develop a software of an educational game to collaborate in the teaching of basic concepts of genetics in an interactive way, connected to the didactic-analogical model as a previous organizer of learning facilitation in a public school in the state of Pernambuco. First, they were applied two pedagogical workshops, one with multiple choice investigative scripts and a chromosome model built with recycled material, both aiming to work with genetics basic concepts. After analyzing the results of the workshops it has been created a software using the *Construct 2* platform in order to explore the concepts covered in a playful and dynamic way. The students perception of the software was evaluated by an appropriate instrument. The workshop 1 dealt with basic genetics concepts and it was applied with 304 secondary education students of 2nd and 3rd years 8 different groups and the achievement analysis showed an average of 80% correct answers in both groups. The workshop 2 that broached the chromosomal theory of heredity was applied with 155 students of the 2nd year groups and showed an achievement of 77%. The game was developed from the analysis of the identified conceptual difficulties and it involved the students active participation in the choice of characters, interface, steps and ways of showing the concepts. The game was applied in students groups and the evaluation allowed to identify that its application provides a different and pleasurable didactic experience, besides facilitating the understanding of genetics basic concepts, however it needs adjustments mainly in relation to the game interface and narrative. From the obtained results we identified that the use of the recycled chromosomes as didactic resource instruments in investigative workshops was an excellent pedagogical strategy to apply the concepts of Mendelian genetics and cell division. The process of building and applying a software of an educational game led students to understand the concepts in a dynamic and fun way. The results of this research suggests that the teaching of genetics allied with interactive practices promotes a better learning income and causes more interest in classes and content learning.

Keywords: educational software, didactical model, genetics teaching, investigative learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagramação, representando a relação equilibrada entre eixos da Alfabetização Científica na perspectiva da aprendizagem por investigação na educação básica.	29
Figura 2 - Diagrama representando disparidade entre os eixos estruturadores da Alfabetização Científica e os aspectos metodológicos e procedimentais no ensino de Ciências.	30
Figura 3 - Diagrama representando disparidade entre os eixos estruturadores da Alfabetização	32
Figura 4 - Materiais utilizados na confecção/montagem dos modelos cromossômicos	45
Figura 5 - Organização dos kits de materiais para montagem dos modelos cromossômicos (a) e disposição do material para as oficinas (b).	46
Figura 6 - Etapas adotadas para o desenvolvimento do <i>software</i> educativo	49
Figura 7 - Tela de inicial do <i>Construct 2</i>	50
Figura 8 - Imagens da oficina 1 aplicada nas turmas, sendo (c) e (d), das turmas da 3ª série, e (a), (b) e (d) das turmas de 2ª séries.	53
Figura 9 - Imagens da Oficina 2 (a, b, c, d) aplicada nas turmas de 2ª série.	54
Figura 10 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série A de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	55
Figura 11 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série B de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	56
Figura 12 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série A de Desenvolvimento de sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	58
Figura 13 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série B de Desenvolvimento de sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	59
Figura 14 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série A de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	61

Figura 15 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série B de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	62
Figura 16 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série A de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	63
Figura 17 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série B de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	64
Figura 18 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série A de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	67
Figura 19 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série B de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).	68
Figura 20 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série A de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b). .	70
Figura 21 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série B de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b). .	71
Figura 22 - Tela de inicial do jogo	75
Figura 23 - Telas de comandos (a) e apresentação da personagem (b) da primeira fase com as fichas-conceito “Homólogos. O que há em comum?” (c); “Genótipo e fenótipo. Nem tudo que parece, é!” (d); “Alelo. Que são? Aonde estão?” (e); “Dominante ou recessivo. Quem é quem (f).	76
Figura 24 - Telas das fases “Homozigoto. Que? ” (a) e uma pergunta desafio (b); “Heterozigoto. Como assim? ” (c), e uma pergunta desafio (d)	77
Figura 25 - Telas das fases de pareamento de cromossomos homólogos do cariótipo humano com curiosidades sobre eles nas fichas-conceito.	78
Figura 26 - Tela de movimentação da personagem explorando as fases da meiose e ficha-conceito “Puro ou híbrido. Que diferença isso faz? ”	79
Figura 27 - Tela da fase de simulação das cromátides-irmãs.....	79

Figura 28 - Tela de fase final com a geração dos gametas e preenchimento do quadro de Punnet (a) e encerramento do jogo (b).....	80
Figura 29 - Imagens (a), (b), (c) e (d) dos estudantes (grupos de testagem) experimentando o <i>software</i> de jogo.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado das escolhas realizadas pelos grupos da 3ª série participantes da oficina 1. Relação personagem / exatidão / imprecisão	60
Tabela 2 - Resultado das escolhas realizadas pelos grupos da 2ª série participantes da oficina 1 - Relação personagem / exatidão / imprecisão.....	65
Tabela 3 - Resultado das escolhas realizadas pelos grupos participantes da 2ª séries da oficina 2 - Relação genótipo escolhido / exatidão / imprecisão.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo entre o conhecimento declarativo o conhecimento procedimental, segundo Anderson (1983).....	25
Quadro 2 - Etapas do método <i>brainstorming</i> segundo Meireles (2001) e Behr, Moro e Estabel (2008), adaptado ao estudo.	42
Quadro 3 - Principais considerações apresentadas pelos grupos que testaram em relação a aprendizagem do conteúdo com o uso do jogo	83
Quadro 4 - Principais considerações apresentadas pelos grupos de testagem em relação a mecânica e jogabilidade.	85
Quadro 5 - Principais considerações com sugestões apresentadas pelos grupos para melhoria do jogo educativo	87
Quadro 6 - Principais considerações dos estudantes quanto aos aspectos positivos ligados a experiência com o jogo.	89
Quadro 7 - Principais problemas apresentados pelos grupos que testaram o jogo educativo e soluções a serem implementadas.	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. ENSINO DE BIOLOGIA EM CONTEXTOS	22
2.1 Biologia como disciplina escolar	22
2.2 Aspectos emergentes do Ensino-Aprendizagem da Disciplina Biologia	24
2.3 Ensino de Biologia e Abordagem investigativa.....	27
2.4 Ensino de Biologia e a Aprendizagem significativa	33
2.5 O ensino de conceitos básicos de genética no Ensino Médio	36
2.6 Contribuições do estudo	38
3. OBJETIVOS.....	40
3.1 GERAL	40
3.2 ESPECÍFICOS.....	40
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1 Tipo de pesquisa.....	41
4.1.1 Ambiente da pesquisa	43
4.1.2 Participantes da pesquisa.....	44
4.1.3 Aspectos éticos.....	44
4.2 Construção dos Modelos Cromossômicos	44
4.3 Oficinas pedagógicas.....	45
4.3.1 Oficina 1 – Hereditariedade em questão. Vamos investigar!	47
4.3.2 Oficina 2 – Para onde vão os meus genes alelos? Como os recebo?	47
4.3.3 Avaliação dos resultados das oficinas	48
4.4 Desenvolvimento do <i>software</i> de jogo.....	49
4.4.1 Avaliação do <i>software</i> de jogo	51
5. RESULTADOS.....	52
5.1 Montagem dos kits de cromossomos reciclados	52
5.2 Aplicação das Oficinas.....	53
5.2.1 Oficina 1- Turma 3ª série A - ADM.....	55
5.2.2 Oficina 1- Turma 3ª série B - ADM.....	56
5.2.3 Oficina 1- Turma 3ª série A - DS.....	57
5.2.4 Oficina 1- Turma 3ª série B - DS.....	58
5.2.5 Oficina 1- Turma 2ª série A - ADM.....	60
5.2.6 Oficina 1- Turma 2ª série B - ADM.....	62

5.2.7 Oficina 1- Turma 2ª série A - DS.....	63
5.2.8 Oficina 1- Turma 2ª série B - DS.....	64
5.2.9 Oficina 2- Turma 2ª série A - ADM.....	65
5.2.10 Oficina 2- Turma 2ª série B - ADM.....	67
5.2.11 Oficina 2- Turma 2ª série A - DS.....	69
5.2.12 Oficina 2- Turma 2ª série B - DS.....	70
5.3 Comparativo de resultados das oficinas.....	72
5.4. Estrutura do <i>software</i> de jogo educativo	73
5.5 Aplicação do jogo.....	81
6. DISCUSSÃO	91
7. CONCLUSÃO	97
REFERÊNCIAS	98
APÊNDICES	110
ANEXOS.....	134

1. INTRODUÇÃO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (2002) consideram fundamental a necessidade de “dominar conhecimentos biológicos para compreender os debates contemporâneos e deles participar”. Dentre outros requisitos, esse “constitui apenas uma das finalidades do estudo de biologia no âmbito escolar” (BRASIL, 2002).

Entretanto, Pernambuco (2013), destaca que o ensino de biologia, na maioria das escolas, tem se pautado em quatro perspectivas: “ensino tradicional, que privilegia o conteudismo e a memorização; linearidade a partir da qual se propõe que alguns conteúdos são pré-requisitos de outros; ênfase nos aspectos macroscópicos da biologia; e desarticulação entre as áreas e fragmentação dos conteúdos”. Isso descaracteriza a biologia como ciência de aplicações contextualizadas, dificultando sua compreensão e suscitando intervenções docentes que instiguem a busca pelo conhecimento e promovam aprendizagem significativa dos estudantes.

Diante deste cenário, as formas de apresentação dos conteúdos de genética merecem atenção. Diferentes autores (MORAES, 2011; NASCIMENTO, 2015; BORGES; SILVA; REIS, 2017) relatam que os estudantes apresentam muitas dificuldades de aprendizagem em genética. Na Educação Básica, vários conteúdos dessa área são passíveis de apresentar entendimento equivocado entre os discentes. Prova disso é que termos como DNA, genes e cromossomos, por exemplo, são geralmente compreendidos pelos estudantes como coisas distintas (MORAES, 2011).

Por outro lado, Moura et al. (2013), afirma que a genética como disciplina no Ensino Médio “não é bem aceita pela maioria dos discentes do ensino público em função de sua complexidade”. O vocabulário muito específico, o excesso de termos técnicos e o uso de cálculos matemáticos, exigidos em determinados casos, são algumas das razões apresentadas por Borges, Silva e Reis (2017). Vale destacar também que, dependendo da forma como os assuntos são abordados, os estudantes não se sentem motivados a compreender o conteúdo, deixando de aprender (MORAES, 2011; BORGES; SILVA; REIS, 2017).

Somado a isso, o conteúdo discutido em sala de aula, nem sempre acompanha o ritmo como as atualizações científicas tem sido veiculada em diversos ambientes de mídia. As tecnologias digitais e a internet, por exemplo, estão mudando a maneira como as pessoas coletam e processam informações. Isso tem gerado preocupação por parte de pais e educadores quanto à forma como as crianças e os jovens estão aprendendo (PALFREY; GASSER, 2011, p. 269).

É interessante, portanto, destacar que os avanços crescentes no campo do conhecimento têm exigido uma frequente atualização ou reciclagem dos professores, até mesmo, das suas concepções dogmáticas sobre Ciência (MORAES, 2011). Nesse sentido, ao buscar conhecer diferentes metodologias de ensino, o docente tende a refletir sobre a melhor forma de abordagem do conteúdo a ser ensinado, haja vista que segundo Borges, Silva e Reis (2017) “algumas dificuldades de ensino em genética são atribuídas aos materiais didáticos”.

Ferreira et al. (2015) coloca, por exemplo, que “o ensino de conceitos científicos é apresentado, na maioria das vezes, nos livros didáticos de maneira enciclopédica e são tratados apenas como dados a serem memorizados”. Isso influencia na forma como os estudantes se apropriam dos conhecimentos, pois, segundo Sendov (1994), “a mente humana não é eficaz em processar dados, pois a entrada nela, não são dados, mas informação”. Por isso, é importante buscar formas de ensino que valorizem a contextualização e que instiguem a curiosidade dos estudantes.

Nessa perspectiva, Persuhn et al. (2015) produziram um material didático tendo como foco a análise de DNA, voltado para estudantes da Educação Básica. Ao ressignificar essa abordagem para o Ensino Médio, essa importante iniciativa permite a professores e estudantes, de forma contextualizada, uma proximidade entre os conceitos e as técnicas fundamentais de análise do DNA e suas aplicações.

A exploração de conceitos de genética clássica através de recursos materiais tem sido realizada por alguns autores. Braga (2010), utiliza modelos de cromossomos construídos com canudos de refrigerante para trabalhar eventos da divisão celular. Outros trabalhos, sugerem a modelação de cromossomos com massinha (modelar ou biscuit) ou barbante (TATSCH, 2016; RIBEIRO; SILVA, 2016; CARVALHO et al., 2018).

Justina e Ferla (2006), estudando possibilidades de modelagem para o ensino de genética, testaram vários materiais e definiram um modelo de compactação de DNA eucarioto. Para tanto, os materiais alternativos compunham espirais plásticas de encadernação e bolas de isopor, presas em hastes de ferro.

Com a finalidade de representar cromossomos X e Y, Cochak, Michaliszyn e Krawczyk (2014), usa como material alternativo, garrafa PET de tamanho variado ou conectadas a canos PVC, representando cromossomo autossômico. Sua abordagem enfatiza apenas a possibilidade de utilização desse material.

Há, também, estudos voltados a modelos didáticos como contribuição para professores em formação. Setúval e Bejarano (2009), apresentaram cinco propostas, com uso de EVA, por exemplo, para explorar os heredogramas, fenótipo-genótipo, meiose e a formação de gametas, sistema ABO e epistasia.

Sobre estudos com utilização de modelos para deficientes visuais, Brendler et al. (2014), aplicando abordagem centrada no usuário, propunham, um modelo cromossômico modelado por impressão 3D. Um trabalho que demandou a existência de uma impressora específica.

Ao constatarmos a inter-relação entre a tecnologia, o ensino e a interatividade tão presentes no mundo atual, é possível perceber a necessidade de criar, analisar e aplicar alternativas metodológicas que viabilizem a compreensão de conhecimentos em Biologia e que possam envolver os estudantes na sua produção (SILVA, 2014).

Outra consideração fundamental é a necessidade de que os conteúdos possam contemplar ações com base numa aprendizagem investigativa, conforme explora Munford e Lima (2007), testando hipóteses e aplicando etapas do método científico. Além disso, faz-se necessário trazer para sala de aula abordagens sobre temas atuais, ligando ciência e sociedade (BRASIL, 2002).

Fialho e Matos (2010) refletindo sobre a desmotivação e as dificuldades de aprendizagem, considera que “nem tudo o que é ensinado interessa a todos e nem da mesma maneira”. No entanto, para muitos conteúdos, o professor “[...] pode e deve valer-se das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no sentido de tornar o ato de aprender algo motivador, interessante, envolvente e lúdico.”

Nessa perspectiva, esse trabalho apresenta duas abordagens pedagógicas. A primeira, utilizando um modelo didático Cromossomos Reciclados, e a outra baseada na plataforma de jogos *Construct 2*. A proposição, neste caso, foi de favorecer uma aprendizagem envolvente, eficaz e que valorize o envolvimento dos estudantes com a própria aprendizagem.

O modelo didático Cromossomos Reciclados possibilita o contato inicial com os conceitos básicos de genética, favorecendo a interação e instigando a curiosidade dos estudantes. Já a *game engine* (*Construct 2*) oportuniza o envolvimento e a valorização de ideias, sobretudo, àquelas que podem emergir do contexto da sala de aula.

Sobre o modelo cromossômico, trata-se de material lúdico, prático, interativo, de simples produção que permite trabalhar conceitos essenciais, como: gene, genótipo, fenótipo, alelos, *lócus*, cromátides, *crossing-over*, homozigose, heterozigose, dominância, recessividade, mitose e meiose ou ainda simular cruzamentos genéticos. Ele é confeccionado a partir de material reaproveitado, de baixo custo, que pode ser facilmente adquirido e montado, compreendendo, basicamente, tampinhas de garrafa “PET” (podendo variar pelas cores para representar diferentes genes) e fios de cobre revestido (BARBOSA, et al., 2007).

Já o programa, conhecido como *game engine*, ou seja, um motor de jogo, refere-se a uma plataforma de jogos digitais 2D em linguagem HTML 5. Dentre outras vantagens o *software* possibilita a criação de jogos por meio de linguagem de programação acessível sem exigir conhecimento de programação, podendo ser utilizado por estudantes ou professores (LARSEN, 2014).

A *engine* traz embarcados componentes e comportamentos prontos para uso, tornando rápido o desenvolvimento do jogo, de modo que, sua viabilidade está ligada ao tutorial, manual e do fórum disponibilizado pela Scirra®, criadora do programa. Ela apresenta, ainda, uma ótima comunidade virtual que cria e discute criação de jogos, além de apresentar inúmeros tutoriais disponíveis na internet podendo ser usado com e sem internet, em versão gratuita ou exportado (versão paga) para diferentes dispositivos de sistemas como Android, iOS, Windows, Linux, dentre outros. (LARSEN, 2014).

Assim, as ferramentas pedagógicas tratadas nesse trabalho, podem desmistificar características que levam os estudantes a considerarem a aprendizagem em genética como difícil e desinteressante, além de promover uma interação mais próxima entre os sujeitos da aprendizagem (Educador – Educando) e o conhecimento.

2. ENSINO DE BIOLOGIA EM CONTEXTOS

2.1 Biologia como disciplina escolar

Os conhecimentos biológicos, anteriormente ao século XIX, se pautavam pela descrição de espécies animais e vegetais ou na tradição experimental dos estudos em Biologia celular, Embriologia, ou Fisiologia Humana (SELLES; FERREIRA, 2005). Neste contexto, não é exagero afirmar que os conhecimentos nessa disciplina apresentavam uma caracterização fragmentada desde a sua origem.

Entretanto, a Biologia como disciplina escolar na Educação Básica é resultado de uma construção histórica. Sua estruturação e reestruturação tem seguido a lógica das Ciências Biológicas – e anteriormente da História Natural – e das demandas curriculares que surgiram desde as primeiras tentativas de escolarização em massa no século XIX (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Desse modo, pode-se dizer que ela é resultado da reunião de conteúdos biológicos que ainda são tratados como disciplinas distintas como Biologia celular, Embriologia, Zoologia, Botânica, entre tantas outras. Decerto que algumas foram se estabelecendo primeiro, outras em seguida, à medida que se tornavam campos de estudo e de descobertas trilhados por vários investigadores (SELLES; FERREIRA, 2005; NEVES, 2016).

Embora o termo Biologia tenha sido cunhado, no início do século XIX, por Lamarck e Treviranus, sua característica como ciência, de campos articulados, se consolidou, principalmente, com o surgimento da Teoria da Evolução. Outro evento que agregou fortalecimento a esse campo do conhecimento foi o surgimento e o avanço da Genética no início do século XX. Desse modo, essas duas áreas foram, portanto, responsáveis pela visão unificada das Ciências Biológicas incorporadas e transformadas na disciplina escolar Biologia (SELLES; FERREIRA, 2005).

Marandino, Selles e Ferreira (2009), porém, comentam que é equivocada “a interpretação segundo a qual os processos que criam as disciplinas na escola são análogos aos do campo científico”. No caso da Biologia enquanto disciplina, adota-se a lógica das Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio que estão baseadas, não

apenas em concepções científicas, mas também filosóficas e de sociedade (BRASIL, 2006).

Uma das funções do ensino de Ciências é possibilitar aos estudantes a apropriação da estrutura do conhecimento científico e de seu potencial explicativo e transformador, aplicando-se também ao ensino de Biologia (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009). No entanto, Selles e Ferreira (2005) consideram que “o ensino de Biologia tem sido alvo de uma série de críticas que colocam em questão a forma como são selecionados e organizados seus conteúdos, mas principalmente, seus métodos de ensino.”

Para Teixeira (2009), tais “críticas evidenciam um padrão de ensino descritivo e memorístico associado à disciplina”. Essa concepção de ensino, ainda é muito presente no contexto da sala de aula na Educação Básica, principalmente, quando se pretende ensinar terminologias específicas do conteúdo (BRASIL, 2006). Outra consideração é que as disciplinas escolares são tratadas como disciplinas científicas que sofreram ajustes para fins de ensino (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009). Essa condição pode gerar múltiplos focos quanto ao que deve ser priorizado no currículo da escola básica.

Por outro lado, há uma aparente necessidade, movida pela academia através de suas investigações e descobertas, em utilizar os conhecimentos que são centrais nas Ciências Biológicas, para estruturar o currículo das disciplinas escolares Ciências e Biologia (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Com base nesse ponto, é preciso estruturar bem o planejamento, pois conforme Marandino, Selles e Ferreira (2009), “nossas aulas são muitas vezes apontadas como desatualizadas, pois deixam de aproveitar o interesse dos estudantes, que convivem cotidianamente com informações de cunho biológico vinculados pela mídia.” Desse modo, pode-se perder a oportunidade de fazer com que os estudantes se desenvolvam, tomando gosto pela aprendizagem.

Fica evidente diante desse quadro, que essa lógica permanece influenciando fortemente o currículo da disciplina Biologia na educação básica, necessitando de um olhar mais pedagógico, tendo em vista que são conhecimentos científicos, transformados em aprendizagem escolar.

2.2 Aspectos emergentes do Ensino-Aprendizagem da Disciplina Biologia

Muitas pesquisas relacionadas ao ensino e a aprendizagem, atualmente, buscam caracterizar a aprendizagem significativa como essencial para o desenvolvimento cognitivo. A aprendizagem por essa via, permite aos sujeitos envolvidos, ganho substancial em competências e habilidades condizentes com as diretrizes preconizadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002).

Como descrição introdutória presente no documento Norte-americano *National Science Education Standards* (1996), notadamente, os Parâmetros Curriculares Nacionais dos Estados Unidos, revisados por vários órgãos e, dentre eles o Conselho de Pesquisa Nacional (*National Research Council*), destacam que diante de “um mundo repleto de produtos da investigação científica, a alfabetização científica tornou-se uma necessidade para todos. Todos precisam usar informações científicas para fazer escolhas que surgem todos os dias”. E de um modo mais abrangente “todos precisam ser capazes de se envolver de forma inteligente no discurso público e debater sobre questões importantes que envolvem ciência e tecnologia”.

Ao analisar o contexto do Ensino Médio à luz da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Silva (2013), ressalta que a concepção de ensino médio presente nesse documento, “traz de forma genérica, a incorporação da ideia de uma educação tecnológica, que deveria ser capaz de relacionar teoria e prática, mundo da ciência e mundo do trabalho”.

A terceira versão da Base Nacional Curricular Comum – BNCC, Brasil (2017), reconhece uma “dinâmica social contemporânea nacional e internacional, marcada especialmente pelas rápidas transformações decorrentes do desenvolvimento tecnológico”, e que esse cenário “impõe desafios ao Ensino Médio”. Desse modo, o ensino deve atender entre outras demandas, a de promover “aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea” (BRASIL, 2017).

Componente da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o Ensino de Biologia apresenta-se, nesse contexto desafiador, como parte integrante de uma educação que deve permitir o desenvolvimento dos estudantes de forma integral. Mais especificamente, o mesmo texto da BNCC percebe, segundo Brasil (2017), a

“investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões”.

Pozo e Crespo (2009) discute procedimentos como conteúdo de aprendizagem, delineando aspectos fundamentais do aprender ciência, fazendo ciência. Ele ressalta que não se aprende procedimentos facilmente como qualquer outro conteúdo, mas que este consegue superar a prática tradicional de explicar e escutar. Para demonstrar sua importância, ele faz uma comparação (Quadro 1) entre o conhecimento declarativo (saber dizer) e o conhecimento procedimental, tomando como base as considerações, segundo Anderson (1983).

Quadro 1 - Comparativo entre o conhecimento declarativo o conhecimento procedimental, segundo Anderson (1983)

	Conhecimento declarativo	Conhecimento procedimental
Consiste em	Saber o que	Saber como
É	Fácil de verbalizar	Difícil de verbalizar
Se possui	Tudo ou nada	Em parte
Se adquire	De uma vez	Gradualmente
Se adquire	Por exposição (ensino receptivo)	Por prática (ensino por descoberta)
Processamento	Essencialmente controlado	Essencialmente automático

Fonte: Pozo e Crespo, 2009

O quadro 1 deixa claro o entendimento de que na diferença entre o conhecimento procedimental e o conhecimento declarativo, o procedimental estabelece melhor envolvimento dos sujeitos na aprendizagem de temas relevantes, já o declarativo traz apenas o conhecimento pronto e compartilhado por meio da simples exposição dialogada. Entretanto, no primeiro caso, a aprendizagem por via procedimental necessita, por vezes, do entendimento de conceitos e/ou termos fundamentais que

permeiam cotidianamente a comunicação dos professores e dos estudantes na rotina escolar da disciplina Biologia.

As orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+, destacam que nos últimos anos, os conhecimentos biológicos têm estado presentes no nosso cotidiano de maneira incomum (BRASIL, 2002). Nesta situação, segundo Brasil (2002) “a linguagem científica tem crescentemente integrado nosso vocabulário” e assim, “termos como DNA, cromossomo, genoma, clonagem, efeito estufa, transgênico não são completamente desconhecidos dos indivíduos minimamente informados”. Nesse sentido, os conteúdos discutidos no universo acadêmico são transformados em conhecimentos acessíveis à população de modo geral, sendo discutidos por diferentes mídias conforme apresenta por Brasil (2002).

Por essa ótica, algumas competências são exigidas na atualidade a fim de que se possa participar dos debates atuais, propondo soluções ou se posicionando sobre eles. Para tanto, Brasil (2002), sistematiza algumas competências: de comunicação e expressão; de investigação e compreensão e de contextualização sócio cultural, exemplificando e correlacionando-as nas áreas de Ciências da Natureza e em Biologia.

No entanto, instrumentalizar alguns conteúdos da Biologia e trazê-los para a vivência prática dos estudantes, não é uma tarefa simples (BRASIL, 1999). Muitos conteúdos de Biologia apresentam um nível de abstração que necessita de intervenções lúdicas ou de simulação. Sendo assim, dependendo das formas de abordagens do conteúdo, os estudantes podem se apropriar dos conhecimentos com clareza, minimizando possíveis equívocos ao discorrer sobre tais conteúdos (PERNAMBUCO, 2013).

Outra consideração importante é de que nem todos os conhecimentos da Biologia conseguem uma dinâmica de abordagem que tornem fácil aos estudantes a apropriação de conceitos pelo simples contato com as premissas teóricas que compõem a disciplina Biologia (PERNAMBUCO, 2013). Neste sentido, alguns dos conteúdos dessa disciplina apresentam múltiplas formas de investigação que não se enquadram em algumas concepções metodológicas (MUNFORD; LIMA, 2007).

Essa situação não é uma particularidade do ensino da Biologia como disciplina, mas também do contexto das produções científicas, conforme comenta Trivelato e

Tonidandel (2015). Desse modo, os autores destacam que “nem todos os temas da Biologia são investigados com procedimentos experimentais”, reforçando que “narrativas históricas e comparação de evidências, são metodologias próprias da Biologia evolucionista”, por exemplo.

Desse modo, há três princípios, segundo Trivelato e Tonidandel (2015) que não se aplicam à Biologia: o essencialismo, o determinismo e o reducionismo. O primeiro, definindo que “membros de uma determinada classe são idênticos” e que “suas características são constantes”, de modo que “o pensamento essencialista não admite variações dentro de cada classe”. O segundo, contrariando a existência de variações e aleatoriedade, ou seja, “mecanismos regidos pelo acaso que originam e ampliam por combinações casuais a variabilidade dos organismos”. O terceiro, buscando “a explicação dos sistemas a partir de seus menores componentes”, ou seja, “não há a expectativa de que o estudo das partes forneça uma explicação completa dos sistemas complexos”.

Assim, é preciso entender que, de modo geral, o ensino e a aprendizagem para determinados conteúdos da Biologia não se enquadram em todas as formas de abordagem ou em uma metodologia, em detrimento ao modo como se deve ter contato com o conhecimento; e devem, ainda, se distanciar de princípios que descaracterizam a vida como objeto de estudo da biologia (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

Desse modo, os conhecimentos que se constituem como parte integrante ou objeto de estudo no ensino de biologia associados as tecnologias desenvolvidas na atualidade, podem auxiliar na dinâmica de abordagem do conteúdo. Isso abre caminhos para que os conhecimentos que chegam aos estudantes possam emergir no contexto da sala de aula através de questionamentos que se sobrepõem ao currículo e podem ser abordados através da investigação.

2.3 Ensino de Biologia e Abordagem investigativa

No ensino por investigação, segundo Scarpa e Campos (2018), os estudantes têm a oportunidade de desenvolver aprendizados que passam por eixos da Alfabetização Científica (Figura 1), quais sejam: Compreensão básica de termos, conhecimentos e

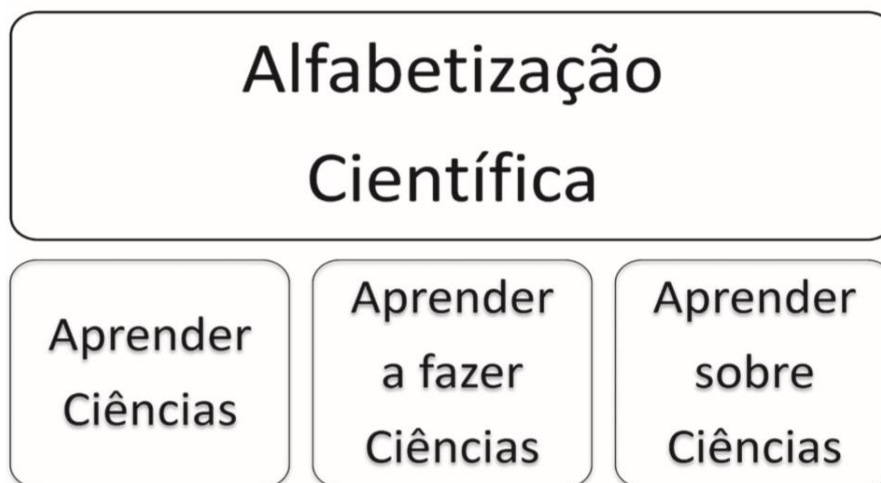
conceitos científicos fundamentais; Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Esses eixos podem ser representados didaticamente (Figura1) numa perspectiva mais objetiva (SCARPA; CAMPOS, 2018).

As autoras sugerem que entre os educandos há “mais motivações para os temas relacionados à ciência e elaboração de raciocínios baseados em evidências para sustentar suas tomadas de decisões nos assuntos em que estão imersos no seu cotidiano”, se a aprendizagem for conduzida com base nos eixos da Alfabetização Científica. Para tal, deve-se ter como premissa básica, que “as atividades investigativas incluam a motivação e o estímulo para refletir, discutir, explicar e relatar, o que promoverá as características de uma investigação científica”, conforme comenta Trivelato e Tonidandel (2015).

Isso nos permite perceber a natureza complexa da tarefa de ensinar Ciências e Biologia. O desafio docente, neste caso, é tratar os conteúdos, não somente, de modo equitativo para com esses eixos, mas também fazer adequações de procedimentos metodológicos que possam favorecer a aprendizagem em todas as etapas da escolarização. Vale salientar que são muitas as demandas em um público escolar heterogêneo, envolvido com disciplinas afins do Ensino Médio (BRASIL, 2002).

Pozo e Crespo (2009), ao discutirem a temática sobre procedimentos – aprendendo a aprender e a fazer ciências – nos chama a atenção ao destacar que o ensino de Ciências e Biologia “precisa adotar como um de seus objetivos prioritários a prática de ajudar os ‘estudantes’ a aprender e a fazer ciências”, ou seja, que os professores devem ensinar “procedimentos para a aprendizagem de ciências”. Essa premissa deve estar mais presente na rotina de aprendizagem de conteúdos na Educação Básica.

Figura 1 – Diagramação, representando a relação equilibrada entre eixos da Alfabetização Científica na perspectiva da aprendizagem por investigação na educação básica.



Fonte: Scarpa e Campos (2018).

Ainda sobre as considerações, segundo Scarpa e Campos (2018), há uma disparidade muito evidente na perspectiva desses três eixos, quando se pensa nos procedimentos aplicados aos materiais didáticos utilizados pelos professores ou aos espaços-aula em que são trabalhados os conhecimentos. Nesse contexto, as autoras apontam, por exemplo, que dentro de uma abordagem bastante tradicional, os conhecimentos são, geralmente, apresentados aos estudantes de forma expositiva, enfatizando a apresentação de conceitos e definições ou teorias da ciência e dando foco ao primeiro eixo, e quando para além, ao segundo em menor destaque, evidenciado por meio da Figura 2.

As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio –OCNEM (1998), enfatiza que o projeto pedagógico da escola “deve propiciar condições para que o educando possa conhecer os fundamentos básicos da investigação científica. ” Para isso, o documento destaca que é fundamental dominar o conhecimento científico sistematizado na educação formal.

Figura 2 - Diagrama representando disparidade entre os eixos estruturadores da Alfabetização Científica e os aspectos metodológicos e procedimentais no ensino de Ciências.



Fonte: Scarpa e Campos (2018)

Conforme Scarpa e Campos (2018), “tradicionalmente o aprendizado de conteúdos conceituais é favorecido nas salas de aula”, entretanto, o diagrama deixa claro o desequilíbrio de enfoque das abordagens na busca da aprendizagem significativa. Diante deste fato, o ensino por investigação se propõe como uma alternativa mitigatória dessa disparidade (SASSERON, 2015).

Porém, o que define o ensino por investigação? Qual a sua relação com a aprendizagem significativa? Esses questionamentos são pertinentes à medida em que todos os conhecimentos teóricos são fortemente questionados pelos estudantes de nível médio quanto a sua aplicabilidade na vida cotidiana (SELLES; FERREIRA, 2005).

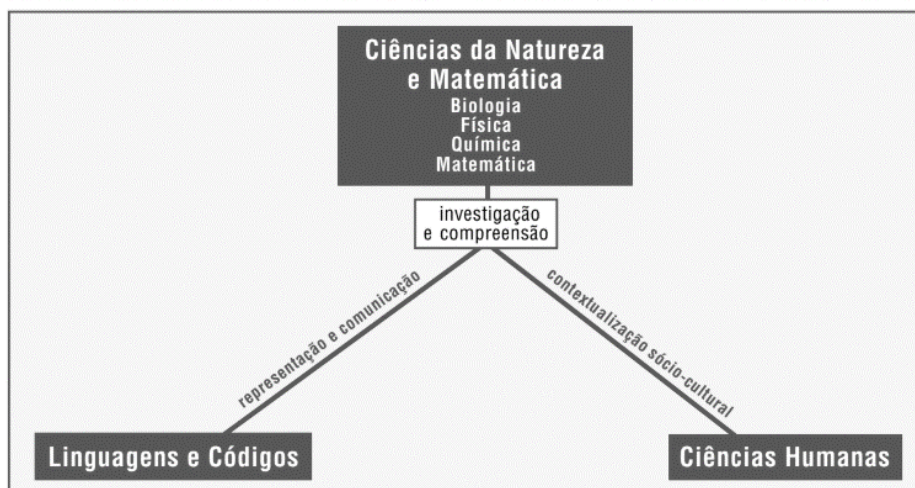
Munford e Lima (2007), tentam nos ajudar nesse aspecto, apresentando algumas concepções que julgam ser equivocadas sobre o que é ensino por investigação em ensino de Ciências e inclui-se aqui, o ensino de Biologia. Identificar esses equívocos presume entender qual conceito se caracteriza mais próximo do que seria ensino por investigação.

Um dos equívocos apontados refere-se, total ou parcialmente, à interpretação de que o ensino por investigação pode ser entendido como sinônimo de ensino por experimentação ou práticas experimentais. Outra concepção equivocada, está no entendimento de que no ensino por investigação, as atividades se caracterizam por colocar os estudantes definindo o que devem questionar, além de todos os passos da investigação, propondo e organizando suas próprias interpretações e conclusões. Um outro equívoco e, certamente o mais destacável, é a crença de que qualquer conteúdo pode ser ensinado a partir de uma abordagem investigativa. Assim, dependendo do contexto e do conteúdo a ser abordado, algumas atividades que não são experimentais, ou que não envolvam completo protagonismo dos estudantes, se enquadram muito mais como abordagem com características investigativas (MUNFORD; LIMA, 2007).

Essa concepção de ensino por investigação, bem presente no documento dos Parâmetros Curriculares Nacionais Norte-Americanos para o Ensino de Ciências destacam que, assim como a investigação refere-se a “maneira pela qual os cientistas estudam o mundo natural, propondo explicações baseadas em evidências”, na escola, ela “se refere às atividades em que os estudantes desenvolvem conhecimento e compreensão de ideias científicas” (*NATIONAL RESEARCH COUNCIL*, 1996).

No caso dos Parâmetros Curriculares Nacionais Brasileiro (PCN+), embora a natureza investigativa das ciências seja comentada no documento, o termo investigação é bastante citado como instrumento de investigação, atividade investigativa, prática investigativa, mas principalmente como competência de investigação e compreensão, conversando com diferentes áreas (Figura 3). Porém o documento não deixa claro quais as características de uma abordagem investigativa ou como desenvolver tais competências de investigação.

Figura 3 - Diagrama representando disparidade entre os eixos estruturadores da Alfabetização



Fonte: PCN+, Ensino Médio (2002)

No entanto, em seu diagrama (Figura 3), o documento brasileiro já apresenta uma visão mais abrangente no que concerne às Ciências da Natureza, tendo a Biologia e outras disciplinas, convergindo no sentido de competências em torno de uma educação integrada. Esse diagrama, apesar de representar um contexto mais amplo, apresenta alguns pontos em comum com o documento americano intitulado *A New Biology for the 21st Century* que apresenta um conceito de “Nova Biologia” para o século, com especificidades para a Biologia, mas, trazendo como perspectiva fundamental a integração com diferentes disciplinas como matemática, física, química, ciências da computação entre outras (*NATIONAL RESEARCH COUNCIL*, 2009).

Para Silva e Pontes (2016), o ensino por investigação “trata-se de uma estratégia que engloba quaisquer atividades, que sejam basicamente centradas no aluno, que possibilitem o desenvolvimento da autonomia e da capacidade de tomar decisões, de avaliar e de resolver problemas, fundamentada em conceitos e teorias das Ciências”. Entretanto, a condução docente é fundamental para que atividades dessa natureza possam tornar os conteúdos mais envolventes, estimulando ainda mais a curiosidade dos estudantes.

Scarpa e Campos (2018) apresentam considerações, segundo Melville et al. (2008), trazendo que o ensino por investigação “está pautado pela ideia do uso de estratégias didáticas que buscam envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem, por meio da geração de questões e problemas nos quais a investigação é condição para resolvê-los [...]” e que nesse sentido, vai além do enquadramento como uma estratégia didática ou uma metodologia de ensino.

Desse modo, atividades de investigação segundo Scarpa e Campos (2018), “é uma perspectiva de ensino ou uma abordagem didática em que as estratégias utilizadas servem ao propósito de possibilitar a realização de uma investigação por meio da mediação do professor”.

No caso do ensino de Biologia por investigação, Trivelato e Tonidandel (2015) trazem, segundo Chinn e Malhotra (2002) que alguns requisitos são fundamentais para considerar uma atividade investigativa, de modo que “esta deve permitir aos ‘estudantes’ acesso a dados e resolução de problemas com o uso de teorias como explicação e garantia possíveis entre dados e afirmação”.

Contudo, mesmo que alguns conteúdos não apresentem adequação imediata para serem transformados em atividades investigativas, ou que viabilizem o ensino por investigação, eles conferem o desenvolvimento de competências que tornam a aprendizagem mais adequada às demandas do século XXI, porque ajudam os estudantes a encontrarem respostas para seus principais questionamentos que inter-relacionam ciência e sociedade, fazendo uma leitura de mundo mais adequada e com mais significado (PERNAMBUCO, 2013).

2.4 Ensino de Biologia e a Aprendizagem significativa

Significado é uma palavra-chave para a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1963). Aspectos dessa teoria estão ligados à prática docente no ensino de Biologia (neste trabalho, ligados aos conceitos básicos de genética) e relacionados aos materiais didáticos no contexto da Educação Básica.

Pelizzari et al. (2002) coloca segundo Ausubel, que há uma distinção de dois eixos de aprendizagem no âmbito da escola: um referente a organização da aprendizagem (a aprendizagem significativa) e a outra relacionada ao tipo de processo (aprendizagem memorística). A primeira amplia as possibilidades de ligações que os estudantes podem fazer entre os conteúdos.

Uma definição para a aprendizagem significativa é apresentada por Moreira (2012), quando afirma que:

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Assim, essa teoria se destaca por considerar, primeiramente, as estruturas cognitivas dos estudantes diante de novas aprendizagens e a forma como esses conhecimentos ficam consolidados na memória, permitindo conexões com outros conceitos através da percepção dos estudantes (MOREIRA, 2012).

Para Braga (2010), no contexto da aprendizagem, “o objetivo principal é a aquisição de significados que possam oferecer subsídios para a ocorrência posterior da aprendizagem significativa”. Por essa ótica os materiais de aprendizagem possibilitam sentido para que se consiga esses objetivos em atividades mais dinâmicas.

Desse modo, Tavares (2004) ressalta que: “quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendente transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico [...]”. A apropriação de conceitos, neste caso, é percebida quando os estudantes fazem inferências nas atividades trabalhadas em sala.

Ausubel (2003) considera que os sujeitos “[...] sentem-se muito mais motivados quando as atividades de aprendizagem que iniciam fazem sentido e [...] podem lembrar e depois articular com as próprias palavras.” Essa condição fortalece a capacidade de diálogo do estudante frente ao conhecimento, conseguindo expor suas considerações sobre o conteúdo.

Klausen (2017) discute a aprendizagem significativa como um desafio para os educadores. O autor reflete sobre alguns aspectos fundamentais relacionados às dificuldades dos estudantes e ao papel do professor frente às exigências educacionais advindas da revolução tecnológica. Desse modo, o professor é desafiado a repensar seus métodos de ensino e a buscar alternativas para uma aprendizagem mais condizente com as características do novo milênio (KLAUSEN, 2017). No entanto, as dificuldades de aprendizagem dos educandos podem ser resultado de vários fatores.

Dias (2008) apresenta um estudo sobre dificuldades de aprendizagem em Biologia trazendo uma observação quanto aos profissionais de educação. O autor discorre que:

Das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia apresentadas pelo estudante, estão as que se expressam como consequência da deficiência na aprendizagem conceitual apresentada pelos professores, as quais poderão ser transferidas aos estudantes. Essas dificuldades podem ter sua origem em período que antecede a formação docente, durante o Ensino Médio ou mesmo durante o Ensino Fundamental [...]

Neste sentido, as dificuldades de aprendizagem podem ser, na verdade, o reflexo das dificuldades do professor, gerando a continuidade desses problemas ao longo das etapas da escolarização (DIAS, 2008).

Mesmo assim, o que Ausubel (2003) considera como cerne de seus pressupostos, é o que o estudante já conhece. E nessa condição, o processo de aprender parte do princípio de que há uma mobilização cognitiva que é desencadeada por um interesse ou pela necessidade de saber.

Essa mobilização cognitiva possibilita a construção de significados sobre conteúdos concretos (COLL, 2001). Entretanto, a disponibilidade dos sujeitos para a aprendizagem depende, em parte ou em sua totalidade, de uma dinâmica que pode ser influenciada pelo ambiente, pelos materiais utilizados, pela condição cognitiva dos estudantes, entre outros, mas principalmente, pela problematização.

Ao problematizar, os conhecimentos envolvidos com as aprendizagens, oportunizam enorme potencial para despertar a curiosidade, instigando o interesse e a mobilização de informações prévias ou baseadas em contextos, muitas vezes, vivenciados pelos próprios estudantes (GUIMARÃES, 2013).

Assim, no contexto das aprendizagens, a aprendizagem significativa está intimamente relacionada às aprendizagens no nível da cognição, estabelecendo uma relação íntima com a parceria entre estudante, conhecimento e professor.

Neste sentido, a aprendizagem significativa perpassa por quase todo o tempo escolar, e pode influenciar nos currículos escolares, trazendo mudanças positivas na rotina das salas de aula. Ela rompe com as formas de aprendizagem que focam simplesmente na transmissão de conteúdo (PELIZZARI et al., 2002). Portanto, fomenta as inter-relações entre os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva dos estudantes e os novos conceitos potencialmente expressos e aplicáveis em diferentes contextos.

Frente a essa realidade, muitos conceitos estão relacionados ao entendimento de processos biológicos que explicam modelos consensuais. Esses modelos são resultado de uma lógica aceitável para explicar um evento ou fenômeno teórico cuja validação é fortalecida quando consegue um entendimento significativo de seus pressupostos (COLINVAUX, 1998).

Dessa maneira, é importante destacar que segundo Pelizzari et al. (2002), “a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens [...]”. Com isso, as ações educativas são favorecidas, pois, interligam ambiente de aprendizagem, atividade do estudante, atividade educacional e integração do conteúdo, com o aluno assumindo mais autonomia como protagonista no processo de aprendizagem (GUIMARÃES; DIAS, 2014).

2.5 O ensino de conceitos básicos de genética no Ensino Médio

Os termos fundamentais utilizados em genética foram definidos pela ciência com o propósito de explicar os modelos consensuais, historicamente construídos sobre a hereditariedade. Estes termos foram incorporados à aprendizagem escolar na educação básica e são passíveis de distorções conceituais entre estudantes e professores, dado o nível de abstração e a natureza fragmentada dos conteúdos de

Biologia, como retrata o Parâmetros Curriculares de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2013).

Na aprendizagem de conteúdos básicos, muitas pesquisas apontam para alguns fatores que contribuem para os problemas de apropriação de conhecimentos, discutido, por exemplo, por Dias (2008), Pereira (2008), Thörne (2012), Poleselo (2013). Entre eles, os de ordem didático-metodológicas, referentes ao ensino (DIAS, 2008). Ou seja, a forma de abordagem, a linguagem utilizada e o vasto vocabulário de conceitos, como os da genética, precisam do olhar mais aguçado do professor.

Thörne (2012), por exemplo, discute características que definem termos e conceitos aplicados em genética. Ele coloca que um termo pode caracterizar uma mera palavra, mas, que só agrega significado quando se atribui sentido para ela. Já um conceito pode ser entendido como “a descrição mental do significado da palavra” (LÖBNER, 2002 apud THÖRNE, 2012). Assim, nas aprendizagens dos conteúdos, são utilizados muitos termos/conceitos que são específicos, mas que apresentam sentido amplo.

Banet e Ayuso (2000), relatam a existência de estudos que apontam que os professores reconhecem que os conteúdos de genética são de difícil compreensão para estudantes da educação básica. Mas, que há consenso desses profissionais sobre a importância de que os conteúdos da Genética Mendeliana ou da Teoria cromossômica da Herança, devem fazer parte das aprendizagens nesse nível escolar.

Quando olhamos as análises em relação ao livro didático (BRASIL, 2017), o guia, como referencial orientador para escolha das obras a serem utilizadas, apresenta ressalvas que devem ser consideradas. Neste sentido, algumas definições equivocadas ou distorcidas em relação a conceitos de genética são alvo de reconhecimento dos avaliadores nas resenhas apresentadas, deixando a cargo do professor a tarefa de estar atento a esse detalhe.

Desse modo alguns termos, embora básicos, ainda geram confusão em compreendê-los com clareza, principalmente por carregarem certo grau de complexidade e um alto nível de abstração (MORAES, 2011). Conceitos como gene, DNA, cromossomos, *locus*, *loci*, alelo, genótipo, fenótipo, homozigoto, heterozigoto, meiose, entre outros, são apenas alguns exemplos.

Uma observação interessante pode ser percebida, por exemplo, nas considerações de alguns autores com Ferreira (2003), que no seu livro “Waltson & Crick – A história da descoberta da estrutura do DNA”, traz no capítulo de introdução uma observação cuidadosa: “à medida que for lendo o livro você vai encontrar algumas palavras que talvez você não conheça. ” O autor é ainda mais enfático: “[...] algumas bem estranhas como: alelo, gameta e haploide.” Vale destacar que esses termos técnicos são fundamentais para entendermos a lógica das discussões de genética (THÖRNE, 2012).

Neste contexto, os PCN+ (BRASIL, 2002), afirmam que “o processo ensino-aprendizagem é bilateral, dinâmico e coletivo, portanto é necessário que se estabeleçam parcerias entre o professor e os alunos e dos alunos entre si. ” Prerrogativas que, quando consideradas, evidenciam a apreensão de conceitos que são fundamentais ao desenvolvimento do conteúdo.

Entre as estratégias de abordagem de temas no Ensino de Biologia os PCN+ (BRASIL, 2002) propõem que sejam desenvolvidas por exemplo, atividades de “simulação de cruzamentos genéticos, a partir dos quais os alunos construiriam os conceitos básicos da transmissão das características hereditárias”. Assim, conceitos como: genótipo, fenótipo, alelos dominante e recessivo, *lócus*, cromossomos homólogos, cromátides irmãs, homozigoto, heterozigoto, entre outros, compõem termos usualmente utilizados para discutir as Leis de Mendel, por exemplo. Trabalhar conceitos específicos é uma forma de viabilizar a compreensão de conteúdos mais complexos (THÖRNE, 2012).

2.6 Contribuições do estudo

No ensino de Biologia é possível que os professores utilizem estratégias, visando uma aprendizagem significativa diante dos temas elegidos (PERNAMBUCO, 2013). Um levantamento feito por Moura (2013), sobre o ensino de biologia, concluiu que essa área da ciência ainda é considerada abstrata e desconectada do cotidiano, principalmente no que concerne aos tópicos de genética.

Desse modo, as aprendizagens relacionadas aos conceitos básicos de genética no Ensino Médio necessitam de intervenções que obtenham uma adesão favorável por

parte dos estudantes, estimulem o raciocínio, a motivação, e minimizem os problemas de ordem conceitual básica.

Neste sentido, a linha de investigação sobre o uso de modelos e modelagem no ensino de Ciência (COLINVAUX, 1998) busca entender a ligação entre modelos consensuais e os materiais alternativos na relação ensino-aprendizagem.

No campo das estratégias didáticas em educação, os jogos eletrônicos configuram-se uma área em ascensão (PALFREY; GASSE, 2011; SENA et al., 2016). Nesse contexto, eles vêm se constituindo um fenômeno cultural investigado sobre diferentes pontos de vista (ALVES, 2013). Seu uso pressupõe uma estratégia bastante atrativa e presente no cotidiano dos estudantes, mas que necessita ser aproveitada para o desenvolvimento de diversos conteúdos em sala de aula, sobretudo a partir da contribuição dos usuários.

Entre as plataformas de criação de jogos o *Construct 2* se apresenta como ferramenta computacional de fácil utilização para desenvolvimento de jogos. O fato de não exigir conhecimento específico na área de programação contribui para que esse recurso seja utilizado por diferentes perfis de pessoas (desenvolvedores ou não) que apresentem interesse em produzi jogos (LARSEN, 2014).

Diante do exposto, este trabalho pretende colaborar com a comunidade científica, principalmente no que concerne a estudos sobre estratégias de ensino-aprendizagem na perspectiva do ensino por investigação e da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), apresentando uma experiência vivenciada na Educação Básica.

Outra potencialidade desse trabalho nas discussões acadêmicas, refere-se ao percurso metodológicas para o desenvolvimento de jogos eletrônicos com fins educativos. Nesse aspecto, espera-se subsidiar também, novas investigações que possam usar como referência os resultados desse estudo. Contudo, espera-se que por meio das ferramentas pedagógicas, deste trabalho, proporcionar abordagens que possam minimizar aspectos ligados desmotivação e pouco interesse em relação as aprendizagens de conceitos básicos de genética no ensino médio, tornando o conteúdo mais atrativo e dinâmico.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Desenvolver um *software* de jogo educativo para o ensino de conceitos básicos de genética de forma interativa, articulada ao modelo didático Cromossomos Reciclados como organizador prévio de facilitação da aprendizagem, com estudantes do Ensino Médio em uma escola pública em Pernambuco.

3.2 ESPECÍFICOS

- Elaborar oficinas de produção dos modelos cromossômicos, explorando conceitos de genética que podem ser trabalhados através do modelo didático;
- Promover aprendizagem, estimulando a motivação e a interatividade através de atividade orientada, perseguindo características de uma abordagem investigativa;
- Verificar as principais dificuldades dos estudantes em relação a conceitos de genética, identificadas nas oficinas com os modelos cromossômicos;
- Envolver os estudantes no desenvolvimento do *software* de jogo educativo, por meio da aplicação do método *brainstorming* do Design Participativo;
- Verificar a viabilidade de articulação entre o *software* de jogo educativo e o modelo didático Cromossomos Reciclados, visando a integração entre as ferramentas de aprendizagem no tratamento de conceitos de genética;
- Disponibilizar o produto de jogo desenvolvido no *Construct 2* em plataformas livres;
- Avaliar competências e habilidades desenvolvidas pelos estudantes ao explorarem o modelo didático e na testagem do *software* educativo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Tipo de pesquisa

Trata-se de Pesquisa-ação, empregando métodos de análise qualitativos e quantitativos. Tal procedimento compreende o diagnóstico, a ação, a reflexão e a avaliação, promovidos pela interação de forma colaborativa (RICHARDSON; RODRIGUES, 2013 apud MENDONÇA; GOMES, 2017). Uma definição conceitual utilizada por Engel (2000) apresenta que:

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa participante engajada, em oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não-reativa” e “objetiva”. Como o próprio nome já diz, a pesquisa-ação procura unir a pesquisa à ação ou prática, isto é, desenvolver o conhecimento e a compreensão como parte da prática. É, portanto, uma maneira de se fazer pesquisa em situações em que também se é uma pessoa da prática e se deseja melhorar a compreensão desta.

O estudo considerou como documentos norteadores os Parâmetros Curriculares Nacionais e de Pernambuco, além das OCN –Orientações Curriculares Nacionais, OTMs – Orientações Teórico-Metodológicas e a Matriz Curricular do ENEM de Ciência da Natureza. Fontes como o manual do *Construct 2* e fórum disponibilizado pela Scirra®, além de tutoriais de jogos com a plataforma, disponíveis na internet, também foram utilizadas. Outras publicações como livros, artigos, anais de eventos de natureza científica, dissertações de mestrado e teses de doutorado, também foram consultadas.

Outro procedimento associado à pesquisa-ação e empregado neste trabalho foi o Design Participativo. Essa abordagem foi utilizada na perspectiva de coletar, analisar e projetar informações de modo abrangente na participação dos usuários e demais interessados no produto (CAMARGO; FAZANI, 2014). Neste sentido, Falcão et al. (2017) caracteriza o Design Participativo com base em vários autores, colocando que:

Design Participativo (DP) é um conjunto de métodos e teorias que visa envolver os usuários e outras partes interessadas (*stakeholders*) no projeto de produtos, serviços e/ou processos, promovendo colaboração, diálogo e troca de conhecimento e experiências entre projetistas e representantes do público-alvo [Muller e Druin 2010]. Trata-se de um campo multidisciplinar, alinhado a abordagens de pesquisa-ação participante [Spinuzzi 2005] e de projeto de sistemas centrado no humano [Bodker 1990] (também chamado em alguns casos de Design Centrado no Usuário), que incluem aspectos de engenharia de software, psicologia, antropologia e sociologia, entre outros, e é aplicado

em diversos contextos (como empresas, universidades, hospitais, instituições governamentais). Dada essa diversidade, o DP não se resume a uma única teoria ou paradigma, porém o objetivo transversal a todas as iniciativas é a preocupação com os conhecimentos, vozes e direitos do público-alvo (também referido na literatura como usuários finais) [Muller e Druin 2010].

A técnica *brainstorming*, comum no Design Participativo, segundo Rosa e Matos (2016) *apud* Falcão et al. (2017), norteou o desenvolvimento do *software* educativo. Esse método foi aplicado com um grupo de vinte estudantes (desenvolvedores em formação e usuários) e o professor (mediador das ações).

Para Ferreira, Oliveira e Garcia (2014), não há uma sequência única de aplicação desse método, mas que dentre as etapas, a exposição de ideias é fundamental. O quadro 2 apresenta as etapas adotadas neste trabalho, adaptando as propostas de Meireles (2001) e Behr, Moro e Estabel (2008), citado por Ferreira, Oliveira e Garcia (2014).

Quadro 2- Etapas do método *brainstorming* segundo Meireles (2001) e Behr, Moro e Estabel (2008), adaptado ao estudo.

Etapas	Fase	Procedimento
01	Introdução	Apresentação da questão a ser pensada.
02	Construção da Equipe	Escolha das pessoas que irão participar do <i>Brainstorming</i> , geralmente pessoas que estão envolvidas com determinado problema e pessoas criativas de outros setores.
03	Criação de Ideias	Onde os participantes dizem suas ideias sem qualquer julgamento de valor.
04	Revisão	Esclarecimento de dúvidas sobre as ideias sugeridas.
05	Seleção	Eliminação de ideias que não são adequadas.

Fonte: Ferreira, Oliveira e Garcia (2014)

As etapas descritas no quadro acima foram adotadas neste estudo para favorecer o desenvolvimento do produto de jogo educativo.

Assim, houve a utilização de um modelo didático simultâneo à criação do jogo de plataforma, lançando um olhar sobre as principais dificuldades dos estudantes em relação a esses conceitos, bem como uma reflexão sobre a *práxis* docente.

Antes da aplicação das etapas de produção do jogo, a busca pelo referencial teórico constituiu uma fase exploratória do trabalho que permitiu instrumentalizar ações com vistas às concepções didático-pedagógicas como a aprendizagem baseada no estudante, aprendizagem baseada em problemas, abordagem investigativa e o protagonismo juvenil (FONSECA, 2009; MUNHOZ, 2015; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015; SILVA; ASINELLI-LUZ, 2015).

4.1.1 Ambiente da pesquisa

A Escola Técnica Estadual Miguel Arraes de Alencar vinculada à Gerência Regional da Mata Norte e mantida pelo Governo do Estado de Pernambuco está situada na PE 82, s/n, Loteamento Sapucaia, no município de Timbaúba/PE. Oferece Ensino Médio integrado à Educação Profissional, na modalidade Integral (manhã e tarde), subsequente (noite) e EAD – Educação à Distância.

A unidade assiste aos estudantes do município e de várias cidades do estado de Pernambuco, como Aliança, Vicência, Itambé, Camutanga, Ferreiros, Macaparana, que ficam nos limites da cidade e algumas cidades da Paraíba, entre estas Juripiranga, Itambé, Pedras de Fogo, Itabaiana, Pilar e São José dos Ramos.

Nas turmas integrais e subsequentes são ofertados cursos técnicos de nível Médio em Administração e Desenvolvimento de Sistema, ambos presenciais. Na modalidade EAD (Educação à Distância) são oferecidos cursos de Administração, Biblioteca, Desenvolvimento de Sistemas, Segurança no Trabalho, Secretariado, Logística e Design de interiores.

A escola apresenta uma infraestrutura favorável e compatível aos cursos ofertados, atendendo, assim, as necessidades de formação profissional local. Além disso, a proposta pedagógica da instituição tem como norte a filosofia do Programa Integral que valoriza um modelo de Educação Interdimensional, fundamentado nos quatro pilares da educação, conforme relatório para UNESCO da Comissão Internacional de Educação para o Século XXI (UNESCO, 1996)

4.1.2 Participantes da pesquisa

Foram sujeitos deste estudo, 304 estudantes, sendo 155 da segunda série e 149 da terceira série do Ensino Médio Integral, distribuídos em 8 turmas, sendo 4 em cada série. A faixa etária desses educandos compreende idades entre 15 e 18 anos. As turmas estão distribuídas entre os cursos de Técnico em Administração (ADM) ou em Desenvolvimento de Sistemas (DS). Desse modo, os participantes da pesquisa, representara cerca de 67% dos estudantes regularmente matriculados no Ensino Médio da escola.

A grade curricular diferenciada e o tempo integral, presentes na rotina dos estudantes, oportunizam, além dos componentes do núcleo comum, disciplinas técnicas. Isso possibilita o domínio básico de áreas específicas de formação profissional, além da preparação para entrada em cursos de nível superior.

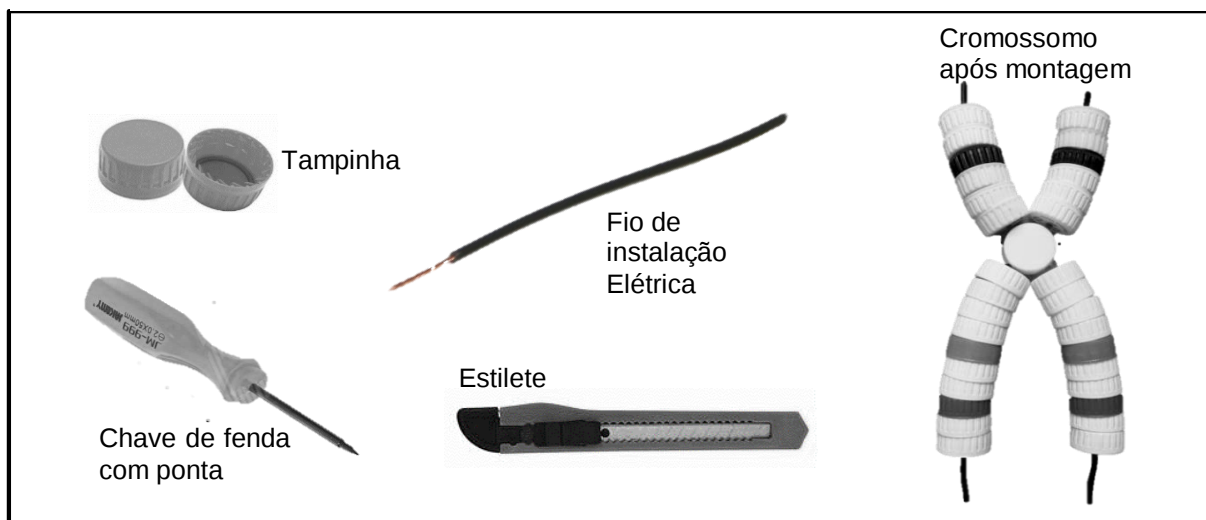
4.1.3 Aspectos éticos

O projeto foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba, obtendo parecer favorável para sua execução, sob o CAEE Nº 89000218.3.0000.5188 (Anexo B). Desse modo, obteve-se a anuência da equipe gestora da escola (Anexo A) e foram colhidas as assinaturas do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A) e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) por parte dos participantes do estudo e/ou responsável legal, em observância às normas de ética em pesquisa com seres humanos vigentes, constantes na Resolução nº 510 de 7 de abril de 2016 e Resolução 466 de 2012, Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde.

4.2 Construção dos Modelos Cromossômicos

Neste trabalho utilizou-se como instrumento um modelo de cromossomo, utilizando materiais recicláveis, inicialmente desenvolvido por Barbosa et al. (2006). Constitui-se como material necessário para a construção dos mesmos, tampinhas de garrafa “PET” multicoloridas (nas cores disponíveis no mercado e possíveis de encontrar) e fios para instalação elétrica (fios de cobre revestido). A figura 4 apresenta, dentre os materiais necessários, as ferramentas básicas para a preparação dos modelos como chave de fenda pontiaguda e estilete.

Figura 4: Materiais utilizados na confecção/montagem dos modelos cromossômicos



Fonte: O Autor

Esses modelos podem ser montados e remontados em diferentes turmas e em vários momentos da aula, dando forma a diferentes tipos de cromossomos (metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico), além de contemplar diferentes regiões, com alelos que podem estar representando, em suas formas alternativas, várias características ao mesmo tempo.

Na fase preparatória do material, o envolvimento dos educandos foi na coleta das tampinhas, apenas. Já a etapa de preparação (perfuração das tampinhas e cortes dos fios) com a organização dos kits e das oficinas foram realizadas pelo professor, de modo que possibilitou aos estudantes, a transformação do material coletado em objeto de aprendizagem.

4.3 Oficinas pedagógicas

A princípio, foram desenvolvidas e aplicadas duas oficinas, utilizando o modelo descrito como recurso didático. Para as oficinas foi elaborado um plano de trabalho (Apêndice E), a fim de nortear os objetivos, etapas e avaliação da atividade.

A oficina 1 foi aplicada nas turmas de terceira série, inicialmente. Depois nas turmas de segunda série. Já a oficina 2 foi aplicada, apenas, com as turmas da segunda série, pois o calendário de atividades da escola em relação as turmas concluintes, inviabilizou a aplicação da oficina 2 nessas turmas.

Para a atividade, o material foi organizado em bandeja (Figura 5), contendo um manual de montagem (Apêndice C) e roteiros de aprendizagem didático-investigativos (Apêndices F e G). A existência de pessoas com baixa visão e cegueira, levou a adequação do manual (Apêndice D) e kit cromossômico adaptado. Esse modo de organização permitiu autonomia na construção dos cromossomos, individualmente ou em grupos, independentemente das situações de deficiência visual.

Figura 5 - Organização dos kits de materiais para montagem dos modelos cromossômicos (a) e disposição do material para as oficinas (b).



Fonte: O Autor

Nas quatro turmas da terceira série, os sujeitos da pesquisa foram divididos em 10 grupos. Já nas turmas da segunda série, em duas, os participantes foram divididos em 10 grupos e nas outras duas, em 9 grupos. Porém, na oficina 2, as turmas foram distribuídas em 10 grupos. Em cada oficina, os grupos receberam um roteiro investigativo, apresentando tópicos de escolha múltipla.

O primeiro roteiro investigativo apresentava a proposição de três tópicos (questões) com múltiplas assertivas. A primeira com duas alternativas e a segunda e terceira com três cada uma. Já o segundo roteiro continha três tópicos com seis assertivas de opções variadas, sendo a primeira com duas alternativas, a segunda com quatro proposições de duas alternativas cada e a terceira com três.

Assim, os integrantes dos grupos ao analisar o contexto familiar da personagem Hana, em relação a herança genética – anemia falciforme (uma doença hereditária em que se pode prever o genótipo de seus portadores) deveriam responder aos dados

apresentados, escolhendo um dos membros familiares ou as possibilidades genotípicas da personagem para representar cromossomicamente.

Para tanto, o grupo recebeu a tarefa de construir dois cromossomos 11 (onde estão localizados os alelos para a anemia falciforme), representando o genótipo escolhido no roteiro, além de localizar adequadamente os alelos representativos da cadeia da hemoglobina no par de cromossomos homólogos, simulando eventos e respondendo às hipóteses no roteiro.

4.3.1 Oficina 1 – Hereditariedade em questão. Vamos investigar!

A primeira oficina desenvolvida apresenta o roteiro investigativo com orientações para o professor – com objetivos e conceitos contemplados; e para os estudantes – com contexto e problematização, além de procedimentos (Apêndice F). Na atividade, o contexto envolvendo a personagem (Hana) e alguns de seus familiares é explorado com base em escolhas.

No roteiro, os estudantes são desafiados a representar um par de cromossomos com o genótipo de um dos representantes da família, estando livres para decidir que genótipo irão representar ao construir seus modelos. O roteiro permite, ainda, que os estudantes façam anotações sobre suas hipóteses, localizando o gene no cromossomo e confrontando se o modelo que construíram refere-se aos conceitos marcados por eles no roteiro. Em cada turma, os alunos formam divididos em grupos, recebendo cada, um kit para montagem e o roteiro/desafio.

Após as orientações básicas do professor, os grupos tiveram um tempo para a montagem dos modelos e as marcações no roteiro investigativo. A oficina utilizou o tempo pedagógico de uma aula de 50 minutos. Em seguida, os roteiros foram recolhidos para análise e verificação da aprendizagem. Em todos os momentos da oficina houve mediação docente, estimulando a interação entre os integrantes com vistas à valorização da autonomia em cada grupo.

4.3.2 Oficina 2 – Para onde vão os meus genes alelos? Como os recebo?

A segunda oficina traz o roteiro investigativo baseado no mesmo contexto (anemia falciforme) e a mesma personagem, conforme apresenta o Apêndice G. Agora,

abrangendo a montagem e a simulação de eventos, envolvendo os cromossomos na meiose – divisão celular responsável pela formação dos gametas.

Assim como na oficina 1, os estudantes foram divididos em grupos, recebendo um kit para montagem e o roteiro/desafio. O roteiro traz, também, orientações para o professor, apresentando objetivos e conceitos contemplados; e para os estudantes, destacando o contexto, a problematização e os procedimentos.

Nesta oficina, os estudantes tiveram que definir entre três possibilidades, o suposto genótipo da personagem e, a partir de então, montar um par de cromossomos, localizando o alelo de maneira adequada. Em seguida realizar simulação com o modelo construído pelo grupo, fazendo anotações ao longo dos questionamentos apresentados no roteiro para investigar, com base no contexto da personagem, a possibilidade de ela transmitir os alelos para a anemia falciforme (ver Apêndice G).

Do mesmo modo, a oficina 2 contou com o estímulo e a interação dos envolvidos, no tempo pedagógico de uma aula de 50 minutos. Após seu desenvolvimento, os roteiros foram recolhidos para verificação das escolhas e marcações realizadas pelos grupos.

4.3.3 Avaliação dos resultados das oficinas

Na avaliação qualitativa/quantitativa das oficinas, utilizou-se os roteiros investigativos recolhidos após a aplicação em cada turma, além da observação direta. Na análise dos roteiros, os termos “exatidão” ou “imprecisão” foram utilizados na interpretação dos resultados, já que as marcações feitas nos roteiros estavam baseadas em escolhas. Neste caso, o termo “exatidão” foi adotado como indicativo de coerência entre a escolha e as marcações no roteiro, já o termo “Imprecisão” para roteiros, cujas marcações não apresentavam consonância com as escolhas.

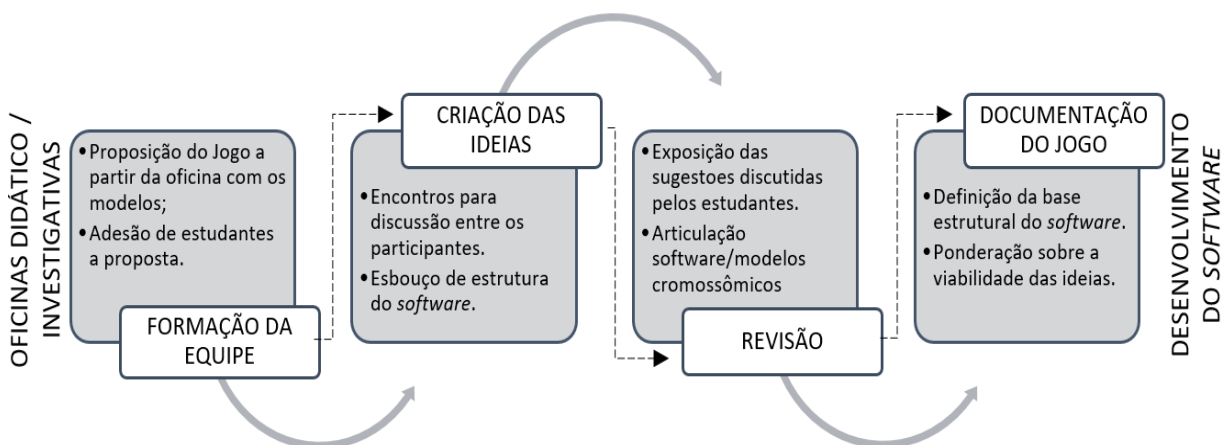
Essa forma de analisar os roteiros buscou um melhor aproveitamento nos registros. Desse modo, os equívocos apresentados foram vistos como possibilidades de reflexão e autorregulação da aprendizagem, de maneira a atender expectativas de aprendizagem sobre conceitos fundamentais em genética.

4.4 Desenvolvimento do software de jogo

A partir das oficinas, houve o convite para que os estudantes pudessem participar, por adesão voluntária, da elaboração do jogo, utilizando a plataforma *Construct 2*, que pudesse trabalhar os conceitos abordados e articulá-lo ao sistema. A plataforma de criação do jogo já era conhecida pelos estudantes, principalmente do curso de Desenvolvimento de Sistema. Inicialmente houve a adesão de vinte representantes de grupos das oficinas, sendo oito do Curso de Administração (sendo todos meninos) e doze do Curso de Desenvolvimento de Sistema (com duas meninas apenas).

A participação dos estudantes na atividade de desenvolvimento do jogo, ocorreu aplicando-se o método *brainstorming*, que viabilizou a documentação (Apêndice H), norteando a efetivação das ideias. Sua implementação resultou de quatro rodadas de encontros com os estudantes que aderiram a proposta de criação do jogo (Figura 6). Nas discussões foram definidos personagem, características de jogabilidade, número de fases e inserção de desafios (principalmente relativos ao conteúdo), além de possibilidades de articulação com o modelo didático usado nas oficinas.

Figura 6 – Etapas adotadas para o desenvolvimento do *software* educativo



Fonte: O Autor

Para a criação do *software* de jogo educativo, foi utilizada a plataforma *Construct 2* também conhecido como *game engine* (motor de jogo) que se apresenta disponibilizada em versão gratuita ou custeada. Embora a versão livre esteja disponível para *download*, ela apresenta limitações. Por essa razão, foi utilizada a versão paga (*Personal License*).

O *Construct 2* é um programa de computador desenvolvido pela Scirra, Ltda (SCIRRA, 2013), figura 7, projetado para criar jogos 2D suportando a linguagem HTML5 (*Hypertext Markup Language*, versão 5), uma linguagem de marcação aplicada a *World Wide Web*. Sua principal característica é não exigir de seus usuários e desenvolvedores, qualquer conhecimento de programação. Neste sentido, essa ferramenta permite comandos que podem ser adicionados pela simples ação de clicar em um objeto e arrastá-lo (SILVA, 2016).

Figura 7 - Tela de inicial do *Construct 2*



Fonte: SCIRRA, 2013

Nesta perspectiva, os requisitos básicos de funcionamento da *engine* são: Sistema Operacional Windows XP/ Vista/ 7 ou superior; processador de 2GHz dual core; memória de 2GB RAM; HD com 5 GB de espaço livre. Qualquer dessas configurações dão suporte a *engine*.

No escopo contemplou-se a interface 2D (modelagem com gráfico em duas dimensões), suportando um jogador por vez (monousuário). Incluiu-se a personagem utilizada na oficina, com *layout* e ambientação, apresentando comportamento na plataforma de pular e correr, além de capturar fichas com abordagens de conceitos básicos, superando obstáculos em diferentes fases sem a aplicação de diferentes graus de dificuldade. Foi discutido, ainda, a inserção de níveis com estágios que permitissem a resolução de questões contextualizadas referentes aos conceitos usados na oficina com o modelo cromossômico.

4.4.1 Avaliação do *software* de jogo

Após a conclusão da primeira versão do *software* de jogo educativo, ele foi experimentado por vinte grupos de estudantes – considerados como grupos de testagem (GTs) – que não participaram da elaboração do *game* de natureza educativa. Os participantes eram compostos por estudantes dos dois cursos com número máximo de quatro representantes.

Ao final da experiência, os grupos apresentaram suas impressões sobre a versão de teste por meio de um questionário (Apêndice J), versando sobre aspectos de natureza pedagógica / aprendizagem (conteúdo), mecânica de jogo (jogabilidade) e sugestões de melhoramento da versão (aperfeiçoamento). Utilizou-se também a observação direta dos grupos participantes, percebendo aspectos de motivação, imersão e divertimento, enquanto jogavam.

5. RESULTADOS

5.1 Montagem dos kits de cromossomos reciclados

Um dos resultados desse trabalho foi a orientação sistematizada para utilização da ferramenta pedagógica Cromossomos Reciclados na Educação Básica, inicialmente desenvolvido por Barbosa et al. (2006).

Ao testar a melhor maneira de apresentação do material, a forma definida foi de uma bandeja contendo 52 tampinhas de cor única e 24 em cores variadas, perfuradas ao centro e duas com perfurações laterais em formato de fechadura, além de quatro pedaços de fio, com 30 cm cada, permitindo o encaixe e sustentação dos braços dos cromossomos para sobreposição das tampinhas – uma adaptação bastante melhorada da forma de apresentação utilizada por Barbosa et al. (2006). Os dez kits de materiais organizados para confecção dos cromossomos nas oficinas continham orientações detalhadas de montagem e viabilizaram as atividades com as turmas. Para isto, o manual de montagem (Apêndice C e D).

Foram desenvolvidos e testados roteiros de aprendizagem baseado em escolhas (Apêndices F e G). Esses roteiros com característica didático-investigativas viabilizaram a utilização dos modelos cromossômicos que funcionaram como organizador prévio de facilitação da aprendizagem, e tornaram a apropriação de conceitos de genética mais fáceis. Os dados que evidenciaram foram os resultados da aplicação da oficina 1 nas turmas de segunda série, cujo conteúdo não havia sido trabalhado ainda, principalmente se comparado aos resultados nas turmas de terceira série.

Assim, as aprendizagens com os modelos foram trabalhadas em grupos com efetiva interação nas oficinas. Cada grupo recebeu um kit, contendo os materiais para a montagem dos cromossomos auxiliados pelo manual de instruções e o roteiro didático-investigativo desenvolvidos. Como desafio, cada grupo deveria montar um par de cromossomos 11 do cariótipo humano, definindo o(s) alelo(s) e localizando-os adequadamente no modelo, além de responder as assertivas apresentadas nos roteiros. Neste sentido, os roteiros de aprendizagem didáticos-investigativos, serviram para verificar a percepção dos estudantes e suas principais dificuldades de entendimento em relação aos conceitos básicos.

5.2 Aplicação das Oficinas

A oficina 1 aplicada inicialmente com estudantes de terceira série (organizados em grupos) obteve resultados significativos. Dentre eles, o engajamento expressivo dos sujeitos envolvidos no estudo e o bom aproveitamento dos registros no roteiro investigativo.

A experiência obtida com os estudantes de terceira série despertou o interesse em aplicar a mesma oficina com os educandos da segunda série e comparar resultados. O processo foi marcado pela participação colaborativa na aprendizagem dos conceitos contemplados no roteiro investigativo associados à dinâmica de montagem do modelo didático (Figura 8).

Figura 8 - Imagens da oficina 1 aplicada nas turmas, sendo (c) e (d), das turmas da 3ª série, e (a), (b) e (d) das turmas de 2ª séries.



(a)



(b)



(c)



(d)



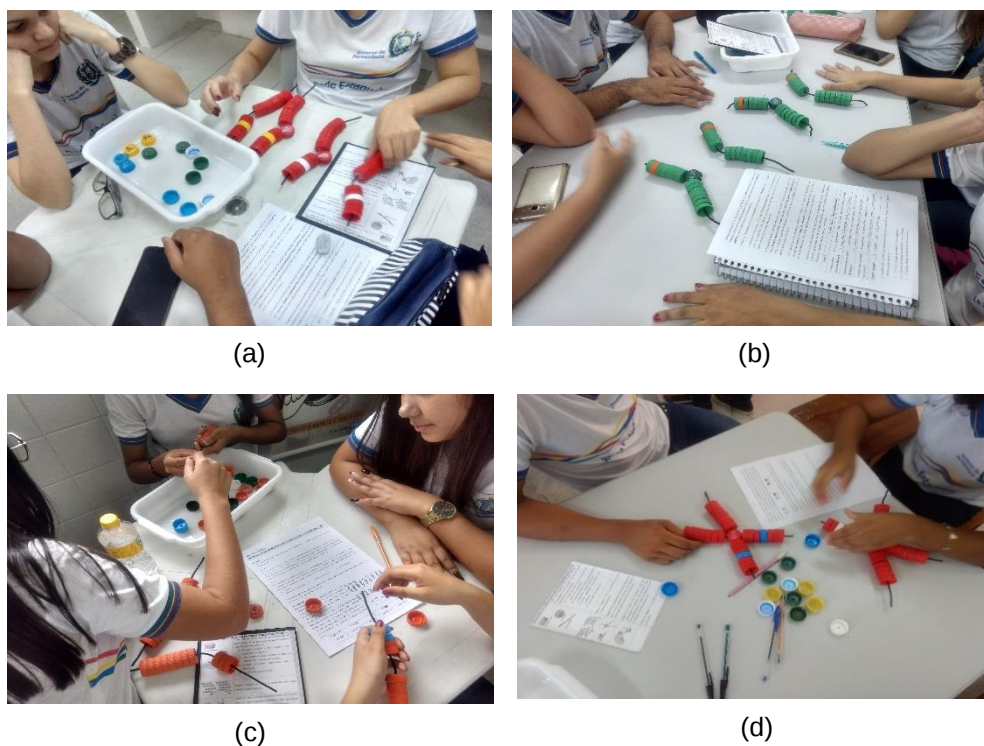
(e)

Fonte: O Autor

A oficina 2 aplicada apenas com os estudantes de segunda série, também obteve resultados consideráveis em relação à dinâmica de participação e ao aproveitamento dos registros nos roteiros analisados. A experiência vivenciada com o material na primeira oficina, tornou mais fácil a montagem dos cromossomos.

A simulação com o uso do modelo, no momento da oficina 2 (Figura 9), instigou ainda mais a curiosidade dos estudantes em relação ao conteúdo. Um momento enriquecido pela dinâmica de interação entre os estudantes.

Figura 9 – Imagens da Oficina 2 (a, b, c, d) aplicada nas turmas de 2ª série.



Fonte: O Autor

O envolvimento docente com os grupos e as discussões sobre o conteúdo assumiu um clima amistoso de aprendizagem. Essa característica levou os educandos a expor suas dúvidas de modo espontâneo, possibilitando identificar e corrigir distorções conceituais mais facilmente. Um olhar sobre os equívocos mais recorrentes, apresentados pelos educandos, pôde ser lançado ao analisar os roteiros recolhidos em cada turma.

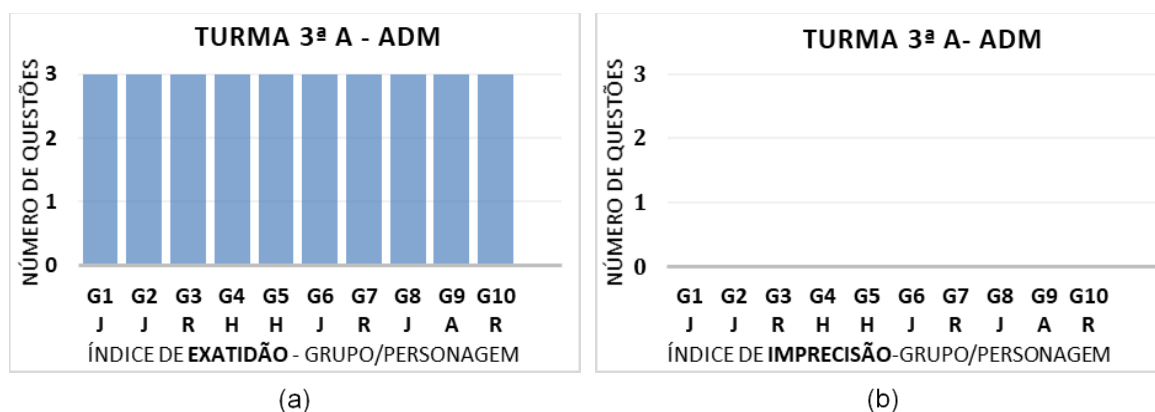
5.2.1 Oficina 1- Turma 3ª série A - ADM

Na análise dos roteiros investigativos, entre as turmas participantes da oficina 1, foi verificado que na turma A, dois grupos optaram por montar os cromossomos para representar o genótipo da personagem Hana, quatro de Joana (irmã), um de Antônio (pai) e três de Roberto (avô), apresentando hipóteses/marcações no roteiro investigativo.

Os grupos que escolheram Hana (grupos 4 e 5), definiram sua condição como homozigota, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme. Dos que representaram Joana (grupos 1, 2, 6 e 8), todos caracterizaram-na como homozigota, de caráter dominante puro, não portadora do traço nem da doença. O grupo que escolheu representar o par de cromossomos de Antônio (grupo 9), o definiu como heterozigoto, de caráter dominante híbrido, e que por isso, apresentava o “traço”/ alelo da doença. Já os que optaram por representar Roberto (grupos 3, 7 e 10) o consideraram homozigoto, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme.

Os resultados apresentaram a totalidade de concordância entre as hipóteses e as marcações no roteiro, verificando-se, assim, o índice de “exatidão” em todos os grupos de trabalho dessa turma conforme figura 10 (a) e (b).

Figura 10 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série A de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

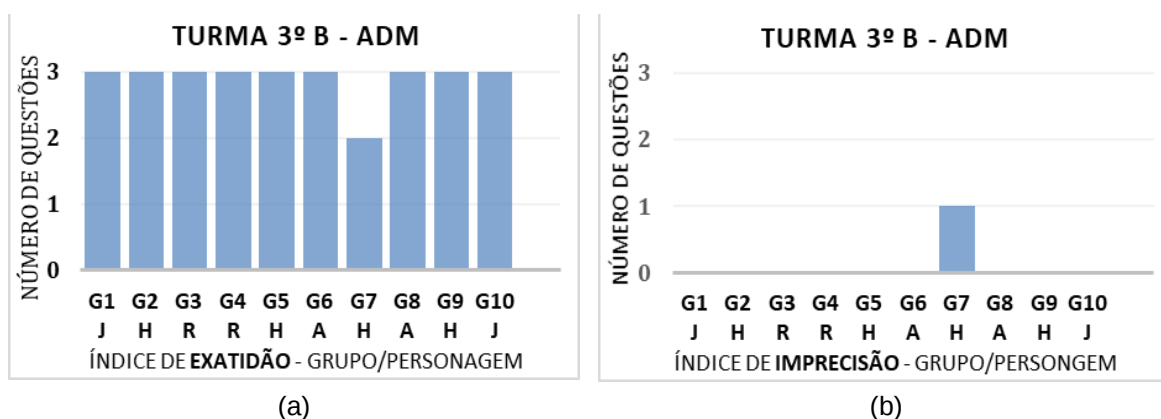
Fonte: O Autor

5.2.2 Oficina 1- Turma 3ª série B - ADM

Nos resultados da turma B, verificou-se que quatro grupos escolheram montar os cromossomos da personagem Hana, dois de Joana (irmã), dois de Antônio (pai) e dois de Roberto (avô), definindo hipóteses/marcações no roteiro.

Ao escolher representar a personagem Hana, os grupos 2, 5, e 9, montaram os modelos definindo-a como homozigota, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme. Porém, o grupo 7, apesar de considerá-la, no roteiro, homozigota e que tinha anemia falciforme, fez marcação, de que ela apresentava caráter dominante híbrido. Os que definiram Joana (grupos 1 e 10), a consideraram homozigota, de caráter dominante puro e que não era portadora do traço/alelo, nem da doença. Enquanto os que optaram por representar os cromossomos de Antônio (grupos 6 e 8), marcaram a hipótese de ele ser heterozigoto, de caráter dominante híbrido e que apresenta o “traço falcêmico”. Os dois grupos que optaram por representar os cromossomos de Roberto (grupos 3 e 4), marcaram sua condição em homozigose, de caráter recessivo e o mesmo tendo anemia falciforme. A figura 11 apresenta os resultados da oficina.

Figura 11 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série B de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

Fonte: O Autor

Assim, percebeu-se nessa turma que 90% dos grupos apresentaram coerência nas assertivas marcadas no roteiro - Figura 11(a), de modo que, um grupo apresentou

imprecisão ao realizar uma marcação incoerente com a hipótese definida pelo grupo – Figura 11(b).

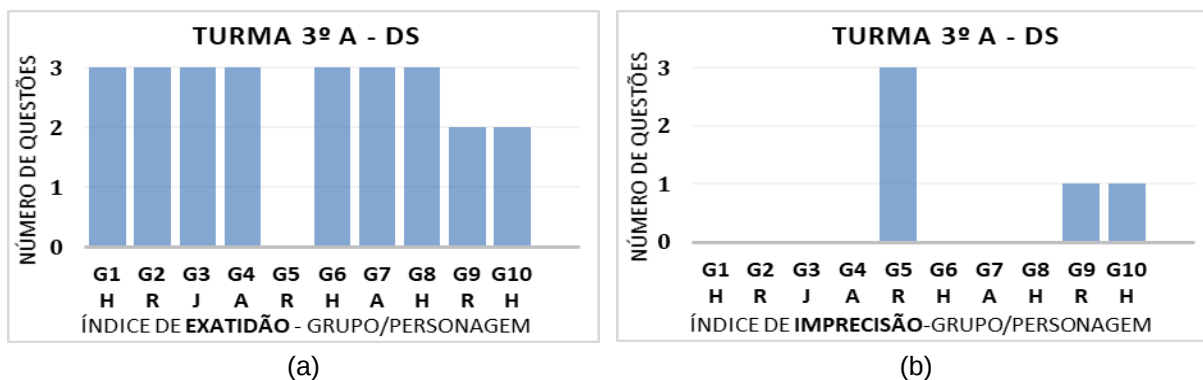
5.2.3 Oficina 1- Turma 3ª série A - DS

Nessa turma, de acordo com os resultados dos roteiros, quatro grupos escolheram montar os cromossomos da personagem Hana, um de Joana (irmã), dois de Antônio (pai) e três de Roberto (avô), além das hipóteses/marcações no roteiro.

Dos que escolheram representar os cromossomos da personagem Hana (grupos 1, 6, 8 e 10), três deles (1, 6 e 8), apresentaram que sua condição se apresentava em homozigose, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme, respondendo adequadamente. O grupo 10, entretanto, a considerou heterozigota e que apresentava o “traço falcêmico”, mas considerou que ela tinha caráter recessivo, demonstrando equívoco na escolha. Já o grupo 3, que escolheu representar Joana, definiu de forma acertada que sua condição se apresentava em homozigose, com genótipo de caráter dominante puro e que ela não era portadora do traço, nem da doença.

A mesma condição de exatidão, ocorreu para os que representaram o par de homólogos de Antônio (grupos 4 e 7), ao considera-lo como heterozigoto, de caráter dominante híbrido e que apresenta o “traço falcêmico”. Já entre os que optaram por representar os cromossomos de Roberto (grupos 2, 5 e 9), apenas um (grupo 2) apresentou sua condição em homozigose, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme. De maneira imprecisa, o grupo 5, definiu que a condição de Roberto se encontrava em heterozigose, de caráter dominante híbrido e que apresentava “traço falcêmico”. Já o grupo 9, marcou erroneamente que sua condição era heterozigota, mas que seu genótipo era de caráter recessivo e que ele tinha anemia falciforme. A figura 12, (a) e (b), representam os resultados.

Figura 12 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série A de Desenvolvimento de sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

Fonte: O Autor

Nessa turma, portanto, o coeficiente de “exatidão” em todas as assertivas, foi percebido em sete dos roteiros analisados, de modo que dois roteiros apresentam “imprecisão” entre as assertivas marcadas, em pelo menos uma questão, e um terceiro apresentou disparidade em todas as questões do roteiro.

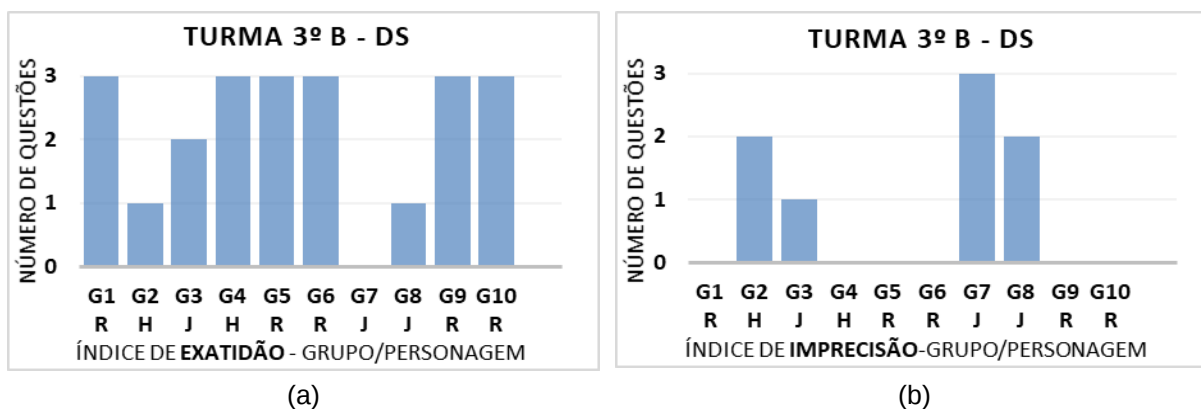
5.2.4 Oficina 1- Turma 3ª série B - DS

A análise dos roteiros nessa turma, permitiram aferir que dois grupos escolheram representar os cromossomos de Hana, três de Joana (irmã), e cinco de Roberto (avô), de modo que, Antônio (pai), não foi escolhido por nenhum dos grupos.

Para os grupos que optaram por representar os cromossomos de Hana (grupos 2 e 4), ambos consideraram a personagem como de genótipo dominante híbrido e que apresentava o “traço falcêmico”, porém, o primeiro grupo representou os cromossomos e marcação no roteiro da condição homozigótica, já o segundo, na condição heterozigótica. No caso dos grupos que escolheram Joana (grupos 3, 7 e 8), dois deles (grupos 3 e 8) demonstrou cromossomos, definindo sua condição em homozigose e que apresentava o “traço falcêmico”, porém o grupo 3 a considerou de caráter dominante puro; e o grupo 8, de caráter dominante híbrido, enquanto que, o grupo 7 demonstrou e marcou que ela era heterozigota, de caráter dominante híbrido e “traço falcêmico”. Por outro lado, dos cinco grupos que escolheram por representar o par de cromossomos de Roberto (grupos 1, 5, 6, 9 e 10), todos marcaram

acertadamente sua condição em homozigose recessiva e que tinha anemia falciforme. Os dados podem ser comparados na Figura 13 (a) e (b).

Figura 13 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 3ª série B de Desenvolvimento de sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

Fonte: O Autor

Desse modo, foi possível perceber que o índice de exatidão em todas as assertivas em seis grupos – Figura 13 (a), enquanto que na escala de roteiros com “imprecisão”, um grupo apresenta incoerência em pelos menos uma questão, dois outros, em mais de uma das questões do roteiro e um dos grupos com completa incoerência apresentada nas assertivas do roteiro investigativo, conforme demonstrado na Figura 13 (b).

As sínteses das escolhas a partir dos resultados dos roteiros da oficina 1, aplicados nas turmas de 3ª série podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1 : Resultado das escolhas realizadas pelos grupos de 3ª série, participantes da oficina 1. Relação personagem / exatidão / imprecisão

	Personagens Fictícios				Nº Grupos/série
	ANTONIO	HANA	JOANA	ROBERTO	
3º A ADM	1	2	4	3	10
3º B ADM	2	4	2	2	10
3º A DS	2	4	1	3	10
3º B DS	0	2	3	5	10
Total	5	12	10	13	40

	EXAT	IMP	EXAT	IMP	EXAT	IMP	EXAT	IMP	Nº DE ROTEIROS COM EXATIDÃO TOTAL
Nº	5	0	9	3	7	3	11	2	32
%	100%	0%	75%	25%	70%	30%	85%	15%	80%

Fonte: O Autor

Na tabela 1 é possível comparar os rendimentos das turmas que, no geral, apresentou um saldo bastante positivo. Neste sentido, as atividades na oficina alcançaram um número expressivo de roteiros com exatidão total. Dentre as escolhas apresentadas no roteiro, a maioria dos grupos optou pelo indivíduo afetado (Roberto) e a personagem (Hana), respectivamente. Ao escolher esses personagens os estudantes demonstraram buscar entender a relação entre personagem e o alelo mutante.

5.2.5 Oficina 1- Turma 2ª série A - ADM

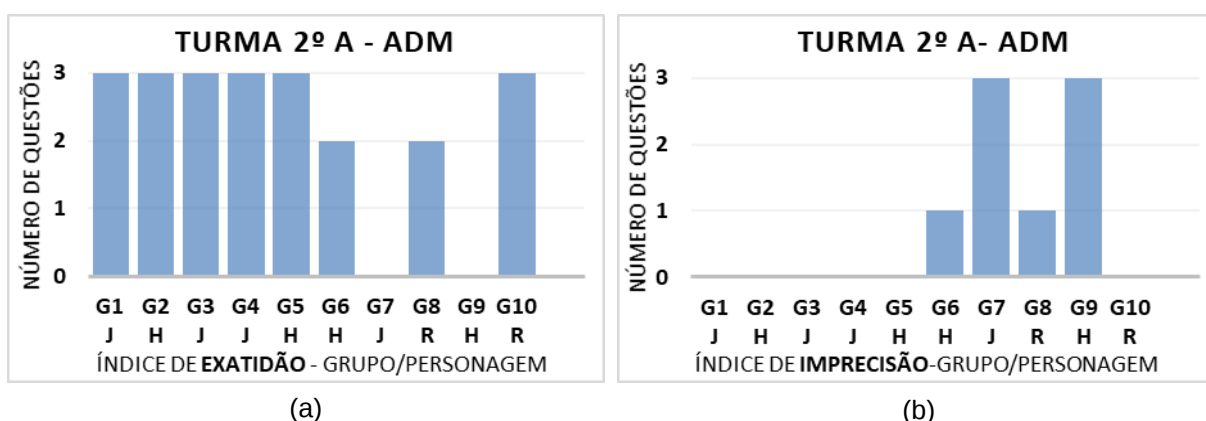
Quanto às turmas da segunda série, participantes da oficina, nessa turma, quatro grupos escolheram representar os cromossomos de Hana, outros quatro optaram por representar Joana (irmã), dois decidiram demonstrar Roberto (avô) e nenhum dos grupos optou por representar Antônio (pai da menina), realizando, assim, marcações com hipóteses sobre o genótipo dos mesmos.

Dos que escolheram Hana para representar (grupos 2, 5, 6 e 9), dois a definiram como sendo heterozigota, de caráter dominante híbrido e que apresenta o “traço falcêmico”

(grupos 2 e 5), enquanto que os grupos 6 e 9, embora a considerassem heterozigota, manifestou que ela tinha anemia falciforme, sendo que o grupo 6 a considerou de caráter dominante híbrido e o grupo 9, de caráter recessivo.

Dos grupos que optaram por representar os cromossomos de Joana (grupos 1, 3, 4 e 7), os três primeiros (grupos 1, 3 e 4) fizeram marcações considerando a personagem como homozigota, de caráter dominante puro e não portadora do traço nem da doença, já o grupo 7 a definiu como heterozigota de caráter dominante e que apresenta o “traço falcêmico”. Daqueles que representaram o Roberto (grupos 8 e 10), o primeiro o considerou homozigoto, de caráter dominante híbrido e que tinha anemia falciforme, enquanto que o segundo, considerou homozigoto, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme. Os resultados são apresentados na figura 14.

Figura 14 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série A de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

Fonte: O Autor

Desse modo, os dados demonstram que seis grupos apresentaram coerência nas marcações referentes às escolhas no roteiro investigativo, de modo que dois grupos tiveram imprecisão em pelo menos uma das questões, e outros dois em todas as assertivas.

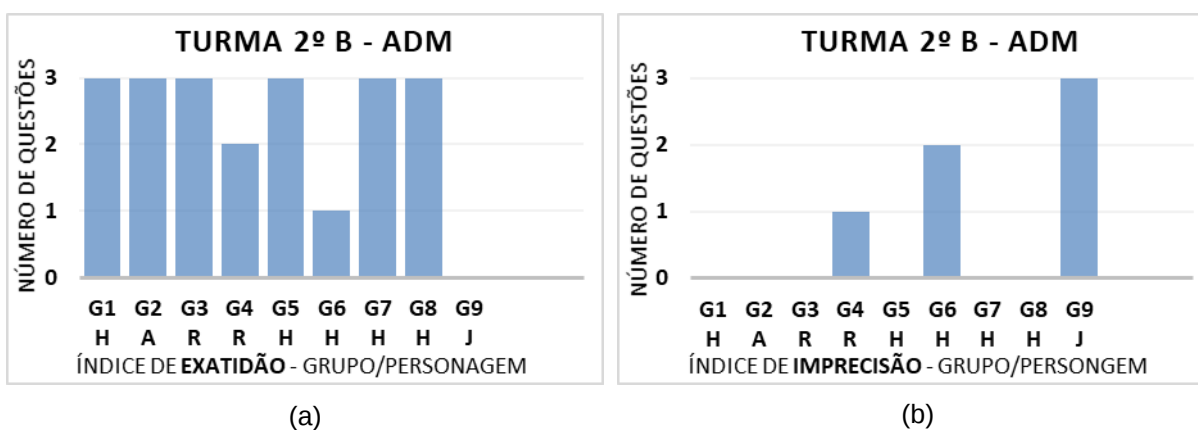
5.2.6 Oficina 1- Turma 2ª série B - ADM

Nessa turma, os resultados analisados, apresentaram cinco grupos optando por representar Hana, um escolheu Joana (irmã), um Antônio (pai) e dois representaram Roberto (avô), totalizando 9 equipes.

Dentre os cinco grupos que definiram Hana por escolha (grupos 1, 5, 6, 7 e 8), os grupos 1, 7 e 8 a consideraram homozigota, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme, enquanto que o grupo 5, a definiu como heterozigota de caráter dominante híbrido e que apresentava o “traço falcêmico” e o grupo 6, como heterozigota de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme. Já o grupo que escolheu representar Joana (grupo 9), manifestou, no roteiro, que sua condição era heterozigota, sendo ela de caráter dominante híbrido e portadora do “traço falcêmico”.

O grupo 2 que optou por Antonio, apresentou corretamente que ele era heterozigoto, de caráter dominante híbrido e que apresentava o “traço falcêmico”. Dos dois grupos que escolheram por representar Roberto (grupos 3 e 4), ambos o representaram, sendo homozigoto, e que tinha anemia falciforme, porém o grupo 3 o considerou de caráter recessivo e o grupo 4, de caráter dominante puro. A visualização dos resultados está na figura 15.

Figura 15 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série B de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

Fonte: O Autor

Portanto, dos nove grupos, seis obtiveram êxito, ao construírem seus modelos e representarem suas hipóteses no roteiro, de modo que dos três grupos que

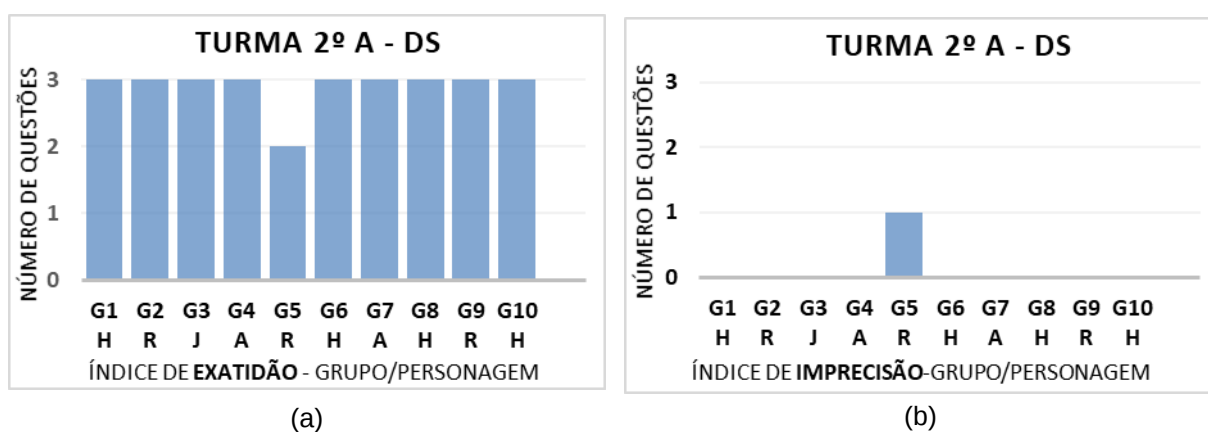
apresentaram disparidades, um deles apresentou equívoco em uma das questões, outros em duas e um terceiro em todas as assertivas.

5.2.7 Oficina 1- Turma 2ª série A - DS

Na análise dos roteiros da turma, entre os dez grupos, três decidiram representar a personagem Hana, seis optaram por Antônio (pai) e um escolheu Roberto (avô), lançando no roteiro hipóteses sobre o genótipo do indivíduo escolhido, sendo que nenhum dos grupos, entretanto, optou por Joana (irmã).

Dos grupos de estudantes que escolheram Hana (grupos 7, 9 e 10), o grupo 7 a definiu como homozigota, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme, enquanto que os grupos 9 e 10, manifestaram considerações de que ela era heterozigota, de caráter dominante híbrido e apresentando o “traço falcêmico”. Entretanto, em todos os grupos que escolheram representar Antônio, as manifestações no roteiro, o consideraram heterozigoto, de caráter dominante híbrido e que apresentava o “traço falcêmico”. Já o grupo 5, que optou por representar Roberto, embora o definisse como sendo de genótipo recessivo e que tinha anemia falciforme, o representou como sendo heterozigoto. A análise pode ser vista na figura 16.

Figura 16 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série A de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

Fonte: O Autor

Agora, os dados demonstram que, dos dez grupos, nove representaram suas marcações em concordância com as hipóteses/escolhas no roteiro investigativo e o

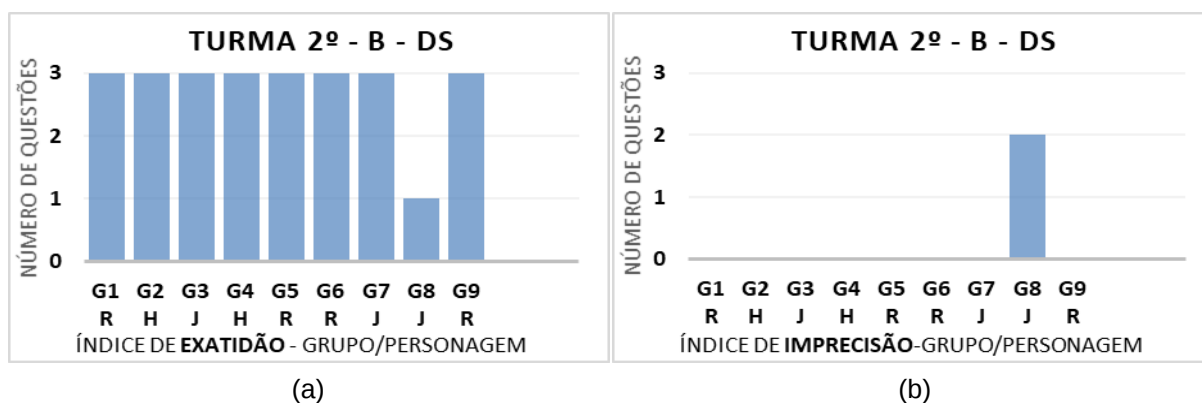
modelo didático, figura 16 (a); e que apenas um apresentou distorção, registrando equívoco em apenas uma das questões.

5.2.8 Oficina 1- Turma 2ª série B - DS

Ao observar os resultados dessa turma, foi percebido que dos nove grupos participantes, um representou a condição cromossômica de Hana, três de Joana e cinco de Roberto, avô das meninas Joana e Hana, de modo que o personagem Antônio, não foi contemplado por nenhum dos grupos.

Assim o grupo 4, que representou cromossomos para a característica de Hana, a definiu como homozigota, de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme. Com hipótese diferente, todos os grupos que escolheram representar Joana (grupos 5, 7 e 9) realizaram marcação, definindo a personagem como homozigota, de caráter dominante puro e que não é portadora do traço nem da doença. Já dos que escolheram Roberto para representar cromossomicamente (grupos 1, 2, 3, 6 e 8), apenas um (grupo 8) o definiu como heterozigoto, de caráter dominante híbrido, mas que tinha anemia falciforme; todos os demais, o representaram, sendo homozigoto de caráter recessivo e que tinha anemia falciforme. A figura 17, permite visualização dos resultados.

Figura 17 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da 2ª série B de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **A** – Antonio; **H** – Hana; **J** – Joana; **R** – Roberto

Fonte: O Autor

Desse modo, percebe-se, que nos resultados dessa turma, oito grupos conseguiram representar adequadamente o indivíduo escolhido no roteiro em consonância com o modelo didático produzido. Por outro lado, o único grupo que apresentou discrepância, o fez em pelo menos duas das respostas registradas no roteiro investigativo.

Os resultados dispostos na Tabela 2, apresentam uma síntese das escolhas feitas pelos estudantes observado nos resultados dos roteiros coletados após a oficina 1, nas turmas da 2ª série.

Tabela 2 - Resultado das escolhas realizadas pelos grupos da 2ª série participantes da oficina 1 - Relação personagem / exatidão / imprecisão

	Personagens Fictícios				Nº Grupos/série
	ANTONIO	HANA	JOANA	ROBERTO	
2º A ADM	0	4	4	2	10
2º B ADM	1	5	1	2	9
2º A DS	2	4	1	3	10
2º B DS	0	2	3	4	9
Total	3	15	9	11	38

	EXAT	IMP	EXAT	IMP	EXAT	IMP	EXAT	IMP	Nº DE ROTEIROS COM EXATIDÃO TOTAL
Nº	3	0	12	3	6	3	8	3	29
%	100%	0%	80%	20%	67%	33%	73%	27%	76%

Fonte: O Autor

Na tabela 2, é possível perceber que o desempenho dos estudantes foi bastante satisfatório, mesmo considerando que nestas séries os conteúdos da genética não correspondiam ao assunto do currículo.

O contexto geral de escolhas nos roteiros, apresentou que a maioria dos estudantes assumiu o desafio de interpretação focado nas personagens “Hana” e “Roberto”. Nos dados pode-se perceber que os estudantes se envolveram com o problema ligado ao indivíduo afetado ou a personagem principal – que poderia ser afetada ou não.

5.2.9 Oficina 2- Turma 2ª série A - ADM

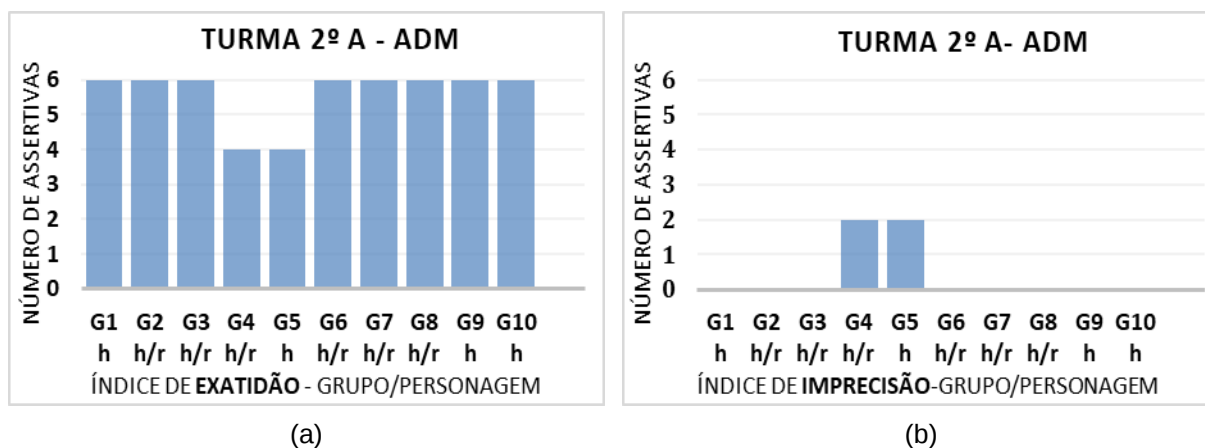
Na segunda oficina, os resultados da turma, permitiram verificar que dos dez grupos participantes, seis (grupos 2, 3, 4, 6, 7 e 8) definiram que a condição alélica da personagem se apresentava em homozigose recessiva e quatro julgaram que seria

heterozigótica, já nenhum dos grupos a definiu como homozigótica dominante. Cada grupo representou a condição, utilizando o modelo didático com a condição correspondente.

Dos que a definiram como homozigota recessiva (grupos 2, 3, 4, 6, 7 e 8), todos manifestaram que o par de cromossomos seria de uma célula diploide e que ela teria todas as chances de transmitir o alelo defeituoso a seus descendentes. Porém, no quesito resultados/condição dos cromossomos, após simulação da meiose, os grupos 2, 3, 6, 7 e 8 marcaram que no início da Meiose 1, os cromossomos estariam emparelhados – células diploides com dois pares de cromátides-irmãs; ao final da Meiose I e Meiose II, separados, nas células haploides, com um par de cromátides irmãs no primeiro caso, e contendo apenas uma das cromátides irmãs no segundo. A célula resultante registrada seria germinativa. Já o grupo 4, marcou que os cromossomos estariam emparelhados no início da Meiose I e no final da Meiose 1 e 2, tendo como células resultantes, as germinativas.

Entre os que consideraram Hana como sendo heterozigota (grupos 1, 5, 9 e 10), três grupos (1, 9 e 10), corretamente, consideraram que o par de cromossomos seria de uma célula diploide, marcando como resultados da meiose simulada, cromossomos emparelhados em células diploides com dois pares de cromátides irmãs, no início da Meiose I e separados no final da Meiose I e Meiose II, de células haploides, apresentando um par de cromátides irmãs e depois contendo apenas uma delas, respectivamente. Por outro lado, o grupo 5, apresentou erroneamente que a célula estaria na condição haploide e que no final da Meiose II os cromossomos estariam emparelhados em células haploides com um par de cromátides irmãs. Para as demais assertivas, o grupo fez marcações adequadas. A figura 18, demonstra os resultados.

Figura 18 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série A de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **h/d** – homozigose dominante; **h/r** – homozigose recessiva; **h** – heterozigose.

Fonte: O Autor

Os dados observados acima, apresentam claramente que a grande maioria dos roteiros obtiveram exatidão nas marcações, a partir das escolhas e auxiliados pela simulação com uso do modelo didático. E nos grupos que apresentaram equívocos nas marcações, isso se deu em apenas duas assertivas.

5.2.10 Oficina 2- Turma 2ª série B - ADM

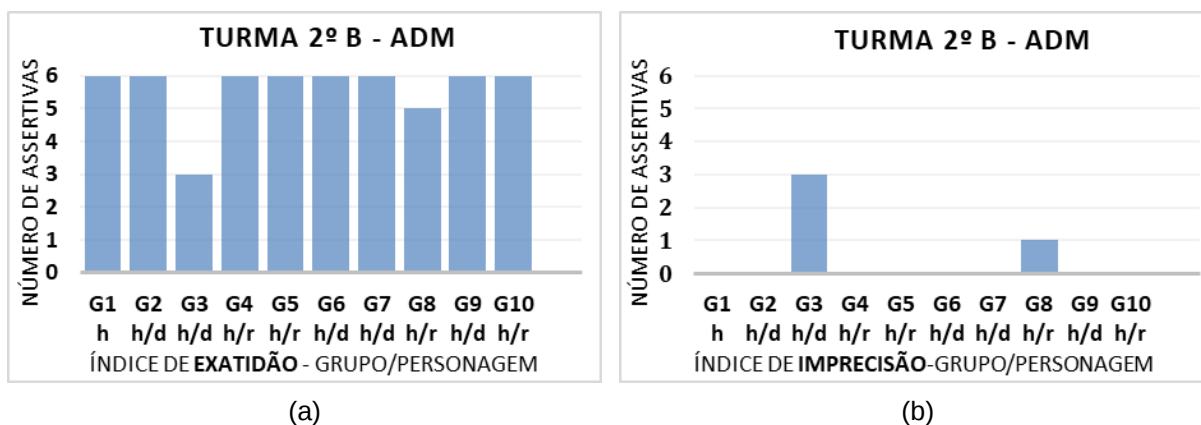
Os roteiros analisados nessa turma, também organizada em dez grupos, apresentaram cinco deles, definindo Hana como homozigota dominante, quatro como homozigota recessiva e um a julgou heterozigota.

Ao considerá-la homozigota dominante, os grupos 2, 3, 6, 7 e 9 definiram corretamente que seu par de cromossomos seria de uma célula diploide e que após simulação da Meiose, ela não teria nenhuma chance de transmitir o alelo defeituoso (questão 3). Porém, nas assertivas da segunda questão, as proposições marcadas pelos grupos 2, 6, 7 e 9 estavam todas adequadas. Já no grupo 5, havia registros equivocados ao considerar que no início da Meiose I os cromossomos se encontravam separados em células diploides, com um par de cromátides irmãs, e emparelhados em células

haploides, também com um par de cromátides irmãs, tanto no final da Meiose I quanto da Meiose II, resultando em células somáticas.

Entre os que marcaram a Hana como homozigota recessiva (grupos 4, 5, 8 e 10), todos manifestaram que seu par de cromossomos representaria uma célula diploide, estando adequados em todas as proposições marcadas no tópico 2 e na maioria do tópico 3, quando marcaram que ela teria todas as chances de transmitir o alelo defeituoso (grupos 4, 8 e 10). Porém, o grupo 5, apresentou equívoco ao registrar que, na condição alélica representada, ela teria metade das chances de transmitir o alelo afetado. Já as marcações do grupo 1, que definiu a condição de Hana como heterozigota, demonstrou correção em todas as assertivas apresentadas. Isso pode ser percebido ao analisar a Figura 19.

Figura 19 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série B de Administração, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **h/d** – homozigose dominante; **h/r** – homozigose recessiva; **h** – heterozigose.

Fonte: O Autor

Desse modo, a figura acima expressa que a maioria dos grupos apresentou marcações coerentes com base nas escolhas realizadas, de modo que os equívocos cometidos pelos grupos ocorreram em um número máximo de três assertivas.

5.2.11 Oficina 2- Turma 2ª série A - DS

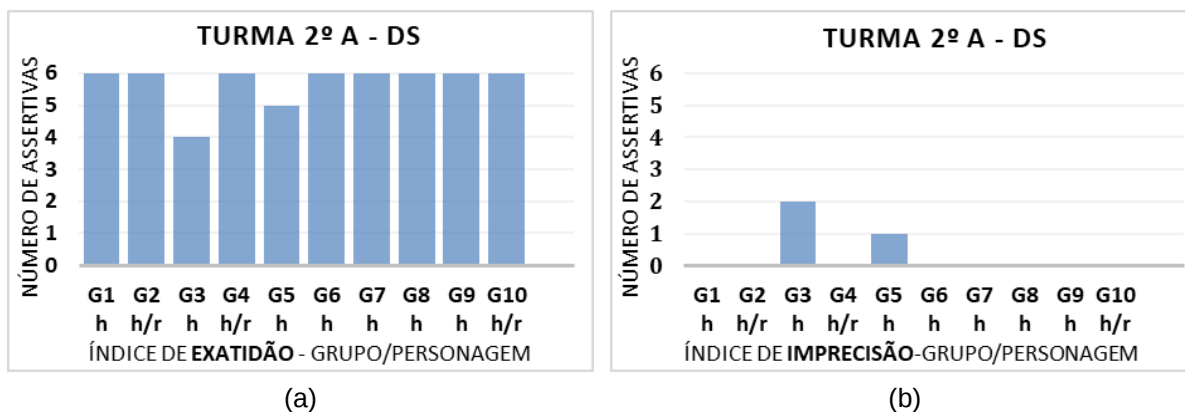
Os grupos que participaram da oficina na turma, também eram em número de dez, dos quais, três optaram pela condição homozigótica recessiva para a personagem e sete heterozigótica, sendo em todos os casos, feitas as devidas marcações para as questões do roteiro investigativo. Nenhuma das equipes definiu a condição homozigota dominante para ela.

Dos roteiros analisados para a turma, três (grupos 2, 4 e 10), que a consideraram homozigota recessiva, realizaram marcações corretas em todos os quesitos, registrando que os cromossomos representariam inicialmente células diploides, que no início da Meiose I estariam emparelhados, tendo dois pares de cromátides irmãs; no final da Meiose I, os cromossomos estariam separados com um par de cromátides, e no final da meiose II, contendo apenas uma das cromátides em células haploides. Todos eles também registraram que o evento resultaria em células germinativas e que a personagem teria todas as chances de transmitir o alelo defeituoso.

Já entre os roteiros que registraram a condição da personagem em heterozigose (grupos 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9), cinco grupos (1, 6, 7, 8 e 9) manifestaram adequadamente as marcações em todos os quesitos, afirmando que a célula apresentava a condição diploide e que após a simulação das fases da Meiose a personagem teria metade das chances de transmitir o alelo defeituoso a seus descendentes.

Entretanto, o grupo 3, embora marcasse adequadamente o primeiro quesito e último, demonstraram equívocos nas proposições da segunda questão, considerando que no final da Meiose II, os cromossomos estariam emparelhados, contendo um par de cromátides irmãs e resultando em células somáticas, além de afirmarem, no terceiro quesito, que ela apresentava todas as chances de transmitir o alelo afetado. Já o grupo 5, apresentou equívoco apenas no segundo quesito, registrando que no final da Meiose II os cromossomos nas células haploides teriam um par de cromátides e que a célula resultante seria somática. Nas demais assertivas, o grupo manifestou considerações adequadas. Os dados podem ser visualizados na Figura 20.

Figura 20 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série A de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão



Legenda: **h/d** – homozigose dominante; **h/r** – homozigose recessiva; **h** – heterozigose.

Fonte: O Autor

O índice de exatidão da turma também atingiu um grande número dos roteiros analisados, apresentando resultado semelhante às turmas anteriores. Entretanto, diferenciou-se da turma anterior com relação à maioria das hipóteses definidas pelo grupo sobre a personagem.

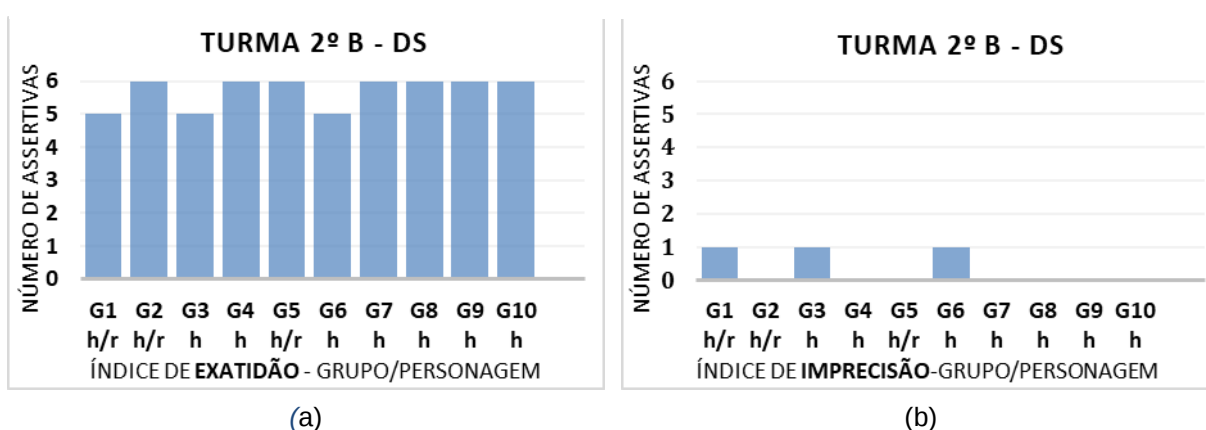
5.2.12 Oficina 2- Turma 2ª série B - DS

Nesta turma, entre os dez grupos, também foi verificado que três deles definiram a personagem como Homozigota recessiva e sete como heterozigótica, representando seus modelos cromossômicos e registrando suas marcações no roteiro proposto. Mais uma vez, não houve grupo que definisse a Hana como Homozigótica dominante.

Entre os grupos que a definiram como homozigota recessiva (grupos 1, 2 e 5), todos julgaram devidamente que a condição dos cromossomos na célula era diploide e que a Hana apresentava todas as chances de transmitir o alelo defeituoso no terceiro quesito. Porém, apenas os grupos 2 e 5 fizeram marcações devidas em todas as proposições do segundo quesito, completando a totalidade de acertos no roteiro. Já o grupo 1, apresentou marcação equivocada em uma das proposições do segundo quesito, após a simulação, marcando que os cromossomos no final da Meiose I estariam emparelhados com um par de cromátides irmãs.

Por outro lado, entre os grupos que definiram a personagem como heterozigota (grupos 3, 4, 6, 7, 8, 9 e 10), a maioria das equipes (grupos 4, 7, 8, 9 e 10) atingiram a totalidade de marcação adequadas no roteiro investigativo. Já os grupos 3 e 6, apresentaram informações equivocadas no primeiro quesito, registrando nos dois grupos, que o par de cromossomos estaria em células haploides, sendo que o grupo 6, ainda registrou equívoco na segunda questão, após a meiose, que a célula resultante seria somática. Os resultados podem ser observados na figura 21.

Figura 21 - Resultados das respostas apresentadas pelos Grupos participantes da Oficina 2, da 2ª série B de Desenvolvimento de Sistema, a partir das escolhas feitas no roteiro de aprendizagem didático-investigativo – Exatidão (a) e Imprecisão (b).



Legenda: **h/d** – homozigose dominante; **h/r** – homozigose recessiva; **h** – heterozigose.

Fonte: O Autor

Nesta turma, embora tenha ocorrido equívoco em um número maior de grupos participantes, estes o apresentaram em uma única assertiva. Isso demonstra que através da simulação a maioria dos conceitos puderam ser percebidos de forma adequada.

Um perfil das escolhas nos roteiros das quatro turmas de 2ª séries é apresentado na tabela 3. Desse modo, ao definir o genótipo para a personagem, os estudantes conseguiam, por simulação, testar hipóteses que pudessem responder a dúvida apresentada no roteiro.

Tabela 3 - Resultado das escolhas realizadas pelos grupos participantes das 2ª séries da oficina 2 - Relação genótipo escolhido / exatidão / imprecisão

	Homozigose dominante	Homozigose recessiva	Heterozigose	
2º A ADM	0	6	4	10
2º B ADM	5	4	1	10
2º A DS	0	3	7	10
2º B DS	0	3	7	10
Total	5	16	19	40

	EXAT	IMP	EXAT	IMP	EXAT	IMP	TOTAL APROVEITAMENTO
Nº	4	1	13	3	15	4	31
%	80%	20%	81%	19%	79%	21%	77,5%

Fonte: O Autor

A tabela 3 demonstra que a maioria dos grupos considerou a personagem como portadora do alelo mutante, principalmente definindo-a como heterozigótica. O perfil de escolha neste caso, afastou a interpretação de que os estudantes buscaram a solução mais “fácil”, concentrando esforços na resolução do problema proposto. É importante destacar que, em todos os casos, os estudantes conseguiram montar adequadamente os modelos cromossômicos, diferente do que ocorreu na primeira oficina em que alguns grupos representaram os modelos de forma inadequada.

5.3 Comparativo de resultados das oficinas

Os resultados de aproveitamento dos roteiros didático-investigativos da oficina 1 apresentaram-se satisfatórios nas duas séries testadas. Ao comparar o número de grupos com exatidão total, dos quarenta grupos participantes na terceira série, trinta e dois (80%) apresentaram aproveitamento total nos roteiros, enquanto que nas turmas de segunda série dos trinta e oito grupos, vinte e nove (76,3%) tiveram adequação total nas respostas.

Por outro lado, quando verificados os resultados de imprecisão, por exemplo, os dados apontam que nas terceiras séries, houve dois (02) grupos com equívoco total, outros dois (02) com equívoco em duas assertivas e três (03) grupos em uma só

assertiva. Já nas turmas de segundos anos houve três (03) grupos com equívoco total, dois (02) outros em duas alternativas e quatro (04) em apenas uma assertiva.

Assim, a análise da oficina 1 nas turmas (séries distintas) apresentou resultados bastante aproximados. A partir dessa constatação é possível inferir que o uso do modelo didático, junto aos roteiros didáticos-investigativos, auxiliou os estudantes no entendimento do conteúdo frente ao problema proposto.

A oficina 2 também apresentou rendimentos bastante positivos, com 77,5% dos roteiros respondidos adequadamente. Dentre os quarenta grupos participantes apenas um (01) apresentou equívoco em três questões, três (03) apresentaram confusão em duas assertivas e cinco (05) em apenas uma, no entanto, se considerarmos a quantidade de assertivas corretas, esse número atinge 94,2% de marcações adequadas.

Diante do exposto, acredita-se que esse resultado foi favorecido pela vivência na oficina 1, uma vez que a montagem no modelo didático já era conhecida pelos estudantes e foi mais rápida. Essa característica favoreceu a concentração dos estudantes na simulação com o uso do modelo a fim de entender o problema apresentado no roteiro didático investigativo.

5.4. Estrutura do *software* de jogo educativo

Outro produto resultante desse trabalho foi o *software* educativo que contou com a participação dos estudantes no seu desenvolvimento, sugerindo adequações que tornassem o jogo envolvente. Na sua implementação, os estudantes aproveitavam os intervalos do almoço, utilizando o computador do laboratório de biologia para pôr em prática as ideias com base no escopo do projeto. Essa etapa foi marcada pela empolgação dos participantes, com testagem de várias ideias: característica da personagem, formas de mobilidade, enredo (história), recursos e formas de pontuação, além de possibilidades de contemplar o conteúdo, fases e maneiras de organizá-las.

Assim, com base na documentação definida (Apêndice H), o *game* seguiu o desenho discutido. A implementação das ideias, partindo da documentação, possibilitou atribuir

ao sistema dezenove *layouts* com nove fases e aproximadamente cento e noventa eventos em diferentes formas de jogabilidade.

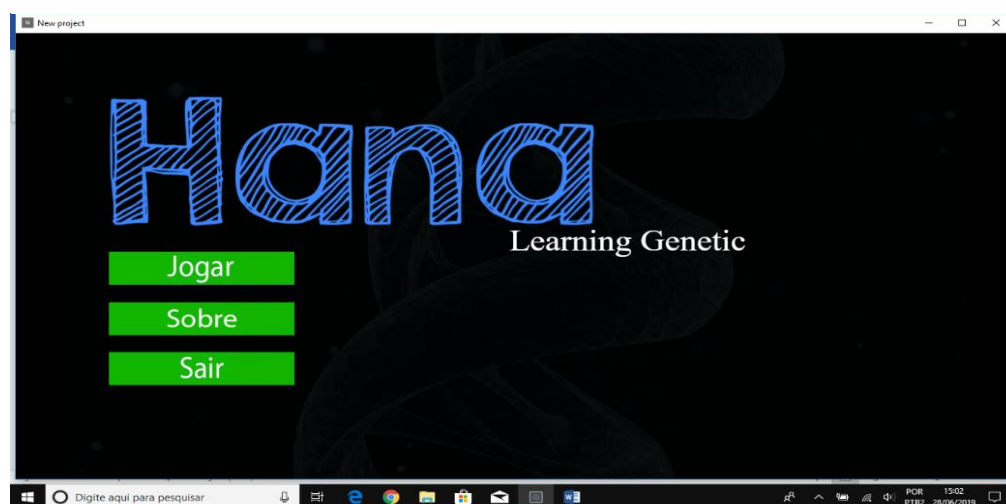
Desse modo, o jogo “Hana Learning Genetic”, nome definido junto aos estudantes envolvidos na construção do *game*, apresenta-se organizado em telas de fase ou desafio. Cada *layout* corresponde a um conjunto de objetos pré-organizados que podem ser chamados de cenas, estágios ou fases. Destas fases, sete envolvem fichas/conceitos, com hipertextos introduzidos por perguntas ou afirmações para discorrer sobre os conteúdos e orientar ações no jogo. Os hipertextos foram produzidos pelos estudantes em conjunto com professor.

No jogo, duas fases apresentavam *layouts* com questões/desafio, sendo três em cada uma. Já os hipertextos, trazem definições de termos/conceitos básicos utilizados em genética clássica, apresentando considerações históricas de seus criadores.

Para articulação entre os modelos didáticos montados nas oficinas e o *software*, utilizou-se em alguns *layouts* as imagens (fotografadas) dos cromossomos como *sprites* – objetos bidimensionais de computação gráfica (imagens) que são integradas às cenas de um sistema. O manual de utilização do jogo é descrito no Apêndice I.

A tela inicial apresentada na Figura 22, traz os menus “Jogar”, “Sobre”, e “Sair”. Na ordem, os botões permitem iniciar a experiência, apresentam informações sobre desenvolvimento do jogo e, no último, o de fechamento do *software*.

Figura 22 - Tela de inicial do jogo



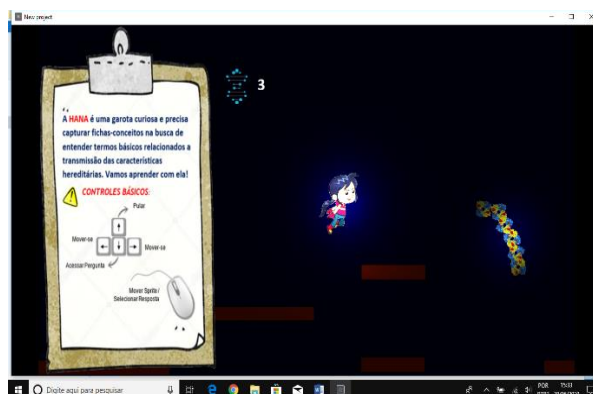
Fonte: O Autor

Ao iniciar o jogo, os usuários são conduzidos às telas da primeira fase que apresentam fichas-conceito, trazendo entre outras informações, os **controles básicos**, a **apresentação da personagem** e fichas sobre os conceitos de “cromossomos homólogos”, “genótipo-fenótipo”, “alelos”, “dominante e recessivo” (Figura 23). Esses hipertextos são chamados pelas frases: **“Homólogos. O que há em comum? ”**; **“Genótipo e fenótipo. Nem tudo que parece, é! ”**; **“Alelo. Que são? Aonde estão?”**; **“Dominante ou recessivo. Quem é quem? ”**

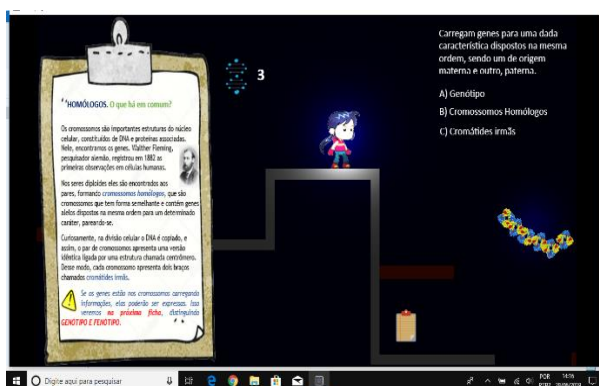
Figura 23 - Telas de comandos (a) e apresentação da personagem (b) da primeira fase com as fichas-conceito “Homólogos. O que há em comum?” (c); “Genótipo e fenótipo. Nem tudo que parece, é!” (d); “Alelo. Que são? Aonde estão?” (e); “Dominante ou recessivo. Quem é quem (f).



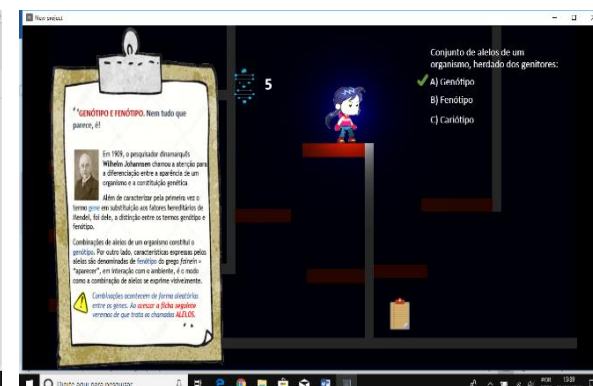
(a)



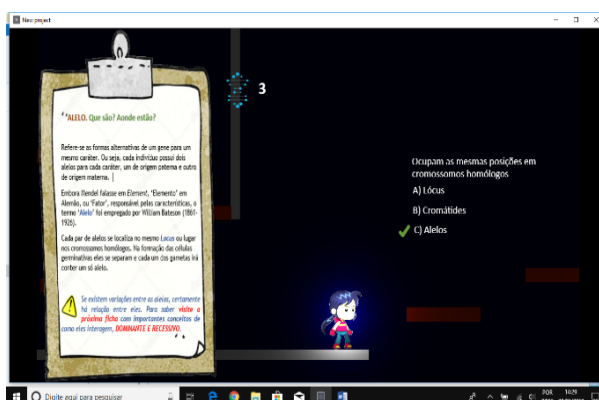
(b)



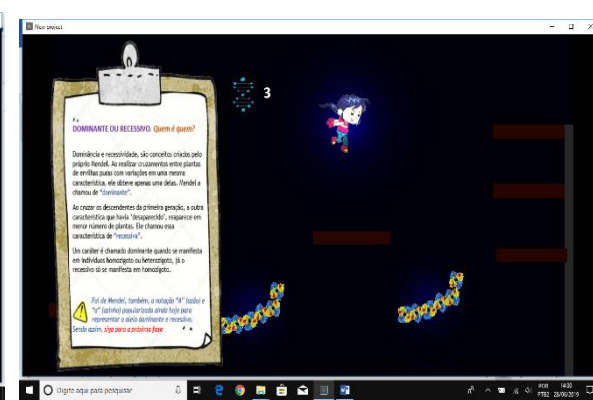
(c)



(d)



(e)



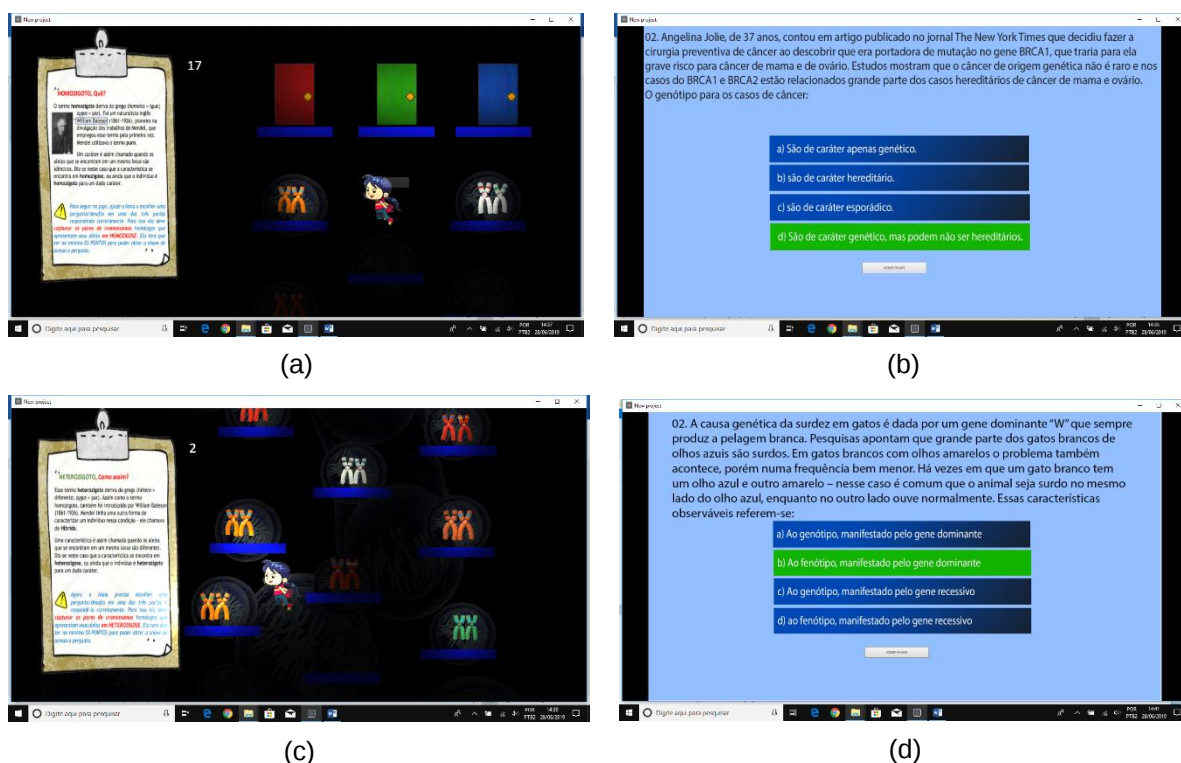
(f)

Fonte: O Autor

Ao completar a primeira fase, o usuário conduz a personagem a duas outras (apresentada na Figura 24), que abordam os conceitos de “homozigoto” e “heterozigoto”, com hipertextos intitulados “**Homozigoto. Quê?**”, e “**Heterozigoto.**

Como assim? ”, respectivamente. Em cada uma dessas fases a personagem captura cromossomos e escolhe uma porta referente a uma pergunta que, se respondida corretamente, conduz a fase seguinte; se não, a personagem é levada a repetir a fase.

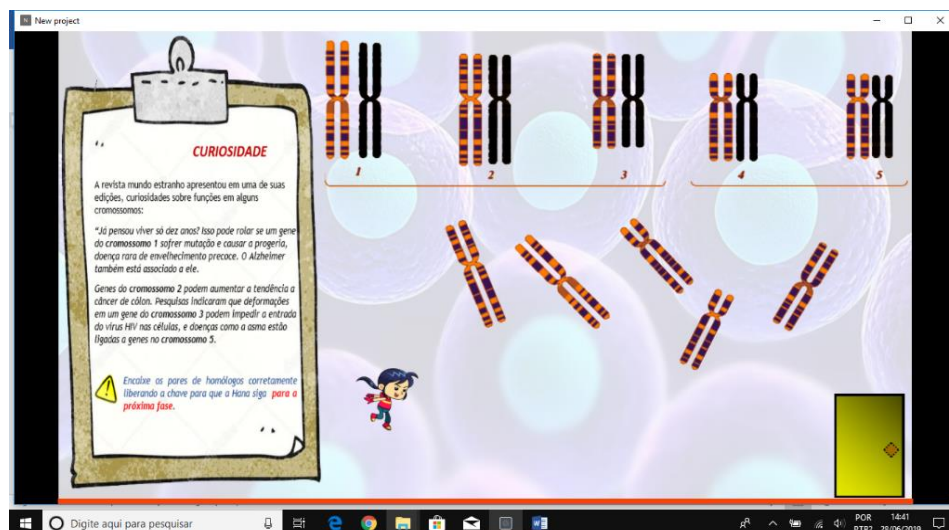
Figura 24 - Telas das fases “Homozigoto. Que? ” (a) e uma pergunta desafio (b); “Heterozigoto. Como assim? ” (c), e uma pergunta desafio (d)



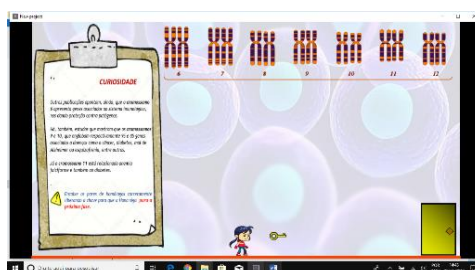
Fonte: O Autor

As fases seguintes, em número de três (Figura 25), são referentes a um mesmo assunto: pareamento de cromossomos homólogos do cariótipo humano. De modo que, ao parear corretamente os cromossomos, a personagem tem acesso a uma chave para seguir no jogo. Na última delas é dado a possibilidade de completar o cariótipo masculino ou feminino.

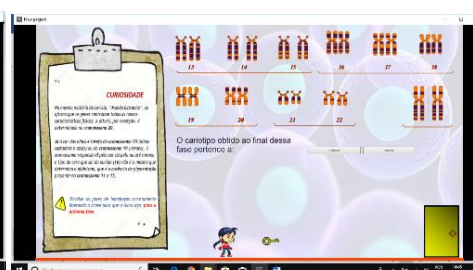
Figura 25 - Telas das fases de pareamento de cromossomos homólogos do cariótipo humano com curiosidades sobre eles nas fichas-conceito.



(a)



(b)

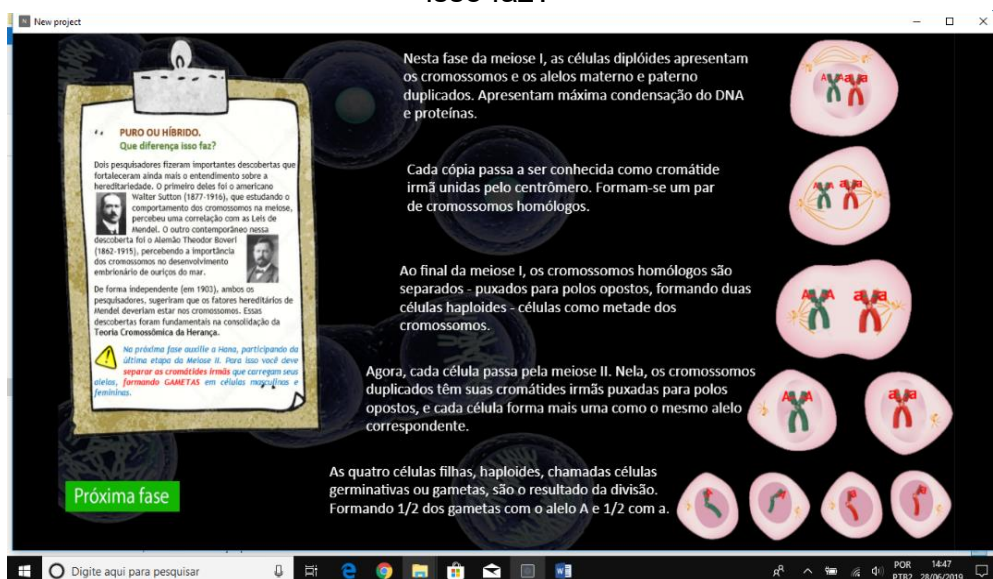


(c)

Fonte: O Autor

Em seguida há uma fase versando sobre as etapas da meiose (Figura 26). Nela, uma ficha-conceito com hipertexto é apresentada com o tema **“Puro ou híbrido. Que diferença isso faz?”**. Completada a etapa o usuário é conduzido à fase de simulação da etapa final da meiose.

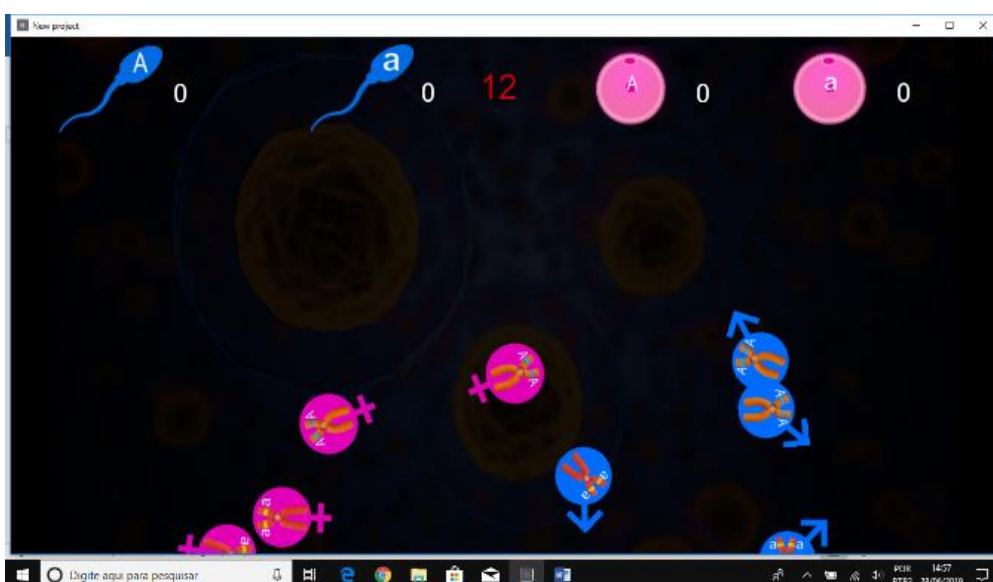
Figura 26 - Tela de movimentação da personagem explorando as fases da meiose e ficha-conceito “Puro ou híbrido. Que diferença isso faz?”



Fonte: O Autor

Na fase que simula a separação das cromátides-irmãs (Figura 27), ao clicar e arrastar o mouse, (em um tempo de 20 segundos) são quantificados os gametas produzidos, que serão resgatados na fase seguinte.

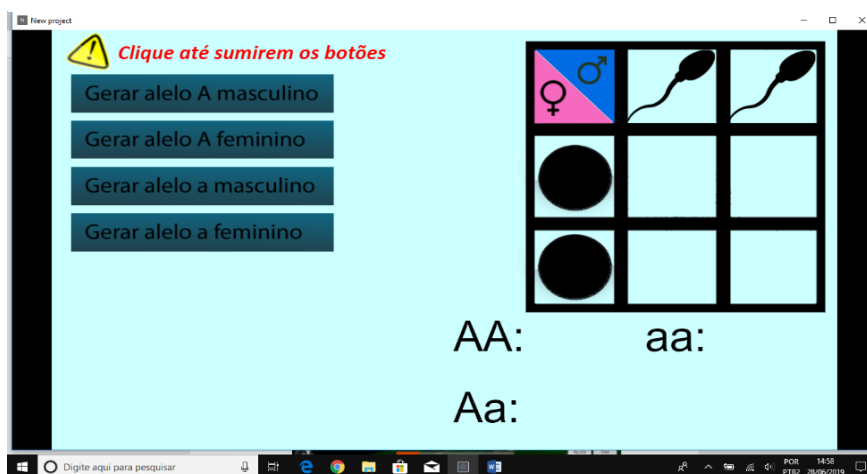
Figura 27 - Tela da fase de simulação das cromátides-irmãs



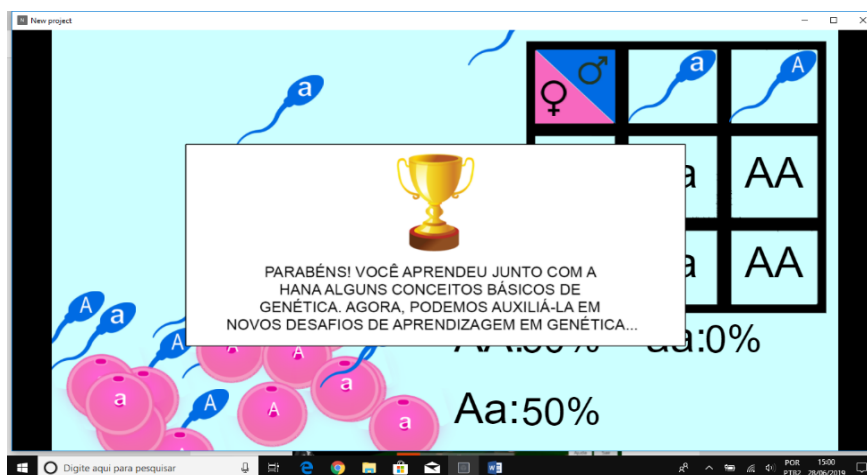
Fonte: O Autor

O jogo encerra com a geração dos gametas coletados na fase anterior de modo que, podem ser arrastados aos espaços em silhueta, completando o quadrado de Punnet e gerando os resultados de possibilidades genotípicas em percentual que após dez segundos apresenta uma tela de agradecimento (Figura 28).

Figura 28 - Tela de fase final com a geração dos gametas e preenchimento do quadro de Punnet (a) e encerramento do jogo (b)



(a)



(b)

Fonte: O Autor

Assim, o desenvolvimento do jogo em conjunto com os estudantes fez com que as ideias se consolidassem, propiciando uma nova forma de abordagem do conteúdo. O jogo, na sua versão de teste foi disponibilizado através de cinco computadores organizados no laboratório de biologia da unidade escolar – ambiente da pesquisa –

e está disponível na plataforma livre *WordPress*, podendo ser acessado através do link: <http://biolog.news.blog>.

Um ponto a ser destacado é que o instrumento didático se apresenta em primeira versão (versão beta), o que significa que as sugestões dos grupos de testagem já demandam adequações para o *software*. No mesmo sentido, a partir das percepções de novos usuários, há a possibilidade de alterações, ou seja, atualizações do *game* (novas versões).

5.5 Aplicação do jogo

O *software* de jogo educativo, experimentado pelos estudantes que não participaram do seu desenvolvimento, obteve bons resultados. A observação direta sobre os estudantes (Figura 29), organizados em grupos de testagem (GTs), permitiu verificar que o jogo conseguiu manter a atenção dos participantes ao longo das fases.

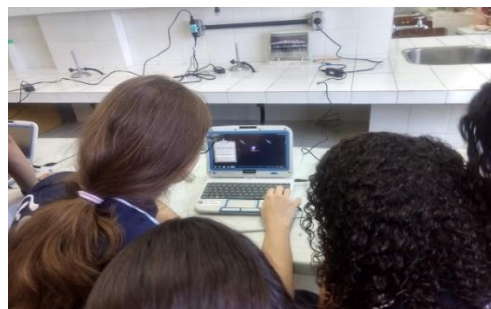
Nesse contexto, a concentração, a curiosidade e o envolvimento dos integrantes dos grupos com o *game* foi bastante evidenciada. As características do *software* que gerou maior entusiasmo entre os estudantes foram a superação dos obstáculos pela personagem e a resolução das questões/desafios.

No final da experiência, o questionário aplicado (Apêndice J) permitiu extrair dos estudantes suas impressões sobre o *software* de jogo educativo, que apresentou uma avaliação positiva.

Figura 29 - Imagens (a), (b), (c) e (d) dos estudantes (grupos de testagem) experimentando o *software* de jogo.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: O Autor

Ao colocarem suas impressões sobre a experiência, os estudantes, consideraram ser uma proposta simples, porém valiosa no sentido do aprender com necessidade de algumas modificações. Neste sentido, as considerações sobre a aprendizagem, a jogabilidade e aspectos para melhoria do jogo foram obtidos a partir do questionário.

Quando indagados sobre **quais as contribuições do jogo para o entendimento de conceitos básicos de genética clássica**, dos vinte grupos de testagem, todos apresentaram considerações positivas, dentre os quais se destacaram a facilitação da aprendizagem, a dinâmica divertida e envolvente, ou ainda a fixação do conhecimento sobre os conceitos fundamentais. As declarações dos grupos são apresentadas por meio dos transcritos no Quadro 3, apresentado abaixo.

Quadro 3- Principais considerações apresentadas pelos grupos que testaram em relação a aprendizagem do conteúdo com o uso do jogo

GTS	CONSIDERAÇÕES
1	“[...] a atividade proporcionada se tornou um incentivo tecnológico e melhorou a aprendizagem sobre os conceitos básicos de genética, de uma forma mais dinâmica.”.
2	“Um ponto positivo [...] foi aprender de uma forma mais interativa conceitos básicos de genética”.
3	“A versão beta de Hana traz uma didática interessante, pois além de prender a atenção do usuário traz diversas curiosidades aliadas ao assunto. Mesmo sendo uma versão de início, o jogo já demonstra o quanto vale a didática aplicada através do entretenimento. [...] No mais o jogo contribuiu significativamente e nos deixou satisfeitos.”
4	“O jogo além de estabelecer uma explicação resumida e direta ajuda muito, principalmente nas demonstrações visuais. Ele assume uma dinâmica diferente para entender o conteúdo”.
5	“[...] ajudou a relembrar conceitos vistos no início do conteúdo de genética, ensinando de uma forma divertida e dinâmica até mesmo para quem não estudou genética ainda. É um jogo muito educativo”.
6	“Tivemos o prazer de ampliar o nosso conhecimento de genética com o jogo. [...] “que contribuiu com o nosso conhecimento.”
7	“O propósito do game é aprender revisar os conceitos básicos de genética clássica”.
8	“A contribuição foi muito boa pois ajudou a fixar os conceitos básicos de genética com o jogo divertido e bem elaborado pensando em trazer o melhor aprendizado do aluno através do jogo”.
9	“[...] é um jogo que nos ajuda a compreender melhor o assunto, pois enquanto estamos jogando, ficamos focados nas informações que são dadas, ajudando assim [...] memorizar as informações para resolução das questões. Então, aprender brincando é bem legal, mas também proveitoso em questão de aprendizagem é prazeroso também”.

10	“No jogo pudemos aprender de uma forma dinâmica, onde aprender fica muito mais prazeroso”.
11	“Um jogo bastante educativo, pois a cada ficha que pegamos nele, nos é passado informações necessárias para nosso aprendizado”.
12	“[...] facilitou a compreensão com relação ao conteúdo de genética, como podemos citar o quadrado de Punnet, [...] nos coloca para pensar sobre diversas situações, porém com o auxílio que o jogo nos disponibiliza, ficou muito mais fácil”.
13	“Teve as partes teóricas, onde lemos e respondemos perguntas que ajudam no nosso conhecimento sobre genética”.
14	“Nos ajudou a lembrar, aprimorar os conhecimentos de forma dinâmica”.
15	“Ajudou a ampliar nossos conhecimentos sobre genética, pois mostrou de forma clara e objetiva imagens e informações para entender o jogo”.
16	“Bom, é um jogo bastante interativo e educativo. O jogo tem como objetivo ajudar na aprendizagem de uma forma tecnológica [...]”.
17	“O jogo facilita o aprendizado do aluno de maneira dinâmica e prática. Além de dar dicas sobre o que está sendo proposto”.
18	“Contribuiu para fixar os assuntos sobre genética de uma forma dinâmica.
19	É uma forma de aprender se divertindo”.
20	“O jogo mostrou o que é genética de uma maneira mais dinâmica e interessante, o que deixou disponível um entendimento mais fácil sobre o assunto”.

Fonte: O Autor

Ao serem questionados sobre **quais as considerações em relação a jogabilidade**, os GTs, na sua grande maioria, apresentaram impressões positivas chamando a atenção para o design e a ludicidade, fazendo também ligações com a aprendizagem de modo geral ou especificamente dos conceitos essenciais de genética, no que podemos perceber nos relatos apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Principais considerações apresentadas pelos grupos de testagem em relação a mecânica e jogabilidade.

GTS	CONSIDERAÇÕES
1	“ Em relação a jogabilidade o game apresenta comandos básicos fácil para os jogadores. [...] assim, o jogo se tornou uma ótima maneira de aprender. ”
2	“ Apresentou facilidade principalmente na captura das fichas, o que deixou o game fácil de entender e prático, além de interessante. ”
3	“Envolvente e simples de navegação com obstáculos interessantes e dinâmicos. As fases apresentam dicas e orientações, o que facilitam na jogabilidade e na aprendizagem dos conceitos de genética.
4	“ Diferente, pois nem sempre se usa uma dinâmica para aderir ao conteúdo.”
5	“ Muito legal, não é um jogo cansativo e ainda é educativo. ”
6	“ O jogo tem uma interface simples e fácil boa jogabilidade e preenche o requisito de passar ao jogador alguns ensinamentos de genética. ”
7	“A jogabilidade é bastante simples e a mecânica do jogo em si é apresentada de uma forma padrão: pular, ultrapassar obstáculos e recolher algumas fichas conceito [...] com curiosidades a partir da genética básica. ”
8	“ Achei bom, motivador, com entretenimento, ajudou a compreender a genética com os conceitos básicos como alelo, gene, fenótipo, genótipo, e uma maneira divertida, o jogo me lembrou o Super-Mário, a boneca, passando de fase e obtendo informações ao longo do caminho. ”
9	“ Um jogo muito bom e interessantes, pois além desse divertido tem um propósito que é ensinar, e a partir dele é notório que podemos sim aprender brincando.”
10	“ Um jogo muito interessante que abrange muitas informações que contribuiu para uma melhor forma de estudo. ”
11	“ Se trata de um jogo simples de fácil jogabilidade. O seu design é aceitável já que se trata de desenvolvedores amadores, tendo em vista isso, consideramos o jogo uma boa experiência. ”
12	“ O jogo é muito fácil e prático, tem poucos comandos o que facilita para focarmos no conteúdo de Biologia. O design dá mais prazer em jogar. A Hana é linda e foi muito bem produzida. É um jogo educativo muito bom. ”

13	“ O jogo possui uma jogabilidade fácil, sendo flexível a todos, transmitindo o conhecimento sobre genética ao longo da jogatina. ”
14	“ Legal. Jogabilidade interessante, pois ajuda na coordenação motora. ”
15	“ Bom, as fases são fáceis e nos leva a muito aprendizado. ”
16	“[...] a jogabilidade está legal, gráfico legal e tonalidades de cores excelentes. ”
17	“ Fácil de manipulação e jogabilidade dinâmica, pois apresenta comandos simples. ”
18	“ Bastante interessante, é bom para desenvolver aprendizado através do jogo.”
19	“ Divertido, simples, mas objetivo, que nos trouxe muito conhecimento. ”
20	“ Foi bastante divertido, de fácil jogabilidade e relevante para a aprendizagem.”

Fonte: O Autor

Outra solicitação proposta aos Grupos de Testagem foi sobre **as sugestões dos grupos para aperfeiçoamento do game**. Nesse ponto, foi possível identificar as impressões dos alunos sobre as falhas do sistema, da interface ou da jogabilidade. Entre as considerações, muitas identificaram aspectos negativos do jogo, principalmente solicitando correções no sistema. Outros apresentaram comentários sobre acréscimo de eventos ou fases. Em alguns grupos (GT5 e GT13), é perceptível considerações positivas em meio ao apontamento das falhas. Esses dados seguem descritos no Quadro 5.

Quadro 5 - Principais considerações com sugestões apresentadas pelos grupos para melhoria do jogo educativo

GTS	CONSIDERAÇÕES
1	“É importante revisar a interface e corrigir as falhas que geram os ‘bugs’ no sistema. ”
2	“O jogo poderia melhorar no design, trazer mais assuntos de forma divertida. As fichas de conceitos poderiam ser vistas várias vezes, quando a personagem voltasse na fase. ”
3	“ Nas próximas versões é necessário que sejam aumentados os números de fases. Seria interessante que com passar das fases do nível fosse aumentando como também a personagem tivesse três vidas para que ao bater em algum obstáculo não morresse de imediato e voltasse para fase de início. Seria interessante também uma música de fundo que conectasse o usuário com as fases. ”
4	“ Seria interessante mais perguntas, possibilitar outros cruzamentos genéticos, mais imagens sobre o assunto e algum mapa mental. ”
5	“ O gráfico e as fases do jogo estão bons, de uma forma geral. O design de fundo escuro dificulta a visualização algumas vezes. No mais, o jogo tá ótimo. ”
6	“ Algumas melhorias simples deixariam o jogo mais prático e eficiente: a primeira seria alteração na criação de alguns <i>check points</i> para que quando o personagem morrer não voltar ao início, o que deixa o jogo um pouco estressante. Também poderia diminuir os extensos textos pois os jogadores acabam pulando pela euforia de continuar a jogar.
7	“[...] pode ser acrescentado à essa mecânica é algo básico que sirva para navegar entre as curiosidades já coletadas a partir das fichas-conceito [...] Em relação as dicas e instruções, seria de grande ajuda botões que permitissem avançar e retroceder os enigmas.”
8	“A sugestão é que o jogo tenha, mais obstáculos e que tenha mais fases e uma pontuação em que no final você ganhe medalha de ouro, prata e bronze. ”
9	“Que o jogo tivesse perguntas com um nível mais alto, e que tenha menos <i>bugs</i> e mais <i>levels</i> [...]. ”

10	“Seria importante corrigir os momentos que o jogo trava e colocar mais fases.”
11	“Melhorar detalhes no design e consertar alguns erros do sistema. ”
12	“É um jogo muito interessante, porém acaba se tornando ruim nas vezes que a Hana bate em um obstáculo e ter que voltar ao início. Foi um jogo muito bem desenvolvido, mas que precisa evoluir bastante, podendo adicionar vidas, melhorando um pouco o design.
13	“Poderia acrescentar mais fases, fora isso gostamos muito do jogo, teve muita interatividade. ”
14	“Ao cometer um erro deveria voltar ao nível e não começar o jogo do início. Deveria haver mais perguntas entre as informações dadas no começo do jogo. ”
15	“Ao invés de voltar ao início do jogo, quando perdesse, as próximas fases deveriam dificultar mais. E as informações deveriam ser diminuídas e mais simplificadas. Ter ‘objetos’ no jogo, que serviriam como vida. E efeito sonoro para diversão. ”
16	“Precisa melhorar, apenas, nas partes dos ‘bugs’. ”
17	“Necessita apenas de um aumento no tamanho da fonte e para a sua utilização seria bom que pudesse rodá-lo em outros equipamentos. ”
18	“Para o aperfeiçoamento do jogo sugerimos que sejam ajustadas as falhas como os <i>bugs</i> . ”
19	“Melhoramento do design, opção de mudar os controles e corrigir os ‘bugs’. ”
20	“Que sejam mais difíceis em relação as perguntas, além disso os defeitos dos do sistema.”

Fonte: O Autor

Com base nos relatos dos estudantes pôde-se organizar um quadro que reúne as principais considerações dos estudantes em relação à experiência com jogo educativo. Esse quadro sistematiza impressões sobre a narrativa, jogabilidade e interface, baseado na tabela de avaliação, segundo Petry (2013). Assim, podem ser agrupados no Quadro 6, essas impressões.

Quadro 6 - Principais considerações dos estudantes quanto aos aspectos positivos ligados a experiência com o jogo.

ETAPA	ASPECTOS POSITIVOS
Narrativa	Apresenta uma forma dinâmica de abordagem de conceitos básicos de genética, conduzindo uma aprendizagem interativa, prazerosa e que facilita a compressão desses conceitos.
Mecânica/ Jogabilidade	Apresenta jogabilidade fácil, com uma didática interessante que conduz o aprendizado de forma fácil. Os comandos tornam o game simples e com obstáculos interessantes e que ajudam a memorizar as informações.
Interface	A interface é simples com design aceitável, que desperta o prazer pela aprendizagem.

Fonte: O Autor

Outra consideração importante foi quanto aos problemas identificados pelos grupos de testagem, verificados no momento da experimentação do jogo. O quadro abaixo, adaptado de Petry (2013) permitiu organização dos relatos com base nos mesmos tópicos de avaliação utilizados no quadro anterior.

Quadro 7 - Principais problemas apresentados pelos grupos que testaram o jogo educativo e soluções a serem implementadas.

ETAPA	PROBLEMA	SOLUÇÃO NECESSÁRIA
Narrativa	Algumas orientações são desnecessárias como você deve seguir. Textos extensos e com desafios fáceis e poucas fases.	Transformar orientações de comandos em botões de ajuda; Distribuir as informações textuais ao longo do jogo e acrescentar questões-desafios com possibilidade de rever as fichas.
Mecânica/ Jogabilidade	A personagem com movimentos limitados com variáveis	Identificar e corrigir variáveis que geram <i>bugs</i> no sistema e criar botões para repetir a fase caso apresente erro de funcionamento;

	gerando erros e impedindo continuidade ao longo das fases.	Acrescentar a função <i>touch</i> para mobilidade do personagem ao longo das fases.
Interface	Algumas fases não apresentam <i>sprites</i> visíveis. Fichas com textos de resolução baixa. Botões e cenários devem ser revistos.	Realizar modificação do design para o cenário nas diferentes fases do jogo; Melhorar a resolução dos textos; Acrescentar botões de revisão de conteúdo.

Fonte: O Autor

Características de satisfação dos estudantes em relação à experiência com *software* e as contribuições para o entendimento do conteúdo são perceptíveis, principalmente ao comparar os comentários apresentados por diferentes grupos. Porém, é destacado no comparativo dos grupos de testagem que há necessidade de ajustes nas informações organizadas no *software* e correções de erros no sistema.

6. DISCUSSÃO

A busca por materiais alternativos é bastante comum no ensino de Biologia. Vários autores têm proposto alternativas materiais para produção de modelos didáticos (JUSTINA; FERLA, 2006; SETÚVAL; BEJARANO, 2009; BRAGA, 2010; COCHAK; MICHALISZYN; KRAWCZYK, 2014). Contudo, nem todos os trabalhos apresentam envolvimento dos estudantes na sua produção ou conduzem a aprendizagem com base na investigação associada a objetos que valorizem o que os estudantes já conhecem. Segundo Ausubel (2003), essa é a base da aprendizagem significativa no âmbito escolar.

Assim, tanto o modelo didático, quanto o *software* educativo, produtos deste trabalho, apresentaram-se viáveis e são possíveis de serem replicados. Entretanto, o uso dos modelos cromossômicos foi diferenciado, uma vez que esteve atrelado ao desenvolvimento de oficinas de natureza investigativa e que funcionou como método didático para o desenvolvimento do *software* educativo. Apesar de não terem sido explorados por meio de avaliação com pré-testes e pós-testes, os produtos de natureza pedagógica funcionaram para tornar o ensino de genética mais atrativo, dando sentido ao conteúdo.

Conforme Coll (2001) a atribuição de sentido está relacionada “aos componentes motivacionais, afetivos e relacionais da contribuição do aluno ao ato de aprender.” Essas características foram observadas, considerando o caráter didático do modelo utilizado e a dinâmica da oficina desenvolvida. Isso permitiu aos estudantes aprender os conceitos básicos de genética de forma desafiadora, porém prazerosa, além de atribuir sentido aos conteúdos trabalhados.

Outros aspectos observados ao longo do estudo como a motivação, autonomia, interação e envolvimento dos estudantes entre si e com o conhecimento são condizentes com a afirmação de Moreira (2011), que considera a aprendizagem significativa compatível com outras teorias construtivistas subjacentes a elas. Nesse caso, características como assimilação / acomodação – Jean Piaget, ou de interação social – Lev Vygotsky (MOREIRA, 2011) acompanharam as atividades com os estudantes. Cool (2001) também percebe os aspectos mencionados como

fundamentais para que os estudantes possam atribuir significado aos conteúdos escolares.

A forma como foram organizados os kits para montagem dos cromossomos e o desenvolvimento das oficinas viabilizou o envolvimento ativo dos estudantes com o conhecimento conforme Diesel; Baldez e Martins, (2017). Dessa maneira, foram atendidos os requisitos de uma aprendizagem na perspectiva de Ausubel (2003), que considera fundamental a predisposição do indivíduo para aprender, o material potencialmente significativo e a capacidade de reter a nova informação. Nessa perspectiva Rosso e Taglieber (1992) afirmam que “a forma como é interpretada a relação sujeito-objeto e a intensidade dessa interação são fatores principais e determinantes de como será conduzido o processo de ensino-aprendizagem.”

O tipo de roteiro desenvolvido caracterizou uma atividade baseada em escolhas frente a um problema em que se apresentava um personagem em meio ao contexto familiar. Assim, os roteiros se aproximam do conceito de aprendizagem criativa, explorado por Beineke (2012). Uma proposta lúdica como o “Jogo Educativo Lei de Mendel” avaliado por Rodrigues e Lima (2016), também apresentaram enquadramento nesse tipo de aprendizagem.

Uma consideração importante é que no momento em que os estudantes tiveram uma situação contextualizada, a aprendizagem de termos específicos foi propiciada. Essa perspectiva é levantada por Guimarães (2013). O autor defende que contextualização melhora a apreensão dos estudantes em relação aos conteúdos. Desse modo, na análise quantitativa, a comparação da oficina 1 nas duas séries apresentaram número de roteiros com proximidade nos resultados. Um detalhe que chamou a atenção na análise foi o fato de que as turmas da terceira série já haviam tido contato com os termos antes da oficina, condição não aplicada às turmas de segunda séries. Essa observação sugere a interpretação segundo Duré, Andrade e Albino (2018), de que “a contextualização é uma importante estratégia para a promoção de uma aprendizagem significativa”.

Com a vivência nas atividades da primeira oficina, a experiência favoreceu os resultados da segunda. Isso significa que na oficina 2, os estudantes da segunda série apresentavam mais chance de estarem preparados para responder aos roteiros,

obtendo rendimento expressivo. Sobre esse aspecto, Pellizari et al. (2002), afirma que o “que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo e aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil.” Ou seja, o que é retido de maneira significativa apresenta maior possibilidade de ser evocado mais rapidamente (MORAES, 2017).

A avaliação dos roteiros contemplou uma abordagem não usual, mas que deu conta de diagnosticar as dificuldades com base na escolha e assertivas ligadas a ela – que poderia variar entre os grupos. Neste sentido, Eckhardt e Machado (2008), considera ser “um desafio superar a dicotomia saber/não saber, certo/errado, principalmente quando pensamos numa avaliação investigativa e não classificatória.” Desse modo, a aproximação entre o número de roteiros com bom aproveitamento nas turmas de segunda séries em comparação aos da terceira séries, sugeriu eficácia da metodologia.

Entre as principais dificuldades apresentadas pelos estudantes, os conceitos de cromossomos homólogos e cromátides-irmãs foram evidenciados em todas as turmas. Essa observação tem relação com a análise feita por Santos, Silva e Franco (2015) ao constatar por meio de entrevista, pouco entendimento dos estudantes em relação as divisões celulares. Outros grupos, participantes da oficina, tiveram dificuldade em localizar os alelos no par de cromossomos ou interpretaram de forma inadequada as características do personagem escolhido. Moura et al. (2013) apud Pereira-Ferreira, (2017) afirma que esses termos não são bem compreendidos. Isso gerou equívocos totais ou parciais nos roteiros, algo perceptível nos gráficos de exatidão e imprecisão.

No tocante a existência de dois estudantes com deficiência visual, entre os participantes da pesquisa, a adaptação dos modelos cromossômicos (kit e manual em brailer) enriqueceu, ainda mais, a oficina. Os participantes com essa condição se sentiram valorizados e interagiram melhor com o conteúdo, participando mais dos diálogos com os demais videntes – um momento ímpar e de satisfação, não apenas dos estudantes, mas do pesquisador. Proposta para esse público, na perspectiva multissensorial, também é apresentada por Cerqueira et al. (2017) sobre a primeira lei de Mendel.

Desse modo, as oficinas funcionaram tanto como atividade de formação coletiva e colaborativa como também de motivação para que estudantes pudessem engajar-se na proposta de criação de *software* de jogo educativo (também produto desse estudo) que pudesse associar-se ao uso do modelo.

Por outro lado, a aprendizagem baseada em jogos, em seu sentido amplo, também é sugerida pelos documentos oficiais como Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN, Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares - PCN+, Orientações Curriculares Nacionais - OCN, Brasil (1999, 2002, 2006) e foi favorecida neste estudo. Pernambuco (2013) enfatiza que é necessário, não apenas destacar a utilização de jogos prontos, mas o envolvimento dos estudantes na criação deles. No contexto dos jogos digitais Sena et al. (2016), por exemplo, traz que estes são uma tendência mundial.

Nesse contexto, a plataforma *Construct 2* facilitou o desenvolvimento do *game*, cujo sistema conduz a uma programação intuitiva (BARASSUOL; CHICON, 2017). Diante dessa característica, conforme Silva (2016), os “profissionais da educação podem também fazer seus jogos, aplicando o conteúdo de suas aulas [...]” Silva (2017), já apresentara experiência de criação de *software*, usando a versão livre do sistema, com estudantes do Ensino Fundamental. No caso deste trabalho, a opção pela plataforma, tornou viável o desenvolvimento do jogo, porém, é importante destacar que este trabalho não optou pela versão gratuita com o intuito de permitir a ampliação de eventos ou fases no jogo.

Destaca-se no entanto, segundo Scarpa e Campos (2018), que “a motivação dos estudantes com os temas de ensino é um aspecto fundamental para a promoção da aprendizagem.” No desenvolvimento do jogo, ela foi um elemento determinante na estruturação prática do *game*, pois, enquanto os estudantes se envolviam na criação do jogo, a necessidade e a preocupação deles em organizar bem os conceitos de genética ao longo das fases, conduziam esses jovens a buscarem o professor no sentido de tirar mais dúvidas sobre o conteúdo ou adequar melhor as informações nos hipertextos. Rosso e Taglieber (1992) diz que “o ensino-aprendizagem desenvolvido dentro dos métodos ativos fortalecem a motivação intrínseca para aprender e também tornar a aprendizagem mais segura e autônoma a longo prazo.”

Outra ênfase refere-se à interação entre os estudantes durante todo o processo. Desde a utilização dos modelos, discutindo o conteúdo, respondendo as questões no roteiro, ou aplicando o que aprenderam na criação do jogo, confirmando aspectos descritos por Segura e Kalhil (2015), sobre a eficácia da aprendizagem ativa. Tanto nas oficinas quanto no desenvolvimento do *software* o comportamento colaborativo fortaleceu vínculos de cunho afetivo valorizado também por Guimarães (2013). Ao favorecer um ambiente de estreitamento nas relações interpessoais, as estratégias aplicadas no estudo funcionaram como atividades de formação coletiva, gerando uma aprendizagem ativa e eficaz.

Neste sentido, os produtos deste estudo enquadraram-se também no conceito de Objetos de Aprendizagem (OA) explorado por Kemczinski et al. (2012) e centrado na ação, conforme Guimarães e Dias (2014) que coloca a ação como cerne da aprendizagem. Ao demonstrar concentração (engajamento), ação-interação, conceituação, desequilíbrio (falhas de assimilação), formalização, utilização e transformação – características aplicadas aos objetos de aprendizagem (GUIMARÃES; DIAS, 2014), os estudantes puderam aplicar dimensões de competências do sujeito, do objeto e relacional (MACEDO, 2005). Com isso, características de qualidade dos objetos de aprendizagem, tanto pedagógicas (autonomia, cognição, cooperação, afeto) como técnicas (adaptabilidade, agregação, classificação, digital, durabilidade, interoperabilidade, reusabilidade), estiveram presentes (KEMCZINSKI et al., 2012). A abrangência de natureza técnica, principalmente ligada ao modelo, por exemplo, conseguiu agregar aspectos que favoreceu a inclusão referente aos estudantes com baixa visão.

Dentre os sentimentos expressos pelos estudantes envolvidos no desenvolvimento do *game*, a autoestima e o contentamento se fizeram presente com a disponibilização e durante todo o processo de testagem do jogo pelos demais colegas. Considerando a situação protagonizada, Coll (2001) afirma que “quando alguém pretende aprender e aprende, a experiência vivida lhe oferece uma imagem positiva de si mesmo, e sua autoestima é reforçada [...]”, gerando também, o fortalecimento da autonomia, que segundo Macedo (2005), “se expressa em um contexto relacional.” Para Monteiro et. al. (2006) “a autonomia no processo de aprendizagem deve ser encarada como um dos principais objetivos no desenvolvimento de materiais educacionais digitais”

Na testagem do jogo, as emoções visualizadas como a atenção, o envolvimento, além de entusiasmo e até a irritação esteve ligada, em parte, a dinâmica de organização dos estudantes em grupos (GTs) e aos obstáculos e desafios do *game*. Petry et al. (2013) considera que “a observação direta é especialmente importante porque boa parte dos dados a serem considerados no processo de análise não são verbalizados pelo jogador.”

As considerações positivas de interatividade, facilitação dos conceitos e prazer pela aprendizagem foram destacados entre os relatos transcritos do questionário de avaliação do jogo. Com efeito, é importante oferecer uma experiência agradável ao usuário, pois, a jogabilidade tem efeito dobre a aprendizagem (MORAIS; GOMES; PERES, 2012). Por outro lado, os aspectos negativos apresentados sobre a narrativa, a jogabilidade e a interface merecem atenção e são considerações valiosas da maneira como o jogo é percebido pelo usuário. Sobre a interface, por exemplo, Moraes, Gomes e Peres (2012) afirma que ela “assume importância ainda maior, uma vez que a aprendizagem de conteúdos implícitos ao *software* ocorre mediante a interface”

Ver-se, portanto, que a proposta de *software* desenvolvida a partir de uma atividade com modelos cromossômicos, caracterizou-se como uma estratégia motivadora tanto para envolver ainda mais os estudantes com o conteúdo, quanto para agregar senso de pertencimento ao longo do processo de produção do jogo e de valorização dos estudantes como protagonistas. Através da escuta e valorização das ideias, a condução das etapas foram fundamentais na concretização dos produtos de um trabalho em conjunto – estudantes e professor.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho o conteúdo de Genética Mendeliana e Teoria Cromossômica da Herança foi explorado através de uma abordagem pedagógica que empregou um modelo de cromossomo reciclado em duas oficinas com foco no ensino investigativo e o protagonismo dos estudantes. Esse primeiro momento serviu de subsídio para o desenvolvimento de um *software* no formato de plataforma de jogo desenvolvido com participação ativa dos estudantes e que tinha como objetivo esclarecer, revisar e discutir conceitos básicos. A avaliação do produto pelos estudantes, mostrou que a sua utilização é agradável, proporciona uma experiência didática diferente e instigante, mas que requer ajustes principalmente no que se refere a interface e a narrativa.

Os recursos pedagógicos desenvolvidos oferecem uma abordagem capaz de contextualizar o conteúdo com potencial de evidenciar as principais dificuldades de compressão dos estudantes e intervir no sentido de minimizá-las. Além disso, demonstra que objetos de aprendizagem podem emergir do contexto das intervenções na busca de uma aprendizagem eficaz, de modo que, a motivação e o envolvimento dos estudantes são recursos humanos que, quando bem conduzidos, viabilizam o senso de pertencimento, fomentando o protagonismo juvenil.

Os resultados sugerem que as estratégias utilizadas apresentam validade como objetos de aprendizagem em genética, podendo ser utilizadas para abordar o conteúdo em diferentes contextos escolares. Os roteiros investigativos servem como parâmetro para a criação de outros roteiros ou adaptações que se julgarem necessárias, assim como o *software* que depositado em plataforma livre pode ser acessado.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. Games e educação: desvendando o labirinto da pesquisa. **Revista da FAEBA**, Salvador, v. 22, p. 177-186, 2013. Disponível em:<
<http://www.revistas.uneb.br/index.php/faeaba/article/view/761>> Acesso em: 12 fev. 2019.
- ANDRADE, F. Caminhos para o uso do RPG na Educação. **Revista eletrônica do grupo Aleph UFF**, Ano II, nr. 09, Fev/Mar 2006. Disponível em:<
http://fablablivresp.art.br/sites/default/files/projetos/arquivos/caminhos_para_o_uso_do_rpg_na_educacao.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- AUSUBEL, D.P. (1963). **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- BANET, E.; AYUSO, E. Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. **Science Education**. 2000. 84. 313 - 351. Disponível em:<
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291098-237X%28200005%2984%3A3%3C313%3A%3AAID-SCE2%3E3.0.CO%3B2-N>>. Acesso em: 20 set. 2018.
- BARASSUOL, J. B.; CHICON, P. M. O desenvolvimento do raciocínio lógico através da *engine Construct 2*. In: XXII SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. 2017, Cruz Alta/RS **Anais[...]** Cruz Alta/RS. Disponível em:<encurtador.com.br/abBFJ>. Acesso em: 04 jan. 2019.
- BARBOSA, W.; DIAS, A. C. O.; SILVA, E. R.; SOBREIRA, M. **Cromossomos reciclados: um prático modelo didático para o ensino de genética**. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE. Recife, PE: Sociedade Brasileira de Genética-Regional, PE, 2006.
- BARBOSA, W.; DIAS, A. C. O.; SILVA, E. R.; SOBREIRA, M. **Cromossomos reciclados: um prático modelo didático para o ensino de genética**. Genética na Praça. 53º CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA. Águas de Lindóia, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2007.
- BEINEKE, V. Aprendizagem criativa e educação musical: trajetórias de pesquisa e perspectivas educacionais. **Revista do Centro de Educação UFSM**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 45-60, jan /abr. 2012. Disponível em:<
<https://periodicos.ufsm.br/reveducao/article/view/3763/2710>>. Acesso em: 13. abr. 2018.
- BORGES, C. K. G. D.; SILVA, C. C.; REIS, A. R. H. As dificuldades e os desafios sobre a aprendizagem das leis de Mendel enfrentados por alunos do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 12, n. 6, p. 61-75. 2017. Disponível em:<

http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID403/v12_n6_a2017.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2018.

BORUCHOVITCH, E. Autorregulação da aprendizagem: contribuições da psicologia educacional para a formação de professores. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**. São Paulo, v. 18, n. 3, set/dez. 2014. Disponível em: <
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=282332826003>>. Acesso em 05 dez. 2018.

BRAGA, C. M. D. S. **O uso de modelos no ensino da divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de Brasília, 2010. Disponível em: <
<http://repositorio.unb.br/handle/10482/9069>> Acesso: 08 Mar. 2018.

BRÃO, A.; PEREIRA, A. Biotecnética: possibilidades do jogo no ensino de genética. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**. vol. 14, n. 1, p. 55-76, 2015. Disponível em: <
http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_1_4_ex826.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB). **Guia de Livros Didáticos Ensino Médio**. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, Distrito Federal: 2017.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Volume II – Ciências da Natureza Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), Conselho Nacional de Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Versão final. MEC/SEB, 2017.

_____. Ministério da Saúde. Resolução nº 510, 07 abril, 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana, na forma definida nesta Resolução. Diário Oficial, Brasília, DF, 24 mai. 2016. Seção 1, p. 44.

_____. Ministério da Saúde. Resolução nº 466, 12 dezembro, 2012. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial, Brasília, DF, 13 jun. 2013. Seção 1, p. 59.

BRENDLER, C. F.; VIARO, F. S.; BRUNO, F. B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, R. P. Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. **Educação Gráfica**. v. 18, n. 03, p. 142-157, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/148932>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

CAMARGO, L.; FAZANI, A. Explorando o Design Participativo como Prática de Desenvolvimento de Sistemas de Informação. InCID: **Revista de Ciência da Informação e Documentação**. v. 5, n. 1, p. 138-150, 25 mar. 2014. Disponível em:< https://www.revistas.usp.br/incid/article/download/64103/pdf_18>. Acesso em: 23 set. 2018.

CARVALHO, M. E. O.; SANTOS, M. F. S.; GARCIA, A. C. L. Proposta de um modelo didático para compreensão da origem de duplicações e deleções cromossômicas por permuta desigual. In: V CONEDU - Congresso Nacional de Educação, 1., 2018, Olinda. **Anais[...]** Olinda: Realize, 2018. Disponível em:< http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV117_MD4_SA16_ID7893_09092018213347.pdf> Acesso em: 08 Set. 2018.

CERQUEIRA, B.R.S.; NAKAMURA, A.M.; SOBRINHO, I.S.; PERIPATO, A.C. Ensino da primeira lei de Mendel: uma proposta multissensorial para inclusão de estudantes com baixa visão. In: X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, extraordinário, 2017, Sevilla. **Anais[...]** Sevilla 2017. Disponível em: < https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/82_-_O_ensino_da_Primeira_Lei_de_Mendel.pdf> Acesso em: 18 mai. 2019.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. Alcino. **Metodologia Científica**. 5. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHINN, C. A.; MALHOTRA, B. A. Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. **Wiley Periodicals, Inc.** New Brunswick, Department of Educational Psychology, The State University of New Jersey, 2002. Disponível em:< <https://www.evl.uic.edu/moher/523/ChinnMalhotra2002.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

COCHAK, C.; MICHALISZYN, J. C.; KRAWCZYK, A. C. D. B. Modelos didáticos como uma proposta no ensino de genética. In: II Seminário Estadual PIBID do Paraná, Foz do Iguaçu. **Anais[...]** Foz do Iguaçu, 2014. Disponível em:< <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/2890/PIBID1%2C1480-1484.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

COLINVAUX, D. **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil Editora, 1998.

COOL, C.; MARTÍNS, E.; MAURI, T.; MIRAS, M.; ONRUBIA, J.; SOLÉ, I.; ZABALA, A. **O construtivismo na sala de aula**. 6ª edição, São Paulo: Editora Ática, 2001.

CUPERSCHMID, A. R. M.; HILDEBRAND, H. R. **Heurísticas de Jogabilidade: Usabilidade e Entretenimento em Jogos Digitais**. Campinas, SP: Marketing Aumentado, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2009.

DIAS, M. A. **Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia: Evidências a partir das provas de múltipla escola do vestibular da UFRN (2001-2008)**. 2008. 275 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal-RN.

DIESEL, A.; BALDES, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, Lajeado/RS, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

DURÉ, R.C.; ANDRADE M.J.D.; ABÍLIO F.J.P. Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano? **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n.1, p. 259-272, 2018. Disponível em: http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf> Acesso em: 10 abr. 2019.

EITERER, C. L. et al. **Metodologia da pesquisa em educação**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, 2010.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba, n. 16, p. 181-191, dez. 2000. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602000000200013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 abr. 2019.

ECKHARDT, C. A.; MACHADO, R. M. O. Turma diferenciada: como tornar um erro observável. In: ABRAHÃO, M. H. M. B. (org.) **Professores e alunos: aprendizagens significativas em comunidades de prática educativa**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008, p. 257 – 352.

FALA, A. M., CORREIA, E. M., & PEREIRA, H. D. M. Atividades práticas no ensino médio: uma abordagem experimental para aulas de genética. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 1, p. 137-154, 2010. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/248>> Acesso em: 10 Nov. 2018.

FALCÃO, T. P.; OLIVEIRA, G. S.; PERES, F. M. A.; MORAIS, D. C. S. Design Participativo de Jogos Digitais Educacionais por Adolescentes Imersos em uma Comunidade de Prática. **Revista de Sistemas e Computação**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 189-205, jul./dez. 2017. Disponível em: <https://www.academia.edu/35684657/Design_Participativo_de_Jogos_Digitais_Educacionais_por_Adolescentes_Imersos_em_uma_Comunidade_de_Prática> Acesso em: 06 jun. 2018.

FERREIRA, M. A.; OLIVEIRA, U. R.; GARCIA, P. A. A. Quatro Ferramentas Administrativas Integradas para o Mapeamento de Falhas: um estudo de caso. **Revista UNIABEU**, Belford Roxo v. 7, n. 16, mai./ago. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325476909_QUATRO_FERRAMENTAS_ADMINISTRATIVAS_INTEGRADAS_PARA_O_MAPEAMENTO_DE_FALHAS_UM_ESTUDO_DE_CASO>. Acesso em: 12 mar. 2018.

FERREIRA, R. **Watson & Crick – A história da descoberta da estrutura do DNA**. São Paulo: Editora Odysseus, 2003.

FIALHO, N. N.; MATOS, E. L. M. A arte de envolver o aluno na aprendizagem de ciências utilizando softwares educacionais. **Educar**, Curitiba, n. esp. 2, p.121-136, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602010000500007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FLEURY, A.; SAKUDA, L. O.; CORDEIRO, J. H. D. O. **1º Censo da Indústria Brasileira de Jogos Digitais**. Pesquisa do GEDIGames, NPGT, Escola Politécnica, USP, para o BNDES, 2014. Disponível em: http://www.abragames.org/uploads/5/6/8/0/56805537/i_censo_da_industria_brasileira_de_jogos_digitais_2.pdf> Acesso em: 02 fev. 2019

FONSECA, M. J. Carl Rogers: Uma Concepção Holística do Homem – da terapia centrada no cliente à pedagogia centrada no aluno. **Repositório Científico do Instituto Politécnico de Viseu**. 2009. Disponível em: http://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/340/1/Carl_Rogers_Uma_Concepcao_Holistica_do_Homem.pdf> Acessado em: 12 mai. 2017.

FRANCISCO, G.C.D. **Ensino de Genética: Uma Abordagem a partir dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia (ESCT)**. Blumenau, 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Regional de Blumenau

GOLDBACH, T.; DYSARZ P. F.; SARDINHA, R.; PAPOULA, N. y DA CARDONA, T. Para Repensar o Ensino de Genética: Levantamento e Análise da Produção Acadêmica da Área do Ensino de Ciências e Biologia no Brasil. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, 2009. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294124>> Acesso em: 03 fev. 2018

GRIFFITHS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M.; SUZUKI, D. T.; MILLER, J. H. **Introdução à Genética**. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S/A, 2006. 743p.

GUIMARÃES, M.; DIAS, R. Ambientes de aprendizagem: reengenharia da sala de aula. In: COSCARELLI, C. V. (Org.) **Novas tecnologias, novos textos, novas formas de pensar**. 3. Ed.; Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2014.

GUIMARÃES, V. **Incluir para transformar: metodologia telessala em cinco movimentos**. Rio de Janeiro, Fundação Roberto Marinho, 2013.

JUSTINA L. A. D., FERLA M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arq Mudi**. v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006. Disponível em:

<<http://eduem.uem.br/laboratorio/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19924/10818>> Acesso em: 12. mar. 2017.

KEMCZINSKI, A. C. I. A., WEHRMEISTER, M. A., HOUNSELL, M. S.; VAHLICK, A. Metodologia para Construção de Objetos de Aprendizagem Interativos. In: 23º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2012, Rio de Janeiro **Anais [...]**. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1739>> Acesso em: 19 dez. 2018.

KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N.; PEDREIRA, M. M.; OLIVEIRA, S. F. **Ensino de genética e materiais didáticos na formação inicial de professores**. In. IX Congresso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias Girona, 9-12 set. 2013. Disponível em:

<https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap1833.pdf> Acesso em: 07 out. 2017.

KLAUSEN, L. S. Aprendizagem significativa: um desafio. In: XIII Congresso Nacional de Educação: EDUCERE. **Anais [...]**. Eixo - Cultura, Currículo e Saberes Agência Financiadora: não contou com financiamento. 2017. Disponível em:<

https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/25702_12706.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2019.

LEAL, C. A. **Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes**. 2017. 306 f. Tese (Doutorado em Ensino e Biociências e Saúde - Instituto Oswaldo Cruz, 2017.

LEAL, G.; RÔÇAS, G.; BARBOSA, J. A genética na educação básica. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - X ENPEC. São Paulo. **Anais[...]** São Paulo: Águas de Lindóia, 2015. Disponível em:<

<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=A+gen%E9tica+na+educa%E7%E3o+b%E1sica>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

LARSEN, G. **Construct 2 – Conhecendo a game engine**. 2014. Produção de Jogos <<https://producaodejogos.com/conhecendo-construct-2.html>> Acesso em: 04 mar. 2018.

MACEDO, L. Competências e habilidades: elementos para uma reflexão pedagógica. In: J. S. MORAES. (Org.). **Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): fundamentação teórico-metodológica**. Brasília: O Instituto (INEP/MEC), 2005 a. p. 13-28.

MARANDINO, M., SELLES, S. E., FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.

MELO, J. R.; CARMO E. M. Investigações sobre o ensino de Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 593-611, 2009. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5274245>> Acesso em: 07 jul. 2018

MELVILLE, W.; FAZIO, X.; BARTLEY, A.; JONES, D. Experience and reflection: preservice science teachers capacity for teaching inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, v. 19, n. 5, p. 477-94, 2008. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1007/s10972-008-9104-9>>. Acesso em: 05 ago. 2018

MENDONÇA, I.; GOMES, M.F. A Pesquisa-ação no âmbito de práticas pedagógicas da Educação Básica. In: 6º Congresso Ibero-Americano Investigação Qualitativa em Educação v. 1, **Anais [...]** Portugal, 2017. p. 734-743. Disponível em: <<https://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2017/article/download/1393/1350/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

MORAES, K. C. M. Construtivismo e o ensino de ciências: uma questão de cidadania - da sala de aula para o laboratório da vida. **Revista Univasp**, São José dos Campos, v. 17, n. 29, 2011. Disponível em: <<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/8>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

MORAES, R. M. A Teoria da Aprendizagem Significativa – TAS. **Revista Construir Notícias**, Recife, n. 34, p. 5-24, mai./jun., 2007. Disponível em: <<https://www.construirnoticias.com.br/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-tas/>> Acesso em: 09 ago. 2019.

MORAIS, D.; GOMES, T.; PERES, F. Desenvolvimento de jogos educacionais pelo usuário final: uma abordagem além do design participativo, In: Proc. IHC'12 Simpósio Brasileiro Sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, Cuiabá/MT, 2012. **Anais [...]** Cuiabá/MT, 2012. Disponível em: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2393559>> Acesso em: 15 mar. 2018.

MOURA, J.; DEUS, M. S.M.; GONÇALVES, N. M. N.; PERON, A. P. (2013). Biologia/Genética: o ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Revista Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, jul./dez. 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/13398/13912>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

MINGRONI-NETTO, R. C. Dominante ou recessivo? **Revista Genética na Escola**, Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, v. 7, n. 2, p. 28-33, 2012. Disponível em: <<http://geneticanaescola.com.br/wphome/wpcontent/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-72-Artigo-01.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Qurrriculum**, La Laguna, n. 25, Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. E. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89-111, jun., 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172007000100089&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12 mai. 2017.

MUNHOZ, A. S. **ABP - Aprendizagem baseada em problemas**: ferramenta de apoio ao docente no processo de ensino e aprendizagem. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *A New Biology for the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press, 2009.

NASCIMENTO, F. N. **Levantamento bibliográfico de aulas práticas de genética utilizando materiais alternativos**. 2015. 32 f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Maranhão, Codó. 2015.

NEVES, L. A. S. **Da antiguidade à redescoberta das leis de Mendel**. Santa Maria, Editora da Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

PALFREY, J.; GASSE, U. **Nascidos na era digital**: entendendo a primeira geração de nativos digitais. Porto Alegre: Artmed, 2011.

PELIZZARI, A.; KRIEGL M. L.; BARON, M. P.; FINCK N. T. L.; DOROCINSKI S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, 2002. v. 2, n. 1, p. 37-42. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>>. Acesso em 08 jan. 2018.

PERNAMBUCO. Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco. **Parâmetros Curriculares de Biologia Ensino Médio**. Recife, 2013. 56p.

_____. Secretaria de Educação Cultura e Esportes. Diretoria de Educação Escolar. **Orientações Teórico-Metodológicas**. Ensino Médio. Recife, 2011.

PEREIRA, Alba Flora. **Diagnóstico das dificuldades de articulação e sobreposição dos conceitos básicos da genética utilizando jogos didáticos**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PEREIRA-FERREIRA, C.; PAIVA, R.; JUNGER, T.; TAVARES, C.; GOLDBACH, T.; MERHY, T.S.M. Brincando com a dificuldade no ensino de genética. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências - XI ENPEC. Florianópolis. **Anais[...]** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <

<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1904-1.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

PERSSUHN, D. C.; OLIVEIRA, N.F.P.; MELO, A.R. S; NASCIMENTO, R.A.F.
ANÁLISE DE DNA: um enfoque para o Ensino Médio. João Pessoa: Ideia, 2015.

PETRY A. S.; BITENCOURT, A. B. S.; CLUA, L. R. M.; BATTAIOLA, A. L.; PETRY, L. C.; VARGAS, A. Parâmetros, estratégias e técnicas de análise de jogo: o caso A mansão de Quelícera. In: XII Simpósio Brasileiro de jogos e Entretenimento Digital, São Paulo, p.141-151, 2013. **Anais[...]** Trilha de Cultura: 2013. Disponível em:< http://www.sbgames.org/sbgames2013/proceedings/cultura/Culture-19_full.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018.

PIERCE, B. A. **Genética:** um Enfoque Conceitual. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 2004.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POLESELO, A. O ensino da genética na escola: projeto de intervenção para alunos do ensino médio. **Cadernos PDE** - Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor. Produções Didático-Pedagógicas. Versão online - volume II, 2013. Disponível em:< http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_unicentro_port_pdp_serli_rech_moleta.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

PRIMON, C. S. F. Análise do conhecimento de conteúdos fundamentais de Genética e Biologia Celular apresentado por graduandos em Ciências Biológicas. São Paulo, 2005. 135 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, IB-USP.

RIBEIRO, S. R.; SILVA, T. M. Alterações cromossômicas estruturais e segregação meiótica: um modelo didático usando massa de modelar. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, pp. 138-147, 2016. Disponível em: <<https://www.geneticanaescola.com.br/volume-11-n-2>>. Acesso em: mar. 2017.

RODRIGUES, A. N.; LIMA, J. S. Avaliação do Jogo Educativo Lei de Mendel. In: XXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, Uberlândia, 2016. **Anais[...]** Uberlândia, p.826-837. Disponível em:< <http://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/6768>> Acesso em: 19 mar. 2018.

ROCHA, M. F.; SOBREIRA, M. Ensino de genética: desafios e perspectivas. In: III Encontro Regional de Ensino de Biologia - Ensino de Biologia, Meio Ambiente e Cidadania: Olhares que se cruzam. Recife. **Anais[...]** Recife, 2010. Disponível em:< http://www.bioemrede.ifba.edu.br/wp-content/uploads/2015/02/III-Erebio-NE_2ed.pdf#page=117>. Acesso em: 03 mar. 2017.

ROSSO, A.; TAGBLIEBER, J. Métodos Ativos e Atividades de Ensino. **Revista Perspectiva** - Centro de Ciências e Educação, v. 10, n. 17, 1992. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/download/9147/10689>. Acesso em: 18 jan. 2019.

SALIM, D.C.; AKIMOTO, A.K.; RIBEIRO, G.B.L.; PEDROSA, M.A.F.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M.N.; OLIVEIRA, S.F. O baralho como ferramenta no ensino de genética. **Revista Eletrônica Genética na Escola**, v.2, n. 1, p. 6-9, 2007. Disponível em: <https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_ccc973b6449e489099ef84977151d4bc.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018. 40142018000300025&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 fev. 2019.

SANTOS, F. D.; SILVA, A. F. G.; FRANCO, F. F. 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 4, p. 977-989. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132015000400012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 dez. 2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1983-21172015000400049&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 08 dez. 2018.

SAVI, R.; WANGENHEIM, C. G. V.; ULBRICHT, V.; VANZIN, T. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 3, dez. 2010. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/18043/10630>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 25-41, dez. 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103->](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-) Acesso em: 19 jan. 2018.

SCIRRA Ltda. **Construct 2**. 2013. Disponível em: <<https://www.scirra.com/tutorials/37/pt-br/pt-br>>. Acesso em 02/03/2018.

SEGURA, E.; KALHIL, J. B. Metodologia ativa como proposta para o Ensino de Ciências. **Revista REAMEC**, Cuiabá/MT, n.3, dez. 2015. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/download/5308/3503>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. R.; AMORIM, A. C. (orgs.) **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. Niterói, Editora Eduff, 2005.

SENA, S.; SCHMIEGELOW, S. S., PRADO, G. M. B. C.; SOUSA, R. P. L.; FIALHO, F. A. P. Aprendizagem baseada em jogos digitais: a contribuição dos jogos epistêmicos na geração de novos conhecimentos. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/67323>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

SENDOV, B. Entrando na era da informação. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 8, n. 20, p. 28-32, abr. 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141994000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 nov. 2017.

SETÚVAL, F. A. R.; BEJARANO, N. R. R. Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009. **Anais [...]**. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1751.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SILVA, A. A.; RAZERA, J. C. C. A utilização do software GBOL no ensino de tópicos específicos de Genética. **Revista Eletrônica de Tecnologia Educativa**, v. 22, n. 4. 2006. Disponível em: <<http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/503>> Acesso em: 05 mar. 2018.

SILVA, C. C. **Análise sistêmica do processo ensino aprendizagem de genética à luz da teoria fundamentada**. 2014. 187 f. Tese (Doutorado em Educação, Ciências e Matemática. Rede Amazônica de Educação em Ciências, 2014.

SILVA, E. O. L. **Desenvolvimento de jogos digitais: uma experiência com alunos do Ensino Fundamental II**. São Paulo, 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP, 2017.

SILVA, E. P. O uso das tecnologias digitais nas aulas de biologia. **Cadernos PDE** Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor. Produções Didático-Pedagógicas. Versão online, v. II, 2014. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_bio_pdp_eleuzi_pinheiro_da_silva.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SILVA, I. M.; PONTES, F. C. Ensino de Ciências por Investigação: a Relação Teórico Prática da Educação Ambiental com a Construção de um Forno Solar. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis, 2016. **Anais[...]** ENEC: Florianópolis: 2016. Disponível em: <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2279-1.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

SILVA, J. G. **Plataforma para criação de jogos educativos para usuários não-experientes**. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, M. R. **O Ensino Médio após a LDB de 1996: trajetórias e perspectivas**. 2013. Disponível em: <<http://www.emdialogo.uff.br/content/o-ensino-medio-apos-ldb-de1996-trajetorias-e-perspectivas>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

SILVA, T. G.; ASINELLI-LUZ, A. **Protagonismo juvenil na escola: Limitações e possibilidades enquanto prática pedagógica na disciplina de Biologia**. 2015 Portal Educacional do Estado do Paraná. <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1362-8.pdf>> Acesso em: 12 mai. 2017.

TATSCH, H. M. **Atividades didáticas como ferramentas facilitadoras na compreensão de imagens na divisão celular**. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/6709?locale-attribute=pt_BR> Acesso em: 17 set. 2018.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. **Revista Conceitos**, João Pessoa PB, v. 10, p. 55-60, 2004. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~Romero/objetosaprendizagem/Rived/Artigos/2004-RevistaConceitos.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2018.

TEIXEIRA, P. M. M. **Pesquisa em Ensino de Biologia no Brasil (1972-2004): um estudo baseado em dissertações e teses**. 2009. 406 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/251678>>. Acesso em: 17 set. 2018.

THORNE, K. **Teaching genetics - a linguistic challenge**. Karlstad: Karlstad University Studies, 2012. Disponível em: <<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:562258>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 75-81, nov. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00097.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

UNESCO. **Educação – Um Tesouro a Descobrir**. Edições ASA, Lisboa, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU – MESTRADO EM
ENSINO DE BIOLOGIA-PROFBIO**

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro estudante,

Esta pesquisa é sobre o desenvolvimento de um *software* em articulação ao modelo “Cromossomos reciclados”, com vistas a aprendizagem significativa de conceitos básicos de genética clássica e molecular em turmas de educação básica de nível médio e está sendo desenvolvida pelo pesquisador WALTER BARBOSA FERREIRA estudante do Curso de Mestrado em Ensino de Biologia da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação da Profa. Dra. DARLENE CAMATI PERSUHN.

Os objetivos do estudo é verificar a aprendizagem de conceitos básicos de genética por meio do desenvolvimento e apreciação de *software* na plataforma *Construct 2* articulada ao modelo didático “Cromossomos reciclados”.

A finalidade deste trabalho consiste em desenvolver e avaliar material didático que será disponibilizado por meio de ambientes virtuais de livre acesso a fim de contribuir para a aprendizagem significativa de conceitos básicos de genética.

Solicitamos a sua colaboração em participar da oficina de manipulação do modelo “Cromossomos reciclados” desenvolvimento e apreciação de *software* com abordagem relativa a aprendizagem de conceitos de genética, como também para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde, educação e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, você não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades

solicitadas pelo pesquisador. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na instituição.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e aceito participar da pesquisa e concordo com a publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa
ou Responsável Legal

Espaço para impressão dactiloscópica

Assinatura da Testemunha

Contato do pesquisador responsável: Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o pesquisador Walter Barbosa Ferreira

Endereço: PE 82, s/n, Sapucaia, Timbaúba/PE (ETE-Miguel Arraes de Alencar)

Telefones: (81) 99496-6667 / 3631-5266

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba Campus I - Cidade Universitária - 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB

☎ (83) 3216-7791 – E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

Atenciosamente,

WALTER BARBOSA FERREIRA

Assinatura do Pesquisador Participante

Obs.: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU – MESTRADO EM ENSINO DE BIOLOGIA-PROFBIO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre o desenvolvimento de um *software* em articulação ao modelo “Cromossomos reciclados”, com vistas a aprendizagem significativa de conceitos básicos de genética clássica e molecular em turmas de educação básica de nível médio e está sendo desenvolvida pelo pesquisador WALTER BARBOSA FERREIRA aluno do Curso de Mestrado em Ensino de Biologia da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação da Profa. Dra. DARLENE CAMATI PERSUHN.

Os objetivos do estudo é verificar a aprendizagem de conceitos básicos de genética por meio do desenvolvimento e apreciação de *software* na plataforma *Construct 2* articulada ao modelo didático “Cromossomos reciclados”.

A finalidade deste trabalho consiste em desenvolver e avaliar material didático que será disponibilizado por meio de ambientes virtuais de livre acesso a fim de contribuir para a aprendizagem significativa de conceitos básicos de genética.

Solicitamos a sua autorização para a participação do seu/sua filho (a) em oficina de manipulação do modelo “Cromossomos reciclados” e apreciação de *software* com abordagem relativa a aprendizagem de conceitos de genética, como também para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde, educação e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde.

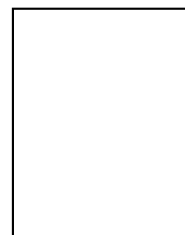
Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na Instituição.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participação na pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Responsável Legal

OBSERVAÇÃO: (em caso de analfabeto - acrescentar)



Espaço para impressão dactiloscópica

Assinatura da Testemunha

Contato do pesquisador responsável: Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o pesquisador Walter Barbosa Ferreira

Endereço: PE 82, s/n, Sapucaia, Timbaúba/PE (ETE-Miguel Arraes de Alencar)

Telefone: (81) 3631-5266

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba Campus I - Cidade Universitária - 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB

☎ (83) 3216-7791 – E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

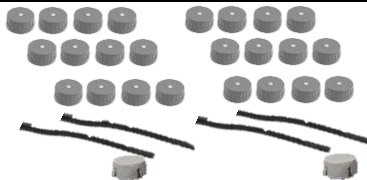
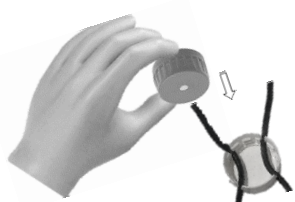
Atenciosamente,

WALTER BARBOSA FERREIRA

Assinatura do Pesquisador Participante

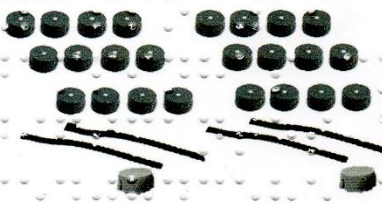
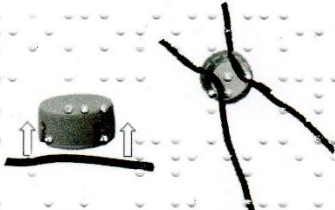
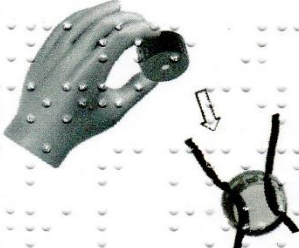
Obs.: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

APÊNDICE C – Manual de Instruções – Cromossomos Reciclados

MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA MONTAGEM DO CROMOSSOMOS RECICLADOS	
	Você está recebendo um kit para montagem de cromossomos. O kit apresenta as peças nas seguintes quantidades e representações: a) Tampas perfuradas na parte superior (52) – regiões não codificantes; b) Tampas perfuradas na parte superior plana cores variadas (24) – regiões codificantes; c) Tampas perfuradas lateralmente (02) – centrômero d) Fios de cobre revestido (04)
	Passo 1: Separe os fios e as tampinhas com cores variadas organizando-as;
	Passo 2: Para construir um cromossomo, encaixe dois fios em uma tampinha-centrômero (elas apresentam perfurações laterais em formato de fechadura);
	Passo 3: A partir daí, sobreponha pela parte superior/plana as tampinhas com perfuração central formando cada braço de um dos cromossomos contendo 16 unidades em cada cromátide irmã;
	Repita os Passos 1 a 3 para fazer o segundo cromossomo.

APÊNDICE D – Manual de Instruções – Cromossomos Reciclados adaptado para estudantes com cegueira e/ou baixa visão

MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA MONTAGEM DO MODELO CROMOSSOMOS RECICLADOS	
 Perfuração lateral  Perfuração central  Fios revestidos	Você está recebendo um kit para montagem de um par de cromossomos. O kit apresenta as peças nas seguintes quantidades e representações: a) Tampas perfuradas na parte superior plana de lateral ondulada (52) – representando regiões não codificantes no cromossomo; b) Tampas perfuradas na parte superior plana com pontos de identificação lateral nas cores: branca (1 ponto), vermelha (2 pontos); azul (3 pontos) e amarela (4 pontos) – representando regiões codificantes no cromossomo; c) Tampas perfuradas lateralmente (02) – centrômero d) Fios de cobre revestido (04)

	Passo 1: Separe os fios e as tampinhas codificantes e não codificantes, além das tampinhas centrômero-organizando-as;
	Passo 2: Para construir um cromossomo, encaixe dois fios em uma tampinha-centrômero (elas apresentam perfurações laterais em formato de fechadura);
	Passo 3: A partir daí, sobreponha pela parte superior/plana as tampinhas com perfuração central formando cada braço de um dos cromossomos contendo 16 unidades em cada cromátide irmã;
	Repita os Passos 1 a 3 para fazer o segundo cromossomo.

APÊNDICE E – Plano de Oficina
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU – MESTRADO EM
ENSINO DE BIOLOGIA-PROFBIO

PLANO DE OFICINA: CROMOSSOMOS RECICLADOS

JUSTIFICATIVA

Os princípios básicos da genética estão relacionados aos conceitos fundamentais. É a partir destes que os estudantes compreendem padrões de herança, conseguem simular cruzamentos ou ainda prever situações que podem ser explicadas, usando conceitos como palavras chaves. Nas células eucarióticas os cromossomos protagonizam inúmeros eventos estudados na educação básica. Eventos que vão desde o ciclo celular, formação de gametas, mas intimamente sobre a transmissão de características e variações que ocorrem nas espécies. Nesse contexto, as oficinas funcionam como alternativas viáveis de formação coletiva, quando sua própria dinâmica de ação prevê a participação do sujeito frente as aprendizagens, aproximando teoria e prática. No ensino de genética, no nível médio, pode ainda instigar o prazer pela aprendizagem e familiarização com uma linguagem própria dessa área do conhecimento. Compreender bem termos essenciais envolvendo princípios genéticos, permite aos estudantes realizarem várias leituras de mundo relacionadas a biologia, fazendo ligações com as descobertas e discussões da ciência moderna, além de buscarem respostas para os próprios questionamentos, usando simulação para testar hipóteses.

OBJETIVOS

- Trabalhar conceitos fundamentais de genética a partir de modelagem de cromossomos e simulações.

ESPECÍFICOS

- Possibilitar a construção dos cromossomos reciclados, a partir de roteiro investigativo e contextualizado, envolvendo genética clássica;
- Orientar os estudantes na modelagem dos cromossômicos, concretizando conceitos básicos envolvidos com a Teoria Cromossômica da Herança;

- Reconhecer os cromossomos, como estruturas em que se localizam os genes bem como a conceituação de termos correlacionados como: alelos, loco gênico, homólogos, dominância, recessividade, entre outros, percebendo como os genes são transmitidos hereditariamente por meio da reprodução;
- Detectar eventuais problemas de compreensão de conceitos, que poderiam passar despercebidos em aula expositiva.

PROCEDIMENTOS:

1. Inicialmente haverá abordagem por meio de problematização e percepção de conhecimentos prévios a partir de questionamentos, por exemplo: o que são cromossomos, qual a relação com a hereditariedade, de que são formados...

2. Os estudantes serão divididos em grupos, onde cada equipe receberá um roteiro com desafio com um kit de tampinha e fios, onde deverão escolher um par de cromossomos para representar, analisando um contexto específico;

(Nessa etapa o professor deve oportunizar tempo de 15min para que o grupo possa construir os cromossomos)

3. Em seguida serão socializados os modelos construídos na perspectiva de análise e rediscussão de conceitos apresentados no roteiro bem como as conclusões do grupo;

OBS: os cromossomos montados pelos estudantes, podem ser aproveitados em cruzamentos que podem ser sugeridos no momento da oficina. Nesse caso o professor pode problematizar com questionamento envolvendo conceitos.

AVALIAÇÃO

A avaliação como um processo que permite analisar qualitativamente as intervenções, expectativas de aprendizagem e o real desenvolvimento cognitivo dos estudantes; deve contemplar diferentes instrumentos, conforme sugere Brasil (2014). Na oficina “cromossomos reciclados”, além de contemplar expectativas de aprendizagem, a oficina permitirá identificar dificuldades ou não relacionadas aos conceitos básicos, ao produzir os cromossomos. Ainda poderá ser verificada a viabilidade das ações, além de competências e habilidades envolvidas no trabalho de grupo e montagem dos cromossomos.

APÊNDICE F – Roteiro Didático do Professor e Alunos

Roteiro do Professor

OFICINA 1 – HEREDITARIEDADE EM QUESTÃO: VAMOS INVESTIGAR!

Dinâmica de atividade: Os alunos deverão estar organizados em grupos considerando o número de estudantes e de kits cromossômicos.

Tempo de execução: 50min (1aula)

Objetivos: Nesta oficina os estudantes investigam sobre as possibilidades de Hana ser portadora da anemia falciforme, construindo cromossomos e propondo possíveis genótipos, na medida em que se familiarizam com alguns conceitos fundamentais da hereditariedade.

Conceitos contemplados: Genótipo, fenótipo, Cromossomos homólogos, Cromátides irmãs, Alelos, *Locus*, Homozigoto, Heterozigoto, Dominância e Recessividade.

Roteiro dos estudantes

OFICINA 1 – HEREDITARIEDADE EM QUESTÃO: VAMOS INVESTIGAR!

Problema.

Como as informações hereditárias podem determinar algumas de nossas características.

Contexto

Hana é a segunda filha do casal Antônio e Mariana, ambos saudáveis. Ela apresenta alguns sinais clínicos característicos de anemia falciforme, mas que nunca se manifestaram de forma intensa. Sua irmã mais velha, Joana, é saudável. Roberto, pai de Antônio, avô das meninas Joana e Hana, é portador da doença anemia falciforme.

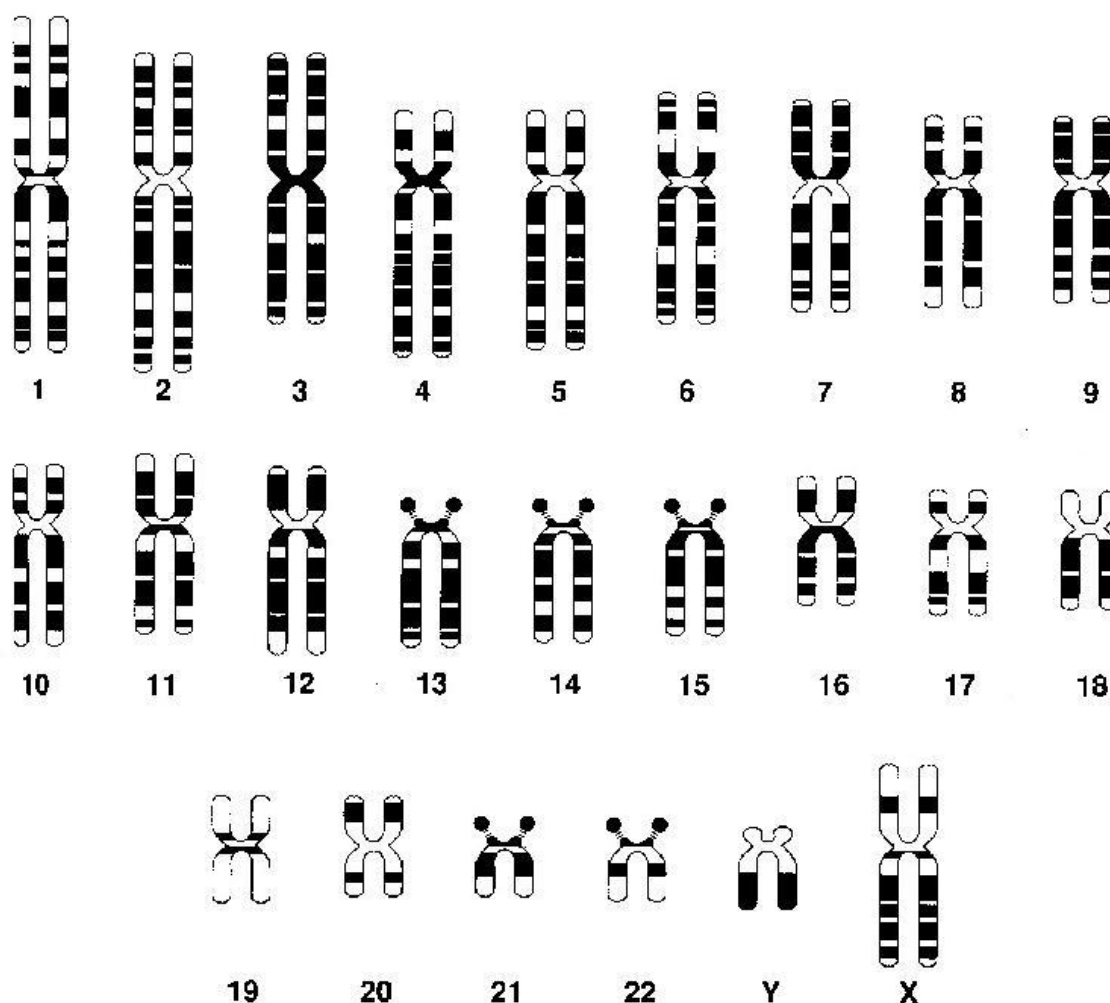
Desafio

Representar o par de cromossomos de um dos membros da família.

() Hana () Joana () Antônio (pai) () Roberto (avô)

Procedimento

Para representar os cromossomos do indivíduo indicado, você deve saber que o gene responsável pela codificação da cadeia da hemoglobina que apresenta defeito na anemia falciforme está localizado no braço curto do cromossomo 11.



Observando a imagem do cariótipo humano, você perceberá que o cromossomo onde está localizado o gene é classificado como SUBMETACÊNTRICO.

Sabendo a localização do gene, o desafio é construir dois cromossomos 11 que representem o genótipo do indivíduo indicado. Construa um par de **cromossomos homólogos**, cada um apresenta **duas cromátides irmãs** que devem estar ligadas pelo centrômero. Localize os alelos dos pares homólogos do indivíduo no braço apropriado do cromossomo em construção. Dica: cada par de cromátides irmãs apresenta o mesmo alelo necessariamente. A variação pode ocorrer no par de cromossomos homólogos. Ou seja, suas possibilidades são:

corA – corA;

corA – corB;

corB – corB.

1. Quando os dois cromossomos homólogos apresentam o mesmo alelo trata-se de um indivíduo **Homozigoto**, mas, se seus pares de alelos são diferentes, identifica-se um indivíduo **Heterozigoto**.

Seu par de cromossomos apresenta-se em qual condição

- () homozigose () heterozigose

2. Um caráter **Dominante** se manifesta em heterozigose ou homozigose e no caso da anemia falciforme apresenta caráter sem a doença (normal ou “falcêmico”). Um caráter **Recessivo** se manifesta apenas em homozigose (em dose dupla).

Considerando os pares de cromossomos, que caráter é apresentado no genótipo do indivíduo é:

- () Caráter dominante puro
() Caráter dominante híbrido (heterozigoto)
() Caráter recessivo

3. A anemia falciforme é uma manifestação autossômica recessiva, ou seja, só se manifesta quando os alelos estão em homozigose. Portanto o indivíduo:

- () Tem anemia falciforme
- () Apresenta o “traço falcêmico”
- () não é portador do traço nem da doença.

APÊNDICE G – Roteiro Didático do Professor e Alunos

Roteiro do Professor

OFICINA 2 – DE ONDE VEM E PARA ONDE VÃO NOSSOS GENES ALELOS?

Dinâmica de atividade: Os alunos deverão estar organizados em grupos considerando o número de estudantes e de kits cromossômicos.

Tempo de execução: 50min (1aula)

Objetivos: Nesta oficina os estudantes são motivados a simular o comportamento dos cromossomos durante a meiose, tomando como base o genótipo de Hana que pode ser homozigótico ou heterozigótico (portadora da característica ou do traço da anemia falciforme). Na atividade, os estudantes montam cromossomos, acompanhando os alelos durante a meiose de modo que as ações executadas permitem aos educandos refletirem sobre termos fundamentais da hereditariedade no contexto da Citologia, correlacionado áreas aparentemente distintas.

Conceitos contemplados: Divisão celular, Meiose, Diploide e Haplóide, Célula Somática, Célula Germinativa, Genótipo, fenótipo, Cromossomos homólogos, Cromátides irmãs, Alelos, *Locus*, Homozigoto, Heterozigoto, Dominância e Recessividade.

Roteiro dos estudantes

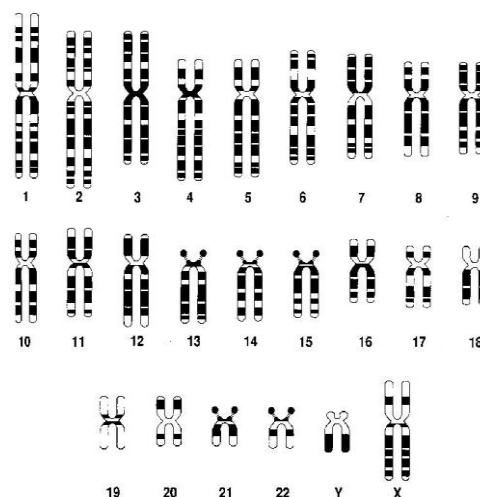
OFICINA 2 – PARA ONDE VÃO OS MEUS GENES ALELOS? COMO OS RECEBO?

Problema.

Como os alelos chegam até nós, influenciando nossas características e a partir de que células são transmitidos ao longo das gerações.

Contexto

Hana cujo avô paterno era portador da anemia falciforme, preocupada com a possibilidade de transmitir ou não o alelo da doença a seus



descendentes, deseja saber como ela pode ter recebido e quais as chances de seus filhos serem afetados pela anemia falciforme ou serem portadores do alelo. Seus pais, Antonio e Mariana são saudáveis. Porém, Antonio, recebeu o alelo afetado do avô da menina que era doente.

Desafio

Considerando as características genéticas da família e sabendo que os alelos em homozigose dominante ou em heterozigose determinam a característica “Sem a doença” ou “portador do traço”, respectivamente; e que o alelo recessivo, determina “a doença” apenas em homozigose recessiva. Defina qual a condição dos alelos no caso de Hana.

() Homozigose dominante () Homozigose recessiva () Heterozigose

Seu desafio é representar o par de cromossomos de Hana de acordo com sua escolha, localizando os alelos nos cromossomos e simular eventos da meiose.

Procedimento

Para representar o par de cromossomos de Hana, você deve localizar o gene responsável pela codificação da cadeia da hemoglobina no local apropriado. Lembre-se, o alelo está localizado no braço curto do cromossomo 11 que é SUBMETACÊNTRICO (Figura1). Sabendo a localização do gene no par de **cromossomos homólogos** e que cada um apresenta **duas cromátides irmãs** ligadas pelo centrômero; por escolha própria, defina, pela cor, a tampinha que deve representar o alelo normal ou defeituoso para a cadeia da hemoglobina do par de cromossomo que você construiu.

TAMPINHA	Cor 	Cor 
ALELO	() normal ou () defeituoso	() normal ou () defeituoso

Apenas algumas células do nosso corpo são **germinativas – Haplóides**, trazendo um exemplar de cada cromossomo na sua constituição genética. Todas as outras células do corpo são **somáticas – Diplóides**, apresentando seus cromossomos em pares.

1. Seu par de cromossomos, representam uma célula na condição: () Haplóide ou
() Diplóide

a) Para que ocorra a meiose, a célula diploide faz uma cópia do DNA em cada cromossomo do par. Ambas as cópias têm alelos idênticos para cada gene, de modo que, as duas cópias em cada cromossomo constituem as cromátides irmãs.

b) Na primeira fase da Meiose há separação dos cromossomos homólogos e formação de duas células filhas. **Simule o afastamento dos cromossomos homólogos de Hana, construídos pelo grupo.** Estas células resultantes da primeira divisão celular são haploides, uma vez que têm um cromossomo de cada par de cromossomos homólogos.

c) Na segunda fase da meiose, em cada uma das duas células, as cromátides irmãs de cada cromossomo são separadas. **Simule a separação das cromátides irmãs em cada cromossomo.** Nesse momento são produzidas quatro células-filhas haploides representadas por cada cromátide irmã.

2. A meiose é um evento característico da formação dos gametas (células germinativas). Considerando a simulação que você realizou com os cromossomos de Hana, registre no quadro abaixo os resultados observados em cada evento da meiose que você simulou.

Evento	Comportamento (condição dos cromossomos)
Cromossomos no início da Meiose I	() emparelhados – Células diploides com dois pares de cromátides irmãs () separados – Células diploides com um par de cromátides irmãs
Cromossomos no final da Meiose I	() emparelhados – Células haploides com um par de cromátides irmãs () separados – Células haploides com um par de cromátides irmãs
Cromossomos no final da Meiose II	() emparelhados – Células haploides com um par de cromátides irmãs () separados – Células haploides contendo apenas uma das cromátides irmãs
Célula resultante	() somáticas ou () germinativas

3. Considerando os alelos que Hana possui nos cromossomos de suas células germinativas, podemos afirmar que ela apresenta:

- () Todas as chances de transmitir o alelo defeituoso
- () Metade das chances de transmitir o alelo defeituoso
- () Nenhuma chance de transmitir o alelo defeituoso.

APÊNDICE H – Projeto de software
DOCUMENTO DE *DESIGN* DE JOGO
(*Game Design Document-GDD*)
Versão: 1.0.0 (Beta)

INTRODUÇÃO

O *software* é um jogo bidimensional (plataforma 2D); que faz com que o jogador desenvolva as habilidades como a coordenação motora e principalmente o conhecimento de forma imperceptível, pois estará se divertindo controlando uma personagem que salta sobre plataformas, desviando de alguns obstáculos no caminho e coletando fichas de conhecimentos para poder avançar.

DESCRIÇÃO

O desenvolvimento do jogo visa todos os públicos que gostam de jogos educacionais especialmente sobre conhecimentos de biologia e genética onde o jogador controla a personagem chamada Hana que tem o desafio de pular sobre plataformas e se livrar de alguns obstáculos na sua rota e coletar fichas, onde cada uma contém um conhecimento diferente de genética, só podendo avançar após ter coletado todas elas, pois as mesmas são essenciais para o avanço dos níveis.

A jogabilidade e o gráfico 2D caracterizam a personagem movendo-se horizontalmente pelo cenário com plataformas que interagem de forma diferente com a Hana. Após a condução de cada nível há uma pergunta com várias alternativas que, respondendo corretamente, permitirá a personagem avançar, de modo que as fichas facilitaram a resposta correta.

Diferentes níveis podem apresentar simulação de cruzamentos através dos *sprites*, representando os cromossomos homólogos ou a coleta de gametas com alelos que poderão figurar ações no jogo.

GÊNERO

O gênero do é jogo educativo, do tipo *click point*, com a presença marcante da aventura, pois a personagem movimenta-se em plataformas desviando de obstáculos

no meio do cenário. Superando barreiras, a personagem obtém fichas/conceito na conclusão de cada nível.

Focado na aprendizagem de conceitos básicos de genética, há necessidade de boa coordenação motora na jogabilidade de rápidos reflexos com comandos simples (Figura Z).

Figura Z: Controles básicos para usabilidade do jogo.



Fonte: O Autor.

PLATAFORMA

O *game* apresenta perspectiva de aplicação, inicialmente, para ser jogado em computador, sendo exclusivo de sistema operacional Windows (7, 8, 8.1 e 10), já que é a plataforma de *games* mais cobiçada nos últimos tempos, no entanto, podendo futuramente ser desenvolvida uma versão para smartphones com sistema iOS e Android.

APÊNDICE I – Manual de Jogo HANA

MANUAL DO JOGO EDUCATIVO -HANA

O jogo fundamenta-se no estilo *indie* de desenvolvimento independente com jogabilidade baseada em controles simples de teclado e mouse. O usuário terá domínio sobre a personagem Hana que evoluirá pelas fases, desenvolvendo o conteúdo de genética.

Controles de jogabilidade:

Teclas de ação:



Tecla de salto do personagem



Tecla de acesso a perguntas



Tecla de movimentação para direita do personagem



Tecla de movimentação para esquerda do personagem



Mover *Sprites* e seleção de respostas

Como Jogar

Início

O jogador inicia, pressionando o botão de JOGAR na tela de abertura. Nessa tela também é exibido o botão SOBRE que exibe uma breve descrição sobre a criação do referido *game* em relação ao projeto pedagógico.



Vidas



No decorrer das fases do jogo, o personagem pode coletar vidas extras, aumentando as chances de conclusão da fase.

Perdendo vidas no jogo

Ao cair das plataformas ou tocar nos obstáculos em movimento, o personagem perde vidas no jogo

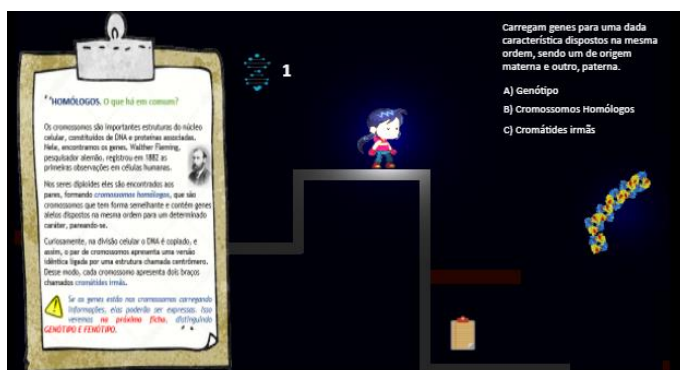
Fichas - conceitos

No decorrer do jogo são apresentados fichas-conceitos com descrição do conteúdo, “cromossomos homólogos”, “genótipo-fenótipo”, “alelos”, “dominante e recessivo”, entre outros.



Cards de perguntas

No decorrer do jogo são apresentados *cards* de perguntas de conteúdo, com questionários que habilitam a continuidade do jogo para o usuário. Ao errar as perguntas o jogador perde vidas.



Fase de coleta de cromossomos

Nessa fase o usuário irá coletar cromossomos, e escolher uma porta com questionário que no fim do estágio, respondido corretamente permite prosseguir no jogo. Use a tecla  para acessar a porta.



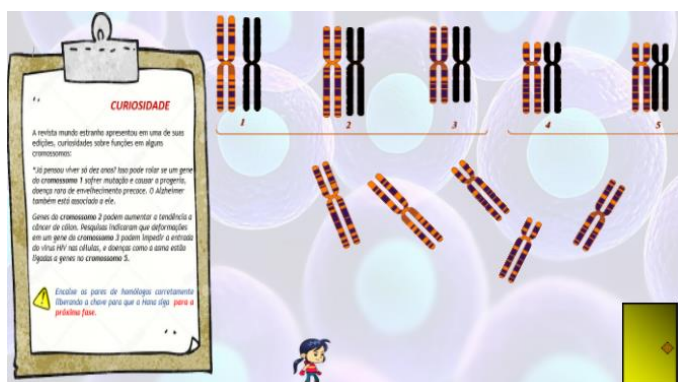
02. Angelina Jolie, de 37 anos, contou em artigo publicado no jornal The New York Times que decidiu fazer a cirurgia preventiva de câncer ao descobrir que era portadora de mutação no gene BRCA1, que traria para ela grave risco para câncer de mama e de ovário. Estudos mostram que o câncer de origem genética não é raro e nos casos do BRCA1 e BRCA2 estão relacionados grande parte dos casos hereditários de câncer de mama e ovário. O genótipo para os casos de câncer:

- a) São de caráter apenas genético.
- b) são de caráter hereditário.
- c) são de caráter esporádico.
- d) São de caráter genético, mas podem não ser hereditários.

CONFIRMAR

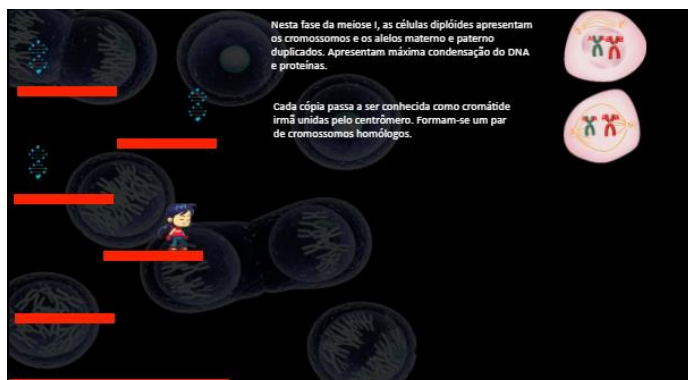
Fase de formação de pares cromossômicos

Nessa fase o jogador, com auxílio do mouse seleciona e arrasta os cromossomos para os espaços em silhueta, do par correspondente, coletando no fim a chave para abertura da porta e conclusão do estágio.



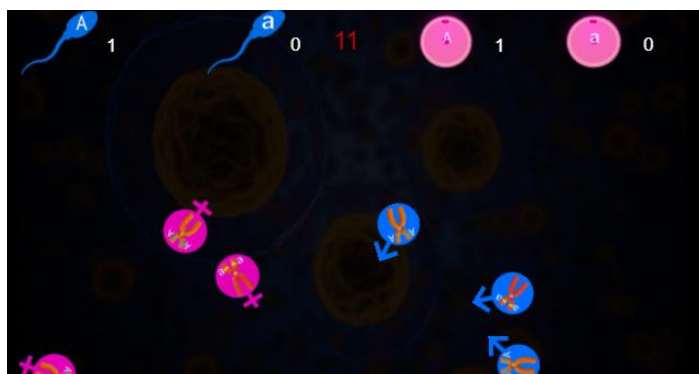
Fase da Meiose

Nesta fase o jogador irá coletar as cadeias de DNA, liberando os conceitos das fases da meiose celular. Ao final uma tecla permite continuar para a fase seguinte.



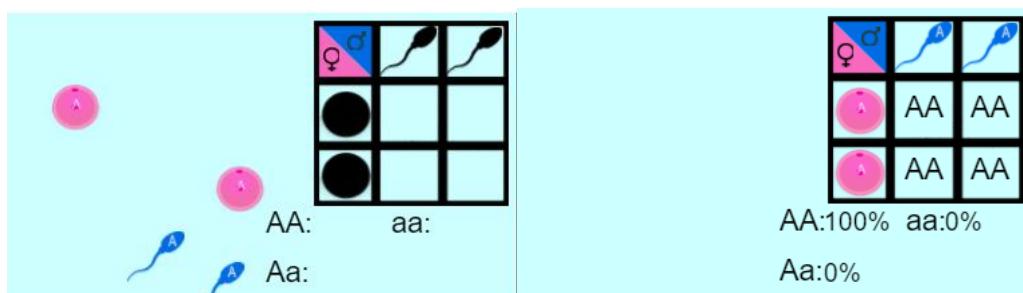
Coleta de Gametas

O usuário realizará, com movimentos do mouse, pressionando e arrastando o cursor para separação das cromátides-irmãs, nessa fase é estimado um tempo de 20 segundos para seleção dos gametas que serão utilizados na próxima etapa.



Formação de quadro de Punnet

Com os gametas coletados na fase anterior o jogador, realizará a movimentação dos mesmos para os espaços em silhueta, preenchendo o quadro de Punnet. As possibilidades genóticas são apresentadas em percentual.



Finaliza-se o jogo após 10 segundos com a exibição de imagem de congratulação



OBS: O game encontra-se em versão 1.0.0 (beta), e possíveis “bugs” podem ocorrer. Neste caso o usuário deve reiniciar o jogo.

APÊNDICE J – Ficha de avaliação qualitativa de teste do Jogo HANA

FICHA DE AVALIAÇÃO DE TESTE JOGO HANA
NOME:
01. Que contribuição o Jogo Hana deu para o entendimento de conceitos básicos de genética?
02. Qual a sua impressão sobre o Jogo Hana? Comente sobre a jogabilidade.
03. Que sugestões você daria para o aperfeiçoamento do game?

ANEXOS

ANEXO A- Termo de anuência da escola



ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MIGUEL ARRAES DE ALENCAR
Educação Profissional Integrada e Subsequente
Insc. Estadual: E16302 CNPJ: 10.572.071/0395-90 Código do INEP: 26525810

TERMO DE ANUÊNCIA

「ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
Miguel Arraes de Alencar
Educação Profissional
Integrada e Subsequente
CNPJ: 10.572.071/0395-90
Insc. Estadual: E16302
「Código INEP: 26525810」

A Direção da ETE- Miguel Arraes de Alencar está ciente e de acordo com a execução do Projeto de Pesquisa "CROMOSSOMOS RECICLADOS E CONSTRUCT 2: UMA PROPOSTA ARTICULADA E INTERATIVA PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BÁSICOS DE GENÉTICA" do pesquisador Walter Barbosa Ferreira, vinculado às atividades do Programa de Pós Graduação, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO/UFPB), pela Instituição associada UFPB, sob a orientação da Profª Drª Darlene Camati Persuhn do Departamento de Biologia Molecular (DBM) do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) da Universidade Federal da Paraíba.

Desse modo, reafirmamos apoio e colaboração na realização da pesquisa.

Timbaúba, 15 maio de 2018.

Anelucia Mª de Souza Correia

Gestora Escolar

Anelucia Mª de S. Correia
Matrícula: 134.573-7
Gestora, Portaria 3510/2017

ANEXO B – Parecer Consubstanciado do CEP

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CROMOSSOMOS RECICLADOS E CONSTRUCT 2: UMA PROPOSTA ARTICULADA E INTERATIVA PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BÁSICOS DE

Pesquisador: WALTER BARBOSA FERREIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 89000218.3.0000.5188

Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.784.294

Apresentação do Projeto:

Pesquisador pretende desenvolver um aplicativo de jogo para ensino de conceitos básicos de genética, disponibilizado em ambiente web livre e utilizar modelos cromossômicos como ponto de ancoragem para conceitos como: gene, genótipo, fenótipo, alelos, locus, cromátides, crossing-over, homozigose, heterozigose, dominância, recessividade, mitose e meiose ou ainda simulação de cruzamentos genéticos.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolver um aplicativo de software para o ensino de conceitos básicos de genética clássica e molecular de forma interativa utilizando a plataforma de jogos Construct 2 articulada ao modelo didático Cromossomos Recicladados como organizador prévio de facilitação da aprendizagem, caracterizando-se uma ferramenta motivadora de mediação do conhecimento.

Objetivo Secundário:

Montar uma oficina de produção dos modelos cromossômicos e apropriação de conceitos relacionados aos modelos como organizador prévio; Permitir aos estudantes aprendizagem com a utilização do modelo didático Cromossomos Recicladados verificando sua viabilidade e adequação ao aplicativo no tratamento de conceitos essenciais a partir de sessões desafios ou questões que solicitem a utilização do modelo cromossômico; Perceber as principais dificuldades dos estudantes

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

**UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA**



Continuação do Parecer: 2.784.294

em relação a conceitos de genética, presentes em narrativas textuais; Promover a aprendizagem por descoberta instigando a motivação e a interatividade no ensino de genética e biologia; Montar uma equipe (estudantes e professor) para desenvolver um aplicativo de software na plataforma Construct 2, abordando conceitos fundamentais de genética clássica e molecular, tendo a mediação docente em todos os momentos; Criar questões e/ou desafios na plataforma que trabalhem conceitos fundamentais de genética clássica e molecular agregados à necessidade de manipulação do modelo Cromossomos Reciclados; Disponibilizar em plataformas livres o produto do aplicativo de jogo desenvolvido no Construct 2; Avaliar a utilização do modelo didático Cromossomos Reciclados como estratégia no tratamento de alguns eventos e conceitos da Biologia; Verificar competências e habilidades na construção do aplicativo de software e na resolução das questões pelos usuários, recebendo como feedback suas percepções.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Desconforto ou constrangimento entre pesquisador-participantes ou participante-participante; Estresse emocional de membro/participante no desenvolvimento e execução de oficina e do software; Desistência e consequente perda de tempo de participantes da pesquisa.

Benefícios:

Produto e avaliação de material didático para apreciação pública no ambiente do Facebook, de modo que ao utilizar o jogo com questões e desafios ser verificado o número de erros e acertos apresentados pelos estudantes baseados em competências e habilidades disponíveis na matriz de referência do ENEM para Biologia.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e metodologia bem fundamentada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória atendem aos requisitos formais do CEP uma vez que o pesquisador respondeu as recomendações do CEP.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sou de parecer favorável a execução desse projeto de pesquisa, salvo melhor juízo.

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOÃO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

**UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA**



Continuação do Parecer: 2.784.294

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1108522.pdf	13/06/2018 15:29:15		Aceito
Parecer Anterior	parecer_walter.doc	13/06/2018 15:28:54	WALTER BARBOSA FERREIRA	Aceito
Parecer Anterior	parecer_projeto_walter.pdf	13/06/2018 15:28:40	WALTER BARBOSA FERREIRA	Aceito
Ouros	termo_anuencia.pdf	13/06/2018 13:54:44	WALTER BARBOSA FERREIRA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	02/05/2018 20:39:57	WALTER BARBOSA FERREIRA	Aceito
TC_E / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	modelotcle.doc	06/04/2018 14:36:06	WALTER BARBOSA FERREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Proj_final_WALTER.docx	06/04/2018 10:28:07	WALTER BARBOSA FERREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 2.784.294

JOAO PESSOA, 25 de Julho de 2018

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador)

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br