

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA

**OBJETO DE APRENDIZAGEM DIGITAL
COMO PROPOSTA DE ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO EM BIOLOGIA**

Belo Horizonte

2017

Daniel Nunes Carvalho

OBJETO DE APRENDIZAGEM DIGITAL
COMO PROPOSTA DE ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO EM BIOLOGIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Profissional Educação e Docência – ProMestre da Faculdade de Educação da UFMG, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Ensino de Ciências

Orientadora: Prof^a. Dra. Carmen Maria De Caro Martins

Belo Horizonte

2017

C331o

T

Carvalho, Daniel Nunes, 1981-
Objeto de aprendizagem digital como proposta de ensino por
investigação em biologia / Daniel Nunes Carvalho. - Belo Horizonte, 2017.
101 f., enc, il.

Dissertação - (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais,
Faculdade de Educação.

Orientadora : Carmen Maria de Caro Martins.

Bibliografia : f. 97-101.

Anexos: f. Inclui anexos.

1. Educação -- Teses. 2. Tecnologia educacional -- Teses. 3. Biologia --
Estudo e ensino -- Teses. 4. Inovações educacionais -- Teses. 5. Biologia --
Metodos de ensino -- Teses. 6. Genética -- Estudo e ensino (Ensino médio) --
Teses. 7. Genética humana -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Teses.

I. Título. II. Martins, Carmen Maria de Caro. III. Universidade Federal de
Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 371.3078

Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

OBJETO DE APRENDIZAGEM DIGITAL COMO PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM BIOLOGIA

DANIEL NUNES CARVALHO

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP, como requisito para obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA, área de concentração ENSINO E APRENDIZAGEM.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2017, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Dra. Carmen Maria de Caro Martins - Orientadora
UFMG


Prof(a). Dra. Eliane Ferreira de Sá
UFMG


Prof. Dr. Alexandre Boavindo de Sousa
UFMG

Belo Horizonte, 22 de fevereiro de 2017.

SUMÁRIO

1. DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	7
1.1 Problema.....	7
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo geral.....	9
1.2.1 Objetivos específicos	9
1.3 Hipóteses	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Os sujeitos da pesquisa e a tecnologia.....	11
2.2 Objetos de Aprendizagem.....	13
2.3 Ensino de Ciências por Investigação	14
2.4 Ensino mediado por Objetos de Aprendizagem	20
3. METODOLOGIA.....	26
3.1 A escolha do tema.....	26
3.2 Fases da pesquisa	26
3.3 Procedimentos Éticos.....	44
3.3.1 Riscos	44
3.3.2 Responsabilidade das instituições	45

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	46
4.1 Nativos Digitais na resolução de problemas	47
4.2 Análise da Investigação	52
4.3 Análise da Ação Mediada.....	78
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6. REFERÊNCIAS.....	99
7. ANEXOS	104
ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	104
ANEXO B – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)	105
ANEXO C – Autorização da Escola para realização da Pesquisa.....	106
ANEXO D – Termo de Compromisso.....	107
ANEXO E – Roteiro de Atividade do Estudo Piloto	108
ANEXO F – Texto do e-mail entregue aos estudantes.....	112

1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Essa dissertação apresenta uma discussão sobre a aplicação de um Objeto de Aprendizagem Digital, bem como as implicações de seu uso no ensino de Biologia, com base na abordagem do Ensino de Ciências por Investigação.

1.1 Problema

Nos últimos anos, observamos um crescente uso de recursos tecnológicos no ensino e aprendizagem de Ciências, num cenário onde os vários *softwares* educacionais procuram desenvolver novas potencialidades.

No ensino médio, segmento relacionado a esta pesquisa, o uso desses recursos tecnológicos têm se tornado imprescindível pela natureza dos estudantes desse nível de ensino. Prensky (2001) chama os adolescentes da educação básica de “nativos digitais”. Segundo este autor, os “nativos digitais” têm contato com a tecnologia desde cedo e por isso aprendem a viver e conviver nos espaços digitais-virtuais, interagindo com a tecnologia.

Por sua vez, Guedes de Sá (2004) afirma que o computador faz parte do cotidiano dos estudantes que vivem em uma sociedade permeada por tecnologia, assim há um comportamento natural na interação dos estudantes com estes recursos. Essa familiaridade induz o uso das tecnologias também em sala de aula. Ainda, é característica do jovem sempre buscar o novo, impulsionando o uso crescente da informática para os mais diversos fins, inclusive didáticos (PINTO, 2000).

Há mais de uma década, Valente (1999) já apontava a necessidade de inclusão de computadores na escola, uma vez que este recurso proporcionaria uma maior diversidade metodológica. Por sua vez, Pourtois e Desmett (1999) discutem sobre a necessidade dos docentes desenvolverem suas estratégias didático-pedagógicas considerando as mudanças dos tempos. Portanto, é demanda importante que o professor, inserido neste novo contexto, integre suas práticas pedagógicas aos novos recursos da tecnologia.

Considerando esse momento particular, onde a tecnologia apoiada pelas pesquisas em educação permite a promoção de grandes ganhos na sala de aula, várias ferramentas digitais podem ser desenvolvidas no intuito de colaborar no processo de ensino e aprendizagem. Dentre elas, destacam-se os Objetos de Aprendizagem, definidos por Wiley (2001) como qualquer recurso digital com potencial para dar suporte em processos de ensino e aprendizagem e que tenha possibilidade de reutilização. Um Objeto de Aprendizagem Digital é parte do produto desta pesquisa.

Entretanto, programas educacionais digitais de baixa qualidade dificultam a integração dos recursos tecnológicos à prática docente. Muitos destes *softwares* apresentam erros conceituais e não se baseiam em estratégias didático-metodológicas adequadas para o ensino. Gonçalves (2005) frisa um aspecto determinante nesta problemática. Segundo ele, dá-se mais relevância à perspectiva técnica do que às perspectivas pedagógicas no desenvolvimento de ferramentas digitais para o ensino.

Portanto, neste momento, a questão suscitada é: Como podemos apresentar um Objeto de Aprendizagem que contemple as demandas do uso de tecnologias pelos estudantes na sala de aula e ainda se ancore a uma estratégia didático-metodológica para o ensino da Biologia?

Paralelamente às questões das tecnologias na educação, e independentemente dos avanços nas pesquisas acerca do processo de ensino e aprendizagem, temos observado no cotidiano escolar um trabalho pautado na memorização, na transmissão e recepção de informações. O ensino limitado em aulas essencialmente expositivas, sem experimentação e sem correlação com o cotidiano é um problema apresentado por Marcondes e Peixoto (2007). Para estas autoras a construção do conhecimento se dá pelas interações sociais, onde é possível compartilhar os significados. Entretanto, nem mesmo o uso do laboratório ou de outras ferramentas experimentais exclui necessariamente o aspecto dogmático do ensino, como diz Delizoicov e Angotti (2002).

Diante desse quadro, Sá, Lima e Aguiar Júnior (2011) nos apresentam o Ensino por Investigação. Estes autores apontam que uma atividade investigativa é uma estratégia de ensino que pode colaborar na diversificação da prática docente no cotidiano escolar. Dentro da perspectiva investigativa, atividades experimentais ou não-experimentais são centradas no estudante, o que possibilita o desenvolvimento da autonomia e capacidade de tomada de decisões, além de propiciar a apropriação de conceitos e teorias da Ciência durante a resolução de problemas.

Assim, acreditando no Ensino por Investigação como perspectiva pedagógica adequada para o ensino de Ciências, e entendendo a inevitável imersão da escola na era digital, aprimora-se a questão levantada anteriormente: Quais características um Objeto de Aprendizagem Digital deve apresentar para proporcionar o desenvolvimento de atividade investigativa em sala de aula?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

A proposta deste trabalho é construir um Objeto de Aprendizagem Digital dentro da temática de alelos múltiplos – inserido no ensino da Genética – aplicá-lo no contexto de sala de aula e avaliar quais características deste instrumento proporciona o desenvolvimento de atividade investigativa no ensino de Biologia.

1.2.1 Objetivos específicos

- Caracterizar um Objeto de Aprendizagem Digital numa abordagem de Ensino de Ciências por Investigação;
- Conceber um Objeto de Aprendizagem na plataforma digital considerando a temática de alelos múltiplos e a abordagem de Ensino de Ciências por Investigação;

- Elaborar um roteiro de atividade para a utilização do Objeto de Aprendizagem Digital em aulas de Genética;
- Avaliar o Objeto de Aprendizagem no contexto de ensino.

1.3 Hipóteses

As hipóteses que norteiam esse trabalho surgiram a partir da observação que os Objetos de Aprendizagem Digitais direcionados ao ensino de Biologia são comumente desenvolvidos na lógica transmissiva do conteúdo, não favorecendo a interação do estudante com os objetos de estudo a partir de levantamento de questões, discussão de hipóteses e formulação de conclusões. Nesse sentido, esses Objetos de Aprendizagem não propiciam ao estudante trabalhar sua autonomia no processo de ensino e aprendizagem, o que é fundamental numa perspectiva investigativa segundo Sá, Lima e Aguiar (2009). Esses autores argumentam que a atividade investigativa, centrada no estudante, propicia o desenvolvimento desta capacidade, além de estimular a tomada de decisões, a avaliação do conhecimento e a resolução dos problemas. Nesse contexto acreditamos que um Objeto de Aprendizagem Digital:

- Possibilita a construção do conhecimento de forma ativa, através de experimentações simuladas, levantamento de questões, discussão de hipóteses e formulação de conclusões.
- Pode ser norteado por uma perspectiva de Ensino de Ciências por Investigação e possibilitar ao estudante o uso de sua capacidade crítica para avaliar o que é estudado;
- Pode apresentar algumas funcionalidades determinantes para o caráter investigativo de uma atividade em sala de aula;

Desse modo, esse trabalho pode contribuir para a formação de professores na medida em que permitirá ao pesquisador a oportunidade de aprofundar teoricamente

e refletir sobre o ensino por meio da abordagem de Ensino por Investigação, sobre os Objetos de Aprendizagem Digitais para o ensino de Biologia e sobre a dinâmica que se estabelece em sala de aula fazendo assim uma reflexão sobre sua própria prática por meio das atividades elaboradas, aplicadas e analisadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Os sujeitos da pesquisa e a tecnologia

A maior relevância do uso de ferramentas digitais no ensino se dá em consonância com o atual perfil dos estudantes matriculados no ensino médio, que são os sujeitos desta pesquisa. Para eles, o uso de recursos tecnológicos é imprescindível, já que estes estudantes são “nativos digitais” Prensky (2001).

Há ainda estudos que consideram estes estudantes como membros da “Geração Zap”, termo originário em *zapping*, “ato de mudar de canal de televisão consecutiva e rapidamente utilizando um comando à distância¹”. Esta denominação, portanto, refere-se ao hábito comum desses sujeitos de se envolverem em múltiplas atividades simultaneamente, e se alternarem constantemente entre elas, seja no ambiente escolar, seja nos momentos de lazer. Para os indivíduos da Geração Zap, o computador é apenas “mais um eletrodoméstico com o qual tem imensa facilidade de lidar e sem o qual não passariam.” (ALVES DA COSTA, 2003).

Tori (2010) diz que enquanto o uso da tecnologia na educação ainda é questionado, novas gerações já chegam às escolas seguras quanto ao uso dos recursos tecnológicos em atividades do cotidiano. Desta forma, torna-se laborioso aos estudantes se adaptarem às escolas que não integrarem estas tecnologias em suas práticas, uma vez que a tecnologia digital já configura plataforma básica para diversas outras ações que os estudantes praticam no ambiente extra-escolar.

¹ *zapping* in Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico. 2003-2015.

Já que a educação é “um serviço e, como tal, sofre e se adequa às concepções paradigmáticas que vive a sociedade” (VALENTE, 1999, p. 35), a tecnologia no ambiente escolar já não é mais uma nova ferramenta, mas sim uma necessidade frente à demanda social da geração à qual pertencem nossos estudantes.

Neste quadro evidenciado pelos autores supracitados, onde as tecnologias digitais se impõem nos ambientes escolares de forma quase pragmática, estudos sobre o uso destas tecnologias no contexto do ensino, bem como a elaboração de ferramentas didáticas dessa natureza, colaboram no desenvolvimento da área de ensino envolvida nesta temática. Mais especificamente, esta pesquisa evidencia aspectos relacionados às ferramentas digitais como mediadoras da aprendizagem e suporte ao trabalho docente.

A opção pelo meio digital se fez não só pela demanda tecnológica da geração que chega à escola, mas também porque buscávamos mitigar as questões de limitação do tempo e do espaço, bem como a carência de materiais e equipamentos do contexto escolar. Estes fatores interferem na prática do ensino de Ciências como descreveremos na seção 2.4.

Entretanto é importante destacar que a presença física dos computadores na escola não representa, em si, inovação tecnológica na educação, e sim a forma como são utilizados no processo de ensino e aprendizagem (OLIVEIRA NETTO, 2010). Também em acordo com esta ideia, Sampaio e Leite (2011) defendem que a simples utilização da tecnologia não é suficiente, pois é necessário inovar na prática pedagógica. Sendo assim, recursos que sustentem o professor nesta postura inovadora em sala de aula se fazem fundamentais.

A baixa qualidade dos recursos educacionais digitais é um dos vários pontos que dificultam a integração dos recursos tecnológicos à prática docente. Inclusive há pesquisas que procuram identificar a razão dessa precariedade. Pressman (2011) detectou que muitos *softwares* apresentam problemas de ordem didática, com erros conceituais e falta de atenção às teorias de ensino e aprendizagem. Isso foi

atribuído à falta de participação mais ostensiva de pesquisadores e professores no processo de construção desses programas, atuando em conjunto com os programadores ou técnicos. Dá-se mais relevância à perspectiva técnica do que às perspectivas pedagógicas (GONÇALVES, 2005).

Esta pesquisa, portanto, contribui na área de tecnologia da educação apresentando um Objeto de Aprendizagem Digital onde o professor se fará presente como figura orientadora de todo o processo, atendendo aos questionamentos referenciados em Pressman (2011) e Gonçalves (2005).

2.2 Objetos de Aprendizagem

Existem variadas definições para Objetos de Aprendizagem. Wiley (2000) propõe uma definição freqüentemente referenciada na literatura. Este autor afirma que Objeto de Aprendizagem é qualquer recurso digital com potencial para dar suporte em processos de ensino e aprendizagem e que tenha possibilidade de reutilização.

Uma definição mais específica, que corresponde à perspectiva de nossa pesquisa, provém do repositório CAREO (2002), citada por Miranda (2004), onde se considera que um Objeto de Aprendizagem é “qualquer recurso digital com valor pedagógico demonstrado”, e ainda, estes Objetos “podem ser uma animação do *Flash*, um *quiz* online ou um filme *Quicktime*”.

Schwarzelmüller e Ornelas (2006) afirmam que Objetos de Aprendizagem são ferramentas de apoio ao processo de aprendizagem que agem estimulando o raciocínio e o pensamento crítico, além de promoverem a relação das tecnologias digitais e da cibercultura com novas abordagens pedagógicas. Sob esta ótica, os Objetos de Aprendizagem constituem recursos valiosos no ensino, podendo proporcionar ao estudante um ambiente favorável à observação, experimentação e proposição. Esses atributos correspondem à estratégia de ensino denominada Ensino por Investigação, e nessa pesquisa procuramos inserir os Objetos de Aprendizagem em um contexto investigativo.

2.3 Ensino de Ciências por Investigação

A imersão na sociedade da tecnologia desde o nascimento modifica a forma como os estudantes “nativos digitais” lidam com a informação e se relacionam com o mundo ao redor. Diferentemente das gerações anteriores, estes jovens “estão acostumados a absorver (e descartar) grande quantidade de informações, a fazer atividades em paralelo” e ainda “gostam de trabalhar em rede e de forma não linear (Tori, 2010, p. 218)”. Por este prisma, o cotidiano escolar pautado na transmissão e recepção de informações e na memorização, independentemente dos avanços nas pesquisas acerca do processo de ensino e aprendizagem, mostra-se pedagogicamente defasado. Marcondes e Peixoto (2007) apóiam essa ideia confirmando a questão problemática do ensino se concentrando demasiadamente em aulas essencialmente expositivas e sem correlação com o cotidiano. Essas autoras defendem a necessidade das interações sociais para o compartilhamento dos significados na construção do conhecimento.

O entendimento desta peculiaridade dos estudantes, evidenciada por Tori (2010), e a constatação apresentada por Marcondes e Peixoto (2007) nos estimula a uma reflexão sobre o processo de ensino. O estudante encontra barreiras na aprendizagem, pois é muitas vezes inserido num contexto de ensino dogmático onde prevalece a transmissão de informações e o papel ativo de todo o processo está restrito à figura do professor.

Neste cenário, Munford e Lima (2007) apresentam o Ensino de Ciências por Investigação como alternativa ao ensino transmissivo que inevitavelmente coloca o estudante como sujeito passivo do processo de ensino e aprendizagem. Para estas autoras, é essencial o envolvimento do aluno com o fenômeno/objeto estudado.

Ao privilegiar este envolvimento, o Ensino por Investigação possibilita a discussão acerca dos fenômenos/objetos da Ciência, e sua interpretação pelos próprios estudantes. O professor, neste âmbito, atua como orientador da aprendizagem e não como figura central, permitindo uma contemplação mais ampla do objeto de estudo,

possibilitando novas formas de construção do conhecimento. O estudante é estimulado a apresentar ideias, argumentar, resolver questões, organizar o conhecimento, inclusive, incentivado a questionar os pormenores das situações investigadas.

Entretanto, a busca sobre o entendimento acerca do Ensino de Ciências por Investigação nos evidencia um quadro polissêmico. Embora haja riqueza de material relacionado a este tema, não há consenso em sua significação. Deste modo, julgamos importante apresentar uma delimitação dos principais aspectos que nos sustentaram nesta pesquisa, bem como quais autores e ideias configuram nossa referência de trabalho.

Iniciamos com Sá, Lima e Aguiar Júnior (2011), que reforçam a condição de falta de consenso no emprego do termo Ensino por Investigação entre os próprios pesquisadores da área. Os documentos nacionais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais, não apresentam exemplos de atividades investigativas nem orientações mais específicas para que os professores possam desenvolvê-las. Nem mesmo nos Estados Unidos, onde esta estratégia de ensino já está bem consolidada, há concordância no tratamento deste tema (SÁ, LIMA e AGUIAR JÚNIOR, 2011). Diante do quadro de indefinições, especificaremos quais perspectivas do ensino por investigação serão considerados dentro do escopo desta pesquisa.

Sá, Lima e Aguiar Júnior (2011), afirmam que a investigação, aplicada às atividades de ensino e aprendizagem, aponta para caminhos diferentes: “...os estudantes podem ser conduzidos a compreender as ideias científicas ou os métodos das ciências.” Buscando maior detalhamento sobre o primeiro caminho, por ser mais representativo naquilo que esperamos enquanto professores, encontramos a investigação inserida nas “diversas estratégias legítimas pelas quais os professores contribuem para que os estudantes aprendam os conceitos, modelos e teorias das ciências” (SÁ, LIMA e AGUIAR JÚNIOR, 2011).

Carvalho et al. (2004) já ampliava os objetivos de uma atividade investigativa para

além da aprendizagem de conceitos e observação de fenômenos, afirmando que o ensino por investigação tem como diretiva estimular a reflexão, a discussão e a argumentação. Desse modo, atividades de caráter investigativo demandariam dos estudantes o planejamento das ações, a observação, o registro de dados e principalmente, “esforço interpretativo”.

Ao examinar os documentos curriculares do NSES², Sá, Lima e Aguiar Júnior (2011) encontram uma perspectiva interessante a respeito da investigação escolar. Dentre outros aspectos, o processo de aprendizado sob esta perspectiva:

“...requer que os estudantes combinem procedimentos e conhecimentos oriundos das ciências, enquanto usam sua capacidade de crítica para avaliar o conhecimento que está sendo produzido e sua adequação do ponto de vista da compreensão do tema investigado.”

(SÁ, LIMA e AGUIAR JÚNIOR, 2011, p. 3 e 4)

Este pressuposto intensifica nosso entendimento do Ensino por Investigação como estratégia que, de fato, transfere o protagonismo do processo de aprendizagem aos estudantes, conferindo-lhes um grau de responsabilidade muito grande na resolução das atividades propostas, além de proporcionar situações para o desenvolvimento da autonomia.

Até aqui, levantamos três aspectos relevantes do Ensino por Investigação segundo as perspectivas que apresentamos. Esta estratégia de ensino visa o aprendizado de conceitos, modelos e teorias das ciências a partir de reflexões, discussões e argumentações entre os estudantes. Desta maneira, os estudantes são levados à condição de protagonistas no processo de aprendizagem e também são estimulados ao desenvolvimento de sua autonomia.

² *National Science Education Standards*

Sá, Lima e Aguiar Júnior (2011) apresentam discussões promovidas num grupo de tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências a respeito do Ensino por Investigação. Nestas discussões, uma tutora fez referência ao deslocamento do protagonismo, ao qual já nos referimos, quando o estudante se engaja na solução de um problema. Indo além, neste mesmo relato, ela reflete sobre o papel do professor nas atividades investigativas. Segundo as ideias dela, permitir que os estudantes sigam “pistas falsas” e não informar imediatamente os caminhos que devem percorrer são atitudes do professor que permitem a vivência do problema pelos estudantes. Estamos de acordo com esta postura.

Ainda dentro da discussão promovida pelos tutores desse curso de especialização, Sá, Lima e Aguiar Júnior (2011) encontram um consenso sobre o ponto de partida das atividades investigativas. Os tutores estabelecem que estas atividades iniciam-se em “situações nas quais os alunos reconhecem e valorizam um dado problema”. Este reconhecimento e valorização estão ligados à possibilidade dos estudantes se apropriarem do problema e do grau de dificuldade em resolvê-lo: “o problema não pode desencadear uma resposta imediata, senão o aluno não tem motivos para realizar uma investigação”.

A discussão dos tutores culmina numa característica bastante significativa acerca do Ensino por Investigação. A conclusão deles aponta no sentido de que esta estratégia de ensino requer um conjunto de elementos articulados para ocorrer. Dentre eles, o professor, os estudantes, o material didático e as circunstâncias em que ocorre a atividade (SÁ, LIMA e AGUIAR JÚNIOR, 2011).

Buscando maior especificidade na atuação dos estudantes na resolução de atividades investigativas, recorreremos a Maués e Lima (2006). Estes autores apontam aspectos da atividade investigativa que, além de evidenciar o envolvimento dos estudantes na própria aprendizagem, se estendem para outros parâmetros. Segundo afirmam, a investigação também leva os estudantes a construir questões, levantar hipóteses, analisar evidências e comunicar seus resultados.

Sá et al (2007) também levantam aspectos equivalentes, apresentando atribuições dos estudantes através de itens correspondentes a etapas de trabalho:

“1- planejar o curso de suas ações; 2- escolher os procedimentos e selecionar equipamentos, necessários à realização de um experimento ou de uma observação controlada; 3- registrar dados usando uma estratégia adequada (tal como a confecção de tabelas e gráficos); 4- interpretar os resultados; 5- tirar conclusões e avaliar em que medida a investigação realizada promoveu “respostas” ao problema ou uma nova maneira de compreendê-lo.

(SÁ et al, 2007, p. 4)

E por fim, a partir de documentos curriculares estadunidenses (NRC³), Sá (2009) identifica as cinco ações essenciais dos estudantes numa atividade investigativa:

- Engajam-se em questões de orientação científica;
- Dão prioridade às evidências ao responderem as questões;
- Formulam explicações a partir de evidências;
- Conectam suas explicações ao conhecimento científico;
- Comunicam e justificam suas conclusões.

(SÁ, 2009, p. 51)

Quanto às possíveis abordagens de uma atividade de caráter investigativo, Sá (2009) nos apresenta uma escala. Nela, as atividades caracterizadas pela proposição do problema e métodos de investigação a partir do professor são consideradas mais estruturadas, enquanto numa abordagem mais aberta, o problema principal é apresentado pelo professor, mas a metodologia da pesquisa seria responsabilidade dos estudantes. Esta gradação culmina num cenário onde o professor apenas propõe temas ou apresenta fenômenos, cabendo aos estudantes a definição de uma questão central e dos métodos de investigação.

Por outro ponto de vista, também apresentado por Sá (2009) a partir de documentos curriculares nos Estados Unidos (NRC³), há ainda outros níveis de abertura da atividade investigativa conforme maior ou menor responsabilização dos estudantes em relação ao direcionamento do professor ou do material didático.

Independente da abordagem da atividade investigativa, reconhecemos que esta estratégia de ensino se aproxima adequadamente daquilo que esperamos proporcionar aos nossos estudantes numa experiência de aprendizado. Acreditamos que ao inseri-los numa atividade de investigação, incentivamos a aprendizagem de maneira mais significativa. Sá et al (2007) trata deste assunto com os seguintes dizeres:

“O que distingue uma atividade investigativa das outras é um conjunto de características e circunstâncias que contribuem para que o aluno inicie uma atividade dotada de motivações, inquietações e demandas que vão acabar por conduzi-lo a construção de novos saberes, valores e atitudes.”

(SÁ et al, 2007, p. 4)

Enfim, o uso de um Objeto de Aprendizagem pode promover a aproximação entre fenômeno e/ou objeto de estudo e a realidade da sala de aula sem perder o caráter pedagógico do processo de ensino e aprendizagem, permitindo situações que, sem o instrumento digital, poderiam se tornar inviáveis.

Os Objetos de Aprendizagem Digitais já estão naturalmente inseridos dentro das possibilidades do Ensino por Investigação quando observamos que, nas cinco categorias de atividades investigativas propostas por Sá, Lima e Aguiar (2009), há “simulação em computador”. Entretanto, ao inserirmos nosso Objeto de Aprendizagem nesta categoria entendemos que essa simulação se desdobre em múltiplas possibilidades, inclusive permitindo a ação direta do estudante no *software*, e não apenas a contemplação de algum fenômeno ou forma.

³ *National Research Council*

Segundo Silva (2013), o uso de Objetos de Aprendizagem permite ao estudante compreender a relação entre causa e efeito de conceitos e fenômenos, testar diferentes situações, arriscar. Desta forma, este recurso tecnológico foi utilizado como instrumento de interatividade, situando o estudante no centro do processo de construção do conhecimento, estimulando-o a se tornar mais autônomo na aprendizagem. O desenvolvimento da autonomia do estudante é parâmetro essencial no ensino por investigação (SÁ, LIMA e AGUIAR, 2009).

Gallotta e Nunes (2004) ainda reforçam este argumento dizendo que dentre as principais vantagens do uso de Objetos de Aprendizagem está a possibilidade de interação com a ferramenta, propiciando um “papel bastante ativo” por parte dos estudantes.

Assim, atendendo a outro questionamento referenciado em Pressman (2011) e Gonçalves (2005), procuramos desenvolver um Objeto de Aprendizagem que permitisse aos estudantes a oportunidade de aprender Ciências a partir de levantamento de questões, discussão de hipóteses e formulação de conclusões, ou seja, através do processo da investigação. Isto configura, portanto, “atenção às teorias de ensino e aprendizagem” e maior relevância às “perspectivas pedagógicas” mencionadas anteriormente.

2.4 Ensino mediado por Objetos de Aprendizagem

Para entendermos a relação dos estudantes com o Objeto de Aprendizagem durante o desenvolvimento da atividade investigativa, nos apoiaremos na Teoria da Ação Mediada, de James Wertsch. Nossa opção por recorrer a este referencial se dá devido ao caráter mediacional que o Objeto de Aprendizagem assume no contexto das atividades propostas.

James Wertsch, sob a perspectiva de Lev Vygotsky, aponta que a mediação é inerente à ação humana. Este conceito é apropriado por diversos outros autores na

literatura (MARTINS e MOSER, 2012; PAULA e TALIM, 2012; PAULA e MOREIRA, 2014).

Os estudos de Paula e Moreira (2014) apontam que a mediação ocorre quando uma interação entre dois elementos deixa de ser direta devido à atuação de um terceiro. Esta relação indireta, portanto, envolve o uso de um recurso mediador. A mediação, portanto, é um processo em que estes elementos se relacionam de maneira dinâmica.

Sessa e Trivelato (2011) e Paula e Araújo (2013) ainda trazem a posição de Wertsch a respeito da análise de uma ação humana/ação mediada. Ele define que os elementos primordiais numa investigação deste gênero devem levar em consideração, preponderantemente, os *agentes*, que seriam os sujeitos ativos no processo de mediação, e as *ferramentas culturais*, também denominadas *recursos mediacionais* (PAULA e TALIM, 2012; PAULA e MOREIRA, 2014).

Partindo desses pressupostos, e entendendo a aprendizagem como uma seção significativa da ação humana (MARTINS e MOSER, 2012), ou mais especificamente da “mediação pedagógica” (PINTO e GOUVÊA, 2014), passamos a considerar a interação dos estudantes com os Objetos de Aprendizagem no desenvolvimento de atividades de ensino sob o prisma da Teoria da Ação Mediada, proposta por Wertsch. No âmbito desta pesquisa, situamos os estudantes como os *agentes*, sujeitos ativos, enquanto o Objeto de Aprendizagem constitui o *recurso mediacional* no processo de ensino.

A relação entre os *agentes* e os *recursos mediacionais*, ou seja, entre estudantes e os recursos didáticos (dentre eles os Objetos de Aprendizagem), caracteriza-se por aquilo que Wertsch chama de uma “tensão irreduzível” (PEREIRA e OSTERMANN, 2012; PAULA e ARAÚJO, 2013; TRAZZI, 2015; TRAZZI e OLIVEIRA, 2016). Esta permanente tensão entre os elementos da ação mediada é caracterizada por nos fazer considerar na ação mediada a atuação conjunta dos agentes e dos recursos mediacionais, onde a separação desses elementos somente se faz possível numa

sistematização didática para a análise da pesquisa. Os estudantes, durante a atividade investigativa proposta, se envolvem diretamente com o Objeto de Aprendizagem, dependem, por assim dizer, dessa ferramenta para que a ação se dê; concomitantemente, o Objeto de Aprendizagem por si não é capaz de promover aprendizado, o que depende, por sua vez, da laboração dos estudantes como agentes da ação. Desta forma, considerar a “tensão irreduzível” entre os elementos da ação mediada nos responsabiliza como professores em pensar os processos de ensino e aprendizagem de forma mais abrangente, para além da dimensão individual dos estudantes, já que não é possível considerar somente os estudantes ou somente o recurso que faz a mediação no processo de aprendizagem.

Ao imputar um papel de mediação a um Objeto de Aprendizagem, assumimos que a interação desta ferramenta com os estudantes pode culminar em experiências relevantes de aprendizagem.

Analisando o recurso mediacional em si, os estudos de Sessa e Trivelato (2011), Pereira e Ostermann (2012), Paula e Moreira (2014) e Trazzi (2015), trazem considerações importantes de Wertsch, das quais apresentaremos as mais significativas para nossa pesquisa. Segundo esses autores, o recurso mediacional é capaz de promover ou constranger uma ação, novos recursos mediacionais transformam a ação mediada e a relação entre os recursos mediacionais e os agentes pode ser caracterizada em termos de domínio e apropriação.

A partir da premissa que o recurso mediacional constrange ou promove a ação mediada, Sessa e Trivelato (2011) indicam um caminho para analisarmos um recurso mediacional na promoção ou constrangimento de uma ação. Segundo estas autoras, à medida que tecemos comparações entre as antigas e as novas ferramentas culturais numa determinada ação, poderemos verificar o potencial do recurso mediacional em questão. Nesta dicotomia, assumiremos como antigas as ferramentas de ensino transmissivo, e novas, o Objeto de Aprendizagem que desenvolvemos.

Percebemos um grande paradoxo na escola que busca o desenvolvimento da autonomia dos estudantes enquanto atribui a eles apenas a tarefa de ouvir as aulas expositivas e reproduzir os conteúdos na realização dos exercícios que constam no livro didático. Esses recursos mediacionais, utilizados nestas condições, constroem a ação dos estudantes em se apropriar do objeto de estudo. Neste cenário, os Objetos de Aprendizagem podem constituir um recurso mediacional que promova a ação dos estudantes de maneira mais ampla na construção do próprio conhecimento, através das discussões e interpretações dos fenômenos que lhes são apresentados, conferindo a eles um papel bastante ativo no processo (GALLOTTA e NUNES, 2004; SILVA, 2013; PAULA e MOREIRA, 2014). Assim, concebidos de maneira apropriada, há potencial nos Objetos de Aprendizagem para possibilitar a ação dos estudantes num processo de ensino mais autônomo, ao invés de constrangê-los em relação à ação.

Em relação à afirmação de Wertsch, onde novos recursos mediacionais transformam a ação mediada (SESSA e TRIVELATO, 2011; PEREIRA e OSTERMANN, 2012; PAULA e MOREIRA, 2014; TRAZZI, 2015), entendemos que esta transformação, através do uso dos Objetos de Aprendizagem no ensino, pode contribuir numa experiência de aprendizagem mais abrangente. Consideramos que as atividades associadas aos Objetos de Aprendizagem podem permitir aos estudantes o planejamento das ações, as escolhas e as tomadas de decisões de maneira muito dinâmica, expandindo as possibilidades de uma investigação conforme pretendemos com essa pesquisa. Se, na transmissão dos conteúdos através de aulas expositivas a ação dos estudantes sobre o conteúdo se dá de maneira passiva, pretendemos transformar, através da inserção de um Objeto de Aprendizagem no contexto investigativo, a ação dos estudantes em relação ao objeto de estudo, conferindo a eles o protagonismo no processo de aprendizagem.

Pereira e Ostermann (2012) ainda levantam uma questão importante, partindo da assertiva de que a ação mediada é transformada a partir de novos recursos mediacionais: “De que modo novas ferramentas culturais podem transformar as

ações mediadas conduzidas no contexto da sala de aula?”. Nossa pesquisa pretende contribuir com uma, das múltiplas respostas possíveis para essa questão.

Considerando agora que a relação entre agentes e recursos mediacionais ocorre em termos de domínio e apropriação, os autores Paula e Moreira (2014) nos esclarecem que Wertsch distingue estes dois termos assim como há distinção entre a palavra alheia e a palavra própria, referenciando-se em Bakhtin.

“...na linguagem, a palavra é inicialmente do outro, tornando-se progressivamente própria quando o falante a povoa com sua própria intenção, sua acentuação. Antes desse momento, a palavra existe na boca dos outros, provém de outros contextos, serve a outras intenções. É desses lugares que o falante precisa resgatar a palavra se quiser transformá-la em palavra própria.”

(PAULA e MOREIRA, 2014, p. 24)

No ensino, ao contrário do que observamos normalmente nas escolas, a apropriação dos conceitos científicos não deveria configurar a meta nas aulas de Ciências, uma vez que essa apropriação, feita de forma acrítica, distancia os estudantes do fazer científico (PAULA e MOREIRA, 2014). Estes autores sugerem o “domínio crítico dessa subcultura” ao se referirem a um cenário adequado para o ensino de ciências na educação escolar. Além desse aspecto, afirmam ainda que o domínio é uma “consequência do uso repetido, em diferentes contextos, de ações mediadas por recursos mediacionais específicos”, e completam, preconizando que os estudantes “deveriam ser conduzidos a agir, a exercer seu protagonismo na atividade escolar”. Acreditando que um Objeto de Aprendizagem é uma opção de diferente contexto de ensino num sistema dominado pela transmissão de conteúdos, e que essa ferramenta digital é capaz de proporcionar aos estudantes o protagonismo na atividade escolar, nossa pesquisa buscou desenvolver um material relevante para o aprendizado de Ciências na perspectiva investigativa.

Pinto e Gouvêa (2014) ainda afirmam que há um esvaziamento dos sentidos dos processos de ensino e aprendizagem quando a ação mediada é entendida apenas como transmissão de conhecimento.

“...se entendermos mediação como a mera transmissão de conhecimento de um indivíduo que sabe para outro que não sabe, corremos o risco de transformar a mediação em um processo de mão única, sem diálogo e sem levar em consideração as peculiaridades do receptor da informação, protagonista e agente...”

(PINTO e GOUVÊA, 2014, p. 57)

Por fim, Pereira e Ostermann (2012) buscam em Wertsch um aspecto relativo aos *agentes*, que aqui consideramos os estudantes. Baseando-se nesse autor, afirmam que “o desenvolvimento de certas habilidades específicas surge da experiência”, e apontam que o uso restrito de aulas expositivas está em desacordo com a intenção de promover este desenvolvimento.

“Ao invés de apenas apresentar os diversos itens do kit de ferramentas da ciência e esperar que os alunos os dominem espontaneamente, o ensino de ciência deveria oferecer mais oportunidades para os alunos atuarem com essas ferramentas, seja através de debates em grupo, resolução de problemas ou atividades experimentais nos laboratórios didáticos e de informática. A sala de aula poderia ser pensada em termos de “espaço de trabalho” ao invés de ser usada como um “auditório”.

(PEREIRA e OSTERMANN, 2012, p. 35)

Em acordo de ideias, Paula e Talim (2012), trazem outra importante contribuição ao assunto afirmando:

“...a organização do ambiente de ensino e aprendizagem pode ser concebida como um processo de escolha de recursos mediacionais que dão origem a atividades e ações mediadas, por meio das quais os estudantes se apropriam da subcultura das ciências, constroem conhecimentos e desenvolvem capacidades fundamentais à vida na sociedade contemporânea. (...) Desde essa perspectiva, o planejamento pedagógico no ensino de ciências passa a ser concebido como um processo de concepção e integração de recursos mediacionais variados e de ações mediadas...”

(PAULA e TALIM, 2012, p. 643-645)

Partindo desta perspectiva, nossa pesquisa contribuirá na concepção de “espaço de trabalho” ao invés de “auditório”, na “organização do ambiente de ensino e aprendizagem” e no “planejamento pedagógico no ensino de ciências” ao oferecer um recurso mediacional através do qual é possível o desenvolvimento de atividades investigativas.

3. METODOLOGIA

3.1 A escolha do tema

Aspecto importante a ser elucidado é nossa motivação na escolha do conteúdo de Genética, dentro da disciplina de Biologia, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Primeiramente, a popularização da Ciência através da divulgação na mídia e na internet promove uma divulgação apenas superficial dos processos científicos, sem responsabilidade com um aprendizado bem estruturado (MARTINS e PAIVA, 2005). Isto acaba por instigar os estudantes sem necessariamente instruí-los, criando-se uma lacuna importante na formação do indivíduo. Questões muito presentes no cotidiano dos nossos estudantes, tais como melhoramento animal e vegetal, mapeamento gênico, DNA e transmissão de características hereditárias, entre outros, são divulgados constantemente e requerem um aprendizado de Genética para que sejam compreendidos. Aprender Genética, portanto, é fundamental (GRIFFITHS et al., 2001).

Por outro lado, apesar desta necessidade, uma pesquisa realizada por Giacóia (2006), constatou-se que estudantes de Ensino Médio não eram capazes de explicar os mecanismos de herança biológica, as Leis de Mendel e nem mesmo o conceito de gene. Isto exemplifica como a Genética é uma área da Biologia que apresenta deficiências no processo de ensino e aprendizagem.

A partir deste quadro, esta pesquisa busca contribuir com o ensino da Genética elaborando, aplicando e analisando uma ferramenta pedagógica concebida dentro das necessidades específicas dos estudantes desta geração tecnológica e de acordo com as perspectivas do Ensino de Ciências por Investigação.

3.2 Fases da pesquisa

É possível delimitar nesta pesquisa três momentos distintos. O primeiro momento corresponde à elaboração do Objeto de Aprendizagem e do roteiro de atividade. No

segundo momento, que denominamos Estudo Piloto, buscamos informações sobre a viabilidade dos materiais produzidos no contexto de ensino e também da viabilidade dos processos escolhidos para coleta de dados no ambiente escolar. Já o terceiro momento correspondeu à etapa de coleta de dados, onde os materiais produzidos foram revistos, reformulados e utilizados novamente na sala de aula, onde procuramos aprofundar a observação aos aspectos investigativos da tarefa mediada pelo Objeto de Aprendizagem.

- Primeiro momento: Concepção do Objeto de Aprendizagem

Inicialmente, dentro do conteúdo de Genética, delimitamos o tópico de Alelos Múltiplos como tema para a elaboração do Objeto de Aprendizagem. Nosso propósito foi de proporcionar aos estudantes uma investigação envolvendo conceitos científicos, através da pesquisa sobre o padrão de dominância e recessividade dos alelos utilizando cruzamentos entre diferentes indivíduos.

A determinação da cor da pelagem dos coelhos foi definida como base de sustentação para o desenvolvimento do Objeto de Aprendizagem uma vez que representa um dos exemplos mais didáticos e acessíveis aos estudantes para a introdução do tópico de Alelos Múltiplos.

A partir deste ponto, foram selecionados todos os elementos que compuseram o Objeto de Aprendizagem. Definimos a quantidade de telas, a dinâmica dos movimentos, a distribuição dos ícones, entre outros detalhes. Em suma, foram definidos os *wireframes* da ferramenta, que segundo Memória (2005) são “rascunhos de uma tela específica”, ou ainda, “um esqueleto que organiza os elementos de interface, sem a interferência do projeto visual”. Em seguida, o Objeto de Aprendizagem foi elaborado na plataforma digital e gerou-se o arquivo com extensão SWF para ser executado em navegadores de internet com *plugin Flash Player*.

O Objeto de Aprendizagem simula uma situação onde o estudante pode escolher quais casais de coelhos deseja cruzar a fim de saber quais cores de pelagem obterão nos filhotes. A partir dessa informação, podem definir a relação entre os alelos relacionados ao padrão de cor da pelagem nos coelhos.

Uma vez que a determinação da pelagem dos coelhos é feita a partir de quatro alelos (selvagem, chinchila, himalaio e albino), e que isso determina um pool de dezesseis genótipos diferentes, optamos por restringir os genótipos apresentados pelo Objeto de Aprendizagem e possibilitar a escolha somente de coelhos homozigotos nas gaiolas, para cruzamentos. Esta restrição foi motivada pelo tempo disponível que os estudantes teriam para realizar a atividade.

O Objeto de Aprendizagem, portanto, corresponde a uma situação de campo, onde coelhos de diferentes cores de pelagem podem ser cruzados, gerando filhotes que já apresentam cor de pelagem bem definida. A coloração da pelagem dos filhotes é gerada pelo *software* a partir dos genótipos dos coelhos selecionados e segundo um padrão de dominância completa já definido, onde o alelo para pelagem selvagem é dominante sobre todos os outros e o alelo para pelagem albina, recessivo em relação a todos os outros. O alelo para pelagem chinchila é recessivo apenas em relação ao alelo selvagem, e o alelo para pelagem himalaia, é dominante somente em relação ao alelo albino.

A figura 01 é uma imagem da primeira tela que os estudantes tiveram acesso no Objeto de Aprendizagem. É importante notar que não há qualquer instrução prévia para utilização dos recursos do *software*, nem um manual de instruções para uso. O Objeto de Aprendizagem busca dar autonomia aos estudantes na utilização da ferramenta e, para permitir isso, apresenta comandos intuitivos.

Durante o desenvolvimento da ferramenta, prezamos por permitir ampla ação dos estudantes, disponibilizando diversas opções onde cada um pudesse desenhar seu próprio caminho na interação com o *software*. Assim, logo na tela inicial é possível perceber que não orientamos os estudantes a escolher uma determinada cor de

pelagem, ao invés disso, disponibilizamos todas as opções de coelhos homozigotos fêmeas e machos para livre escolha.



Figura 01 – Tela inicial do Objeto de Aprendizagem.

A aproximação do cursor do mouse em direção a qualquer um dos coelhos faz a porta da gaiola correspondente abrir-se de imediato, indicando que o coelho em questão pode ser acessado (figura 02).



Figura 02 – Selecionando coelhos.

Com um clique simples sobre a imagem do coelho, o estudante obtém informações sobre o indivíduo que selecionou, conforme o exemplo na figura 03. Nesta tela o estudante também tem acesso aos comandos de cancelar ou aceitar a seleção do coelho correspondente através dos símbolos “X” e “V”, comuns em outros dispositivos eletrônicos.



Figura 03 – Informações do coelho selecionado.

Uma vez selecionado um primeiro coelho, ele é retirado da gaiola e permanece no gramado, em frente às demais gaiolas, para que o estudante efetue a escolha de um segundo coelho para realizar o cruzamento.



Figura 04 – Coelho selecionado aguardando a definição do casal para cruzamento.

Quando um segundo coelho é selecionado com o clique simples do mouse, as informações referentes também são exibidas, como ocorreu anteriormente, na primeira seleção.

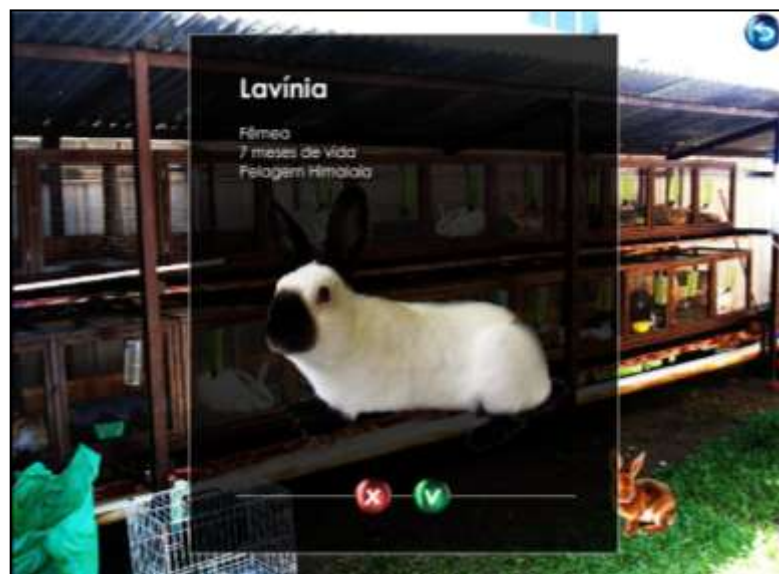


Figura 05 – Informações do coelho selecionado.

Uma vez que o estudante confirme a escolha do segundo coelho, clicando sobre o botão “V”, outra tela é exibida. Lá, o estudante tem acesso novamente às

informações de cada coelho e as opções de permitir, ou não, o cruzamento entre os dois coelhos selecionados. Esta opção também é feita a partir dos botões “X” ou “V”, para cancelamento ou confirmação respectivamente.

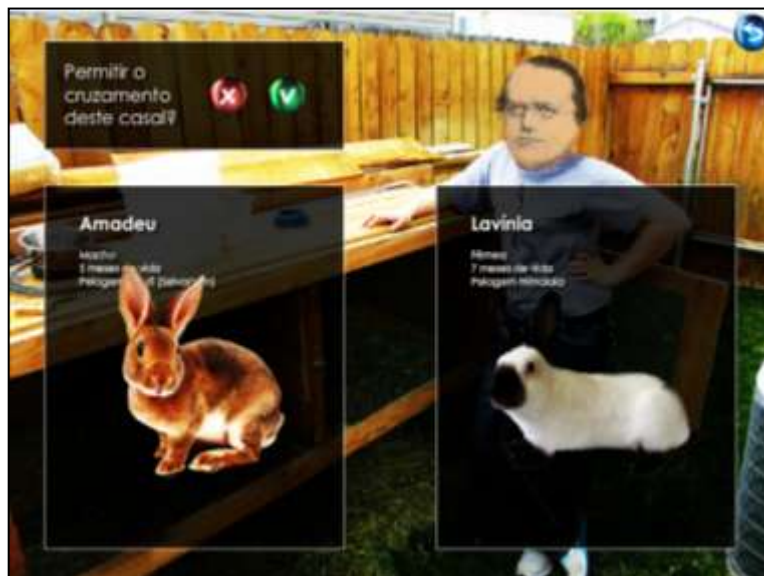


Figura 06 – Tela para confirmação de cruzamento.

Quando o estudante opta por permitir o cruzamento do casal, ambos são colocados juntos na gaiola, conforme a figura 07.



Figura 07 – Casal de coelhos selecionados na gaiola para cruzamento.

A partir deste ponto, a tela escurece e surge a mensagem “Aguardando nascimento dos filhotes...” por cerca de sete segundos. Este tempo foi definido para proporcionar aos estudantes uma vivência de expectativa por resultados após a preparação de um experimento. Ao final do tempo estipulado, a tela exibe os filhotes gerados pelo casal que o estudante selecionou.



Figura 08 – Filhotes gerados a partir do cruzamento.

O botão situado no canto direito superior da tela, com uma seta (símbolo também comum em dispositivos eletrônicos), refere-se ao comando voltar, e foi facilmente identificado pelos estudantes durante as atividades com o Objeto de Aprendizagem. Pressionando-o, o estudante tem acesso à tela inicial, e pode selecionar outros coelhos para outros cruzamentos, ou ainda, realizar o mesmo cruzamento novamente.

Outro aspecto relevante é a identificação dos coelhos com nomes próprios. Através da figura 09 esta característica é perceptível. Esta figura corresponde a uma montagem com várias telas do Objeto de Aprendizagem capturadas. A opção por nomes próprios foi feita a fim de possibilitar aos estudantes maior facilidade durante as discussões no contexto de sala de aula, uma vez que poderiam se referir aos coelhos de forma mais direta. Ao invés de dizerem “coelho macho de pelagem

selvagem”, diriam “Amadeu”, ou então, ao invés de “coelho fêmea de pelagem himalaia”, diriam “Lavinia”.



Figura 09 – Coelhos selecionáveis no Objeto de Aprendizagem.

O Objeto de Aprendizagem está disponível para download através do link: zip.net/bhtDh4. Para o correto funcionamento do *software* é necessário fazer o download de dois arquivos (extensões *.swf* e *.html*) e atualizar o *plugin Flash Player* do seu navegador de internet. Em seguida, execute o arquivo com extensão *.html*.

Juntamente com o Objeto de Aprendizagem, os estudantes receberam um roteiro de atividade, onde era apresentado o problema principal da atividade investigativa. O Anexo E é o roteiro que cada dupla de estudantes recebeu durante a realização do Estudo Piloto.

A primeira seção deste roteiro de atividade, intitulada “O que devemos saber antes dessa nova pesquisa...” traz informações que consideramos como requisitos aos estudantes para a análise dos dados que obteriam no uso do Objeto de Aprendizagem. Ao colocarmos essa seção, pretendíamos, também, reduzir o tempo necessário para o desenvolvimento da atividade, que, como dito anteriormente, seria desenvolvida em torno de uma hora.

O roteiro de atividade segue com a seção intitulada “Questões de pesquisa...”. Novamente, nossa intenção era direcionar a atividade para que os estudantes pudessem manter a atenção nos pontos mais relevantes e dar maior presteza à atividade.

A terceira seção, “Reconhecendo o campo de pesquisa...” foi a primeira, em ordem linear, a requerer resolução. Nela, solicitou-se ao estudante que descrevesse o fenótipo correspondente a cada uma das cores de pelagem dos coelhos do Objeto de Aprendizagem.

A seção intitulada “Pesquisando e registrando...” solicitou aos estudantes que registrassem, conforme utilizassem o Objeto de Aprendizagem, quais casais seriam selecionados para o cruzamento, quais cores de pelagem eram obtidas nos filhotes gerados e quais as hipóteses e conclusões que a evidência exibida na tela do Objeto de Aprendizagem suscitaria. Durante o Estudo Piloto foi esclarecido aos estudantes que não havia limitação no número de cruzamentos que poderiam ser realizados nesta seção. Para isso, eram disponibilizadas várias folhas avulsas para completarem a atividade, caso necessário.

Em seguida, o roteiro de atividade traz a seção “Quais foram as conclusões da sua pesquisa em relação...” solicita ao estudante que respondam às questões de pesquisa propostas no início deste roteiro. Mais especificamente, elas indagam sobre os possíveis genótipos e fenótipos envolvidos na questão da determinação da cor da pelagem dos coelhos e sobre a relação de dominância e recessividade entre cada um dos quatro alelos existentes.

Em “Aplicando os resultados da pesquisa...” é exposto ao estudante um problema onde, a partir dos filhotes gerados no Objeto de Aprendizagem, era pedido que selecionassem dois casais, um onde a maioria dos filhotes apresentou pelagem himalaia, e outro, com maioria de filhotes albinos. Esta seção motivou o desenvolvimento do material para o terceiro momento da pesquisa, conforme descreveremos adiante.

Por fim, a seção “Uma nova proposta de pesquisa...” instiga o estudante a pensar como elaborar um experimento e a criar hipóteses sobre a questão de pesquisa apresentada.

- Segundo momento: Estudo Piloto

Munidos do Objeto de Aprendizagem e do roteiro de atividade, prosseguimos na primeira aplicação da atividade investigativa no contexto de sala de aula. Denominamos essa ação de Estudo Piloto.

O Estudo Piloto, portanto, foi realizado com dois objetivos essenciais: averiguar a viabilidade do uso do Objeto de Aprendizagem construído em uma situação real de ensino e dos métodos de coleta de dados no ambiente escolar. O Objeto de Aprendizagem elaborado foi utilizado em aulas de Biologia para estudantes do 3º ano do ensino técnico integrado ao ensino médio de uma instituição federal de ensino de Belo Horizonte. A atividade proposta pelo pesquisador foi aplicada em cinco turmas, no período da manhã e da tarde. Dados relativos a este Estudo Piloto foram colhidos através de observações diretas do pesquisador, roteiro de atividade resolvido pelos estudantes e entrevistas coletivas.

As observações diretas foram registradas no momento da aula em caderno de campo, pelo pesquisador.

O roteiro de atividade resolvido pelos estudantes tinha caráter avaliativo para a disciplina e serviram para a professora responsável pelas turmas pontuar a atividade dentro do planejamento prévio de aulas, o que é mais um argumento a favor da utilização desta atividade no contexto de ensino, além de proporcionar ao pesquisador dados relativos ao desenvolvimento da atividade pelos estudantes. O roteiro foi resolvido à medida que os estudantes interagem com o Objeto de Aprendizagem, embora não haja uma ordem específica a ser seguida, e os estudantes estavam livres para decidir como conduzir a atividade.

As entrevistas coletivas sempre aconteciam após o término da atividade, de forma a não interferir no desenvolvimento em aula. Nestas entrevistas, de caráter semiestruturado, os estudantes eram estimulados a dissertar sobre o próprio Objeto de Aprendizagem, sobre o envolvimento com a atividade proposta e aspectos positivos e negativos mais relevantes. Nesta pesquisa, consideramos entrevista semiestruturada como aquela onde “o entrevistador permite ao entrevistado falar livremente sobre o assunto, mas, quando este se desvia do tema original, esforça-se para a sua retomada” (GIL, 2008, p. 112).

Em cada uma das cinco diferentes turmas do 3º ano em que a atividade foi aplicada, os estudantes foram inicialmente conduzidos ao Laboratório de Informática da instituição e orientados a formar duplas de trabalho. A atividade foi desenvolvida em duplas para motivar discussões e debate de ideias entre os estudantes. Um computador com o Objeto de Aprendizagem instalado e uma cópia do roteiro de atividade foram disponibilizados para cada dupla de trabalho. Os estudantes dispunham de uma hora e trinta minutos para desenvolver a atividade, e ao final deste período, os roteiros de atividade eram recolhidos. Logo após o término, iniciávamos a entrevista coletiva.

A realização do Estudo Piloto nos permitiu a elaboração de algumas conclusões acerca do uso do Objeto de Aprendizagem que desenvolvemos no contexto de ensino. Além disso, nos elucidou também questões relativas ao roteiro de atividades que acompanha o *software* e, principalmente, nos orientou acerca da metodologia de coleta de dados.

A atividade foi aplicada em turmas com número elevado de estudantes, cerca de trinta, e mesmo diante deste quadro, mostrou-se viável para o uso no cotidiano escolar. Entretanto, observamos que a grande dificuldade técnica do uso dessa ferramenta no contexto de ensino é a disponibilidade de equipamentos para que o *software* seja executado. Na instituição na qual desenvolvemos o Estudo Piloto havia a disponibilidade de computadores no laboratório de informática, entretanto, é

sabido que estes equipamentos podem ser escassos em outras instituições de ensino. Por outro lado, sugerimos que os estudantes sejam agrupados em duplas ou trios para o desenvolvimento da atividade a fim de permitir discussão e debate entre eles, o que viabiliza a utilização de menor número de equipamentos na utilização do Objeto de Aprendizagem para uma turma.

Do ponto de vista metodológico, para a coleta de dados, o Estudo Piloto foi fundamental ao nos mostrar a necessidade de um aprimoramento em nossa técnica de coleta de dados. Isto porque os áudios produzidos enquanto os estudantes desenvolviam a atividade apresentaram elevado nível de ruídos, impossibilitando-nos de fazer uma análise mais minuciosa dos diálogos que ocorreram. Acreditamos que a acústica do Laboratório de Informática, bem como a presença de todos os estudantes da turma num mesmo espaço, foram fatores determinantes para a baixa qualidade dos áudios. Esta dificuldade nos estimulou a pensar uma nova forma de registrar o diálogo entre os estudantes e optamos por coletar os dados de cada grupo de trabalho individualmente, ao invés de todos os estudantes da turma desenvolverem a atividade simultaneamente.

Notamos também que o roteiro de atividade que elaboramos para este Estudo Piloto orientou a atividade de maneira mais linear, sequencial e cadenciada, apresentando inicialmente questões mais simples que crescem em complexidade ao longo de sua estrutura. Uma vez que o nosso desejo enquanto concebíamos a atividade de investigação era de propiciar uma experiência que estimulasse a autonomia dos estudantes no processo de aprendizagem garantindo-lhes uma atividade de caráter bem aberto, optamos em reestruturar o roteiro da atividade para o terceiro momento da pesquisa, quando coletamos dados específicos sobre o caráter investigativo de nossa atividade.

Acreditamos que no processo de ensino e aprendizagem, considerar o perfil da turma e/ou do nível de ensino onde atuamos é fundamental no desenvolvimento de qualquer tipo de atividade. Atividades investigativas mais lineares e direcionadas são

mais adequadas em determinados contextos, da mesma forma que atividades mais abertas, que responsabilizam mais os estudantes no processo, são em outros.

- Reestruturação do material para o Terceiro Momento

A análise do Estudo Piloto nos forneceu informações valiosas acerca do uso do Objeto de Aprendizagem no contexto de ensino. Dentre elas, foi possível perceber a relevância do roteiro de atividade em determinar a maneira como os estudantes interagem com o *software*.

Diante disso, percebemos que a seção intitulada “Aplicando os resultados da pesquisa...”, dentro do roteiro de atividade, foi a que mais demandou envolvimento e raciocínio dos estudantes em comparação com as demais. A questão apresentada por esta seção foi capaz de estimular grandes discussões entre os componentes dos grupos de trabalho. Identificamos ali, portanto, um problema de pesquisa relevante, capaz de nos inspirar para a reestruturação do material para o Terceiro Momento da pesquisa. A figura 10 é um recorte desta seção, onde o problema é apresentado.

APLICANDO OS RESULTADOS DA PESQUISA...

Um criador de coelhos quer ter o máximo de rentabilidade com a venda de coelhos. Entretanto, ele dispõe apenas das seguintes opções para formar sua matriz de reprodução:

- Filhotes do casal Dagoberto e Úrsula;
- Filhotes do casal Clarice e Lázaro;
- Filhotes do casal Amadeu e Penélope;
- Filhotes do casal Lavinia e Lázaro;
- Filhotes do casal George e Úrsula;
- Filhotes do casal George e Lavinia;

Neste cenário, qual casal este criador deve formar para conseguir o máximo de filhotes himalaio? Qual outra pelagem provavelmente surgirá na prole deste casal?

Suponhamos agora que o interesse do criador de coelhos seja obter o máximo de filhotes albinos. Qual casal deve ser formado pelo criador? Além dos albinos, quais outras cores de pelagem provavelmente surgirão na prole?

Figura 10 – Recorte do roteiro de atividade evidenciando a seção “Aplicando os resultados da pesquisa...”

A análise mais criteriosa desta seção do roteiro de atividade nos revela a razão pela qual os estudantes demandaram tanto esforço cognitivo para sua resolução. As respostas exigidas aqui demandavam uma série de conhecimentos para serem solucionadas. Era preciso que os estudantes: conhecessem o padrão de dominância e recessividade entre os diferentes alelos para cor da pelagem dos coelhos, determinassem os genótipos dos coelhos das gaiolas do Objeto de Aprendizagem e dos filhotes especificados no roteiro e definissem as probabilidades de cores dos filhotes gerados a partir dos filhotes listados. Enfim, esta seção permitiu aos estudantes que utilizassem a aprendizagem que haviam desenvolvido a partir da interação com o software e com outros estudos em Genética de maneira bem mais complexa e global que outras seções do roteiro. Desta forma, definimos que este era o problema central da atividade investigativa, e desenvolvemos um novo material baseado nesta conclusão.

Procuramos, neste ponto, criar um script mais elaborado, por assim dizer. Através da descrição de uma situação envolvendo personagens fictícios, buscamos estimular a imersão dos estudantes na conjuntura em questão. Sendo assim, a simulação envolveria a ideia de um criador de coelhos que faz um pedido de auxílio à equipe de trabalho dos estudantes sobre a questão das cores da pelagem dos coelhos que viriam a ser obtidas através de diferentes cruzamentos. Para conferir maior veracidade à situação, disponibilizamos aos estudantes um envelope e uma pasta, ao invés de simplesmente um impresso com questões a serem respondidas, no formato convencional de atividade escolar.

O envelope continha uma mensagem impressa de um de e-mail enviado à equipe de trabalho dos estudantes. Neste e-mail, um senhor que se identifica por Arlindo Campos manifesta a vontade de formar uma criação de coelhos em sua fazenda, e que pretende comprar os coelhos de uma propriedade vizinha, cujo dono se chama Gregório Mendel. Entretanto, continua o texto do e-mail, o senhor Mendel vende somente os filhotes híbridos (heterozigotos) obtidos em sua criação, e mantém em seu plantel somente coelhos puros (homozigotos). O e-mail traz, ainda, a informação

de que os pedigrees dos coelhos à venda estão numa pasta que também foi enviada à equipe de trabalho. Por fim, o próprio texto do e-mail já apresenta o problema da atividade investigativa, que pode ser resumido assim: o senhor Arlindo Campos quer ajuda para compor quatro gaiolas em sua fazenda, cada uma com um casal de coelhos, onde os filhotes gerados tenham pelagem chinchila, selvagem, albina e himalaia, respectivamente. Ele pede auxílio aos estudantes na escolha de quais são os filhotes mais indicados para serem adquiridos. O Anexo F traz o texto completo do e-mail.

A pasta, que os estudantes também recebem no início da atividade, juntamente com o envelope, tem uma etiqueta com os dizeres “Filhotes à venda”. Dentro dela, são encontradas doze folhas impressas. A figura 11 é uma montagem onde são apresentadas duas delas. Cada uma dessas folhas representa um pedigree de um dos filhotes à venda, com informações sobre o parentesco, nome próprio e gênero. Através do link zip.net/bhtDh4 é possível acessar este material na íntegra.





Figura 11 – Pedigrees dos filhotes à venda

Na condução do terceiro momento de pesquisa também foi fixada na parte superior da tela do computador os seguintes dizeres “Criação de coelhos do Seu Mendel”, a fim de auxiliar os estudantes na identificação dos recursos para a resolução do problema. Esta identificação corroborava a informação constante no texto do e-mail, onde era apresentada a possibilidade dos estudantes experimentarem cruzamentos entre os coelhos do Objeto de Aprendizagem.

- Terceiro momento: Coleta de Dados

Uma vez confirmada a viabilidade da utilização do Objeto de Aprendizagem no contexto de ensino e feita a reestruturação do material de suporte, iniciamos o terceiro momento da pesquisa.

A coleta de dados foi realizada em uma Instituição Federal de Ensino, localizada no município de Santa Luzia e foi aplicada em duas turmas do 2º ano do ensino técnico integrado desta escola. Os dados foram coletados através de observações diretas

do pesquisador e pela gravação em áudio dos estudantes durante o desenvolvimento da atividade e também numa entrevista coletiva, conduzida após a conclusão da tarefa.

Diferente do que ocorrera durante o Estudo Piloto, onde todos os estudantes da turma interagiam simultaneamente com o Objeto de Aprendizagem, optamos por definir horários individuais para cada grupo de três ou quatro estudantes. Pretendíamos, desta forma, priorizar a qualidade dos dados coletados neste momento da pesquisa, uma vez que toda a atenção do pesquisador poderia voltar-se para um único ponto da sala de aula e o áudio estaria livre de quaisquer perturbações advindas de outros estudantes. Ao todo foram 14 grupos de trabalho formados pelos estudantes das duas turmas envolvidas. Não foi determinado a eles um tempo limite para a execução da atividade. Ao final da tarefa, iniciávamos a entrevista coletiva.

No horário estipulado para cada grupo de trabalho, os estudantes compareciam ao laboratório de informática da instituição. O professor orientava-os a se sentarem à frente do computador onde o Objeto de Aprendizagem estava em execução. Em seguida o professor entregava o envelope fechado e a pasta com os pedigrees e solicitava aos estudantes: “Resolvam o problema!”. A partir daí, as intervenções do professor, quando aconteciam, se limitavam a pequenos esclarecimentos sobre a tarefa, como ficará evidente na análise dos dados.

As observações diretas foram registradas no momento da execução da atividade em caderno de campo, pelo pesquisador.

Trechos das gravações em áudio realizadas durante o desenvolvimento da atividade e durante as entrevistas foram transcritos e serviram de suporte para a análise dos dados.

As entrevistas coletivas sempre aconteciam após o término da tarefa, de forma a não interferir no desenvolvimento da atividade. Nestas entrevistas, de caráter

semiestruturado, os estudantes eram estimulados a dissertar sobre como resolveram o problema, quais caminhos foram percorridos, sobre as hipóteses que formularam durante a pesquisa, se já haviam entrado em contato, ou não, com os conceitos envolvidos naquela tarefa, se utilizaram algum conhecimento obtido em sala de aula para resolver o problema e, finalmente, quais as soluções encontradas pela equipe de trabalho. Nesta pesquisa, consideramos entrevista semiestruturada como aquela onde “o entrevistador permite ao entrevistado falar livremente sobre o assunto, mas, quando este se desvia do tema original, esforça-se para a sua retomada” (GIL, 2008, p. 112).

Tanto no Estudo Piloto, quanto na Coleta de Dados, os estudantes envolvidos já haviam entrado em contato com os conceitos iniciais do conteúdo de Genética, e também estavam matriculados em instituições federais de ensino técnico integrado ao médio. Procuramos, dessa forma, manter certa homogeneidade de sujeitos nesses dois momentos da pesquisa, considerando, no entanto, que o contexto de sala de aula é bastante específico dentro do universo de cada turma, mesmo dentro de uma mesma instituição de ensino.

3.3 Procedimentos Éticos

3.3.1 Riscos

Sabendo que toda pesquisa que envolva seres humanos pode causar eventuais riscos e/ou desconfortos aos participantes (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 2012), reconhecemos que nossa pesquisa apresentou riscos mínimos à saúde e ao bem estar. Entretanto, mesmo sob estas circunstâncias, estivemos atentos no sentido de diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendendo que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida da identidade dos participantes, realizamos todos os esforços possíveis para assegurar a privacidade dos mesmos.

Os dados coletados e anotados em caderno de campo, as entrevistas e eventuais gravações de áudio e vídeo estão arquivados na sala da professora orientadora desta pesquisa, Doutora Carmen Maria De Caro Martins, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil. Por um período de cinco anos este material estará sob responsabilidade do pesquisador principal, sendo o seu acesso restrito somente aos envolvidos na pesquisa.

Asseguramos que não haverá nenhum ônus a instituição participante bem como a nenhum dos participantes da pesquisa. Todos os gastos foram custeados pelo pesquisador principal, que também assumiu os riscos e danos que poderiam ter acontecido com equipamentos durante o processo.

Os participantes da pesquisa conheceram de antemão os riscos e benefícios inerentes ao processo e a sua participação foi voluntária.

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO A). Aos menores de idade foi disponibilizado o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (ANEXO B) com explicações sobre os principais riscos, benefícios, deveres e direitos dos mesmos, além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para assinatura dos responsáveis legais, onde constava os principais riscos, benefícios, deveres e direitos dos mesmos. Foi garantido o sigilo da identidade dos participantes.

3.3.2 Responsabilidade das instituições

As instituições onde a pesquisa foi realizada disponibilizaram os horários mais adequados para a execução das atividades bem como definirão a data e o local para que os pesquisadores possam apresentar os resultados desta pesquisa para todos os participantes do projeto e demais interessados.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Coletamos dados na aplicação do Objeto de Aprendizagem em 14 (quatorze) grupos de estudantes no terceiro momento da pesquisa. Os nomes utilizados na identificação dos estudantes são fictícios no intuito de preservar a identidade dos participantes da pesquisa.

É importante esclarecer que o professor da turma onde os grupos de trabalho dos estudantes foram formados é também o autor desta pesquisa.

Cabe ressaltar ainda que nossa postura como professor e pesquisador foi pautada na intenção de sempre deslocar o protagonismo da resolução do problema, no desenvolvimento da atividade investigativa, para os estudantes. Evitamos ao máximo qualquer instrução ou transmissão de diretrizes e conceitos científicos para que a autonomia dos grupos de trabalho fosse preservada. No entanto, quando uma informação era imprescindível para o encaminhamento da investigação dos estudantes, não renunciamos nosso papel de professor como orientador da aprendizagem. Desta maneira, em vários momentos deste detalhamento dos dados será possível identificar nossa atuação neste sentido.

Esta seção está estruturada em três subdivisões: “Nativos Digitais na resolução de problemas”, “Análise da Investigação” e “Análise da Ação Mediada”. Dentro de cada uma, há temas que nortearam nosso olhar enquanto examinávamos os dados coletados na observação do trabalho dos estudantes.

Em “Nativos Digitais na resolução de problemas”, indicaremos aspectos relacionados à característica não linear que os estudantes apresentam ao tratarem das informações durante o processo de aprendizagem.

Quanto à “Análise da Investigação”, dissertaremos sobre aspectos relacionados diretamente à estratégia de Ensino por Investigação, destacando a metodologia idealizada pelos estudantes durante a realização da nossa atividade, o levantamento

de hipóteses e as experimentações correspondentes e a forma como as conclusões eram construídas dentro dos grupos de trabalho.

Por fim, em “Análise da Ação Mediada”, abordaremos momentos onde foi possível notar a transformação da ação dos estudantes, situações importantes de constrangimento da ação mediada e assinalamos uma possível relação entre as formas de liderança num grupo e a formação de enunciações argumentativas pelos estudantes.

4.1 Nativos Digitais na resolução de problemas

- Trabalhando de forma não linear

Tori (2010) caracteriza os sujeitos dessa pesquisa apresentando uma série de características que lhes são peculiares quando comparadas com as gerações que frequentavam a escola em tempos passados. Uma das características apontadas por este autor é justamente a preferência desses jovens em trabalharem de forma não linear. Esta constatação foi confirmada em nossas observações principalmente nos momentos iniciais do trabalho dos estudantes na resolução da nossa atividade.

Na quase totalidade dos grupos, a primeira ação dos estudantes ao receberem o material e se postarem diante da tela do computador era retirar do envelope o e-mail impresso e iniciarem a leitura. Enquanto alguns grupos se organizavam ao redor do texto para que todos realizassem uma leitura silenciosa, a maioria dos grupos elegia um dos integrantes para uma leitura oral. Entretanto, eram notáveis os momentos de interrupção na sequência de leitura do texto. Não eram motivadas pela falta de concentração ou desinteresse dos estudantes pelo conteúdo, ao contrário, foi perceptível o esforço que empregavam na apreensão dos detalhes, uma vez que buscavam a todo o momento relacionar os elementos textuais aos elementos externos.

Tomamos um dos grupos como exemplo. Um dos estudantes retirou o e-mail impresso de dentro do envelope e perguntou aos demais colegas se desejariam que

ele iniciasse a leitura. A resposta patente e positiva de outro estudante do grupo demonstra o interesse e envolvimento na atividade.

Logo no segundo parágrafo, quando surge o nome “Mendel”, o estudante que procedia na leitura oral do texto dá grande ênfase à palavra, ao mesmo tempo em que, interrompendo momentaneamente sua ação, se presta a indicar assertivamente a placa fixada na borda superior da tela do computador, que executava o Objeto de Aprendizagem. Esta placa continha os dizeres “Criação de coelhos do senhor Mendel”. Os estudantes se entreolham e acenam com a cabeça em sinal afirmativo. Prosseguem na leitura.

Em seguida, surge no texto a palavra “chinchila”, e sem conseguirem relacionar o termo com algo que já conheciam ou que fosse relacionável, até então, ao material disponibilizado, prontamente recorrem ao auxílio do professor.

GUILHERME: “(...) Numa das gaiolas, pretendo colocar um casal para produzir filhotes de pelagem chinchila... [o estudante interrompe a leitura oral e dirige a palavra ao professor] Isso é tipo vira-lata? Chinchila?”

Professor: “Chinchila vocês vão descobrir. Eu não vou responder agora porque vocês vão descobrir.”

CAIO: Tá.

GUILHERME: “Em outra, outro casal, para produzir...” [o estudante retoma a leitura oral do e-mail]

Estas pausas na leitura em momentos específicos (neste caso ao se depararem com as palavras “Mendel” e “Chinchila”), e outras que ocorreram também em outros grupos observados são características na forma como estes estudantes lidam com as informações.

Seja para evidenciar um detalhe que julgassem importante, seja para esclarecerem uma dúvida, este tipo de comportamento nos leva a crer que os estudantes, apesar de procurarem compreender o texto como um todo, o fazem de maneira pouco

linear. Eles não se inquietam em fazer interrupções na leitura quando consideram relevante direcionar a atenção para outro ponto relacionado.

Tradicionalmente, numa atividade escolar de leitura e compreensão de texto, provavelmente encontraríamos uma situação onde o professor sugeriria uma leitura integral de todos os parágrafos para, somente depois, permitir os esclarecimentos de dúvidas e demais apontamentos dos estudantes. Esta contradição entre a forma de pensar dos estudantes adolescentes e a forma como as atividades escolares são concebidas já foram apresentadas por Tori (2010) e representam uma dificuldade no processo de aprendizagem. Neste mesmo cenário, considerando os estudos de Wertsch sobre Ação Mediada a partir dos autores Sessa e Trivelato (2011), Pereira e Ostermann (2012), Paula e Moreira (2014) e Trazzi (2015), é possível vislumbrar a possibilidade de constrangimento ou promoção da ação de compreensão de conceitos ou situações pelos estudantes de acordo com o modo como o professor conduz uma leitura em sala de aula.

As lacunas geradas pelos conhecimentos ainda não construídos durante a execução desta atividade investigativa, tal como se procede durante a leitura do e-mail, aproximam a experiência dos estudantes com a atividade investigativa ao que podemos chamar de mundo real. Uma pesquisa através da investigação, diferente da forma sistematizada e direta como os conteúdos são geralmente apresentados em sala de aula, é marcada por avanços e retrocessos, por reorientação dos caminhos e das ações.

Esta forma não linear de trabalho também foi percebida na organização metodológica da pesquisa dos estudantes. Enquanto buscam a resposta de determinada questão de pesquisa, os estudantes muitas vezes interrompem uma linha de ação e se dedicam a pesquisar outras circunstâncias bem diferentes. Posteriormente, dentro das demandas da própria pesquisa, retomam o primeiro plano de trabalho e continuam o desenvolvimento sem maiores perturbações.

Em um dos grupos observados foi bastante nítida esta descontinuidade. Inicialmente, os estudantes se dedicavam a responder uma questão de pesquisa relativa à relação de dominância e recessividade entre os alelos que determinam a cor da pelagem dos coelhos. Inclusive, realizaram experimentos relacionados a esta questão, onde cruzaram um coelho de pelagem selvagem com todas as cores possíveis de pelagem, chegando à conclusão que o alelo selvagem exercia dominância sobre todos os demais alelos.

FERNANDO: "(...) aí a gente vai fazer o selvagem com todos."

BEATRIZ: "Clarice e o..."

FERNANDO e BEATRIZ: "...e o Amadeu."

BEATRIZ: "Ó, deu selvagem. Agora é o Amadeu com a Lavínia."

FERNANDO: "Deu Amadeu de novo." [ao dizer Amadeu, o estudante referia-se a um macho de pelagem selvagem presente no Objeto de Aprendizagem].

BEATRIZ: "Então tá fal... o selvagem..."

IARA: "É o dominante."

BEATRIZ: "É o dominante."

BEATRIZ: "Agora com a Penélope."

LAURA: "Vai dar selvagem de novo."

[os estudantes promoveram o cruzamento e aguardavam o resultado ser exibido na tela do computador]

FERNANDO: "Deu de novo."

O grupo prosseguiu na pesquisa, e fez um cruzamento-teste de uma fêmea de pelagem chinchila (Clarice) com um coelho de pelagem himalaia. Abdicaram de cruzar Clarice com um coelho de pelagem selvagem devido à conclusão de dominância do alelo selvagem que já haviam determinado anteriormente. Entretanto, não procederam, neste momento, com os cruzamento-teste entre coelho chinchila e coelho albino, talvez constrangidos pelo fato de haverem encontrado um padrão de

dominância ainda desconhecido por eles, já que não tiveram contato com o conceito de Alelos Múltiplos nas aulas de Genética até então.

FERNANDO: “Agora... o que nós vamos fazer?”

BEATRIZ: “Coloca a Clarice (...) com qualquer outro... que não seja o mesmo dele, dela.” [a estudante orientava que o coelho para formar um casal com Clarice não deveria ter a pelagem chinchila].

IARA: “Coloca ela com...”

FERNANDO: “O Dagoberto.”

IARA: “O Dagoberto.”

LAURA: “O Dagoberto é o... himalaia.”

BEATRIZ: “Deu Clarice de novo. O da Clarice é dominante.” [disse logo que o resultado do cruzamento surgiu na tela do computador].

FERNANDO: “Não, porque, se a gente cruzar ela com esse daqui vai dar selvagem.” [discordou o estudante apoiando-se na conclusão que chegaram anteriormente].

(...)

BEATRIZ: “Então tá confuso.”

Sem sistematizar uma conclusão geral a respeito dos quatro alelos para cor da pelagem de coelhos, os estudantes retomam o problema principal apresentado na atividade e passam a discutir sobre a escolha dos filhotes à venda, sem sucesso. Durante 30 minutos os estudantes procuram se reencontrar na pesquisa. Após uma série de discussões e debates, retomam a pesquisa que já haviam iniciado e finalmente postulam corretamente a conclusão sobre a relação de dominância e recessividade entre todos os alelos. A descrição mais detalhada deste momento está na seção *Construindo Conclusões*.

Embora seja prematuro fazer qualquer afirmação a respeito, nossa observação da maneira pela qual os estudantes interagem com as informações e o tipo de comportamento que assumem em relação a elas nos reforça a ideia de que as atividades investigativas de caráter mais aberto, por sua característica menos

diretiva, encontram consonância com o perfil dos jovens dessa geração, justamente por permitir maior movimentação e flexibilidade na busca de significações.

A sistematização dos conteúdos é imprescindível para a compreensão dos conceitos científicos, entretanto, parece-nos que os estudantes se apropriam mais adequadamente dela quando participam da sua construção, e este processo, para eles, parte da não linearidade do pensamento.

4.2 Análise da Investigação

- Levantamento de hipóteses e experimentos de averiguação

Sobre as características das atividades investigativas, Sá et al (2007) recorrem a Gil-Perez et al.(1990) e trazem uma importante colocação sobre a relação das hipóteses com o trabalho experimental.

“Gil-Perez et al.(1990) defendem que os estudantes devem ser estimulados a levantarem hipóteses para o desenvolvimento do problema: são as hipóteses e todo o corpo de conhecimento do qual elas emergem que permitem aos estudantes dar algum sentido aos resultados e conceber o desenho do experimento. Além disso, as hipóteses propiciam o surgimento de outras idéias cuja relação com o problema pode ser testada. A investigação em si é constituída por um conjunto de estratégias destinadas a comprovar ou refutar hipóteses, assim como a analisar e interpretar os resultados obtidos nos experimentos realizados.”

(SÁ et al, 2007, p.4)

A partir dessa premissa, entendemos que é imprescindível que uma atividade de cunho investigativo propicie aos estudantes, antes de tudo, oportunidades para levantamento de hipóteses dentro da resolução do problema. Isto se torna significativo no processo de aprendizagem quando os estudantes são capazes de apresentar argumentos que sustentem suas ideias e de realizar experimentos para avaliação, encontrando evidências úteis.

Concebendo a investigação, dentre outros aspectos, como um agregado de técnicas, procedimentos, modos e formas de examinar hipóteses, tanto no sentido de comprová-las, quanto de refutá-las, em nossa observação dos grupos de trabalho

durante a resolução da atividade que propomos identificamos vários momentos em que os estudantes levantaram hipóteses, seguindo muitas vezes para os experimentos de averiguação.

Destacamos uma situação ocorrida em certo grupo de trabalho. Um estudante solicitou à colega, que estava em frente à tela do computador e manejava o *mouse*, o cruzamento entre dois coelhos de pelagem chinchila. Diante do pedido, ela se recusou alegando que esta ação certamente resultaria em filhotes com pelagem chinchila. Sem qualquer experimentação, o grupo acatou a hipótese e não houve mais questionamentos no momento.

Mais adiante, após redefinirem diversas vezes o desenho metodológico da pesquisa e se perderem na resolução das questões que haviam formulado, a própria estudante que anteriormente levantou a hipótese referente ao casal de coelhos chinchila se predispôs a realizar cruzamento semelhante, agora entre dois coelhos com pelagem selvagem. Diante da situação, o estudante que havia feito o pedido inicialmente fez um gracejo. Todos acompanharam o experimento e encontram a evidência que também validaria a hipótese levantada no início da atividade.

BEATRIZ: “Só fazer uma coisa.” [a estudante seleciona um casal de coelhos no Objeto de Aprendizagem, ambos com pelagem selvagem].

FERNANDO: “Já pensou se nasce azul... aí!”

[os estudantes aguardam o resultado ser exibido na tela do computador]

FERNANDO: “Nasceu igual!”

BEATRIZ e LAURA: “Nasceu igual.”

IARA: “Igual.”

Analisando o comportamento do grupo nestes dois momentos distintos, embora relacionados, é possível perceber que a atividade garantiu uma situação oportuna para o levantamento de hipótese. Além disso, o Objeto de Aprendizagem foi capaz de fornecer elementos para que a hipótese fosse adequadamente testada e avaliada

através da experimentação, fornecendo evidências acessíveis ao entendimento dos estudantes. Em seguida, o grupo de trabalho prosseguiu na pesquisa, realizando outros experimentos dentro da mesma linha metodológica, buscando determinar a dominância ou recessividade do alelo selvagem em relação aos demais alelos.

Os estudantes, então, realizaram um cruzamento entre um coelho de pelagem selvagem (Amadeu) e um coelho de pelagem chinchila (Clarice). Não observamos hipóteses relacionadas a este experimento em específico. Entretanto, em seguida, enquanto preparavam outro cruzamento, entre um coelho selvagem (Amadeu) e um coelho albino (Penélope), foi possível notarmos o levantamento de uma hipótese por uma estudante, sugerindo que obteriam filhotes com pelagem selvagem.

LAURA: "Me fala os casais, gente!"

BEATRIZ: "Clarice e o..."

FERNANDO e BEATRIZ: "...e o Amadeu."

BEATRIZ: "Ó, deu selvagem. Agora é o Amadeu com a Lavínia."

FERNANDO: "Deu Amadeu de novo." [ao dizer Amadeu, o estudante referia-se a um macho de pelagem selvagem presente no Objeto de Aprendizagem].

BEATRIZ: "Então tá fal... o selvagem..."

IARA: "É o dominante."

BEATRIZ: "É o dominante."

BEATRIZ: "Agora com a Penélope."

LAURA: "Vai dar selvagem de novo."

[os estudantes promovem o cruzamento e aguardam o resultado ser exibido na tela do computador]

FERNANDO: "Deu de novo."

Esta situação foi bem ilustrativa no que diz respeito à relação dos estudantes com as hipóteses de uma pesquisa. Em geral, o levantamento de hipóteses é uma atitude de difícil desenvolvimento por demandar dos estudantes um papel muito ativo no

processo. Poderíamos dizer que o estudante se sente muito exposto ao compartilhar suas hipóteses com o grupo, e a validação ou não da hipótese levantada por ele, mediante experimento, é capaz de causar-lhe grande desconforto. Esta suposta exposição não seria motivo de acanhamento caso o estudante estivesse desde cedo inserido numa cultura escolar onde o erro fosse valorizado e tratado com maior naturalidade dentro do processo de ensino. Sendo assim, estudantes não habituados a atividades de caráter investigativo tendem a verbalizar suas hipóteses em momentos restritos, somente quando se sentem suficientemente seguros.

Enquanto elaborávamos o Objeto de Aprendizagem e o material que daria suporte à atividade investigativa, tínhamos definido como público-alvo estudantes que conheciam apenas os conceitos básicos de monoibridismo. Optamos em delimitar a temática da atividade desta forma para que a elaboração da ferramenta digital se tornasse viável. Entretanto, durante a fase de coleta de dados, os estudantes continuavam a assistir às aulas regulares de Biologia que eram ministradas na escola, e neste intervalo de tempo, alguns dos grupos de trabalho tiveram contato com os conceitos de herança genética ligada aos cromossomos sexuais antes de realizarem nossa atividade proposta.

Em um destes grupos, um estudante recorreu a nós levantando a hipótese de uma possível ligação entre a determinação da cor da pelagem em coelhos e o sexo destes animais. Diante deste quadro inesperado, avaliamos o Objeto de Aprendizagem e consideramos que ele poderia suprir a demanda do estudante para testar sua hipótese, mesmo que não tenha sido originalmente concebido para tal. A partir daí, incentivamos o estudante a experimentar. Ele apresenta sua hipótese ao grupo e eles discutem a respeito.

GUILHERME: “Em coelho tem aquela parada lá do homem ser o... o... hetero lá?” [esta questão foi dirigida diretamente a nós]

Professor: “Você tem que testar.”

GUILHERME: “Igual a gente tem: o homem, no caso, o homem é dominante...” [nesta fala, o estudante apresenta sua hipótese ao grupo de trabalho]

CAIO: “Sim...” [disse o estudante solicitando que o colega concluísse o raciocínio].

GUILHERME: “Então, tem que testar isso no coelho que tem...”

CAIO: “No caso...”

GUILHERME: “Eu acho que a mulher que é dominante.”

CAIO: “Mulher é XX... se depender do cromossomo sexual... às vezes nem depende do cromossomo sexual!”

BRUNO: “Então, porque, olha aqui... o primeiro deu chinchila mais himalaio, deu chinchila.”

CAIO: “Chinchila mais himalaio sempre dá chinchila.”

BRUNO: “Quando ele é macho. Entendeu? Se a gente colocar um chinchila fêmea mais himalaia macho eu não sei o que pode dar...”

CAIO: “Vamos fazer este teste, então!”

Como o grupo de trabalho havia simulado anteriormente um cruzamento entre um coelho macho de pelagem chinchila e um coelho fêmea de pelagem himalaia, obtendo todos os filhotes com pelagem chinchila, eles se propuseram a um cruzamento entre um macho himalaio e uma fêmea chinchila para comprovar ou refutar a hipótese da ligação da cor da pelagem ao sexo. A evidência fornecida pelo Objeto de Aprendizagem levou os estudantes a rejeitarem a hipótese.

BRUNO: “Oh!”

CAIO: “Só deu chinchila!”

BRUNO: “Então chinchila é dominante em relação ao himalaio.”

Nossas observações nos permitiram concluir que o levantamento de hipóteses foi estimulado pela atividade investigativa como um todo, enquanto que o Objeto de Aprendizagem se mostrou relevante principalmente em fornecer aos estudantes as evidências experimentais da pesquisa, permitindo que as hipóteses levantadas pudessem ser avaliadas. Diante disso, passamos a refletir sobre a importância das evidências serem exibidas de forma acessível aos estudantes. Nesta perspectiva, é imprescindível que o Objeto de Aprendizagem exponha as evidências com clareza e

de forma compreensível para que possam ser percebidas e analisadas pelos estudantes. Uma profusão de dados na tela do computador sem propósito definido pode agir dispersando a atenção dos estudantes e prejudicar o desenvolvimento da atividade como um todo.

Por fim, pudemos observar inclusive algo sobre a percepção dos estudantes acerca da atividade proposta. Em um relato de dois estudantes, em conversa posterior à execução da atividade, eles utilizaram o termo “experimento” dentro de um contexto apropriado de pesquisa.

Pesquisador: “(...) Vocês chegaram aqui, viram... encontraram o problema ali do Arlindo Campos, né?... Eu vou querer que vocês descrevam aí como que vocês resolveram. Primeira coisa que vocês fizeram, depois o que vocês decidiram fazer, tô querendo entender as etapas que vocês passaram.”

BRUNO: “Primeira coisa que eles estavam... Eu anotei as gaiolas, o que ele queria em cada gaiola.” [ao dizer “eles”, o estudante se referia aos colegas do grupo de trabalho].

Pesquisador: “Aham.”

BRUNO: “Depois foi o experimento.”

CAIO: “Depois, o experimento consistiu basicamente em fazer todas as reproduções possíveis... cada macho com toda fêmea sem ser da sua espécie, e... assim vai. Aí a gente descobriu o grau de dominância...” [ao dizer espécie o estudante se referia à cor da pelagem].

Esse diálogo dá pistas de que estes estudantes se sentiram verdadeiramente inseridos num trabalho de pesquisa, contradizendo o que afirma o senso comum, onde é imprescindível estar dentro de um laboratório ou no campo para que ocorra um trabalho de pesquisa e investigação. Certamente consideramos os aspectos positivos do ensino com práticas laboratoriais e/ou em campo, mas também existem grandes limitações para que este modelo seja utilizado em determinadas condições escolares. Nestas circunstâncias, nosso Objeto de Aprendizagem é opção para proporcionar aos estudantes a experiência de imersão numa investigação com grande viabilidade.

- Desenhos metodológicos

Ao promovermos atividades investigativas de caráter aberto, um dos objetivos que temos como professores é que os grupos de trabalho possam propor desenhos metodológicos dentro das pesquisas que desenvolvem. Enquanto se envolvem neste tipo de tarefa, esperamos que os estudantes aprimorem a habilidade de associar os conhecimentos construídos ou em formação a procedimentos e ferramentas da ciência. A partir daí, poderão ser capazes de encontrar soluções que resolvam o problema ou que auxiliem na resolução.

A construção da metodologia de pesquisa pelos estudantes durante a resolução da atividade proposta foi bastante fragmentada e não-linear, como já esperávamos. Enquanto davam os primeiros passos, ou ainda diante de novas evidências e conclusões, o desenho metodológico geralmente não se apresentava bem delineado. Esta característica está de acordo com a forma não-linear de como estes estudantes em geral lidam com a informação (TORI, 2010), mas também tem relação com os momentos em que as evidências eram encontradas, a forma como os resultados eram interpretados e as conclusões eram construídas, como a liderança era exercida no grupo, as situações de intervenção do professor e outros múltiplos fatores em cada situação da pesquisa.

Assumindo a complexidade de sintetizar as várias estratégias adotadas pelos estudantes, durante a resolução do problema, encontradas na observação dos grupos de trabalho, optamos por nos concentrar na descrição dos caminhos mais representativos traçados por eles durante as cerca de 12 horas de observação.

Todos os quatorze grupos de trabalho iniciaram a tarefa fazendo a leitura do texto do e-mail impresso, que se encontrava em um envelope fechado. Este e-mail apresentava o problema principal da atividade. Poucos estudantes se dedicavam a folhear os pedigrees ou interagir com o Objeto de Aprendizagem nos primeiros instantes. Quando o faziam, logo que o e-mail impresso era encontrado, interrompiam a ação e se voltavam juntamente com os demais colegas, para a

leitura, silenciosa ou oral. Essa unanimidade na ação dos grupos nos estimulou à reflexão, principalmente porque no Estudo Piloto, quando outros estudantes estavam munidos de material semelhante, não houve convergência tão evidente nas primeiras ações. Uma parcela significativa daqueles estudantes iniciou a atividade a partir da interação com o Objeto de Aprendizagem em primeiro lugar.

É importante esclarecer que não orientamos os estudantes sobre onde se encontrava a descrição do problema principal da atividade e nem sobre onde deveriam procurá-lo. O envelope não se encontrava em local mais destacado do que os demais elementos do material de suporte e nem havia dizeres na parte externa indicando sobre o conteúdo. Alguma característica, inerente ao material que disponibilizávamos, direcionou a ação dos grupos de trabalho, e neste momento não a conhecemos. Como pesquisadores, procuraremos investigar este fato em futuras oportunidades de pesquisa.

Preponderantemente, os estudantes iniciaram a atividade proposta em busca do problema, da questão fundamental, não das informações pertinentes à pesquisa que iriam desenvolver. Dizemos isso a fim de traçar um paralelo entre a maneira como os estudantes determinam seus caminhos numa atividade e a forma como estes caminhos geralmente são estabelecidos nos contextos escolares. É comum, em aulas de Biologia, o professor iniciar um tema discorrendo sobre todas as informações pertinentes ao assunto, esmiuçando detalhes, explorando características, explicando fenômenos e conceitos, para somente depois de terem “aprendido” o conteúdo, os estudantes poderem agir mais ativamente sobre o assunto, resolvendo os exercícios prescritos e depois, realizando os testes e exames. Se pensássemos na nossa atividade seguindo o mesmo modelo, encontraríamos os estudantes fazendo os cruzamentos dos coelhos no Objeto de Aprendizagem e buscando tirar conclusões, em seguida, interpretando os dados dos pedigrees dos filhotes à venda, e somente depois, lendo o texto do e-mail, entrariam em contato com o problema principal da atividade. De fato, nossa observação mostrou um cenário muito diferente.

Observar todos os grupos de trabalho em busca da definição do problema principal, para somente depois iniciarem suas pesquisas foi realmente instrutivo para nós, como professores, no sentido de perceber como as demandas e dúvidas de uma questão apresentada são primordiais para estimular os estudantes a realizarem suas atividades com envolvimento. As informações, os conceitos, os fenômenos, sem o devido contexto de uso ou serventia, podem parecer pouco significativo para eles.

Após lerem o texto do e-mail, os grupos de trabalho, em geral, refinaram o entendimento do problema, ora representando esquematicamente as quatro gaiolas para casais de coelhos em questão e especificando as características de cada uma delas, ora iniciando um estudo sobre as possíveis cores da pelagem dos coelhos através do Objeto de Aprendizagem, inclusive tomando notas sobre as informações apresentadas pela ferramenta digital (figura 12).

A partir desse momento da atividade, observamos que os grupos de trabalho, em geral, divergiam para um de dois caminhos metodológicos distintos. O primeiro caminho consistia numa série de ações executadas na tentativa de definir quais filhotes deveriam ser adquiridos para a formação dos quatro casais requisitados, isto antes mesmo de estabelecerem a relação de dominância e recessividade entre os alelos relacionados. Uma grande parte dos quatorze grupos de trabalho seguiu por este caminho. O segundo caminho, percorrido por outros grupos, concentrava os esforços iniciais na investigação sobre os alelos, e somente depois se dedicam a selecionar os casais.

Podemos dizer que o primeiro caminho é menos linear, uma vez que a trajetória de pesquisa segue num sentido (determinação dos filhotes), se desvia para encontrar os requisitos necessários (relações de dominância entre os alelos) e retorna para o sentido inicial. Já o segundo caminho é mais linear, seguindo da determinação da relação de dominância entre os alelos para a seleção dos filhotes, sem redefinições importantes na metodologia.

1ª gaiola	2ª gaiola	3ª gaiola	4ª gaiola
Claro	Leãoia	Tenilopa	escura
limo	limo	F	F
6 meses	2 meses	8 m.	5 m.
Pelagem Chinchila	P. H.	P. A.	P. S.
<hr/>			
Leãoia	Dagoberto	Amadeu	George
M.	M.	M.	M.
Om.	Sm.	SM	7m
P. A.	P. H.	P. S.	P. C.

Figura 12 – Primeiras anotações de um grupo de trabalho

Nos grupos que tentaram definir os casais de filhotes sem conhecimento da relação de dominância entre os alelos, era perceptível que a necessidade de redefinição metodológica surgia principalmente quando percebiam que os pedigrees indicavam somente coelhos com genótipo heterozigoto à venda. Esta dificuldade foi importante fator que impeliu os estudantes a pesquisar sobre os alelos.

BEATRIZ: "Só que o problema é que, tipo, aqui não tá ó... é... ela não é pura. Ela é... ela é de dois diferentes. Todos são de dois diferentes."

FERNANDO: "Eu sei. A gente vai... é de dois diferentes. Certo? Aí o que vai acontecer? A gente vai saber em qual que é o... o... como é que fala?"

BEATRIZ: "A pelagem."

FERNANDO: "A pelagem que vai dar. Aí a gente tira a conclusão depois disso, entendeu? O que vai rolar... Tipo assim, a pelagem himalaia com chinchila. Aí vai dar, sei lá, selvagem... não sei não, vai dar uma pelagem... pelagem interrogação. Aí a gente vai fazer... vai... vai... vai ser 50% de cada a probabilidade, certo?"

IARA: "Aham."

BEATRIZ: “Ah, tá! Aí vai ver qual que vai dar.”

FERNANDO: “Aí a gente vê qual que vai dar.”

BEATRIZ: “Então vamos por o Dagoberto com a Clarice. Pode cruzar, né?”

FERNANDO: “Pode.”

GUILHERME: “Aqui está o pedigree de cada um deles, mano!”

CAIO: “Não tem a pelagem dele aqui. Tem que descobrir?”

O estudante BRUNO selecionou os coelhos Úrsula e Dagoberto para cruzamento. Logo que os filhotes surgiram na tela do computador:

GUILHERME: “Nuuuu...” risos.

CAIO: “Só deu selvagem. Quer dizer que o Venceslau é selvagem.”

BRUNO: “Venceslau é o himalaia lá?”

CAIO: “Venceslau é o filh... um dos filhotes da Úrsula com o Dagoberto.

BRUNO: “Dagoberto é himalaio. A Úrsula é o quê?”

CAIO: “Selvagem.”

A partir da conclusão sobre a relação de dominância entre os alelos, determinada corretamente por todos os quatorze grupos de trabalho (seção *Construindo conclusões*), os estudantes se dedicaram a analisar os genótipos e fenótipos dos filhotes à venda a fim de determinarem os casais requisitados pelo problema principal. Neste momento o desenho metodológico dos grupos quase não divergiu.

A maioria deles realizou, um a um, todos os cruzamentos correspondentes aos pedigrees dos filhotes à venda. De fato, essa metodologia garantiu que os genótipos e fenótipos dos coelhos fossem corretamente determinados. Entretanto, com a intenção de estimular os estudantes a utilizar mais adequadamente o conceito de dominância e recessividade dos alelos, tratando-o como uma generalização para a espécie, e não como ocorrência individual de um determinado casal em questão, optamos por subtrair o nome dos pais do filhote nos pedigrees do nosso material de suporte.

Outro grupo de trabalho, em específico, definiu um desenho metodológico diferente. Os estudantes desse grupo apropriaram-se dos coelhos do Objeto de Aprendizagem como autênticas cobaias de um experimento, promovendo cruzamentos entre eles onde consideravam apenas a variável cor da pelagem, não levando em consideração informações sobre o grau de parentesco com os filhotes. A partir desses experimentos, definiram a relação de dominância e recessividade e generalizaram a conclusão para todos os coelhos dos pedigrees. Desta forma, entendemos que este grupo se aproximou mais daquilo que esperamos numa atividade escolar de caráter investigativo.

Outro grupo de trabalho, em específico, iniciou a resolução do problema de maneira semelhante aos demais, promovendo todos os cruzamentos possíveis entre coelhos de cor de pelagem diferentes e definindo a relação de dominância e recessividade entre os alelos. Entretanto, quando seguiram para a definição dos fenótipos dos filhotes à venda, apresentaram uma proposta metodológica diferente. Diferente da maioria dos grupos, que promoviam um a um todos os cruzamentos previstos nos pedigrees, selecionando no Objeto de Aprendizagem os pais dos coelhos em questão, este grupo generalizou a conclusão da relação de dominância e recessividade entre os alelos e a aplicou para os filhotes dos pedigrees. Desta forma, entendemos que este grupo se aproximou mais daquilo que esperamos numa atividade escolar de caráter investigativo.

EDUARDO: Já fizemos todos os cruzamentos, né?

GEOVANE: Já.

(...)

EDUARDO: Tá, agora vamos olhar para os...

VICENTE: Quer anotar todos os filhotes que tem?

EDUARDO: Quero.

GEOVANE: Vai.

RENATO: Benjamin...

GEOVANE: Benjamin... ele é filhote de?...

RENATO: (...) coloca o pai tipo himalaia e albino.

GEOVANE: ...himalaia com albino. (...) Himalaia e albino dá albino.

EDUARDO: Não, dá himalaia.

GEOVANE: Ah, é!

EDUARDO: Então Benjamin é himalaia.

VICENTE: Próximo.

EDUARDO: Felícia.

RENATO: Selvagem e albino.

VICENTE: Selvagem e albino... selvagem.

(...)

Por fim, após a determinação do genótipo e fenótipo de cada um dos filhotes, os grupos definiam quais casais deveriam estar em cada uma das quatro gaiolas requisitadas, indicando a solução encontrada para o problema apresentado.

- Construindo conclusões

Dentro de uma atividade investigativa, conforme Sá et al (2007), o estudante se envolve em uma série de situações, tais como o planejamento do curso das ações, o desenho metodológico da sua pesquisa, o registro de dados, a interpretação dos resultados, as conclusões e a avaliação.

Nesta seção, especificamente, destacaremos alguns dos momentos onde percebemos os estudantes consolidando suas conclusões no desenvolvimento da nossa atividade. Dizemos “consolidando” pois entendemos que a conclusão é a culminância de um processo investigativo elaborado, e não pretendemos pormenorizar todas as etapas precedentes aqui, pois a especificidade da seção se

perderia. Maiores detalhes das outras fases da investigação serão descritos em outras seções desta análise.

Retomamos uma situação bastante representativa em nossa pesquisa, quando um grupo trabalhava a fim de determinar o tipo de herança relacionada à cor da pelagem dos coelhos. Havia a hipótese de esta característica ser ligada ao sexo, conforme explicitamos na *seção Levantamento de hipóteses e experimentos de averiguação*. O grupo de trabalho, a partir daí, executa vários experimentos para chegarem a uma conclusão sobre esta questão.

GUILHERME: “Em coelho tem aquela parada lá do homem ser o... o... hetero lá?” [esta questão foi dirigida diretamente a nós]

Professor: “Você tem que testar.”

(...)

BRUNO: “Então, porque, olha aqui... o primeiro deu chinchila mais himalaio, deu chinchila.”

CAIO: “Chinchila mais himalaio sempre dá chinchila.”

BRUNO: “Quando ele é macho. Entendeu? Se a gente colocar um chinchila fêmea mais himalaia macho eu não sei o que pode dar...”

CAIO: “Vamos fazer este teste, então!”

BRUNO: “Oh!”

CAIO: “Só deu chinchila!”

BRUNO: “Então chinchila é dominante em relação ao himalaio.”

CAIO: “É, porque chinchila macho ou fêmea vai nascer chinchila. (...) Tá, já temos uma informação.”

Um dos estudantes do grupo de trabalho fez clara referência à conclusão construída por eles, a partir dos resultados dos experimentos realizados, denominando-a como “uma informação”. A partir das evidências encontradas, os estudantes concluíram que, neste caso específico, o tipo de herança na determinação da cor da pelagem dos coelhos não era ligada ao sexo.

Situações com este contexto estão de acordo com as proposta de Pereira e Ostermann (2012), sugerindo que o ensino de ciências deveria dar mais oportunidades para os estudantes atuarem com as ferramentas da ciência, onde a sala de aula poderia ser pensada como “espaço de trabalho” ao invés “auditório”. Neste caso, os estudantes utilizaram uma estratégia metodológica, realizaram experimentos, interpretaram resultados e tiraram conclusões a partir da ação própria, sem a necessidade de uma instrução direta do professor.

O grupo de trabalho prosseguiu realizando todos os cruzamentos possíveis para comprovar a independência da cor da pelagem em relação ao sexo dos coelhos. A metodologia consistia em cruzar casais de cores diferente e, posteriormente, promover o cruzamento entre as mesmas diferentes cores, porém, invertendo os sexos em questão (figura 15).

Após promoverem todos os cruzamentos, os estudantes discutem os resultados e consolidam a conclusão que o tipo de herança da cor da pelagem dos coelhos é autossômica, e não ligada ao sexo, independente dos alelos envolvidos. Em suma, o grupo de trabalho refutou a hipótese levantada anteriormente com a conclusão construída.

$$\begin{array}{l}
 \rightarrow C_m + H_f = C \\
 \underline{H_m + S_f = S} \\
 \\
 - C_f + H_m = C \\
 \underline{S_m + H_f = S} \\
 \boxed{A_m + C_f = C} \\
 \boxed{A_m + H_f = H} \\
 \boxed{A_m + A_f = A} \\
 \boxed{A_m + S_f = S} \\
 \boxed{A_f + H_m = H} \\
 \\
 - S_m + C_f = S \\
 - C_m + S_f = S \\
 \\
 - C_m + A_f = C \\
 \underline{H_m + H_m = H} \\
 S_m + A_f = S
 \end{array}$$

Figura 15 – Resultados da experimentação do grupo

(Os estudantes utilizaram a letra **S** para se referirem à pelagem selvagem, **C** para pelagem chinchila, **H** para pelagem himalaia e **A** para pelagem albina, além das letras **M** e **F** para indicar o sexo dos coelhos utilizados no cruzamento. O sinal **+** indica o cruzamento e o **=** indica a cor da pelagem obtida por eles a partir do Objeto de Aprendizagem).

CAIO: “Parece que tem umas pelagens que sempre vão ser dominantes em relação a outras... independente do sexo... parece, pelo menos.”

(...)

BRUNO: “Vocês querem fazer de todos ou...? Deu himalaio.”

CAIO: “Peraí, deixa eu pensar.”

(...)

BRUNO: “(...) o albino é o mais recessivo de todos. E o chinchila...”

GUILHERME: “Chinchila é dominante.”

BRUNO: “Chinchila é dominante em relação a todos... E parece que o... e o Selvagem é o dominante...”

CAIO: “Em relação a chin... a alguns.”

BRUNO: “Menos ao chinchila.”

CAIO: “Parece que tem um grau de dominância, então.”

(...)

CAIO: “Albino fêmea com himalaia macho deu himalaia... himalaia macho com albino fêmea... cadê? Albino macho com himalaia fêmea... é o contrário desse, né?”

BRUNO: “É. Deu a mesma coisa.”

CAIO: “Então parece que é em relação ao alelo, independente do sexo. O alelo não tá no cromossomo sexual, então.” [o estudante GUILHERME apresenta uma fisionomia de dúvida e CAIO continua]. “É, do mesmo jeito que a cor do nosso cabelo não tá no cromossomo sexual...”

Em outro grupo de trabalho, acompanhamos a construção de uma conclusão através das falas de uma estudante. Os diálogos ocorreram enquanto o grupo discutia quais filhotes deviam ser selecionados para compor os casais requeridos pelo problema principal. O grupo estava num impasse pois não encontrava filhotes albinos híbridos (heterozigotos). Uma estudante, então, concluiu que não poderia haver coelhos albinos híbridos pois todo coelho albino é puro (homozigoto).

BEATRIZ: “Híbrido é que não é puro! Ele quer híbridos.” [afirmou a estudante em relação aos filhotes disponíveis para a compra, os quais o suposto fazendeiro do e-mail espera ter em sua nova criação].

IARA: “...e como vou comprar coelhos híbridos, cada filhote poderá nascer com uma cor de pelagem específica.” [disse a estudante lendo um trecho do texto do e-mail que receberam no material de suporte].

BEATRIZ: “É.”

IARA: “Então a gente tem que explicar pra ele que nesta fazenda não tem coelhos que predominam...”

BEATRIZ: “Que pra ele ter um coelho híbrido, é...”

LAURA: "...albino."

BEATRIZ: "...albino, não tem como. Porque todo coelho..."

LAURA: "...albino."

BEATRIZ: "Tem que ser puro." (...)

BEATRIZ: "Então, todo albino é puro. Todo albino... não tem... não existe coelho albino é... híbrido."

Pela forma como o diálogo ocorreu, desconfiávamos que esta estudante tirou esta conclusão a partir da resolução da atividade, e não trazia previamente este conhecimento consigo. Desta forma, após o término da atividade proposta, questionamos a estudante a este respeito. Ela nos afirmou que a primeira vez em que teve contato com o termo híbrido foi na leitura do material que disponibilizamos para esta atividade, corroborando nossa afirmação de que a investigação com seu grupo de trabalho foi um catalisador para a estudante refinar seu raciocínio e elaborar corretamente a conclusão.

Trazzi e Oliveira (2016), ao dissertar sobre formação de conceitos e ação mediada, recorrem a Vygotsky (2009).

"...todo conceito é uma generalização e implica a possibilidade de situá-lo num sistema de conceitos mais amplo, o qual envolve relação com outros conceitos, sendo alguns de um nível maior de generalidade. A generalização é ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos, ou seja, a formação de conceitos científicos envolve uma ação consciente do sujeito, que deve dominar seu conteúdo ao nível de sua definição e de suas relações conceituais."

(TRAZZI e OLIVEIRA, 2016, p. 121)

A partir dessas colocações, é possível identificar algo próximo dessa generalização situada num "sistema de conceitos mais amplo" quando a estudante em questão elabora sua conclusão a respeito dos coelhos de pelagem albina. Apropriando-se dos conceitos básicos em Genética, com os quais a estudante teve contato nas aulas regulares de Biologia ou em outras situações que desconhecemos, e do padrão de dominância e recessividade entre os alelos para cor da pelagem dos coelhos, elaborada pelo grupo durante esta atividade, a estudante foi capaz de tecer

as relações necessárias e formatar uma conclusão cientificamente correta a respeito da natureza fenotípica dos coelhos de pelagem albina.

Enquanto concebíamos a atividade investigativa, uma das nossas intenções principais era a de possibilitar aos estudantes a oportunidade de estabelecerem a relação de dominância e recessividade entre os quatro alelos que determinam a cor da pelagem dos coelhos sem instruções diretas do professor. Consideramos a construção desta conclusão como elemento fundamental dentro da investigação que propomos. Por isso, ficamos bastante felizes ao observarmos que todos os quatorze grupos foram capazes de construí-la. Destacaremos dois exemplos mais representativos de como foi feita esta sistematização entre os alelos.

O primeiro destes dois exemplos se inicia quando os estudantes se mobilizavam em buscar o alelo dominante, promovendo ainda os primeiros cruzamentos entre os coelhos. Neste momento da atividade, a noção de alelos múltiplos ainda não havia sido construída por eles, e ao encontrarem a evidência de dominância do alelo chinchila sobre o alelo himalaio, diante da dominância do alelo selvagem determinada anteriormente, a ação do grupo fica momentaneamente constrangida.

FERNANDO: “(...) aí a gente vai fazer o selvagem com todos.” [os estudantes realizaram o cruzamento entre um coelho de pelagem selvagem com outro de pelagem chinchila, e depois entre um coelho de pelagem selvagem com outro de pelagem himalaia].

FERNANDO: “Deu Amadeu de novo.” [ao dizer Amadeu, o estudante referia-se ao macho de pelagem selvagem que está presente no Objeto de Aprendizagem].

BEATRIZ: “Então tá fal... o selvagem...”

IARA: “É o dominante.”

(...)

FERNANDO: “Agora... o que nós vamos fazer?”

BEATRIZ: “Coloca a Clarice (...) com qualquer outro... que não seja o mesmo dele, dela.” [a estudante orientava que o coelho para formar um casal com Clarice não deveria ter a pelagem chinchila].

IARA: “Coloca ela com...”

FERNANDO: "O Dagoberto."

IARA: "O Dagoberto."

LAURA: "O Dagoberto é o... himalaia."

BEATRIZ: "Deu Clarice de novo. O da Clarice é dominante."

FERNANDO: "Não, porque, se a gente cruzar ela com esse daqui vai dar selvagem."
Discordou o estudante apoiando-se na conclusão que chegaram anteriormente.

(...)

BEATRIZ: "Então tá confuso."

Entretanto, cerca de trinta minutos após o início da atividade o grupo volta a realizar uma série de experimentos específicos na investigação da relação de dominância e recessividade entre os alelos. Desta vez, liderados por um dos estudantes, seguiram uma metodologia mais coesa, promovendo novamente os cruzamentos de coelhos de pelagens diferentes entre si.

FERNANDO: "Me empresta... me empresta o papel aí... deixa eu fazer um negócio aqui. Me empresta aí ô Laura... rapidão.(...) A gente sabe que selvagem com todos... selvagem com albino, himalaia e o..."

LAURA: "Selvagem, albino e himalaia só."

FERNANDO: "E tem um outro também. São quatro."

BEATRIZ: "Tem o..."

IARA: "Chinchila."

FERNANDO: "Vai dar selvagem." [o estudante toma nota acerca da relação do alelo selvagem com os demais alelos].

(...)

FERNANDO: "Peraí, perai, vamos fazer o... o negócio aqui ó. Igual eu tô fazendo aqui ó. A gente sabe que se o selvagem cruzar com todos, vai dar só selvagem."

BEATRIZ: "Aham."

FERNANDO: "E o chinchila... cruza o chinchila com... com todos, pra ver. Menos com o selvagem, né? Porque se não... O chinchila com himalaia vai dar..."

(...)

BEATRIZ: "(...) Himalaia com chinchila dá o quê?"

IARA: "Chinchila."

BEATRIZ: "Dá chinchila?"

FERNANDO: "Himalaia com chinchila. Vai dar chinchila."

BEATRIZ: "É pra cruzar o que agora?"

FERNANDO: "Chinchila com albino."

BEATRIZ: "Chinchila... com albino. Vai dar..."

FERNANDO: "Vai dar chinchila... vai dar... com o albino também vai dar chinchila. Certo?"
[uma vez que o resultado exibido na tela do computador confirma a hipótese do estudante FERNANDO, ele concluiu] "Todos vão dar chinchila, menos o... selvagem. Agora você vai com... com o himalaia... você vai cruzar o himalaia com o albino."

BEATRIZ: "Albino? A gente acabou de cruzar deu... himalaia."

FERNANDO: "Himalaia?"

BEATRIZ: "É."

FERNANDO: "Então, himalaia com albino vai dar himalaia."

BEATRIZ: "Himalaia com selvagem dá o selvagem, himalaia com himalaia dá himalaia..."

FERNANDO: "E albino com albino vai dar albino. Entendeu a lógica aqui?"

Enquanto os experimentos eram realizados, os resultados eram compilados no papel e a conclusão sistematizada do grupo surgiu como um esquema. Nele, os estudantes optaram por utilizar apenas a inicial do nome de cada cor de pelagem (**S** para selvagem, **C** para chinchila, **H** para himalaia e **A** para albino) para se referir aos alelos em questão, e após a seta indicava qual era o alelo dominante. Apesar de o esquema parecer incompleto em relação ao alelo albino, é possível observar através do diálogo dos estudantes durante a construção desse esquema que o grupo determinou corretamente a relação de dominância entre os alelos e respondeu satisfatoriamente à questão de pesquisa que haviam formulado.

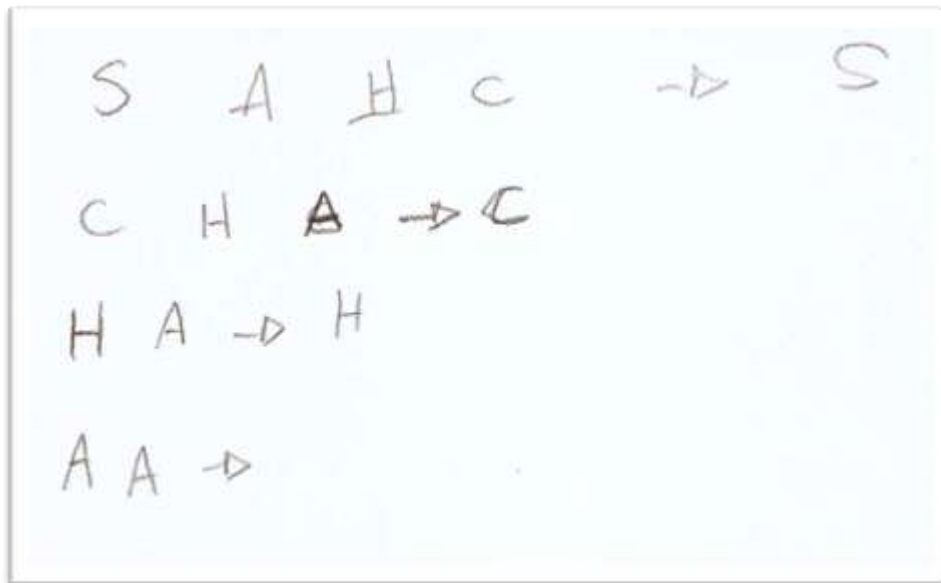


Figura 13 – Esquema da relação de dominância entre os alelos

A partir dessa conclusão do grupo de trabalho, o esquema construído se tornou fonte confiável de consulta para novas investigações dos estudantes. Isto ficou evidente quando eles investigavam sobre o fenótipo dos filhotes à venda e o esquema sempre era consultado quando necessitavam determinar a cor da pelagem em questão.

BEATRIZ: “Então, a gente vai ter que fazer assim. A gente sabe que desses dois... o himalaia com chinchila dá o quê?” [perguntou ao estudante que estava de posse do esquema da conclusão].

FERNANDO: “Himalaia com chinchila. Vai dar... chinchila.” [respondeu após rápida consulta].

BEATRIZ: “Então a gente sabe que a Zulmira é chinchila...”

FERNANDO: “É.”

BEATRIZ: “Segura.” [solicitou à colega que segurasse o pedigree do coelho identificado por Zulmira, e prosseguiu]: “A himalaia com albina dá o quê?”

FERNANDO: “Himalaia com albina. Vai dar himalaia.” [respondeu, novamente após consulta].

BEATRIZ: “Então esse aqui... a gente sabe a Adelaide é himalaia.”

FERNANDO: “Aham.”(...)

Os estudantes assumem suas próprias conclusões como modelo para a resolução de novas questões, no caso, o padrão de dominância entre os alelos, que eles mesmos definiram, serve de base para novos movimentos dentro da pesquisa. Esta situação revela de maneira bastante explícita como nossa atividade investigativa pode ser capaz de promover o protagonismo dos estudantes neste momento do processo de aprendizagem.

No segundo exemplo, a experimentação de outro grupo de trabalho ocorreu de maneira semelhante à do grupo já descrito no exemplo anterior, com os estudantes promovendo todos os cruzamentos possíveis entre coelhos com as quatro diferentes cores de pelagem a fim de estabelecerem a relação de dominância e recessividade. Entretanto, optamos por destacar este caso pelo uso dos termos que os estudantes fazem para se situarem dentro da pesquisa.

(...)

CAIO: *“Já foi com todos.”*

BRUNO: *“São quantos que tem que ser?”*

CAIO: *“Ele tem que ser com três, de menos com ele mesmo, com a mesma espécie lógico que vai dar...”* [ao dizer “espécie”, o estudante provavelmente quis dizer cor de pelagem, de acordo com o conteúdo da frase].

GUILHERME: *“Em algum desses o chinchila não foi dominante?”*

(...)

GUILHERME: *“Selvagem e chinchila deu o quê?”*

CAIO: *“Não deu chinchila!”*

GUILHERME: *“Não deu não?”*

CAIO: *“Deu selvagem!”* (risos)

GUILHERME: *“Ó!”*

(...)

CAIO: *“Parece que o selvagem é dominante em relação a todos.”*

(...)

CAIO: *“Todos que tem selvagem apareceu selvagem?”*

(...)

BRUNO: *“Falta o chinchila com o albino.”*

GUILHERME: *“Faz de novo, véi!”*

BRUNO: *“Chinchila macho com albino... faz aí.”*

CAIO: *“Já teve albina macho com chinchila fêmea?”*

BRUNO: *<inaudível>*

CAIO: *“Tá bom, chinchila macho com albino?”*

BRUNO: *“Isso.”*

(...)

BRUNO: *“Deu o quê?”*

CAIO: *“Deu só chinchila.”*

BRUNO: *“Tá faltando então é o himalaia com o himalaia.”*

CAIO: *“Vai dar himalaia, né?”*

(...)

CAIO: *“Então vamos pensar. Chinchila é dominante em relação a quê?”*

GUILHERME: *“Chinchila é o segundo dominante em relação a todos.”*

BRUNO: *“Vamos fazer só... aqui ó...”*

CAIO: *“Selvagem a todos... chinchila, todos menos selvagem...”*

(...)

CAIO: *“Essa é a ordem de dominância?”* [o estudante se referia ao esquema que fizeram no papel].

BRUNO: *“Isso.”*

CAIO: *“Certeza?... O albino sempre perde, então... O albino sempre perde... Só ganhou com ele mesmo.”*

BRUNO: "Se você procurar o himalaia, ele venceu quantos?"

CAIO: "O himalaia só vence o albino?"

BRUNO: "É."

CAIO: "Então esse é o grau de dominância... Nessa ordem."

Durante o diálogo, os estudantes constroem um esquema no papel com a conclusão acerca da relação de dominância e recessividade entre os alelos. Na sistematização feita por eles, há uma lista para organizar a conclusão. Colocando a palavra "selvagem" no topo da lista de quatro itens, os estudantes indicavam que o alelo para cor de pelagem selvagem era dominante em relação a todos aqueles que se encontravam abaixo dele. Logo abaixo, a palavra "chinchila", para representar o alelo para cor de pelagem chinchila, indicava que este seria dominante em relação a todos aqueles que se encontravam abaixo dele, e ainda, que era um alelo recessivo se comparado àquele que se encontrava acima, no caso, o alelo para cor de pelagem selvagem. Da mesma forma encontramos as palavras "himalaia" e "albino" se referindo aos alelos para cor de pelagem correspondentes a estas cores.

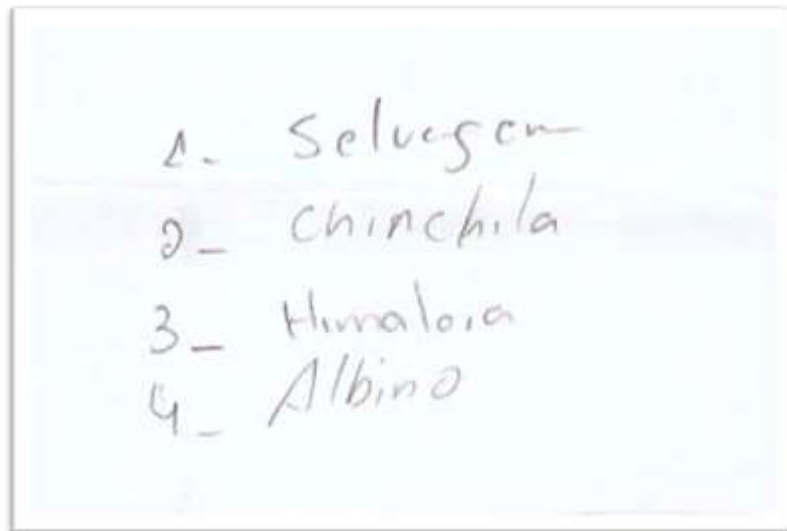


Figura 13 – Esquema da relação de dominância entre os alelos

A conclusão foi correta, entretanto, o diálogo desenvolvido entre os estudantes durante a sistematização apresenta a utilização de termos inadequados do ponto de

vista científico. Os estudantes falam em “perder”, “ganhar” e “vencer” ao invés dos termos apropriados (dominante e recessivo) ao se referirem aos alelos para a cor da pelagem dos coelhos. Em outros momentos de diálogo destes mesmos estudantes, é possível observar o uso dos termos adequados. Esta aparente contradição nos leva às considerações de Wertsch, através dos autores Paula e Moreira (2014) e Sessa e Trivelato (2011), em relação ao domínio e apropriação dos conceitos. O uso dos termos inadequados revelaria que estes estudantes não se apropriaram e/ou dominaram o conceito em si?

Sessa e Trivelato (2011) indicam que há aprendizagem quando o estudante se apropria do modo de mediação, que seria o argumento. A análise do diálogo entre os estudantes denota que, apesar dos termos incorretos, os estudantes conhecem o conceito científico envolvido e argumentam corretamente sobre eles, fazendo uso adequado nesta e em outras situações da atividade. Paula e Moreira (2014), por sua vez, afirmam que a apropriação dos conceitos científicos, feita de forma acrítica, não deveria configurar a meta nas aulas de Ciências, uma vez que o domínio é “consequência do uso repetido, em diferentes contextos, de ações mediadas por recursos mediacionais específicos”.

Neste cenário, acreditamos que atividades como esta que concebemos proporcionam um ambiente propício aos estudantes para essa apropriação crítica, ao mesmo tempo em que estimulam o uso dos conceitos científicos num contexto diferente daquele experimentado em aulas expositivas. Se na sala de aula, geralmente, o professor parte dos conceitos já consolidados para a aplicação nas atividades, apresentando poucas oportunidades para os estudantes questionarem e debaterem sobre o objeto de estudo em questão, no contexto de investigação, a construção dos conceitos, elaborada pelos próprios estudantes, é a culminância do processo de aprendizagem.

Desta maneira, quando Sá, Lima e Aguiar Júnior (2011) afirmam que o Ensino por Investigação está dentro das “diversas estratégias legítimas pelas quais os

professores contribuem para que os estudantes aprendam os conceitos, modelos e teorias das ciências”, entendemos que este aprendizado de conceitos se estenda para além da aplicação em determinadas situações. Durante uma atividade investigativa, os estudantes podem construir conclusões e consolidar conhecimentos equivalentes àqueles esperados pelos professores através das aulas expositivas, além de desenvolverem outras habilidades, tais como a reflexão, a discussão e argumentação (CARVALHO et al., 2004). No caso específico da nossa atividade, os estudantes foram capazes de estabelecer a complexa relação de dominância e recessividade entre alelos múltiplos a partir da resolução de um problema, e ainda aplicaram esta relação em vários casos de determinação de genótipos e fenótipos e em diferentes cruzamentos. Em suma, o envolvimento dos estudantes com o objeto de estudo corresponde, quando não supera, as expectativas pedagógicas de uma aula sobre o tema de Alelos Múltiplos dentro da área de Genética.

Percebemos claramente em nossas observações que a atividade proposta foi capaz de favorecer os estudantes naquilo que Sá et al (2007) preconizam como “tirar conclusões e avaliar em que medida a investigação realizada promoveu “respostas” ao problema ou uma nova maneira de compreendê-lo”. A partir do Objeto de Aprendizagem, do material de suporte e das interações promovidas dos estudantes como grupo de trabalho e com o professor, foi estabelecido um ambiente conveniente para os estudantes desenvolverem este importante aspecto da investigação.

4.3 Análise da Ação Mediada

- Transformação da Ação Mediada

A partir da afirmação de Wertsch, novos recursos mediacionais transformam a ação mediada. Assim sendo, destacaremos alguns momentos da nossa observação onde encontramos pistas de que a ação dos estudantes pode ter sido, de fato, transformada. Desta forma, contribuiremos na construção de uma resposta para a questão: “De que modo novas ferramentas culturais podem transformar as ações

mediadas conduzidas no contexto da sala de aula?” (PEREIRA e OSTERMANN, 2012). Para isto, situaremos nosso Objeto de Aprendizagem dentro do conjunto das novas ferramentas culturais, ou novos recursos mediacionais mencionados.

Ao analisarmos a relação dos estudantes com os termos específicos que surgiram na atividade investigativa, afirmaremos na seção *O Constrangimento na Ação Mediada* que o desconhecimento dos significados destes termos pode constranger a ação dos estudantes. Por exemplo, diante do termo “chinchila”, a ação do grupo de trabalho se constrangeu e os estudantes recorreram a nós para esclarecimento. Entretanto, não transmitimos o significado e encorajamos o grupo a prosseguir na atividade para que descobrissem por eles próprios.

FERNANDO: “Professor, o que é pelagem chinchila?”

Professor: “Isso daí vocês vão descobrir enquanto... mexem. Isso eu não preciso de responder ainda não.”

FERNANDO: “Ah tá, beleza.”

BEATRIZ: “Himalaio a gente vai descobrir depois também...”

Assim, mais adiante, quando os estudantes selecionavam um a um os coelhos do Objeto de Aprendizagem e anotavam as características de cada um deles conforme eram exibidas na tela do computador, o significado do termo “chinchila” surgiu dentro de um contexto de uso, ou seja, o termo apareceu como identificação da pelagem cinzenta que era exibida na tela do computador. Logo, os estudantes puderam associar o termo “chinchila” à cor da pelagem do coelho evidenciada naquele instante. Acreditamos que situações dessa natureza podem promover um aprendizado mais consistente em comparação com a simples transmissão promovida pela fala do professor, onde o estudante atuaria passivamente, na recepção.

Zompero e Laburu (2011), fazem referência à apresentação do material de ensino. Segundo estes autores, o material “deve apresentar significado lógico para o

estudante”, dentre outros aspectos, para garantir que a aprendizagem ocorra de maneira apropriada, caso contrário, os estudantes aprendem de “modo mecânico”.

Quando fomos questionados sobre o significado do termo “chinchila”, que surgira no texto do e-mail, nossa decisão por não responder imediatamente contribuiu na prevenção dessa aprendizagem “mecânica”. Dizer que aquela palavra se referia à cor cinzenta da pelagem do coelho, naquele momento, reduziria a ação à simples memorização. O significado do termo pôde surgir instantes depois, no contexto de uso, enquanto os estudantes manipulavam o Objeto de Aprendizagem em busca de informações relevantes. Em situação imediatamente posterior, os estudantes já utilizavam o termo chinchila corretamente em seus próprios argumentos, denunciando algum grau de apropriação ou domínio do significado.

Nesta situação, a transformação da ação parece se dar, portanto, ao conferir aos estudantes um papel bastante ativo na busca e construção de significados, em comparação com a maneira passiva que teriam em relação ao objeto de estudo, caso optássemos por informar-lhes a resposta prontamente.

O momento de introdução de determinado conceito ou informação pode determinar se a ação de aprender irá se restringir a simples memorização ou à construção de um significado mais elaborado pelos estudantes. Refletir sobre a sequência didática das aulas, apesar da não-linearidade dos nossos estudantes é fator determinante.

Outra situação representativa ocorreu quando um grupo de trabalho se encontrava num impasse diante de uma proposta de experimento (cruzamento entre dois coelhos de pelagem chinchila). Esta proposta foi contestada por uma estudante que apresentava argumentos para sustentar sua negativa. Todo o grupo precisou avaliar a situação para definirem uma decisão conjunta. Esta situação também será analisada na seção “Liderança X Enunciações Argumentativas”, onde abordaremos os desdobramentos das lideranças exercidas nos grupos de trabalho.

A transformação da ação mediada caracterizada nesta situação de impasse do grupo de trabalho se tornaria clara em comparação com uma realidade escolar onde o papel ativo do processo de ensino e aprendizagem está restrito à figura do professor. Quando os estudantes se prestam apenas a absorver as informações transmitidas em sala de aula, suas competências de avaliar conhecimentos, de argumentar e de decidir não são requisitadas da mesma maneira como foram neste momento da atividade do grupo. Consideramos que a transformação da ação se deu no sentido de proporcionar aos estudantes uma experiência para desenvolvimento da autonomia e do senso crítico. Comparativamente, experiências deste tipo são geralmente muito restritas num ambiente escolar mais tradicional.

Por fim, algo recorrente em todos os quatorze grupos analisados, e muito significativo dentro da nossa proposta de atividade, é a concordância entre a proposição apresentada por todos os estudantes a respeito da relação de dominância e recessividade entre os alelos para cor da pelagem dos coelhos, e o conhecimento científico que temos em relação a esta questão. A atividade permitiu, por meio dos cruzamentos e da análise dos resultados, que os grupos de trabalho chegassem às conclusões válidas do ponto de vista científico mesmo sem orientações diretas do professor.

A transformação da ação fica evidente quando consideramos que nas aulas de biologia, geralmente, a relação de dominância e recessividade é o ponto de partida, ao invés de um ponto de culminância. É uma informação apresentada pelo professor de maneira direta, como um conhecimento já consolidado. A atividade possibilitou aos grupos de trabalho que construíssem essa relação ativamente, de forma que o conhecimento, concebido desta maneira, possivelmente se apresenta mais significativo para os estudantes.

Optamos por comentar estas situações devido ao caráter representativo de cada uma delas. Entretanto, assumimos que a transformação da ação mediada se deu durante a resolução da atividade como um todo, e que muitos outros aspectos

escapam do corpo deste texto. Os estudantes tiveram a oportunidade de interagir com o objeto de estudo de maneira muito diferente daquela que teriam caso o assunto lhes fosse transmitido através de uma explanação oral. Assim, conforme afirmamos, a questão “De que modo novas ferramentas culturais podem transformar as ações mediadas conduzidas no contexto da sala de aula?” (PEREIRA e OSTERMANN, 2012), de fato, apresenta múltiplas respostas. Dentro de cada aspecto que permeia o complexo processo de ensino e aprendizagem, encontraremos peculiaridades que podem ser examinadas a fim de contribuir com esta indagação.

- O Constrangimento na Ação Mediada

Os estudos sobre a Teoria da Ação Mediada, de Wertsch, trazem as propriedades dos recursos mediacionais numa ação mediada. Uma destas propriedades, conforme já apresentamos, é a capacidade do recurso mediacional – neste contexto identificado como o Objeto de Aprendizagem e todos os materiais de suporte associados a ele – promover ou constranger a ação dos agentes – aqui identificados como os estudantes que realizam a atividade proposta.

Entretanto, esta avaliação se dá tão somente em caráter comparativo, quando antigos e novos recursos mediacionais são confrontados (SESSA e TRIVELATO, 2011). Assumiremos como novo recurso mediacional o Objeto de Aprendizagem em questão, e antigo, as ferramentas típicas de uma cultura escolar baseada no ensino transmissivo.

Dentro dessa perspectiva, a ausência de informações sobre determinados termos da atividade investigativa poderia configurar um obstáculo para a execução da atividade, logo nos momentos iniciais da atividade, algo recorrente em vários grupos de trabalho foi justamente a dificuldade em lidar com termos mais específicos que surgiam durante a interação com o Objeto de Aprendizagem. Duas situações, ocorridas em grupos de trabalhos diferentes ilustram bem o constrangimento da

ação no instante em que os estudantes se depararam com o termo “chinchila”, referente a uma das quatro cores de pelagem dos coelhos.

FERNANDO: “Professor, o que é pelagem chinchila?”

Professor: “Isso daí vocês vão descobrir enquanto... mexem. Isso eu não preciso de responder ainda não.”

FERNANDO: “Ah tá, beleza.”

BEATRIZ: “Himalaio a gente vai descobrir depois também...”

GUILHERME: “Sei que o senhor Mendel mantém apenas coelhos puros em sua fazenda, talvez essa informação possa lhes ajudar. Minha ideia é ter na fazenda 4 gaiolas, cada uma com um casal para procriação. Numa das gaiolas, pretendo colocar um casal para produzir filhotes de pelagem chinchila... [o estudante interrompe a leitura oral que fazia para seu grupo de trabalho e dirige a palavra ao professor] Isso é tipo vira-lata? Chinchila?”

Professor: “Chinchila vocês vão descobrir. Eu não vou responder agora porque vocês vão descobrir.”

CAIO: Tá.

GUILHERME: “Em outra, outro casal, para produzir...” [o estudante retoma a leitura oral do e-mail]

O termo referente à cor da pelagem, ainda desconhecidos pelos estudantes, mas presente no texto de nossa atividade constrangeu a ação de tal forma que eles recorreram ao auxílio do professor para se esclarecerem tão logo se depararam com ele. Entretanto, dentro da intenção já declarada de evitar a transmissão dos conceitos durante a atividade e criar situações que favoreçam o desenvolvimento da autonomia nos estudantes, coube a nós, no papel de professor-orientador da atividade, estimulá-los a prosseguir na investigação independente da lacuna apresentada, garantindo-lhes que seriam capazes de encontrar a solução sem nossa intervenção direta.

Acreditamos que as atividades concebidas na perspectiva do ensino por investigação possibilitam aos estudantes demonstrarem suas capacidades próprias na construção dos significados. Esse processo é pouco explorado em um ambiente

de ensino estritamente transmissivo que valoriza a apresentação de um conteúdo já consolidado e sistematizado. Ao ignorarmos a capacidade intrínseca dos estudantes, podemos dificultar a construção da autonomia no processo de ensino e aprendizagem. Rancière (2002), em sua obra *O Mestre Ignorante*, nos apresenta um exemplo bastante interessante de como os estudantes podem aprender sem serem conduzidos intelectualmente por seus professores, apenas sendo estimulados a terem vontade de aprender verdadeiramente.

Em ambas as situações pontuadas, os estudantes foram estimulados a prosseguir, mesmo sem conhecerem o significado dos termos. Nas seções *Transformação a Ação Mediada* e *Trabalhando de forma não linear* são apresentadas as conjunturas oportunas onde cada uma destas significações ocorreu.

Outro momento de constrangimento da ação foi observado quando os estudantes precisavam definir os filhotes que iriam compor a gaiola para gerar coelhos de pelagem albina. Nesta ocasião, os estudantes já haviam construído corretamente a relação de dominância entre os alelos, e observada a recessividade do alelo albino, não se viam capazes de formar o casal com o objetivo prescrito.

FERNANDO: "Ele tá pedindo albino também?"

BEATRIZ: "Tá."

IARA: "Na terceira gaiola..."

BEATRIZ: "Tá pedindo um casal de cada."

IARA: "E agora?"

BEATRIZ: "Não tem nenhum que deu albino até agora..." [afirmou a estudante em relação a todos os cruzamentos que haviam realizado].

FERNANDO: "Não tem dica não, fessô?"

Professor: "(...)...esse é o grande desafio do problema! É essa gaiola! Mas vocês já tem a condição para resolver..."

BEATRIZ: "O albino não predomina."

Professor: "Ele não predomina, mas aí como vocês resolvem o problema? (...) Abram as possibilidades..."

(...)

Professor: "Leiam o P.S. aqui, com mais atenção." [referimos à parte final do texto do e-mail].

Este momento de constrangimento da ação dos estudantes não é determinado pelas características do Objeto de Aprendizagem em si, como recurso mediacional, mas sim pela tensão entre os estudantes e os conhecimentos em Genética. Como o grupo de trabalho não cogitava as possibilidades de cruzamentos entre coelhos híbridos, houve uma situação de constrangimento. A postura de passividade dos estudantes em aulas restritas à transmissão de conteúdos é totalmente revolvida neste momento da atividade investigativa, onde eles são convidados à resolução de um problema realmente complexo, no sentido que envolve vários conceitos científicos, e não contam com um direcionamento expresso do professor.

Esse tipo de constrangimento da ação é esperado, e até certo ponto desejável, pois em situações como esta os estudantes se esforçam em elaborar melhor o raciocínio e aperfeiçoam o uso de conceitos científicos a fim de poderem seguir na resolução da atividade. Este constrangimento, em questão, foi caracterizado pelos estudantes como um desafio, pois eles se vêem capazes de chegar à resolução com algum esforço. A dificuldade transfigura-se, assim, num elemento motivacional da atividade.

A grande dificuldade da situação em questão possibilitou a uma das estudantes do grupo de trabalho formular corretamente uma conclusão a respeito do fenótipo dos coelhos albinos (seção *Construindo conclusões*). A partir da discussão com os colegas do grupo de trabalho, mesmo sem conhecer previamente o significado do termo híbrido (neste caso, no sentido de genótipo heterozigoto), a estudante concluiu que todos os coelhos de pelagem albina são puros (genótipo homozigoto).

Em seguida, este grupo julgou ser impossível apontar um casal de coelhos para gerar filhotes albinos. A intenção dos estudantes, a partir dessa conclusão, era

descrever as razões dessa impossibilidade como parte da resposta à atividade que propomos. Certamente é um tipo de produção possível em atividades de caráter aberto como a nossa, e até mesmo demonstra como propostas desse tipo são experiências significativas para os estudantes assumirem responsabilidades e desenvolverem a autonomia em suas decisões, não os restringindo simplesmente em replicar as respostas que o professor julga correta. Apesar disso, preferimos intervir e sugerimos que fizessem um cruzamento entre dois coelhos heterozigotos. Nosso objetivo com essa sugestão foi para que a investigação dos estudantes se aprofundasse. De fato, nossa colocação foi suficiente para que o grupo de trabalho retomasse a busca pelo casal para gerar filhotes albinos.

Enfim, nossa relação com os momentos de constrangimento da ação mediada pelo Objeto de Aprendizagem se modificou ao longo do trabalho de observação e análise das atividades dos grupos. Se inicialmente, enquanto concebíamos o Objeto de Aprendizagem e o material de suporte, procurávamos maneiras de suprimir quaisquer aspectos que potencialmente pudessem constranger a ação dos estudantes, agora consideramos que estes aspectos podem funcionar como fatores favoráveis no processo de aprendizagem, se bem administrados. É importante que os estudantes percebam os momentos de constrangimento como obstáculos passíveis de serem superados com dedicação e empenho, e o papel do professor, neste cenário, pode ser fundamental para que eles se sintam seguros o suficiente para prosseguir na atividade.

- Liderança x Enunciações Argumentativas

Três cenários observados durante a coleta de dados nos possibilitaram identificar certa relação entre o tipo de liderança exercida em um grupo e a promoção ou constrangimento da argumentação dos seus integrantes. Certamente os fatores que regem este tipo de relação demandam estudo mais aprofundado, por isso, nesta seção, pretendemos nos deter num pequeno ensaio a respeito do assunto, relacionando-o com o que pudemos observar.

No primeiro cenário, de determinado grupo de trabalho, encontramos momentos de disputa pela liderança, envolvendo dois estudantes. Não notamos qualquer intencionalidade nesta disputa, e por isso estamos identificando-a como uma disputa velada. Estes momentos eram caracterizados pelas enunciações argumentativas apresentadas por ambos, no intuito de definir as diretrizes metodológicas da pesquisa do grupo. Devido a essa disputa constante, o grupo esteve sob uma liderança dinâmica, por assim dizer, pois esta se deslocava em direção ao estudante que era mais bem sucedido na ação de argumentar. Aquele que parecia mais coerente, segundo o entendimento dos demais integrantes da equipe, era eleito o líder da circunstância em questão. Assim, esta disputa velada configurou um ambiente de trabalho muito profícuo para que os estudantes elaborassem enunciações argumentativas, que eram feitas de maneira criteriosa, uma vez que as diretrizes metodológicas do trabalho dependiam de uma argumentação satisfatória.

Neste grupo a disputa pela liderança se evidenciou em duas situações mais representativas. Na primeira delas, um dos estudantes sugere que utilizem o Objeto de Aprendizagem para cruzar dois coelhos de pelagem chinchila entre si. Essa proposta é prontamente contestada por uma colega do grupo, argumentando que este cruzamento certamente resultaria em filhotes com pelagem equivalente à dos pais. O grupo acatou a hipótese levantada pela estudante sem procederem no experimento sugerido.

Na ocorrência mencionada, os dois estudantes disputavam veladamente a liderança do grupo apresentando, cada qual com sua concepção de desenho metodológico para a pesquisa. A maneira como a estudante apresentou sua hipótese, associado ao entendimento já construído pelos demais colegas do grupo até então, sustentaram a diretriz de não concretizar a proposta experimental do estudante. A opção do grupo em não realizar o cruzamento recomendado foi feita de maneira objetiva. Foi apresentada uma argumentação para refutar o experimento proposto ao mesmo tempo em que houve julgamentos acerca da hipótese levantada.

Numa relação onde o professor detém para si toda a responsabilidade no processo de ensino e aprendizagem, dificilmente os estudantes se deparam com situações como essa, onde precisam examinar as possibilidades e optar por caminhos definidos por eles próprios.

A segunda situação de disputa neste mesmo grupo, ainda mais velada que a anterior, se passa quando um dos estudantes procura direcionar a ação do grupo para a sistematização da relação de dominância e recessividade entre os alelos para cor da pelagem dos coelhos, enquanto outra estudante se empenha em discutir e definir quais seriam os filhotes selecionados para a compra.

FERNANDO: "Me empresta... me empresta o papel aí... deixa eu fazer um negócio aqui. Me empresta aí ô Laura... rapidão. (...) A gente sabe que selvagem com todos... selvagem com albino, himalaia e o..."

LAURA: "Selvagem, albino e himalaia só."

FERNANDO: "E tem um outro também. São quatro."

BEATRIZ: "Tem o..."

IARA: "Chinchila."

FERNANDO: "Vai dar selvagem."

[neste instante, as estudantes BEATRIZ e IARA se envolvem numa discussão sobre quais filhotes deveriam ser selecionados para a compra, mas o estudante FERNANDO insistiu em direcionar a ação do grupo para a sistematização da relação entre os alelos].

FERNANDO: "Peraí, perai, vamos fazer o... o negócio aqui ó. Igual eu tô fazendo aqui ó. A gente sabe que se o selvagem cruzar com todos, vai dar só selvagem."

BEATRIZ: "Aham."

FERNANDO: "E o chinchila... cruza o chinchila com... com todos, pra ver. Menos com o selvagem, né? Porque se não... O chinchila com himalaia vai dar..."

(...)

Nesta ocasião, diferente da anterior, é o estudante Fernando que recebe o reconhecimento de líder do grupo, centralizando a ação e atenção de todos os

integrantes para a sistematização da relação de dominância e recessividade entre os alelos para cor da pelagem dos coelhos. A conclusão final construída por eles a partir deste momento da atividade já foi apresentada na seção *Construindo conclusões*.

O segundo cenário caracterizou-se por situação muito diferente. Enquanto o primeiro grupo apresentou uma liderança dinâmica, neste a liderança se manteve centralizada em um estudante durante praticamente todo o desenvolvimento da atividade. Este aspecto foi percebido de maneira muito marcante nesse grupo, embora a característica de liderança centralizada também pudesse ser observada em muitos outros, sobretudo naqueles onde encontrávamos os estudantes que se destacavam pelo desempenho acadêmico na escola. Como não havia disputa pela liderança, observamos dois aspectos interferindo negativamente na qualidade das discussões do grupo, e conseqüentemente, para o processo de aprendizado dos estudantes envolvidos. O primeiro deles é em relação ao próprio estudante reconhecido como líder. Uma vez que os demais integrantes não questionam sua liderança, o estudante não percebe premência em aperfeiçoar seu raciocínio para argumentar, culminando em enunciações pouco elaboradas que logo são acatadas pelos demais. Segundo, em relação aos outros integrantes que, reconhecendo a liderança de forma acrítica, também não se esforçam em elaborar argumentações, acabam por assumir um papel mais passivo no desenvolvimento da atividade.

Neste ponto, reconhecendo a necessidade de maiores pesquisas, arriscamos afirmar que para promovermos discussões de qualidade numa atividade em sala de aula, e este é um dos objetivos essenciais numa atividade investigativa, é necessário atenção aos aspectos relativos à liderança que será exercida no contexto. Uma liderança rígida e centralizada pode configurar um fator de dificuldade para o desenvolvimento da ação argumentativa dos estudantes.

Enfim, o terceiro cenário, que vem colaborar com nossa afirmação, ocorreu durante a atividade do grupo de liderança dinâmica, já mencionado. Neste grupo, conforme

afirmamos, as enunciações argumentativas surgiam em todos os momentos onde uma nova diretriz precisava ser estabelecida na pesquisa. Entretanto, num episódio onde intervimos, na condição de professor, o comportamento dos estudantes se alterou radicalmente. De fato, as discussões continuaram, mas o caminho que indicamos, ao apontar um dos filhotes como possibilidade de escolha, não foi questionado em momento algum pelos estudantes. Nesta situação, os estudantes buscavam encontrar quais filhotes deveriam formar o casal na gaiola que geraria coelhos albinos. A partir do momento que indicamos o coelho chamado Felícia na intenção de demonstrar a possibilidade de obter coelhos albinos a partir do cruzamento de coelhos heterozigotos, os estudantes não exploraram outras opções de fêmeas, diferentes de Felícia, para formar o casal em questão.

Professor: “E se eu cruzar a Felícia com outro... a Felícia é selvagem, não é?” [“Felícia” é um filhote de pelagem selvagem e portador do alelo albino].

BEATRIZ: “Aham.”

Professor: “Se a gente cruzar a Felícia, que não tá aí na criação, né?”

FERNANDO: “Aham.”

Professor: “A Felícia é apenas um filhotinho. Se quando a Felícia crescer, a gente cruzar a Felícia com outro filhote que também não seja puro. O que que vai aparecer?”

[os estudantes rapidamente perceberam que poderiam obter filhotes albinos, algo que julgaram ser impossível em momento anterior da atividade].

FERNANDO: “Vamo lá, então.”

IARA: “Com o Leôncio. Com o Leôncio.”

BEATRIZ: “A Felícia com o Leôncio, depois que ela cresce, tem grandes chances de nascer...”

IARA: “...albino.”

BEATRIZ: “...albino.”

IARA: “Por causa que o Leôncio também tem...”

BEATRIZ: “Tem um par de albino.” [nesta situação, a estudante pretendia se referir a um único alelo, e não a um par].

De fato, nossa assistência permitiu que os estudantes fossem capazes de determinar corretamente os quatro casais de coelhos solicitados pela atividade. Entretanto, se por um lado nossa orientação foi fundamental para estimular o grupo ao aprofundamento da pesquisa, por outro, também circunscreveu a ação dos estudantes. Acreditamos que, neste caso, um direcionamento mais aberto, sem envolver diretamente os coelhos em questão, poderia esclarecer os estudantes e, ao mesmo tempo, permitir que eles explorassem melhor as outras possibilidades.

É natural percebermos que, em nossa cultura escolar, o professor é tido como líder reconhecido na sala de aula, no sentido de ser detentor preponderante do conhecimento. Entretanto, este reconhecimento, feito de forma acrítica, pode ser um forte fator inibitório na transferência da responsabilidade e do protagonismo aos estudantes durante o desenvolvimento de atividades propostas e inibir sobremaneira a capacidade argumentativa deles.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Sobre nosso Objeto de Aprendizagem e Material de Suporte

Nossa intenção com esta pesquisa foi desenvolver um Objeto de Aprendizagem Digital com características tais que permitissem o desenvolvimento de uma atividade investigativa em suas potencialidades. Desta forma, mantivemos o compromisso de respeitar as diretrizes da metodologia do Ensino de Ciências por Investigação desde a concepção do nosso software, perpassando pelo desenvolvimento do material de suporte que o acompanharia e da forma como a atividade seria aplicada no contexto de ensino.

Assim, podemos destacar aqui alguns atributos importantes que o Objeto de Aprendizagem apresentou para se adequar à investigação em sala de aula.

Inicialmente, na intenção de contribuir no desenvolvimento da autonomia dos estudantes, concebemos um Objeto de Aprendizagem com pouco direcionamento de ações. Deste modo, para que os estudantes pudessem escolher as que lhes convinham, dentro das perspectivas que apresentavam em cada situação de aprendizado, não restringimos os caminhos, estimulando os estudantes a tomar decisões e fazer escolhas. Dentro destas possibilidades, permitimos que os estudantes pudessem avançar e retroceder etapas livremente, inclusive várias vezes num mesmo caminho, dentro de um mesmo raciocínio, se julgassem necessário. Isto permitiu a eles a experimentação livre para testes de suas hipóteses. As evidências se mostraram acessíveis ao entendimento dos estudantes e a possibilidade de refazer os caminhos percorridos foi um aspecto importante na confirmação das conclusões obtidas, uma vez que reforçam o conhecimento construído pelos estudantes.

Outra consideração importante é quanto aos materiais de suporte, mais especificamente, quanto aos pedigrees dos filhotes à venda. Sem qualquer intencionalidade, fornecemos este material sem encadernação ou grampo de fixação, pois não enxergávamos qualquer relevância neste tipo de detalhe até então. Somente observando como os quatorze grupos de trabalho lidaram com os pedigrees percebemos como foi importante acertada nossa ação. Alguns estudantes agrupavam os pedigrees segundo os fenótipos dos filhotes, outros, segundo os alelos recessivos que portavam, outros, a partir do genótipo dos pais, e as categorizações variavam muito entre cada grupo, e também dentro do mesmo grupo, mas em momentos diferentes da pesquisa. Daí, percebemos a importância de propiciar ao estudante possibilidade de manipular e categorizar as informações. As folhas individuais ao invés de encadernadas, permitiram a categorização das informações segundo o julgamento de cada grupo, aquilo que acreditavam pertencer a um único escopo era agrupado, ao mesmo tempo, informações consideradas ainda irrelevantes eram postas de lado, a fim de se concentrarem em determinados pontos da investigação. Esta organização dos dados, conforme observamos nos grupos analisados, variaram enormemente. Poderíamos dizer que dar “mobilidade” à

informação é um aspecto relevante no desenvolvimento das atividades investigativas.

A atividade investigativa a partir do nosso Objeto de Aprendizagem foi instrumento para que os estudantes acessassem conceitos científicos oriundos de aprendizagens prévias e os aplicassem na resolução do problema. Isto ficou ainda mais evidenciado quando, a partir da aula que tiveram sobre heranças ligadas ao sexo, a quase totalidade dos grupos levantou a hipótese da determinação da cor da pelagem dos coelhos estar relacionada a alelos nos cromossomos sexuais. Portanto, isto reforça o que já considerávamos, as atividades investigativas são, ao mesmo tempo, oportunidade para a construção de novos conhecimentos pelos estudantes e momento propício para a aplicação de conhecimentos já consolidados.

Ademais, a atividade investigativa configurou não somente uma nova oportunidade onde os estudantes possam aplicar seus conhecimentos, mas também reconhecemos, durante nossas observações, que pode se configurar em mais uma opção de instrumento avaliativo, diferente de avaliações mais tradicionais, como os exames e provas. Dizemos isso devido ao fato de que em avaliações tradicionais, normalmente, apenas as respostas são avaliadas, o processo de construção delas é frequentemente desconsiderado. Acompanhando o desenvolvimento da atividade dos grupos, como professor, pudemos perceber o potencial para que a atividade seja um recurso eficiente no diagnóstico de deficiências na aprendizagem dos estudantes em determinados conteúdos.

- Protagonistas no processo de aprendizagem

Quando pesquisamos acerca do Objeto de Aprendizagem Digital como proposta de Ensino por Investigação em Biologia, concentramos nossos esforços e atenção nesta ferramenta digital em relação aos estudantes. Procuramos identificar e definir as potencialidades que esta ferramenta poderia apresentar no desenvolvermos atividades investigativas. Nosso foco, portanto, esteve inicialmente na interação dos estudantes com o Objeto de Aprendizagem em si. Porém, durante nossa análise,

encontramos outras formas de interação que perpassam esta com a qual lidamos com maior atenção. Há enorme riqueza de dados na interação dos estudantes entre si, e pudemos evidenciar este fato em diversos momentos de nossa pesquisa. Há também um amplo campo para estudo quando consideramos a interação dos estudantes com o professor, no papel de orientador da aprendizagem durante atividades investigativas.

Em suma, as interações entre os estudantes e o Objeto de Aprendizagem, as interações entre os estudantes de um mesmo grupo de trabalho e as interações dos estudantes com o professor compõem, juntas, um fenômeno complexo no processo de ensino e aprendizagem mediado por atividades investigativas, e deste modo, percebemos que o universo de pesquisa nesse campo se desdobra para muito além daquilo que concebíamos inicialmente.

A partir do momento que compreendemos as peculiaridades dos jovens dessa geração dentro do ambiente escolar, como estudantes, principalmente no sentido de trabalharem melhor em rede e de forma não linear, passamos a perceber a maior concordância entre o perfil deles e atividades investigativas de caráter mais aberto. Isto se dá justamente porque atividades deste tipo permitem maior flexibilidade no processo de aprendizagem, dando maior liberdade aos estudantes para atuarem segundo suas próprias demandas e capacidades. É notável como a ação dos estudantes se transforma a partir de atividades deste gênero.

Enquanto numa sala de aula, geralmente, os conceitos e informações pertinentes são explicitados a princípio, a fim de capacitar os estudantes na resolução dos problemas, permitir que eles desenhasssem seus caminhos, nossa atividade investigativa nos mostrou que os estudantes, naturalmente, optam por um caminho contrário em sua ação. Predominantemente, eles se dedicam primeiro a encontrar o problema principal, para somente depois se informarem devidamente e encontrar os pormenores capazes de auxiliá-los na resolução.

Mais do que confirmar a postura pouco linear dos estudantes ao tratarem das informações, essa busca inicial pelo problema em questão pode nos indicar que eles percebem pouco significado nos conceitos e fenômenos fora do devido contexto de uso. As atividades de investigação podem, neste sentido, fornecer esse elemento tão imprescindível ao aprendizado deles. As dúvidas, as questões, as lacunas no conhecimento gerado pela pergunta de pesquisa parecem funcionar como excelentes catalisadores no movimento em busca da compreensão do objeto de estudo, não são simples obstáculos no processo de aprendizagem.

Ainda, tudo nos indica que o estudante que se envolve com a atividade investigativa é o estudante que se sente capaz de superar o desafio de preencher sua própria “lacuna do conhecimento”. O desafio o motiva. Quando o objeto de estudo está inacessível, não há motivação para buscar significações. Os momentos de constrangimento da ação, quando percebidos como obstáculos passíveis de superação, pela dedicação e empenho, possivelmente promovem o envolvimento dos estudantes. Dito isto, é fundamental que eles se sintam aptos e seguros, ao mesmo tempo em que instigados, para prosseguirem na atividade. Esta sensação de aptidão e segurança provém de uma série de elementos que ainda não pudemos identificar, entretanto, dentre eles, as ferramentas didáticas e a postura do professor durante a condução das atividades tem papel fundamental.

Ao atuar como figura central no processo de aprendizagem e detentor do conhecimento o professor contribui diretamente para o constrangimento da ação do estudante na busca de significação dos conceitos e fenômenos do objeto de estudo, inibindo duas das principais ferramentas que eles têm para aprender: a possibilidade de elaborar o raciocínio através das enunciações de seus argumentos, e a capacidade de levantar hipóteses a partir das observações.

O esforço empreendido em transpor os pensamentos em palavras, através da enunciação do argumento estimula o estudante a elaborar melhor seu próprio raciocínio e compreensão em relação ao objeto de estudo. Uma vez que os

conceitos são transmitidos diretamente na sala de aula, e o conhecimento é tratado como algo consolidado, existe pouco espaço para o estudante refinar e modelar seu raciocínio, recorrendo, muitas vezes, à simples memorização desprovida de significações. A atividade investigativa, neste sentido, representou em diversas circunstâncias um momento oportuno para que os estudantes apresentassem seus argumentos.

A atividade investigativa, da forma como foi concebida e aplicada, também se mostrou como um ambiente propício para os estudantes levantarem hipóteses e planejarem estratégias para a averiguação. Por sua vez, o Objeto de Aprendizagem constituiu plataforma eficaz para realizarem as experimentações, fornecendo evidências que eram acessíveis a eles, possibilitando-os a interpretação dos resultados e construção das conclusões. O momento de levantamento de hipóteses e averiguação experimental constituiu excelente oportunidade para o estudante “errar mais”. Possivelmente, a partir de sucessivas situações onde os estudantes se encontrem diante desse tipo de situação, irão considerar o erro como importante ferramenta de aprendizagem.

A atividade investigativa proposta permitiu a aproximação da sala de aula em “espaço de trabalho”, ao invés de “auditório”. De maneira completamente distinta da postura passiva diante de uma aula essencialmente expositiva, os estudantes puderam se envolver com o objeto de estudo, propor questões, levantar hipóteses, fazer experimentações, interpretar resultados e tirar conclusões.

- Pesquisando na sala de aula

Durante o Estudo Piloto e na coleta de dados da pesquisa, percebemos o quanto a observação direta do pesquisador, fazendo anotações diretamente em seu caderno de campo, é valiosa para este gênero de pesquisa em sala de aula. Consideramos isso pois, apesar do vídeo e do áudio conseguirem capturar os acontecimentos com grande abrangência, as anotações do caderno de campo definiram pontos de análises e conclusões extremamente importantes no corpo de nossa pesquisa.

Possivelmente, a observação direta no momento da interação dos estudantes possibilita um olhar direcionado para situações mais relevantes de maneira bem mais comprometida do que uma análise posterior do material digital obtido em vídeo e áudio. Gibbs (2009) nos diz que um aspecto positivo da pesquisa qualitativa é que a análise de dados pode justamente se dar no momento da coleta. Este autor nos diz que, a decisão do pesquisador por fazer determinada anotação no caderno de campo, bem como a opção por não anotar, já constitui uma análise preliminar dos dados.

Desta forma, em nossa pesquisa, as anotações no caderno de campo, realizadas a partir da observação direta, também nos possibilitaram uma atenção mais direcionada durante a análise do vídeo e áudio, uma vez que o perfil dos grupos de trabalho dos estudantes já era determinado previamente a partir da leitura das anotações do caderno. Aprofundávamos, assim, nos pontos mais relevantes de cada momento de coleta.

Assim, a partir dessa nossa experiência de coleta de dados no contexto de ensino, aprendemos a valorizar a observação direta com anotações em caderno de campo como metodologia para pesquisa sobre interações de ferramentas didáticas em salas de aula. Esta estratégia metodológica foi capaz de nos proporcionar conhecer de perto os aspectos mais íntimos e complexos do ambiente de sala de aula. Aspectos esses que fogem, quanto às sensações de momento, das filmagens e gravações de áudio. Arriscamos dizer que, quando estamos inseridos no mundo da sala de aula, ele revela-se de maneira muito diversa daquela que podemos vislumbrar ao o assistirmos através de uma tela ou quando apenas ouvimos seus “ruídos” característicos. Estar, pessoalmente, próximo aos estudantes enquanto eles trabalham proporciona ao pesquisador perceber aspectos que dificilmente poderiam ser notados de qualquer outra forma.

Por fim, considerando que o produto deste trabalho ficará disponível no endereço zip.net/bhtDh4, acreditamos que esta pesquisa irá contribuir de modo significativo

para a formação dos professores e para as atividades em sala de aula, ampliando as possibilidades para o ensino de Biologia.

A partir do momento em que nós, professores, admitimos as potencialidades dos nossos estudantes, e compreendemos um pouco mais o perfil que apresentam, podemos tornar o momento da aula mais relevante no contexto de aprendizagem. Passamos a considerar outros caminhos além da transmissão e recepção de informações, e trabalhamos com a ideia de experiências de aprendizado. Neste ínterim, acreditamos que atividades de caráter investigativo podem promover grande envolvimento dos estudantes, possibilitando a aprendizagem de maneira muito significativa para eles.

6. REFERÊNCIAS

ALVES DA COSTA, L. *Uma Escola da Era Digital – a Escola Sempre Presente*. 2003. Dissertação (Mestrado em Educação Multimédia) – Faculdade Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2003. Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/luiza/TESE_GERA%C7%C3O%20ZAP%20%28D%29/indicepdf.html>. Acesso em: 03 abr. 2014.

CARVALHO, A. M. P; (org). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. *Resolução CNS n. 466/2012*. Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Disponível em: <conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2015.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do ensino de ciências*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002. v. 1. 208p.

DICIONÁRIO da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico. Porto: Porto Editora, 2003-2015.

GALLOTTA, A.; NUNES, C. A. *Objetos de aprendizagem a serviço do professor*, 2004. Disponível em: <www.microsoft.com/brasil/educacao/parceiro/objeto_texto.mspx>. Acesso em: 23 nov. 2011.

GIACÓIA, L. R. D. *Conhecimento Básico de Genética: concluintes do Ensino Médio X Graduandos*. 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2006. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/DIS_MEST/DIS_MEST20060327_GIACOIA%20LUCIANO%20ROGERIO%20DESTRO.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2015.

GIBBS, Graham. *Análise de dados qualitativos*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, L. *Ambiente Computacional para geração de Learning Objects no padrão SCORM a partir de conteúdos organizados através de Mapas Conceituais*.

Guaiba. 2005. Disponível em: <<http://guaiba.ulbra.br/seminario/eventos/2005/artigos/sistemas/28.pdf>>. Acesso em: nov. 2013.

GRIFFITHS, A. J. F.; GELBART, W. M.; MILLER, J. H.; LEWONTIN, R. C. *Genética Moderna*. São Paulo: Guanabara Koogan, 2001.

GUEDES DE SÁ, R. M. A. *Recursos digitais no ensino das ciências naturais*. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Multimídia) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2004. Disponível em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/64053/1/75458_QD40_SAr_R_2004_TM_01_P.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.

MARCONDES, M. E. R.; PEIXOTO, H. R. da C. Interações e Transformações – Química para o Ensino Médio: uma Contribuição para a Melhoria do Ensino. In: ZANON, Lenir;

MARTINS, C. M. C.; PAIVA, A. L. B. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 1-20, 2005.

MARTINS, O. e MOSER, A. *Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch*. In: Intersaberes, v.7, n.13, p.8-28, 2012. Disponível em: <<http://www.grupouninter.com.br/intersaberes/index.php/revista/article/view/245>>. Acesso em 29 out. 2016.

MAUÉS, E. e LIMA, M. E. C. de C. Atividades Investigativas nas séries iniciais. *Presença Pedagógica*, v.12, n.72, nov./dez. 2006.

MEMÓRIA, F. *Design para a internet: projetando a experiência perfeita*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

MIRANDA, R. M. *GROA: um gerenciador de repositórios de objetos de aprendizagem*. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4120/000452979.pdf?sequence=1&locale=pt_BR>. Acesso em: 02 set. 2011.

MUNFORD, D.; LIMA, M.E.. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, v. 9, n. 1, 2007. Disponível em: <

<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewArticle/122>>. Acesso em: 13 ago. 2013.

OLIVEIRA NETTO, A. A. *IHC e engenharia pedagógica: interação humano computador*. Florianópolis: VisualBooks, 2010.

PAULA, A. C.; ARAUJO, I. S. C. . *James Wertsch: influência de Vygotsky, ideias principais e implicações para a educação científica*. In: 33 EDEQ - Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 2013, Ijuí/RS. 2013.

PAULA, H. F.; MOREIRA, A. F. Atividade, ação mediada e avaliação escolar. *Educação em Revista* (UFMG. Impresso), v. 30, p. 17-36, 2014.

PAULA, H. F.; TALIM, S. L. . Uso coordenado de ambientes virtuais e outros recursos mediacionais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, p. 614-650, 2012.

PEREIRA, Alexsandro e OSTERMANN, Fernanda. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. In: *Ciência e Educação*, v. 18, n. 1, p. 23-29, 2012.

PINTO, A. F. C. Uma reflexão sobre o ensino assistido por computador. *Profissionalização em serviço: Módulo de Psicologia da Educação*. Faro, 2000. Disponível em <http://www.prof2000.pt/users/antoniofcp/contacto/PSI_ED.pdf>. Acessado em: 04 fev. 2014.

PINTO, S. ; GOUVÊA, Guaracira . Mediação: significações, usos e contextos. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, p. 53-70, 2014.

POURTOIS, J.; DESMETT, H. *A educação pós-moderna*. São Paulo: Loyola, 1999.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*. Bradford, v. 9, n. 5, out. 2001. Disponível em: < <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf> >. Acesso em: 01 fev. 2014.

PRESSMAN, R. S. *Engenharia de software: uma abordagem profissional*. 7.ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2011.

RANCIÈRE, J. *O mestre ignorante: cinco lições sobre a emancipação intelectual*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

Sá, E. F. de. *Discursos de professores sobre ensino de ciências por Investigação*. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais.UFMG/FaE. Belo Horizonte. 2009.

SÁ, E. F. de.; Lima, M. E. C. C. ; AGUIAR JÚNIOR, O. G. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, p. 79-102, 2011.

SÁ, E. F. de.; Lima, M. E. C. C. ; AGUIAR, O. G. de. *A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação*. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC, 2009. v. 1. p. 1-12.

SÁ, E. F. de.; PAULA, H. F. ; LIMA, M. E. C. C. ; AGUIAR JÚNIOR, O. G. de. *As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências*. In: VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. Atas do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

SAMPAIO, M.N; LEITE, L. S. *Alfabetização tecnológica do professor*. 10. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

SCHWARZELMÜLLER, A. F.; ORNELAS, B. *Os objetos digitais e suas utilizações no processo de ensino-aprendizagem*. Faculdade de Educação da UFBA, Salvador. 2006. Disponível em: <<http://homes.dcc.ufba.br/~frieda/artigoequador.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2009.

SESSA, P. ; TRIVELATO, S. L. F. . *A ação mediada no ensino de biologia e argumentação: tensões permanentes*. In: VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2012, Campinas. Atas do VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011

SILVA, T. R. *OBA-MC: um modelo de objetos de aprendizagem centrado no processo de ensino-aprendizagem para o Moodle*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2013. Disponível em: <<http://ppgcc.uern.br/arquivos/disertacao/8.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2014.

TORI, R. *Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distância em ensino e aprendizagem*. São Paulo: Editora Senac, 2010.

TRAZZI, P. S. da S. *Ação mediada em aulas de Biologia: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular*. (Doutorado em Educação). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2015.

TRAZZI, P.S.S.; OLIVEIRA, I. M. . A ação mediada no processo de formação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular em aulas de biologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, p. 121-136, 2016.

VALENTE, J. A. *O computador na sociedade do conhecimento*. Campinas: NIED/Unicamp, 1999. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me003150.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2007.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. In: _____. *The instructional use of learning objects*. 2000. Disponível em: <<http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. . Significados de fotossíntese apropriados por alunos do Ensino Fundamental a partir de uma atividade investigativa mediada por multimodos de representação. *Investigações em Ensino de Ciências* v. 16, p. 179-199, 2011.

7. ANEXOS

ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Aos Srs. Pais e/ou Responsáveis pelos alunos do ____º ano do Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio do _____

Eu, Daniel Nunes Carvalho, aluno do programa de pós-graduação em educação do mestrado profissional da Universidade Federal de Minas Gerais, e também professor do Instituto Federal Minas Gerais (IFMG) – Câmpus Santa Luzia, gostaria de convidar seu(sua) filho(a) a participar da pesquisa “Objeto de Aprendizagem Digital como proposta de Ensino por Investigação em Biologia”. Entrei em contato com a direção da escola e obtive a colaboração e o consentimento de ambos para a realização desse trabalho.

Esta pesquisa será importante, pois contribuirá ainda mais para a aprendizagem de seu(sua) filho(a) uma vez que a partir deste estudo, novas ferramentas educacionais poderão ser formuladas, além de poder proporcionar melhorias para as estratégias pedagógicas mediadas por computador.

As atividades desta pesquisa ocorrerão nos horários habituais de aulas do seu(sua) filho(a), não sendo necessário que permaneçam na escola por nenhum período adicional para participarem.

A participação nessa pesquisa é totalmente voluntária e a decisão de optar em contribuir para o estudo dependerá da vontade de seu(sua) filho(a) caso haja consentimento dos senhores pais ou responsáveis. Embora saiba que qualquer intervenção na sala de aula possa oferecer transtorno ao andamento habitual das atividades, procurarei estar atento a fim de coibir quaisquer intercorrências. Atuarei para que todos se sintam à vontade em explorar as potencialidades da ferramenta digital disponibilizada e espero que o seu uso proporcione uma experiência enriquecedora na formação de seu(sua) filho(a).

Todos os alunos que optarem por participar da pesquisa terão anonimato garantido, pois será utilizado pseudônimo

Atenciosamente,

Daniel Nunes Carvalho (Aluno do programa de pós-graduação e professor do IFMG)

Carmen Maria De Caro Martins (Coordenadora da pesquisa)

Agradeço sua colaboração:

- Concordo e autorizo a realização da pesquisa
 Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do(a) aluno(a)

Assinatura do pai ou responsável

Santa Luzia, _____ de _____ de 201____ .

Comitê de Ética na Pesquisa | UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG

☎ (31) 3409-4592 | CEP 31270-901 | ✉ coep@prpq.ufmg.br

ANEXO B – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)

Aos alunos do ____º ano do Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio do _____

Prezados alunos,

Eu, Daniel Nunes Carvalho, aluno do programa de pós-graduação em educação do mestrado profissional da Universidade Federal de Minas Gerais, gostaria de convidá-lo (a) a participar da pesquisa “**Objeto de Aprendizagem Digital como proposta de Ensino por Investigação em Biologia**”. Entrei em contato com a direção da sua escola e obtive a colaboração e o consentimento para a realização desse trabalho em sua sala de aula.

Esta pesquisa tem, como um dos seus objetivos, a intenção de conhecer de que maneira os alunos se relacionam com diversos aspectos de uma ferramenta digital no aprendizado da Biologia num contexto investigativo. Este conhecimento será útil no propósito de aprimorar-se o desenvolvimento de novos Objetos de Aprendizagem nesta área. Para isto, pretende-se realizar a gravação em vídeo de uma única aula da disciplina de Biologia, que ocorrerá durante o horário habitual de aulas, onde estarei presente na sala de aula acompanhando o desenvolvimento da atividade com a ferramenta digital em questão.

A participação nessa pesquisa é totalmente voluntária e a decisão de optar em contribuir para o estudo dependerá somente de sua própria vontade. Embora saiba que qualquer intervenção na sala de aula possa oferecer transtorno ou desconforto nos alunos, procurarei estar atento a fim de coibir quaisquer intercorrências. Atuarei para que todos se sintam à vontade em explorar as potencialidades da ferramenta digital disponibilizada e espero que o seu uso proporcione uma experiência enriquecedora.

Atenciosamente,

Sua participação nessa pesquisa ocorrerá através da manipulação do Objeto de Aprendizagem Digital instalado no computador, do texto produzido a partir dessa interação e de observações e entrevistas coletivas que serão realizadas durante as aulas e posteriormente a elas.

Todos os alunos que optarem por participar da pesquisa terão anonimato garantido, pois será utilizado pseudônimo no lugar do seu nome. As informações fornecidas não serão associadas ao seu nome em nenhum documento. Os materiais produzidos e coletados durante as atividades ficarão arquivados sob minha responsabilidade e apenas poderão ser consultados por pessoas diretamente envolvidas nesse trabalho.

Sua participação não envolverá qualquer gasto, pois serão providenciados todos os materiais necessários além dos seus materiais de uso diário.

Durante o período da pesquisa você tem o direito de esclarecer qualquer dúvida ou pedir quaisquer informações adicionais, bastando para isso entrar em contato através do e-mail **daniel.carvalho@ifmg.edu.br** ou pelo telefone **(31)3634-3949**. Caso ainda tenha alguma dúvida quanto a aspectos éticos, poderá entrar em contato com o Conselho de Ética em Pesquisa da UFMG. O contato está no final desse documento.

Sentindo-se esclarecido(a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o **Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Menor (TALE)**, assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada por mim, durante um período de cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Daniel Nunes Carvalho (Aluno do programa de pós-graduação)

Carmen Maria De Caro Martins (Coordenadora da pesquisa)

Agradeço sua colaboração:

- Concordo e autorizo a realização da pesquisa
 Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) aluno(a)

Santa Luzia, _____ de _____ de 201____ .

Comitê de Ética na Pesquisa | UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG

☎ (31) 3409-4592 | CEP 31270-901 | 📧 coep@prpq.ufmg.br

ANEXO C – Autorização da Escola para realização da Pesquisa

À direção do _____

Prezado Diretor Geral,

Eu, Daniel Nunes Carvalho, aluno do programa de pós-graduação em educação do mestrado profissional da Universidade Federal de Minas Gerais, e responsável pela pesquisa intitulada **“Objeto de Aprendizagem Digital como proposta de Ensino por Investigação em Biologia”**, venho convidar esta instituição, através de Vossa Senhoria, para participar do referido projeto.

Esta pesquisa visa o desenvolvimento de uma ferramenta pedagógica digital relacionada à disciplina de Biologia. Esta ferramenta pretende inserir os alunos num contexto investigativo de ciência, possibilitando a eles a oportunidade de agirem ativamente em seu próprio processo de aprendizagem e entrem em contato com um fazer científico mais autêntico.

Participação do projeto, após as autorizações cabíveis, os alunos do 3º ano do Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio. Este estudo contribuirá para a construção e divulgação de material de ensino de Biologia que poderá enriquecer a prática de ciências nesta e em outras instituições. A participação é voluntária e não obrigatória. Não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela participação dos sujeitos. Apresento a garantia expressa de liberdade do sujeito de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

Procurarei garantir sigilo que assegure a privacidade dos sujeitos quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Os nomes dos alunos, de funcionários ou da escola não serão citados em nenhum documento produzido. Na pesquisa, a coleta de dados é imprescindível para análise, portanto, solicito autorização para entrevistas coletivas com os alunos após a aplicação da ferramenta digital bem como o recolhimento de textos produzidos por eles durante esta aula em específico. Os materiais produzidos e coletados durante a pesquisa ficarão arquivados sob minha responsabilidade e apenas poderão ser consultados por pessoas diretamente envolvidas nesse trabalho.

Todos os dados obtidos durante o projeto através do caderno de campo, entrevistas e materiais produzidos pelos

alunos serão arquivados pelo pesquisador por um período de cinco anos. Os dados coletados e arquivados farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte.

A participação dessa Instituição não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para V. S^a. quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados por mim que também assumo os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo. Está garantida a indenização em casos de eventuais danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Embora saiba que qualquer intervenção na sala de aula possa oferecer transtorno ou desconforto nos alunos, procurarei estar atento a fim de coibir quaisquer intercorrências. Atuarei para que todos se sintam à vontade em explorar as potencialidades da ferramenta digital disponibilizada e espero que o seu uso proporcione uma experiência enriquecedora aos alunos. A intenção é criar um espaço de convívio e estudo agradável, zelando pelo respeito e pelo estímulo à participação. Deixamos bem claro que os participantes têm direito a esclarecimentos adicionais, antes, durante e depois da pesquisa.

Caso queira esclarecer qualquer dúvida ou pedir quaisquer informações adicionais, basta entrar em contato através do e-mail daniel.carvalho@ifmg.edu.br ou pelo telefone **(31)3634-3949**. Caso ainda tenha alguma dúvida quanto a aspectos éticos, poderá entrar em contato com o Conselho de Ética em Pesquisa da UFMG. O contato está no final desse documento.

Sentindo-se esclarecido em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar este documento de autorização. Na expectativa de contar com a inestimável atenção de V. Sa. no atendimento desta solicitação, aproveito o ensejo para apresentar meu elevado apreço.

Daniel Nunes Carvalho (Aluno do programa de pós-graduação)

Carmen Maria De Caro Martins (Coordenadora da pesquisa)

Agradeço sua colaboração:

- Concordo e autorizo a realização da pesquisa
 Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Diretor Geral do Instituto Federal Minas Gerais – Câmpus Santa Luzia

Santa Luzia, _____ de _____ de 201____.

Comitê de Ética na Pesquisa | UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG

☎ (31) 3409-4592 | CEP 31270-901 | 📧 coep@prpq.ufmg.br

TERMO DE COMPROMISSO

Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da resolução 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e publicar os resultados, sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada e fará parte integrante da documentação da mesma.

Daniel Nunes Carvalho

daniel.carvalho@ifmg.edu.br

Pesquisador Principal

Profª Drª Carmen Maria De Caro Martins

carmendecaro@ufmg.br

(Coordenadora da Pesquisa)

Orientadora

ANEXO E – Roteiro de Atividade do Estudo Piloto



COLTEC – Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais
IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais

NOME:	<input type="text"/>		
CURSO:	<input type="text"/>	Nº	<input type="text"/>
DATA:	<input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/>	SÉRIE:	<input type="text"/> # TURMA: <input type="text"/>

O QUE DEVEMOS SABER ANTES DESSA NOVA PESQUISA...

- Em geral, há 4 diferentes fenótipos para a cor da pelagem dos coelhos: selvagem ou aguti, chinchila, himalaio e albino.
- A herança da cor da pelagem dos coelhos é do tipo autossômica, e é determinada por uma série de 4 alelos múltiplos que vamos chamar de C^s , C^c , C^h , e C^a .
- Os tipos de alelos presentes no indivíduo determinam a cor da pelagem do coelho
- Alguns desses alelos se comportam como dominante em relação a alguns alelos e como recessivo em relação a outros.
- Todos os espécimes disponíveis para cruzamento nesta pesquisa possuem genótipo homocigoto para a característica cor da pelagem.

QUESTÕES DE PESQUISA...

- Para determinar, geneticamente, como as diferentes cores da pelagem dos coelhos ocorrem em diferentes indivíduos, é importante definir para cada indivíduo:
 - ✓ o genótipo dos indivíduos envolvidos nos cruzamentos e também de sua prole;
 - ✓ a relação de dominância e recessividade entre estes alelos;
 - ✓ os genótipos possíveis e seus respectivos fenótipos esperados.

RECONHECENDO O CAMPO DE PESQUISA...

- Descreva os fenótipos (cor e distribuição de pelos no corpo) observados em cada um dos padrões de pelagem de coelho abordados nesta pesquisa:

- ✓ Pelagem Albina:

- ✓ Pelagem Himalaia:

- ✓ Pelagem Chinchila:

- ✓ Pelagem Selvagem:

PESQUISANDO E REGISTRANDO...

CRUZAMENTO No. 01

Coelho Macho

Nome do coelho:

Cor da pelagem:

X

Coelho Fêmea

Nome do coelho:

Cor da pelagem:

Cor da pelagem dos filhotes obtidos:

Hipóteses e Conclusões:

--

CRUZAMENTO No. 02

Coelho Macho

Nome do coelho:

Cor da pelagem:

X

Coelho Fêmea

Nome do coelho:

Cor da pelagem:

Motivo da escolha desse casal:

--

Cor da pelagem dos filhotes obtidos:

Hipóteses e Conclusões:

--

QUAIS FORAM AS CONCLUSÕES DA SUA PESQUISA EM RELAÇÃO...

- ✓ ...aos genótipos possíveis para cada um dos diferentes fenótipos relacionados à cor da pelagem dos coelhos?

- ✓ ...à dominância e recessividade entre cada um dos 4 alelos?

APLICANDO OS RESULTADOS DA PESQUISA...

Um criador de coelhos quer ter o máximo de rentabilidade com a venda de coelhos. Entretanto, ele dispõe apenas das seguintes opções para formar sua matriz de reprodução:

- Filhotes do casal Dagoberto e Úrsula;
- Filhotes do casal Clarice e Lázaro;
- Filhotes do casal Amadeu e Penélope;
- Filhotes do casal Lavinia e Lázaro;
- Filhotes do casal George e Úrsula;
- Filhotes do casal George e Lavinia;

Neste cenário, qual casal este criador deve formar para conseguir o máximo de filhotes himalaio? Qual outra pelagem provavelmente surgirá na prole deste casal?

Suponhamos agora que o interesse do criador de coelhos seja obter o máximo de filhotes albinos. Qual casal deve ser formado pelo criador? Além dos albinos, quais outras cores de pelagem provavelmente surgirão na prole?

UMA NOVA PROPOSTA DE PESQUISA...

Uma fêmea heterozigota de pelagem selvagem tem genótipo desconhecido. Qual(is) procedimento(s) poderia(m) ser realizado(s) para determinar quais alelos esta fêmea é portadora? Para esta proposta de pesquisa estará disponível todo o plantel de coelhos homozigotos machos e fêmeas que foram utilizados nesta aula e também seus respectivos filhotes.

ANEXO F – Texto do e-mail entregue aos estudantes

22/02/2016

Gmail - Aquisição de coelhos para criação em minha fazenda



Equipe de Trabalhos em Genética <equipe.genetica@gmail.com>

Aquisição de coelhos para criação em minha fazenda

1 mensagem

Arlindo Campos <arlindo.campos@gmail.com>

22 de fevereiro de 2016 11:14

Para: equipe.genetica@gmail.com

Prezados, bom dia.

Pretendo inaugurar em minha fazenda uma criação de coelhos. Para isso, pretendo comprar alguns filhotes gerados numa criação vizinha de minha propriedade. Junto dessa correspondência está uma pasta com os pedigrees dos coelhos híbridos que estão à venda lá.

Caso queiram visitar a criação para testes, basta procurar o senhor Gregório Mendel, ele é o dono de lá e irá recebê-los muito bem. Inclusive, já o avisei que vocês irão lá realizar alguns cruzamentos entre os coelhos adultos. Sintam-se à vontade para fazer quantos cruzamentos precisarem. Sei que o senhor Mendel mantém apenas coelhos puros em sua fazenda, talvez essa informação possa lhes ajudar.

Minha ideia é ter na fazenda 4 gaiolas, cada uma com um casal para procriação

Numa das gaiolas, pretendo colocar um casal para produzir filhotes de pelagem chinchila. Em outra, outro casal, para produzir filhotes de pelagem selvagem. Na terceira, coelhos que produzam filhotes de pelagem albina. E finalmente, na última gaiola, um casal de coelhos que produzam filhotes de pelagem himalaia.

Esse é o motivo de estar lhes escrevendo. Quais casais de coelhos devo comprar para formar minha criação? São muitas opções e não sei quais escolher.

Aguardo o retorno.

Atenciosamente.

Sr. Arlindo Campos

P. S. o senhor Mendel já me advertiu que, como vou comprar coelhos híbridos, cada filhote poderá nascer com uma cor de pelagem específica. Gostaria, por favor, que vocês indicassem o que pode ser melhor para obter o máximo de filhotes com as cores que preciso em cada gaiola, e também quais outras cores poderão surgir. Se possível, me diga qual chance de cada cor acontecer. Obrigado.