CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

HEREDITARIEDADE E NATUREZA DA CIÊNCIA: O USO DA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Priscila do Amaral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientadora:

Andreia Guerra de Moraes

Rio de Janeiro

Março/ 2015

HEREDITARIEDADE E NATUREZA DA CIÊNCIA: O USO DA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Priscila do Amaral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Aprovado por:

_____

Profa. Dra. Andreia Guerra de Moraes – CEFET/RJ

(Orientadora)

_____

Prof. Dr. José Claudio de Oliveira Reis – UERJ

_____

Profa. Dra. Tânia Goldbach – IFRJ

Rio de Janeiro

Março / 2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

A485 Amaral, Priscila do
Hereditariedade e natureza da ciência: o uso da abordagem histórico-filosófica no ensino fundamental / Priscila do Amaral.— 2015.
xi, 123f. + apêndices : il.(algumas color.) , tabs. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2015.
Bibliografia : f.116-123
Orientadora : Andreia Guerra de Moraes

1. Ciência – Filosofia. 2. Ciência – História. 3. Ciências – Estudo e ensino. 4. Biologia – Estudo e ensino. 5. Hereditariedade. I. Moraes, Andreia Guerra de (Orient.). II. Título.

CDD 501

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por todas as oportunidades de crescimento e pessoas que colocou em meu caminho.

Agradeço a minha família pelo apoio incondicional, pela paciência nos momentos tensos, pelo conselho nos momentos de dúvida, pela compreensão nas muitas ausências durante todo este processo. A minha mãe pela dedicação e exemplo, aos meus irmãos por toda a torcida e apoio, ao meu querido pai, que não tenho mais a presença física, mas que sei que, de onde estiver, está feliz com esta etapa concluída. Esta conquista é sua também pai, obrigada por tudo.

A minha orientadora Andréia Guerra, não só pela orientação dedicada neste trabalho, mas por todo o apoio, preocupação e atenção. Obrigada por confiar em mim, no meu trabalho com meus alunos, pelas ideias compartilhadas, pelo entusiasmo com a pesquisa, por acreditar numa educação pública de qualidade (assim como eu), pelo exemplo de pessoa e profissional que é.

Aos meus amigos pela torcida, preocupação e compreensão pela ausência nesse período de mestrado. Aos meus companheiros de turma do PPCTE, que se tornaram verdadeiros amigos nestes dois anos. Obrigada pelas ideias, risadas, cafés, por tornar esta jornada menos solitária. Aos companheiros de grupo de pesquisa pelas trocas e sugestões e pelas experiências compartilhadas, cresci muito com vocês.

Aos meus professores, pelo papel importante que desempenharam em minha vida, me incentivando, procurando oferecer uma educação de qualidade apesar das dificuldades. Levo um pouco de cada um de vocês na minha prática docente. Aos professores do PPCTE por todo o conhecimento compartilhado ao longo desses dois anos.

Aos meus alunos por me ensinarem tanto, e também por me questionarem, me desafiarem, me incentivarem a ser uma professora melhor**.**

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a execução deste trabalho.

Muito obrigada!

“Educar é um ato heroico em qualquer cultura. Talvez seja pelo fato de educar exige que a pessoa saia um pouco de si e vá ao encontro do outro: um outro desconhecido; um outro anônimo; um outro que me questiona; um outro que me confronta com meus próprios fantasmas, meus próprios medos, minha própria insegurança. Talvez seja pelo fato de que educar exige sacrifício, exige renúncia de si, exige abandono, exige fé, exige um salto no escuro. Talvez por isso seja algo para poucos.”
Daniel Munduruku – Educador Indígena

“A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria.”
Paulo Freire

RESUMO

HEREDITARIEDADE E NATUREZA DA CIÊNCIA: O USO DA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Priscila do Amaral

Orientadora:
Andreia Guerra de Moraes

Resumo da dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Esta pesquisa busca explorar as questões sobre a Natureza da Ciência que podem ser discutidas no nível do ensino fundamental II, a partir do estudo do tema hereditariedade num enfoque histórico-filosófico. Para isso, a pesquisa foi desenvolvida a partir da elaboração e aplicação de uma sequência didática, onde as discussões históricas foram situadas na segunda metade do século XIX, problematizando a forma como os trabalhos de Gregor Mendel é, em geral, apresentados nos livros didáticos de Ciências. Dessa forma, o estudo histórico discutiu os experimentos de Mendel com as ervilhas da espécie *Pisum sativum e* suas possíveis contribuições para o estudo da hereditariedade, ressaltando os comuns equívocos a respeito desse episódio apresentado pelos livros didáticos de ciências. Nesse caminho, destacou-se a ideia da Pangênese elaborada por Charles Darwin, buscando analisar se a abordagem de um assunto “estrangeiro” às aulas de ciências poderia gerar debates sobre a ciência. Debates esses, onde fossem articulados elementos do contexto social com a produção do conhecimento científico. A construção da sequência didática, que deu suporte à pesquisa, baseou-se na estratégia denominada de três eixos, que busca uma abordagem mais contextual da ciência, apresentando elementos artísticos (culturais), técnicos e científicos do período estudado. Foi utilizada a metodologia da pesquisa-ação e para a análise dos dados analise textual discursiva. A pesquisa foi desenvolvida em duas turmas de oitavo ano da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro. Ao longo da pesquisa, foi observado o surgimento de alguns desafios relacionados à inserção de história e filosofia da ciência neste nível de ensino, à abordagem cultural da ciência e à abordagem de conteúdos que não são comumente trabalhados nas aulas de ciências. A utilização da estratégia dos três eixos, a discussão de cada etapa da pesquisa no grupo de pesquisa, as estratégias utilizadas desempenharam importante papel nesta pesquisa.

Palavras-chaves: Hereditariedade, Natureza da Ciência, História e Filosofia da Ciência.

ABSTRACT

HEREDITY AND NATURE OF SCIENCE: A HISTORICAL-PHILOSOPHICAL APPROACH IN THE ELEMENTARY SCHOOL

Priscila do Amaral

Advisor:

Andreia Guerra de Moraes

Abstract of dissertation submitted to the graduate program of Science, Technology and Education of Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master.

This research aims to explore questions about the Nature of Science that can be discussed at the elementary school, from the inheritance study of the subject in a historical-philosophical approach. For this, the research was developed from the development and implementation of a didactic sequence, where historical discussions were located in the second half of the nineteenth century, discussing how Gregor Mendel's work is generally presented in textbooks Sciences. Thus, the historical study discussed the Mendel's experiments with peas of the species *Pisum sativum* and their contributions to the study of heredity, highlighting the common misconceptions about this episode presented by the Science textbooks. In this way, the highlight was the idea of Pangenesis developed by Charles Darwin, trying to analyze the approach of a subject "foreign" to the science classes could generate discussions about science. Debates those where they were articulated elements of the social context with the production of scientific knowledge. The construction of the didactic sequence, which supported the research, was based on the strategy called three axes, which aims a more contextual approach to science, featuring artistic elements (cultural), technical and scientific the study period. We used the methodology of action- research and data analysis discursive textual analysis. The research was conducted in two groups of elementary school of public schools of Rio de Janeiro. Throughout the study, we observed the emergence of some challenges related to the integration of history and philosophy of science at this level, cultural approach to science and the content of approach that are not commonly worked in science classes. The use of the three axes strategy, the discussion of each stage of the research in the research group, the strategies used played an important role in this research.

Keywords: Heredity, Nature of Science, History and Philosophy of Science.

SUMÁRIO

I. Introdução 01

II. Marco teórico 04

II.1. Natureza da Ciência 04

II.2. A importância da História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências e de Biologia 07

III. Metodologia 13

III.1. Pesquisa-ação 13

III.2. Coleta de dados 16

III.3. Análise de dados 17

III.3.1. Análise Textual Discursiva 17

III.3.2. Análise Semiótica 19

VI. Século XIX: Contexto cultural, técnico e científico 21

IV.1. Eixo Cultural 21

IV.2. Eixo Técnico 23

IV.3. Eixo Cientifico 26

V. Ideias sobre Hereditariedade no Século XIX: Os Trabalhos de Mendel e Darwin 30

V.1. Os estudos com *Pisum sativum* de Gregor Mendel 30

V.1.1.Os experimentos com *Pisum sativum* 31

V.1.2. Mendel, pai da Genética? 34

V.2. A Hipótese da Pangênese de Charles Darwin 38

V.3. Hereditariedade e Natureza da Ciência 43

VI. Descrição das atividades da pesquisa e resultados 44

VI.1. O ambiente da pesquisa 44

VI.1.1. Unidade Escolar 44

VI.1.2. As Turmas 45

VI.1.3. O currículo de Ciências do Oitavo Ano 46

VI.1.4. A professora pesquisadora 48

VI.2. Sequência didática 49

VI.3. Fase Exploratória 51

VI.4. Módulo I 72

VI.4.1. Planejamento 73

VI.4.2. Resultados e discussão das aplicações em sala de aula – Turmas A e B 74

VI.5. Módulo II 75

VI.5.1. Planejamento 75

VI.5.2. Resultados e discussão das aplicações em sala de aula –Turmas A e B 77
VI.5.3. Atividade Módulo II 79
VI.6. Módulo III 90
VI.6.1. Planejamento 90
VI.6.2. Resultados e discussão das aplicações em sala de aula –Turmas A e B 94
VI.6.3. Atividade Módulo III 97
VI.7. Discussão 108

VII. Considerações Finais 114

Referências Bibliográficas 116

Apêndice I: Questionário da Sondagem – Produção do Conhecimento Científico 124
Apêndice II:Texto sobre Ligre 125
Apêndice III: Questionário da Sondagem – Herança de Características 127
Apêndice IV: Material de Apoio – Módulo II – Experimentos com *Pisum sativum* 128
Apêndice V: Atividade – Módulo II – Experimentos com *Pisum sativum* 132
Apêndice VI: Material de Apoio – Módulo III – Pangênese 133
Apêndice VII: Atividade – Módulo III – Pangênese 137
Apêndice VIII: Atividade – Elaboração de História em Quadrinhos 138
Apêndice IX: Slides – Estudo de caso do ligre 139
Apêndice X: Slides – Módulo I 146
Apêndice XI: Slides – Módulo II 158
Apêndice XII: Slides – Módulo III 170

Lista de Figuras

Figura II.1. Representação gráfica dos três eixos 12
Figura III.1. Etapas da pesquisa-ação 16
Figura VI.1.Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 1º bim 47
Figura VI.2.Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 2º bim 47
Figura VI.3.Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 3º bim 47
Figura VI.4.Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 4º bim 47
Figura VI.5.Etapas da Pesquisa-ação – Fase Exploratória 51
Figura VI.6.Desenho representando uma cientista – Questão 3 – Turma A 55
Figura VI.7.Desenho do aluno representando um cientista trabalhando – Questão 3 Turma A 56
Figura VI.8.Desenho do aluno representando um cientista – Questão 3 – Turma B 59
Figura VI.9.Desenho da aluna representando um cientista como um sábio – Questão 3 Turma B 60
Figura VI.10.Desenho do aluno representando um cientista – Questão 3 – Turma B 60
Figura VI.11.Desenho do aluno representando a herança da característica cor dos olhos – Questão 3 – Turma A 66
Figura VI.12.Desenho do aluno representando a herança de características em uma família – Questão 3 – Turma A 66
FiguraVI.13.Desenho do aluno representando aspectos celulares da herança de características – Questão 3 – Turma A 67
Figura VI.14.Desenho do aluno representando a herança de características em uma família Questão 3 – Turma B 68
Figura VI.15.Etapas da Pesquisa-ação – Planejamento da Sequência Didática 72
Figura VI.16.Desenho representando as características da planta *Pisum sativum* selecionadas por Mendel – Grupo 2 – Questão 1 – Turma A 81
Figura VI.17.Desenho representando a herança de cor de ervilhas no experimento de Mendel – Grupo 1 – Questão 2 – Turma A 83
Figura VI.18.Desenho representando a herança de cor de ervilhas no experimento de Mendel – Grupo 1 – Questão 1 – Turma B 86
Figura VI.19.Desenho representando a herança de cor de ervilhas no experimento de Mendel – Grupo 2 – Questão 2 – Turma B 88
Figura VI.20.Desenho representando Charles Darwin e a sua ideia sobre a evolução Grupo 4 Questão 1 – Turma A 99
Figura VI.21.Desenho representando quadros sobre o século XIX apresentados durante as aulas – Grupo 2 – Questão 2 – Turma A 101
Figura VI.22.Desenho representando o quadro Enseada de Botafogo, de Martens (1832) Grupo 4 – Questão 2 – Turma B 105
Figura VI.23.Desenho representando o quadro Enseada de Botafogo, de Martens (1832) Grupo 5 – Questão 2 – Turma B 105
Figura VI.24.Desenho representando a chegada do H.M.S. Beagle no Brasil Grupo 2– Questão 2 – Turma B 106

LISTA DE TABELAS

Tabela VI.1. Visão geral da sequência didática 49
Tabela VI.2. Categorias – Questão 1 – Turma A 53
Tabela VI.3. Categorias – Questão 2– Turma A 54
Tabela VI.4. Categorias – Questão 3 – Turma A 56
Tabela VI.5. Categorias – Questão 1 – Turma B 57
Tabela VI.6. Categorias – Questão 2 – Turma B 58
Tabela VI.7. Categorias – Questão 3 – Turma B 61
Tabela VI.8. Categorias – Questão 1 – Turma A 64
Tabela VI.9. Categorias – Questão 2 – Turma A 65
Tabela VI.10. Categorias – Questão 1 – Turma B 67
Tabela VI.11. Categorias – Questão 2 – Turma B 68
Tabela VI.12. Visão Geral do Módulo I 72
Tabela VI.13. Visão Geral do Módulo II 75
Tabela VI.14. Respostas em desenhos – Questão 1 – Turma A 81
Tabela VI.15. Respostas em textos– Questão 1 – Turma A 82
Tabela VI.16. Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma A 83
Tabela VI.17. Respostas em textos– Questão 2 – Turma A 84
Tabela VI.18. Respostas em desenhos – Questão 1 – Turma B 85
Tabela VI.19. Respostas em textos– Questão 1 – Turma B 86
Tabela VI.20. Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma B 88
Tabela VI.21. Respostas em textos– Questão 2 – Turma B 89
Tabela VI.22. Visão Geral do Módulo III 90
Tabela VI.23. Respostas em desenhos – Questão 1 – Turma A 98
Tabela VI.24. Respostas em textos– Questão 1 – Turma A 99
Tabela VI.25. Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma A 100
Tabela VI.26. Respostas em textos– Questão 2 – Turma A 102
Tabela VI.27. Respostas em textos– Questão 1 – Turma B 103
Tabela VI.28.Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma B 104
Tabela VI.29. Respostas em textos– Questão 2 – Turma B 106

I. Introdução

Uma das características fundamentais de um ser vivo é a capacidade de se reproduzir, originando novos organismos. As questões referentes ao processo de reprodução dos seres vivos, aos mecanismos de transmissão de características, sempre intrigaram filósofos e pesquisadores. Ao longo da história da humanidade, várias hipóteses foram elaboradas na tentativa de explicar como tal processo ocorria (CASTAÑEDA, 1992). A genética é o ramo das Ciências Biológicas que procura investigar e entender os fenômenos relacionados à hereditariedade.

O interesse pelo tema da Genética surgiu quando eu era aluna do ensino médio, durante as aulas de biologia, e prosseguiu durante a graduação em Ciências Biológicas, e no período de estágio da Iniciação Científica.

Como professora da rede estadual de ensino, percebo que o interesse pelos estudos das questões relacionadas à hereditariedade não é só meu. Os alunos demonstram, em geral, muito interesse no assunto, sendo uma das aulas onde os mesmos mais participam e colaboram. Na educação básica, o tema costuma ser trabalhado em turmas de sétimo ou oitavo ano do ensino fundamental e em turmas de terceiro ano do ensino médio. Nas turmas de oitavo ano, cujo tema central das aulas de ciências é o corpo humano, os diversos questionamentos e dúvidas a respeito os mecanismos que levam a herança das características, torna o tema quase obrigatório nas aulas.

O estudo da hereditariedade tem tomado importante lugar no ensino de ciências e biologia e está presente nos livros didáticos de biologia, sendo incorporados mais recentemente aos livros que tem como alvo o ensino fundamental na disciplina de ciências. O tema está presente em grande parte dos livros participantes do Guia de Livros Didáticos do Programa Nacional Livro Didático (BRASIL, 2013), dentre eles, o livro utilizado pelas turmas de oitavo ano nas quais leciono e que foram alvo desta pesquisa (BARROS & PAULINO, 2012).

Apesar do interesse da grande maioria dos alunos no assunto, os conteúdos relacionados à genética são considerados pelos professores como os mais difíceis de serem ensinados tanto para os alunos do ensino fundamental, quanto para os do ensino médio. Essa dificuldade é atribuída à limitação na compreensão da natureza da informação genética pelos alunos, além das dificuldades em relacionar as estruturas biológicas (célula, gene, DNA, cromossomo) e ao processo (BITTENCOURT & PRESTES, 2011). Além disso, os métodos experimentais dos estudos de genética e o tratamento matemático dos dados coletados são também obstáculos para um melhor entendimento dos assuntos relacionados à hereditariedade (MARANDINO *et al.*, 2009).

Para introduzir o conteúdo de genética aos alunos, os professores geralmente utilizam uma abordagem histórica que considera as contribuições dos experimentos e leis derivadas da

pesquisa de Gregor Mendel (1822-1884) como sendo o início da genética. Na maioria das vezes, o professor de ciências, utiliza apenas a pequena parte histórica que acompanha o conteúdo científico presente nos livros didáticos, mas não ultrapassa as questões apresentadas porque não é um profissional treinado em História e Filosofia da Ciência (MARTINS & BRITO, 2006).

A maioria dos livros didáticos apresenta Gregor Mendel como o fundador da genética, apresentando os experimentos do monge, sem referências ao contexto histórico e ao ambiente científico no qual os experimentos foram realizados (BITTENCOURT & PRESTES, 2011).

Dessa forma, quando se estuda genética, a forma pela qual o conteúdo nos é apresentado, nos deixa a impressão de que tudo começou com o trabalho de Mendel. Embora pouco comentado nos livros didáticos, Charles Darwin (1809-1882), que ficou conhecido pela sua Teoria da Seleção Natural, elaborou uma explicação para a herança de características, que foi denominada hipótese da Pangênese.

A hipótese da Pangênese admitia a existência de gêmulas: partículas minúsculas provenientes de todas as partes do corpo, que circulavam pelo corpo e iriam para os órgãos sexuais, reunindo-se nos gametas e sendo transmitidas através das diversas gerações, assumindo a continuidade da descendência, sendo utilizada para explicar variação, herança e reprodução (POLIZELLO, 2008; FERRARI & SCHEID, 2008).

A abordagem dada aos trabalhos de Mendel, associada à ausência das demais teorias sobre hereditariedade no século XIX tendem a causar uma visão distorcida e descontextualizada da produção do conhecimento científico (KAMPOURAKIS, 2013). Esta descontextualização histórica pode trazer consequências para as concepções de docentes e alunos sobre a natureza do conhecimento científico, como aquelas apresentadas por Gil Perez *et al.*(2001).

Na tentativa de estimular a reflexão dos alunos sobre a ciência, entendendo-a como fruto de fatores sociais, político e econômicos, este trabalho tem o objetivo analisar o impacto do uso de uma abordagem histórico-filosófica sobre alunos de ensino fundamental nas aulas de ciências. Para isto, escolhemos introduzir o estudo da hipótese da Pangênese de Charles Darwin sobre a herança de características, na discussão histórica sobre a hereditariedade. Além disso, apresentaremos as ideias de Gregor Mendel sobre a hereditariedade discutindo a abordagem histórica da sua possível contribuição para o desenvolvimento da genética.

Diante do que foi apresentado, este trabalho pretende responder a seguinte pergunta de partida: *Que elementos sobre a Natureza da Ciência podem ser discutidos em turmas de ensino fundamental, através da inclusão do estudo da Pangênese na discussão histórica da hereditariedade, em fins do século XIX e início do século XX?*

Assim, apresentamos como objetivos deste trabalho:

- Introduzir um enfoque histórico-filosófico no ensino da hereditariedade não pautado exclusivamente nos trabalhos de George Mendel, em turmas do oitavo ano do ensino fundamental da Rede Estadual de Ensino. Dessa forma, procura-se estimular nos alunos o pensamento crítico e a argumentação a respeito de questões relacionadas à construção do conhecimento científico, discutindo elementos da Natureza da Ciência;
- Elaborar uma sequência didática sobre as ideias de hereditariedade do século XIX, com enfoque nos trabalhos de Gregor Mendel com as ervilhas da espécie *Pisum sativum* e de Charles Darwin com a hipótese da Pangênese, que possibilite trabalhar as questões contextuais e históricas que geralmente não são exploradas nas aulas sobre o tema com o objetivo de discutir aspectos de Natureza da Ciência.
- Apresentar a ideia da Pangênese elaborada por Charles Darwin e analisar se a abordagem de um assunto "estrangeiro" as aulas de ciências pode gerar questões mais contextuais, articulando elementos do contexto social com a produção do conhecimento científico;
- Abordar as ideias de hereditariedade de Gregor Mendel e discutir alguns equívocos comuns relacionados à sua possível contribuição a fundação da genética, como o fato de Mendel ter trabalhado de forma isolada na elaboração de seus experimentos e ser apresentado como o primeiro a trabalhar a questão da hereditariedade.
- Investigar como a inserção desta abordagem histórico–filosófica e os desafios decorrentes dela afetam a minha prática como professora, levando à reflexão da mesma;

A dissertação está organizada em 6 capítulos. O capítulo 1 é esta introdução, no capítulo 2 apresentamos algumas discussões sobre natureza da ciência, bem como discutimos o enfoque histórico filosófico e suas possibilidades e limitações. O capítulo 3 traz a descrição da metodologia utilizada ao longo da pesquisa.

O capítulo 4 traça um panorama dos aspectos culturais, técnicos e científicos do século XIX. No capítulo 5, discutimos as ideias sobre hereditariedade de Gregor Mendel e Charles Darwin e as principais questões discutidas em nossa abordagem e delineamos os objetivos para a sequência didática.

No capítulo 6, descrevemos o processo de elaboração da sequência didática e de análise dos resultados obtidos a partir da sua aplicação. Finalmente, o capítulo 7, traz as considerações finais sobre a pesquisa e suas possíveis implicações para o ensino de ciências.

II. Marco Teórico

II.1.Natureza da Ciência

A ciência e a tecnologia tem tomado uma importância cada vez mais crescente na vida das pessoas e também nas políticas públicas. Assuntos como a manipulação genética de organismos vivos, novas técnicas de diagnósticos de doenças, utilização da energia nuclear são apresentados nos meios de comunicação todos os dias, demandando um posicionamento crítico dos cidadãos diante dos avanços tecnológicos e científicos. De acordo com Allchin (2011), o mero conhecimento dos conteúdos é insuficiente para a participação destes cidadãos na sociedade.

Neste sentido, surge a necessidade de buscar um ensino de ciências mais eficaz para a formação de cidadãos críticos e ativos diante dos avanços científicos e tecnológicos. Forato *et al*. (2011) defendem que o ensino não deve ser apenas em ciências, mas também sobre ciências, procurando desenvolver uma compreensão maior da natureza do conhecimento científico, entendendo-o como produto de uma determinada época com seu respectivo contexto sócio-histórico-cultural (ALLCHIN, 2011).

Não é de hoje que a importância do saber *sobre* a ciência para o ensino de ciências é reconhecida. Documentos oficiais de reforma no ensino de ciências em diversos países apontam que esta seria uma estratégia pedagógica para tornar os estudantes mais aptos a tomar decisões e a melhorar seu desempenho em ciências (GIL-PEREZ *et al*., 2001; LEDERMAN, 2007). Uma compreensão mais profunda de como o conhecimento científico é produzido, validado e comunicado, a própria natureza desse conhecimento, como a ciência funciona, permanece sendo um desafio a ser enfrentado por educadores e pesquisadores.

As ideias previamente apresentadas são componentes do que chamamos de Natureza da Ciência (NdC), um campo de estudo amplo que investiga relações históricas, filosóficas e sociológicas da ciência, que está sendo amplamente adotada em programas curriculares de ensino de ciências (McCOMAS, 2008; ACEVEDO DIAZ ,2010).

McComas (2008) define a NdC como:

> *"Um domínio hibrido que combina aspectos de diversos estudos sociais de ciência, incluindo história, sociologia e filosofia, combinado com pesquisas de ciências cognitivas como a psicologia, em uma rica descrição do que é ciência; como ela funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a sociedade direciona e reage aos empreendimentos científicos "* (McCOMAS , 2008)

Para Vásquez *et al.* (2008), este conceito engloba uma variedade de aspectos sobre o que é ciência, seu funcionamento interno e externo, como o conhecimento produzido pela ciência é construído, que valores estão envolvidos nas atividades científicas, a natureza da comunidade científica, as relações da sociedade, entre vários outros aspectos.

A ciência é um empreendimento social complexo demais para que dela se possa ter uma caracterização única (MARTINS & RYDER, 2014). Embora não haja um consenso entre filósofos, historiadores e educadores sobre uma concepção única para a NdC, estudos foram realizados por diversos grupos de pesquisa sobre o que caracteriza NdC e, com base nestes estudos, construiu-se uma lista de aspectos a respeito dos quais haveria um consenso amplo no que diz respeito ao que é a ciência e como ela funciona **(**McCOMAS *et al.*,1998; OSBORN *et al*., 2003). Alguns de seus itens listados abaixo (McCOMAS, 2008):

- A ciência produz, demanda e baseia-se em evidências empíricas;
- Experimentos não são a única rota para o conhecimento;
- O conhecimento científico é tentativo, durável e autocorretivo;
- A ciência tem um componente criativo;
- A ciência tem elementos subjetivos;
- Há influências históricas, culturais e sociais nas práticas e na direção da ciência;
- Ciência e tecnologia impactam-se entre si, mas não são a mesma coisa;
- A ciência e os seus métodos não podem responder todas as questões.

Esta visão consensual de NdC recebeu muitas críticas. Irzik e Nola (2011) afirmam que existe uma grande dificuldade em definir e explicar o que é a NdC, uma vez que a ciência é rica e dinâmica demais e que as disciplinas científicas são tão variadas que não parece haver um conjunto de características que seja comum a todas. Para os autores, a lista consensual traz uma visão limitada da ciência, se mostrando cega para as diferenças entre as disciplinas científicas. Os autores apresentam então a ideia de Semelhança de Famílias, uma abordagem mais compreensiva e sistemática que a visão consensual, segundo os mesmos. A ideia básica é de que existem ciências que podem ser agrupadas em famílias, de acordo com suas características em comum. Membros de uma família podem ser semelhantes em alguns aspectos, mas diferentes em outros e podem ter características em comum com membros de outra família. O problema desta abordagem seria definir de qual modo os conjuntos de características podem formar uma família com base nas semelhanças.

Allchin (2011), por sua vez, afirma que o ensino de ciências deve ter o objetivo de formar cidadãos críticos, capazes de avaliar a confiabilidade das afirmações científicas relevantes para a tomada de decisões envolvendo temas científicos. Assim, critica a lista consensual já que esta não é dirigida para este objetivo. Para o autor, o entendimento de NdC precisa ser funcional, e não apenas declarativo, defendendo que o mesmo deve ser uma habilidade, um processo e não apenas mais um conteúdo do currículo. O autor defende que deve-se ensinar a NdC a partir de uma perspectiva analítica, cultural e histórica, abordagem que ele denomina de *Whole Science*. Esta abordagem deve tornar os estudantes capazes de compreender como funciona a ciência, incluindo a compreensão do papel das perspectivas culturais e históricas, possibilitando ao aluno uma visão mais crítica e abrangente sobre a

construção do conhecimento científico.

Martins e Ryder (2014) trazem uma contribuição interessante nesta discussão, chamando a atenção para o fato de que, dentre os oito documentos considerados para o estabelecimento da lista consensual, nenhum pertencer a Europa continental, América Latina, África ou mesmo Ásia e para o fato de a ideia de modelagem/modelos não ser destacada adequadamente. Afinal, uma compreensão de que a ciência trabalha com modelos e o que são esses modelos é de fundamental importância em qualquer discussão sobre NdC. Sinalizam ainda que os aspectos da lista consensual podem ser facilmente distorcidos por pesquisadores, professores e estudantes, tornando-se algo a ser transmitido – mais do que investigado – em sala de aula. Propõem que os aspectos da NdC sejam abordados como *questões*, em vez de princípios (p.ex. “Em que sentido o conhecimento científico é provisório? Em que sentido é durável?” em vez do princípio “O conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter provisório”)

Ainda no âmbito da discussão em torno à NdC e suas perspectivas educacionais, Galili (2011) apresenta a NdC como um produto de atividade intelectual, uma cultura especial, uma forma de construção do conhecimento. O autor defende a ideia de percurso histórico para ensinar os conteúdos e tratar a ciência como uma cultura. Este percurso apresenta um discurso diacrônico de um tópico particular, criado por diferentes pessoas, em diferentes épocas e por diferentes métodos, mostrando um diálogo entre as ideias rivais, apresentando a ciência como algo dinâmico e mutável. Dentro desta abordagem cultural, esta pluralidade e a natureza discursiva do conhecimento científico fariam da ciência um tipo especial de cultura, diferente de outros sistemas de conhecimentos que buscam a verdade sobre o mundo.

Outra questão referente à abordagem de NdC na educação seria o enfoque utilizado durante esta abordagem. Várias propostas metodológicas para a instrução em NdC foram elaboradas, podendo ser classificadas como abordagens implícitas e explícitas (ACEVEDO DIAZ, 2009). .

O enfoque implícito se caracteriza por promover a compreensão de NdC por meios indiretos, engajando o aluno em atividades de investigação que se aproximam da pesquisa científica. O resultado esperado é que tal experiência possa levar os alunos a se familiarizar com os processos da ciência, compreendendo o seu funcionamento. A falta de suporte empírico seria uma crítica (ACEVEDO DIAZ, 2009).

Abd-El-Khalick (2013) nos apresenta a abordagem chamada de ensinar **com** NdC. O autor defende a necessidade de fazer da instrução em NdC um dos componentes significativos do ensino de ciências, promovendo ambientes de aprendizagem que unam o entendimento de NdC com o envolvimento em atividades investigação que se aproximem da autêntica prática científica, permitindo o entendimento sobre a geração e validação do conhecimento científico. Seria uma abordagem explícita sobre NdC, incluindo processos de investigação aproximados

ao fazer científico. Segundo o autor, tais ambientes podem ser criados se o professor possuir um grande entendimento de NdC para ser capaz de promover, durante as atividades, discussões explícitas sobre a NdC.

Ainda neste sentido, o autor nos apresenta uma abordagem explícita-reflexiva, denominada ensinar **sobre** NdC e afirma que os melhores resultados obtidos na instrução de NdC são obtidos através destra proposta. O termo explícita tem implicações curriculares, já que trata da inclusão de conteúdos e objetivos específicos no planejamento das atividades, para desenvolver o entendimento de elementos de NdC. Já a expressão reflexiva tem implicações instrucionais, pois estrutura oportunidades que auxiliam os estudantes a examinar suas experiências de aprendizagem e o processo de construção do conhecimento científico. Os alunos devem ser levados a participar de debates, permitindo a reflexão e problematização do processo de construção da ciência. O autor afirma ainda que as abordagens ensinar com e sobre NdC estão interligadas, mas não são a mesma coisa (ABD-EL-KHALICK, 2013).

Em relação a estas abordagens, realizamos em nosso trabalho um enfoque explícito nos conteúdos de NdC. As atividades realizadas durante a pesquisa procuraram levar os alunos ao engajamento e reflexão sobre os aspectos de NdC, durante as aulas, evitando realizar o ensino meramente declarativo destes aspectos (ALLCHIN, 2011).

Segundo Martins (1999), a NdC pode ser abordada através de diferentes perspectivas. Uma destas é abordagem histórico-filosófica, objeto do nosso próximo tópico.

II.2. História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências e de biologia

Faz-se necessário um ensino de ciências que construa uma visão adequada de NdC e pesquisas apontam que a utilização História e Filosofia da Ciência (HFC) pode contribuir para isso a medida que, se bem empregada, auxilia na formação de uma visão da ciência como processo social, tornando-a mais acessível aos alunos, possibilitando uma melhor compreensão de conceitos, modelos e teorias atuais (MARTINS, 1998; CARNEIRO & GASTAL, 2005; MARTINS & BRITO, 2006).

O uso de HFC no ensino de ciências tem sido alvo de pesquisas tanto a nível internacional como a nível nacional. Tais estudos procuram evidenciar sua relevância na didática das ciências e sua importância nos diversos níveis de ensino (MATTHEWS, 1995; GIL-PEREZ *et al.* 2001; GUERRA *et al.*, 2004; CARNEIRO & GASTAL, 2005; MARTINS, 2007). Em alguns países, a recomendação deste tipo de abordagem encontra-se nas propostas curriculares nacionais.

No Brasil, faz-se presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), tanto do ensino fundamental como do ensino médio. Nos PCN do ensino médio, os autores incorporaram a recomendação de contextualizar o ensino de ciências/biologia do ponto de vista

histórico e filosófico, destacando que *"Elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político"* (BRASIL, 2000).

O enfoque em HFC tem sido apontado como uma alternativa para o ensino de ciências, tendo o propósito de apresentar a ciência como construção humana, possibilitando um maior entendimento das ideias científicas e dos fatores que interferem na produção do conhecimento científico (GUERRA *et al.*, 2013). Porém nesse processo, a HFC precisa ultrapassar um estudo factual baseada apenas em curtas biografias dos autores das leis e das teorias atualmente aceitas, apresentado uma abordagem histórico-filosófica contextual, em que a ciência se apresente como construída num espaço e tempo específicos e, portanto, em diálogo com os diferentes conhecimentos elaborados naquele contexto (MATTHEWS, 2009; BRAGA *et al.,* 2012).

Autores como Guerra e Braga (2014) destacam a importância da HFC para discutir certas características da NdC e Martins (2006) afirma que o estudo adequado de alguns episódios históricos permite perceber que o processo de construção do conhecimento científico é gradual, mostrando que não há apenas um modo de fazer ciência, fornecendo uma visão mais concreta da ciência, seus procedimentos e limitações (MATTHEWS, 2009).

Apesar de sua importância ser reconhecida e defendida por diversos autores e nos documentos oficiais (BRASIL, 2000; 2002), muitas dificuldades surgem quando os professores tentam incorporá-la a sua prática. Martins (2006) aponta três principais barreiras para que o ensino de HFC desempenhe seu papel de forma efetiva no ensino. São elas:

- A carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e inserir de forma correta a HFC no ensino de ciências. Gil-Perez e Carvalho (2011) afirmam que um professor deve conhecer a história das ciências, não só como um aspecto básico da cultura científica, mas como uma forma de associar os conhecimentos científicos com os problemas que originaram sua construção, bem como evoluíram referidos conhecimentos e articularam-se em corpos coerentes, evitando uma visão estática e dogmática da natureza do conhecimento científico. Porém, para Guerra *et al.* (2004), o ensino de ciências se desenvolveu de forma de forma dissociada da HFC. A própria formação de professores de ciências sofre da ausência de discussões a respeito da HFC (HOTTECKE & SILVA, 2011);
- A falta de material pedagógico adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino. Martins (2007) e Barros (1998) destacam a ausência de propostas concretas de exploração dos assuntos relacionados à HFC e também as dificuldades relacionadas aos alunos, como problemas de leitura e interpretação de textos, como dificuldades que precisam ser superadas;

- Existem equívocos a respeito da própria natureza da HFC e seu uso na educação.

Podemos perceber que trabalhar o ensino de ciências utilizando um enfoque histórico-filosófico não deve ser considerado como uma tarefa simples ou algo trivial. Forato *et al.* (2011) apresentam alguns desafios para a elaboração de uma abordagem histórico-filosófica em sala de aula, que serão tratados a seguir.

A **seleção do conteúdo histórico** diz respeito à importância de considerar se o determinado conteúdo histórico se adéqua aos objetivos didáticos e epistemológicos. Neste sentido, Hottecke e Silva (2011) nos chamam a atenção para o conceito de cultura didática que pode ser definida como a cultura de ensino de uma determinada disciplina. Ser um professor imerso nesta cultura específica significa participar de uma prática socialmente compartilhada de decisões curriculares, processos e métodos de ensino e aprendizagem e seleção de conteúdos, bem como a visão dos alunos a respeito das características de determinadas disciplinas. Em nossa pesquisa, procuramos considerar alguns aspectos da cultura didática, ao tratar de Gregor Mendel quando falamos da herança de características. Ao mesmo tempo, ao trazer uma abordagem sobre os equívocos a respeito da biografia de Gregor Mendel para ser discutida com os alunos e apresentar a ideia da pangênese elaborada por Charles Darwin (que geralmente só é reconhecido pela Teoria da Seleção Natural), trouxemos elementos que não costumam estar presentes na cultura didática da disciplina ciências, o que constituiu um grande desafio, como será explicado posteriormente.

O **tempo didático**, que segundo Forato *et al.* (2011) “diz respeito não apenas ao número de horas-aulas disponíveis, mas também ao tempo necessário para a compreensão do conteúdo epistemológico selecionado no contexto educacional enfocado”, surge como desafio para a abordagem histórica que deve ser pensada de modo a acomodar aspectos já citados. É importante ressaltar que não é necessário utilizar este tipo de abordagem o tempo todo durante o curso. A história da ciência não deve substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo. O objetivo de utilizar a abordagem com HFC é levar o aluno a refletir sobre NdC, respeitando seu nível de ensino e o objetivo do mesmo que é a formação integral do aluno (ALLCHIN, 2011).

De modo que fossem alcançados os objetivos pretendidos ao se problematizar as questões de NdC estabelecidas, o recorte realizado nesta pesquisa diz respeito às ideias sobre hereditariedade na segunda metade século XIX. Neste momento histórico, várias teorias tentavam explicar a herança de características. Procuramos dar enfoque nos trabalhos de Gregor Mendel e Charles Darwin, porém não negligenciando a existência de várias outras teorias que tentavam explicar a herança de características nesta época (KAMPOURAKIS, 2013).

A **simplificação e omissão** determinarão a necessidade de simplificar determinados

conteúdos da abordagem histórica, no entanto é necessário que se escolha com critério o conteúdo a ser omitido ou simplificado para não incorrer em problemas historiográficos. Ao tentar fazer o conteúdo caber no tempo didático e para que os alunos muitas vezes consigam acompanhar a discussão, o professor pode fazer distorções significativas em relação ao tema tratado. Martins e Brito (2006) afirmam que ao se incorporar a história da ciência no ensino de ciências deve-se ter cuidado para evitar algumas visões distorcidas da ciência, decorrentes do uso de histórias anedóticas, da utilização de dados que levam a uma compreensão linear dos fatos, do consenso de pensamentos dos cientistas e da ausência de uma contextualização mais ampla, como aqueles apresentados por Gil-Perez *et al.* (2001).

Já a questão do **Relativismo**, fala do cuidado com a possibilidade de cair em um relativismo extremo ao construir abordagens que vão de encontro ao paradigma empírico-indutivista comum no ensino de ciências tradicional. É importante lembrar que o conhecimento científico é referendado pela comunidade científica, num processo complexo em que tem lugar a revisão pelos pares. Neste sentido Guerra *et al.* (2013) afirmam que um foco exclusivo nos elementos culturais e sociais da produção científica em sala de aula podem levar os estudantes a negligenciar o papel da evidência empírica no desenvolvimento da ciência, levando a dificuldades na delimitação e validação do que seria ciência.

Em relação aos **supostos benefícios das reconstruções históricas lineares**, tradição muito comum no ensino de ciências e presente nos livros didáticos, este tipo de abordagem linear não serve à discussão de conteúdos sobre a ciência por trazer consigo uma visão ingênua de construção da ciência. Os conteúdos científicos aparecem como se tivessem surgidos prontos, sem levar em consideração os embates e discussões para a sua consolidação. Deve haver a preocupação em evitar a apresentação de uma “pseudo-história” da ciência (ALLCHIN, 2003). A pseudo-história caracteriza-se por selecionar fatos que criam uma imagem enganosa e dão uma falsa impressão sobre a NdC (ALLCHIN, 2004). Em nossa pesquisa procuramos apresentar, durante a sequência didática, ideias que eram contemporâneas sobre um determinado tema, procurando levar os alunos a refletir que a construção do conhecimento científico ocorre dentro de um contexto de diálogos e embates entre diferentes escolas de pensamento.

Outro desafio a ser considerado seria a **inadequação dos trabalhos históricos especializados**. Forato *et al.* (2011) ressaltam que os trabalhos de historiadores da ciência, por atenderem a requisitos próprios de sua área, são inadequados para serem trabalhados diretamente com os alunos. Galili (2011), afirma que, diferente das ciências humanas, o ensino de ciências não utiliza os originais, tendo contato apenas com descrições modernas que são posteriormente selecionadas e estão presentes nos livros-texto e livros didáticos, o que pode ser apresentar como mais um desafio a ser superado na pesquisa. Assim, dialogamos com Forato *et al.* (2011) quando estes afirmam que os professores devem construir textos para os

estudantes, a fim de evitar problemas como a pseudo-história ou visões distorcidas da NdC nos materiais.

Finalmente, a **falta de formação específica do professor**, constitui um dos maiores obstáculos à implementação de propostas didáticas que incluam a discussão de NdC por meio de uma abordagem histórico-filosófica e já tem sido discutido por vários autores. Em relação à professora/pesquisadora que atuará deste trabalho, sua formação inclui cursos de nível pós-graduado em História e Filosofia da Ciência, onde estes aspectos foram discutidos com alguma frequência, bem como estar inserida em um grupo de pesquisas onde este tipo de abordagem é um dos temas de estudo, proporcionando um espaço para diálogos e trocas de experiências a respeito do tema.

Para que se alcance o objetivo de promover uma compreensão melhor da construção sócio histórica do desenvolvimento científico e para superar as dificuldades explicitadas acima, deve-se ter uma proposta de utilização da abordagem histórico-filosófica, que delimite bem o recorte histórico, os conteúdos que serão trabalhados e estar atento à natureza das fontes históricas utilizadas para a elaboração das atividades e abordagem que será utilizada.

Ao pensar na abordagem dada a sequência didática, procuramos nos aproximar de Guerra *et al.* (2013), que propõem uma abordagem histórico-filosófica baseada em três eixos: o artístico, o técnico e o científico. É importante antes de tudo explicar que não devemos entender “eixo” como uma estrutura rígida, passando uma suposta impressão de independência entre os domínios artístico, técnico e científico, como o nome eixo pode sugerir. Mas esta ideia deve apenas servir de suporte à construção de abordagens histórico-filosóficas, em que o professor seja capaz de articular o contexto sócio-histórico-cultural com as técnicas e modelos científicos desenvolvidos em determinada época a fim de construir narrativas históricas que sejam mais completas e coerentes com a historiografia atual.

Para entender melhor a ideia contida na abordagem dos três eixos, utilizamos o diagrama presente em Moura (2014). O diagrama maior representa o eixo artístico (chamado neste trabalho de eixo cultural), que representa toda a produção humana em um determinado tempo e espaço. Este contexto permeia a produção de técnicas (eixo técnico) e teorias científicas (eixo científico) e por consequência, o desenvolvimento científico, representado pela interseção entre estes dois eixos.

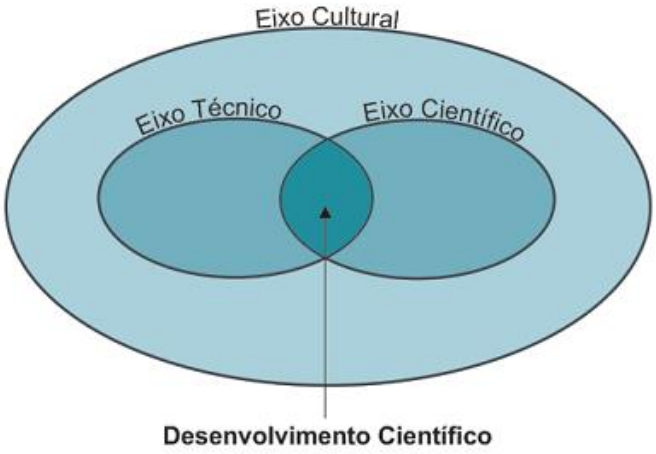


Figura II.1. Representação gráfica dos três eixos.
Fonte: Moura (2014).

Por meio do eixo artístico, utilizamos quadros de artistas do século XIX e imagens históricas da época para ilustrar o contexto cultural e a visão de mundo do período estudado. O século XIX é um século rico em imagens, que foram produzidas para fins artísticos e também científicos. O eixo técnico permite discutir a respeito das técnicas utilizadas e o arcabouço de instrumentos disponíveis na época, bem como suas possibilidades e limitações, permitindo entendimento de como tais conceitos científicos foram construídos. No caso deste estudo, tratamos das questões relacionadas as técnicas de cultivo de plantas, a construção de estufas e aos cursos realizados por Gregor Mendel que serviram de base para seus experimentos com as ervilhas da espécie *Pisum sativum,* e as questões relacionadas a viagem no H.M.S. Beagle realizada por Charles Darwin, bem como os experimentos realizados por Francis Galton para comprovar a hipótese da pangênese. Finalmente no eixo científico, trataremos dos conceitos científicos presentes nas ideias de Gregor Mendel e Charles Darwin sobre a hereditariedade. O modo como esta abordagem foi utilizada será melhor explicado no capítulo que trata do planejamento e aplicação da sequência didática.

No próximo capítulo, trataremos da metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, e os métodos para coleta e análise dos dados.

III. Metodologia

O presente estudo teve o enfoque na abordagem qualitativa, devido à quantidade de variáveis envolvidas na pesquisa e a complexidade dos dados obtidos. (BOGDAN & BIKLEN, 1994; LUDKE & ANDRÉ, 2013).

Em seu livro Bogdan e Biklen (1994) apresentam cinco características básicas deste tipo de estudo, que apresentamos aqui, pelo fato dos mesmos dialogarem com a pesquisa realizada:

(1) *A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o professor como seu principal instrumento*. Dessa forma, supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente de pesquisa, pelo trabalho intensivo de campo. A pesquisadora leciona a disciplina ciências nas turmas que foi realizada a pesquisa;

(2) *Os dados coletados são principalmente descritivos*. O material obtido é rico em descrições pessoais, impressões e inclui transcrições de entrevistas, desenhos, produção de textos. Todos esses elementos estão presentes na pesquisa, como será descrito mais a diante;

(3) *A preocupação com o processo é maior o que com o produto*. O principal interesse do trabalho é o processo e a forma como os alunos evoluíram ao longo da aplicação da sequência didática elaborada, bem como suas interações ao longo do processo;

(4) *O significado que as pessoas dão as coisas são focos de atenção especial do pesquisador*. Através das atividades realizadas e registros durante a pesquisa, procuramos conhecer e analisar os diferentes pontos de vista dos participantes, possibilitando um entendimento maior do dinamismo interno das situações ocorridas durante a pesquisa;

(5) *A análise de dados tende a seguir um processo indutivo*. O processo de análise vai se delineando em função dos dados recolhidos.

Dentre o recorte da pesquisa qualitativa, muitas possibilidades podem ser consideradas para o desenvolvimento da pesquisa em si. Pelas características da presente pesquisa, optamos pela a metodologia da pesquisa-ação.

III.1.Pesquisa-ação

A metodologia da pesquisa-ação é definida por Thiollent (2011) como:

> *"Um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema*

> *coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo"* (Thiollent, 2011).

Ainda sobre a pesquisa-ação, uma pesquisa é definida como tal quando há realmente uma ação (não trivial, problemática, que merece ser investigada) por parte das pessoas envolvidas no problema a ser observado.

Neste tipo de estratégia, os pesquisadores desempenham papel ativo na tentativa de solucionar os problemas observados, bem como na elaboração, acompanhamento e avaliação das ações desencadeadas em função desses problemas. Pressupõe-se, ainda, uma ampla interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada (THIOLLENT,2011). Em relação ao nosso trabalho, a pesquisadora em questão é a professora regente da disciplina ciências das turmas no qual a pesquisa foi realizada. A pesquisadora está inserida em um grupo de pesquisa, onde todas as etapas do processo foram discutidas, analisadas e serviram de base para a elaboração dos passos seguintes, seguindo a dinâmica dos seminários destacados por Thiollent (2011), ou seja, são reuniões dos investigadores envolvidos na pesquisa-ação destinadas a examinar, discutir e tomar decisões acerca do processo de investigação.

Ainda segundo Thiollent (2011), a pesquisa não se limita a uma forma de ação. Ela, também, destina-se a aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento das pessoas e grupos envolvidos na mesma. Assim, retomando os objetivos desta dissertação, além de trazer para os alunos as discussões referentes à NdC, através da abordagem histórico-filosófica da hereditariedade, procuramos investigar como a inserção desta abordagem e os desafios decorrentes dela afetam a prática como professora, da pesquisadora, levando a reflexão da mesma. De acordo com Santos e Greca (2013), a pesquisa-ação tem promovido uma aproximação ao ambiente escolar, contribuindo não apenas para a formação do professor e sua capacitação como pesquisador da sua prática docente, mas também aparece como uma alternativa para diminuir a lacuna existente entre a pesquisa e prática.

Na pesquisa-ação (THIOLLENT, 2011) o objeto da investigação não é constituído por pessoas, mas por uma situação social e os problemas encontrados na mesma. Neste sentido, o principal interesse do trabalho é processo e a forma como os alunos evoluíram ao longo da aplicação da sequência didática elaborada, priorizando a análise dos aspectos sociopolíticos das interações entre os alunos, a professora/pesquisadora e o conteúdo.

Além disso, o alcance deste tipo de metodologia também parece adequado ao tamanho do grupo analisado (duas turmas com cerca de 60 alunos no total), uma vez que a pesquisa-ação atua numa escala entre o microssocial e o macrossocial.

Para esta metodologia, Thiollent (2011) traz a necessidade de se definir com precisão:

(1) qual é a ação desempenhada;

(2) quem são seus agentes;

(3) os objetivos;

(4) obstáculos;

(5) qual é a exigência de conhecimento a ser produzido em função dos problemas encontrados na ação ou entre os atores da situação.

Respondendo a essas demandas, nossa pesquisa tem como ação desempenhada a elaboração, aplicação e análise de uma sequência didática, tendo a professora pesquisadora, alunos, grupo de pesquisa no qual a professora/pesquisadora está inserida como agentes desta ação, que tem objetivo de promover as discussões sobre NdC no ensino fundamental, analisando as demandas, os obstáculos e potencialidades que surgirem desta aplicação. Tal análise, articulada com a literatura obtida através do levantamento bibliográfico, produzirá conhecimento que é uma das exigências da pesquisa-ação.

Outra condição necessária para a pesquisa-ação é a elucidação dos objetivos práticos e de conhecimento e a relação existente entre eles (THIOLLENT, 2011). No caso da nossa pesquisa, o objetivo prático trata-se de buscar promover nas aulas de ciências, no ensino fundamental, uma reflexão sobre a natureza do conhecimento científico, e estaria relacionado ao objetivo de conhecimento que seria fruto das análises realizadas durante a pesquisa.

Devido à complexidade da ação e do constante movimento das variáveis envolvidas no problema a ser resolvido, na metodologia da pesquisa-ação não se procura formular hipóteses prévias, mas, trabalha-se com diretrizes ou instruções iniciais que podem ser alteradas ao longo da pesquisa, a depender dos resultados parciais (THIOLLENT, 2011).

Abaixo representamos um esquema sobre as etapas da pesquisa-ação que serão discutas em outra seção desta dissertação:

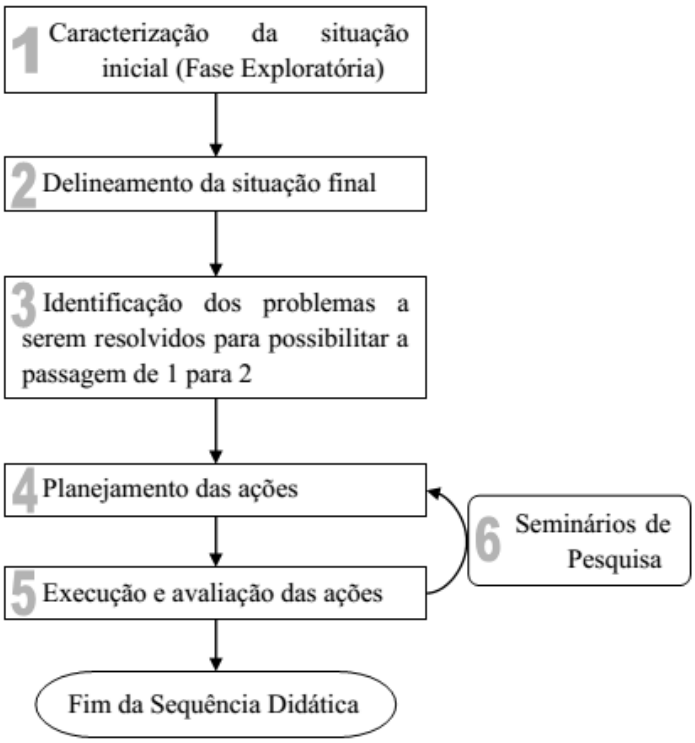


Figura III.1. Etapas da Pesquisa-ação.
Fonte: Moura (2014).

A pesquisa-ação deixa a critério do pesquisador a escolha de métodos da pesquisa para a coleta de dados desde que observados os princípios gerais de construção destas ferramentas. Segue então as estratégias utilizadas para a obtenção de dados desta pesquisa.

III.2.Coleta de Dados

Para a coleta de dados optamos por métodos que nos permitissem realizar análises qualitativas, que iriam orientar os próximos passos da investigação, auxiliando a construção de respostas à nossa pergunta de pesquisa. Além disso, a coleta de dados estava sempre atrelada à prática. Utilizamos como ferramenta de coleta de dados:

(1) *Atividades realizadas em sala de aula* – ao longo da pesquisa foram realizadas atividades em sala de aula, que serão explicadas em um próximo tópico. As respostas elaboradas pelos alunos durante a realização destas atividades foram recolhidas e levadas para o grupo de pesquisa, onde eram analisadas, possibilitando a elaboração dos próximos passos da pesquisa (BOGDAN & BIKLEN, 1994; THIOLLENT, 2011);
(2) *Gravação de áudio das aulas* (BOGDAN & BIKLEN, 1994) as aulas foram gravadas bem como as discussões realizadas pela professora com os alunos, para que os mesmos

explicassem suas respostas nas atividades, e estas respostas cruzadas com o registro escrito dos alunos;

(3) *Diário de Campo, escrito pela professora* (BOGDAN & BIKLEN, 1994) – ao final de cada aula envolvida no projeto, a professora/pesquisadora registrava numa espécie de diário suas impressões sobre as atividades realizadas, a participação das turmas, e sua atuação na aplicação das atividades.

III.3. Análises de Dados

A pesquisa-ação não especifica em detalhes como tratar os dados obtidos ao longo da pesquisa. Assim, realizamos a triangulação entre as diversas fontes de dados obtidos com as ferramentas de análise apresentadas a seguir:

III.3.1. Análise Textual Discursiva

De acordo com Moraes (2003), as pesquisas qualitativas têm cada vez mais se utilizado de análises textuais. A pesquisa qualitativa pretende aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga a partir da análise rigorosa e criteriosa do material a ser analisado, seja partindo de textos já existentes, seja produzindo o material de análise a partir de entrevistas e observações, como é o nosso caso.

Buscando uma ferramenta de análise que dialogasse com o objetivo do nosso referencial metodológico (pesquisa-ação) que é a compreensão do desenrolar da investigação, e que permitisse uma melhor organização e entendimento dos dados obtidos, optamos por utilizar a análise textual discursiva para analisar as produções escritas dos alunos.

Moraes e Galiazzi (2011) classificam a análise textual discursiva como uma modalidade de análise textual que se afasta dos extremos tanto da análise de conteúdo tradicional quanto da análise de discurso. Os autores afirmam que as três metodologias se encontram no domínio da análise textual, mas apresentam diferenças, relativas principalmente à intensidade da análise.

Realizando uma metáfora para auxiliar na compreensão das suas características, os autores comparam as três metodologias com movimentos dentro do rio do discurso: elas pertenceriam ao mesmo rio, mas corresponderiam a movimentos diferentes. A análise de conteúdo assemelha-se a deslocar-se rio abaixo, conduzida a partir dos conhecimentos tácitos do pesquisador. A análise de discurso assemelha-se a deslocar-se contra corrente no rio: requer domínio cada vez mais aprofundado da linguística, que embasam esta metodologia. A análise textual discursiva seria um mergulho no rio para análise em profundidade, focalizando a complexidade dos fenômenos analisados.

A análise textual discursiva pode ser compreendida como um processo auto organizado

de desconstrução e reconstrução dos textos em busca de significados. Tal processo seria composto por uma sequência de três componentes: a unitarização, a categorização e a construção do metatexto, explicadas a seguir (MORAES & GALIAZZI, 2011).

1. Unitarização: processo em que se examinam os textos em seus detalhes, desconstruindo os mesmos, fragmentando-os até atingir unidades de análise, (menores unidades textuais que preservam o significado mais completas em si mesmas), referentes aos fenômenos estudados. Essas unidades devem ser codificadas de modo a possibilitar relacioná-las com os textos dos quais se originaram. O processo de análise e unitarização exige a impregnação do pesquisador com o material da pesquisa, para que possa desconstruir a ordem estabelecida nos textos analisados, possibilitando o surgimento de interpretações criativas e originais que estabeleçam a relação das partes com o todo, construindo múltiplos significados (MORAES & GALIAZZI, 2011).

2- Categorização: é um processo de comparação constante entre as unidades definidas no momento da unitarização, levando ao agrupamento de elementos semelhantes. Esses conjuntos de elementos constituem as categorias. A categorização, além de reunir elementos semelhantes, também implica nomear e definir as categorias, cada vez com maior precisão, na medida em que vão sendo construídas. No processo de categorização, podem ser construídos diferentes níveis de categorias. Cada categoria consiste em uma perspectiva diferente de exame de um fenômeno. As categorias constituem os elementos de organização do metatexto que se pretende escrever, pois é a partir delas que se produzirão as descrições e interpretações que permitirão expressar as novas compreensões possibilitadas pela análise (MORAES & GALIAZZI, 2011).

De acordo com os autores, as categorias podem ser produzidas por diferentes metodologias. Dentre aquelas apresentadas pelos autores (MORAES & GALIAZZI, 2011), o método indutivo que implica construir as categorias com base nas informações contidas no corpus foi o escolhido para a nossa pesquisa. Por um processo de comparação entre as unidades de análise, o pesquisador vai organizando conjuntos de elementos semelhantes.

3- **Construção do metatexto:** as etapas anteriores servem como base para o processo de construção de uma nova compreensão do todo. O metatexto resultante deste processo representa um esforço de explicitar a compreensão e a teorização dos fenômenos investigados. A qualidade dos textos resultantes das análises não depende apenas de sua validade e confiabilidade, mas é, também, consequência de o pesquisador assumir-se como autor de seus argumentos, construindo uma análise à luz do referencial teórico escolhido (MORAES & GALIAZZI, 2011).

III.3.2.Análise Semiótica

Durante as atividades realizadas na pesquisa, principalmente na fase exploratória, os alunos produziram desenhos que serviram de dados para a mesma. Assim, foram realizadas análises sobre as imagens produzidas pelos alunos, na fase exploratória e nas histórias em quadrinhos elaboradas pelos alunos que será descrita mais adiante. Buscando uma ferramenta de análise que dialogasse com o objetivo da pesquisa-ação e que permitisse um melhor entendimento dos dados obtidos, optamos por utilizar como embasamento teórico para a análise dos desenhos produzidos pelos alunos, os pressupostos da teoria semiótica.

A semiótica pode ser definida como a ciência que tem como objeto de estudo os signos e suas relações (SANTAELLA, 2005). A ideia de signo se refere a um objeto, palavra, expressão ou qualquer outra coisa que seja usada de modo a se referir a outra.

Dentre as várias teorias semióticas a respeito do signo, escolhemos a teoria semiótica segundo Eco (1973, 2012). Eco definiu a semiótica como “uma técnica de pesquisa que consegue dizer-nos de um modo bastante exato como funcionam a comunicação e a significação.” (ECO, 1973). Segundo o autor, a semiótica se preocupa com tudo o que pode ser tomado como signo. Um signo é tudo aquilo que, com base em uma convenção social previamente aceita, pode ser entendido como algo substituindo significativamente outra coisa. Eco propõe a semiótica não é apenas como uma teoria, mas também uma forma de práxis, onde se propõe refletir sobre as questões do signo, que faz parte do processo de comunicação (ECO, 1973).

Para o autor um processo comunicativo é a passagem de um sinal de uma fonte através de um transmissor, ao longo de um canal, ate um destinatário. Quando o destinatário é um ser humano e o sinal solicita uma resposta interpretativa deste, temos um processo de significação. O processo de significação só se verifica quando existe um código (ECO, 1973). Eco define código como qualquer sistema de símbolos que, por consenso prévio entre o destinador e o destinatário, é usado para representar e transmitir qualquer informação, “um sistema de regras dadas por uma cultura”. A semiótica é o estudo de códigos e um código tem sua base em uma convenção cultural: semiótica é, portanto, o estudo sígnico da cultura (ECO, 1973).

A semiótica, como defende Eco, seria colocada em prática para compreender e agir de modo significativo na cultura ou, no nosso caso, no ensino de ciências, dialogando com nossa proposta de ensino na qual as ciências sejam conhecidas pelos alunos como um conhecimento produzido por uma sociedade, em um determinado contexto, com características culturais próprias (GUERRA *et al.*, 2004; BRAGA *et al.*, 2012).

A partir desse referencial foram realizadas as análises sobre as imagens produzidas pelos alunos durante a pesquisa. Essas imagens são, em conjunto com o texto, representações do pensamento dos alunos, podendo ser lidos e contextualizados tal como textos escritos ou

falados pelos alunos. Assim, tais imagens são compreendidas enquanto signo que representam as ideias e conhecimentos associados aos assuntos que foram discutidos com os alunos durante a sequência didática (ECO, 1973; ECO, 2012; MANSIORINI, 2010).

De acordo com Eco (2012), a emissão de um signo pressupõe trabalho. O trabalho da produção de um sinal, da escolha de quais sinais será combinado para emitirem uma mensagem e o trabalho exigido pela identificação de unidades expressivas a combinar em sequências expressivas, mensagens e textos. No caso da produção de imagens, existe um trabalho adicional, o de inventar um novo tipo linguístico. Por exemplo, para dizer cão, precisamos apenas escolher um repertorio de tipos linguísticos preestabelecidos a fim de produzir uma ocorrência de um tipo preciso, mas para desenhar um cão devo inventar um novo tipo de linguístico que comunique esta ideia. Em ambos os casos, a articulação entre as sequências de funções sígnicas devem ser aceitáveis e compreensíveis. Assim como quem produz a representação visual codifica uma informação que pretende transmitir, quem lê a imagem passa por um processo de percepção, onde descodifica aquela representação atribuindo um sentido e atingindo um significado (ECO, 1973).

Os próximos capítulos (IV e V) são dedicados à etapa bibliográfica da pesquisa e à descrição do contexto em que a pesquisa foi realizada, bem como da elaboração e aplicação da sequência didática e a análise dos resultados obtidos a partir desta aplicação.

IV.Século XIX: Contexto cultural, técnico e científico.

Como já mencionado em capítulos anteriores, o recorte realizado nesta pesquisa diz respeito às ideias sobre hereditariedade da segunda metade do século XIX, focando nos trabalhos de Gregor Mendel e Charles Darwin. Assim, neste capítulo vamos apresentar algumas características desta época.

A segunda metade do século XIX apresenta uma grande quantidade teorias que tentam explicar o mecanismo da herança de características. É importante lembrar novamente que não negligenciamos a existência destas outras teorias (KAMPOURAKIS, 2013), quando focamos neste trabalho as contribuições de Mendel e Darwin. Optamos por trabalhar estas duas ideias porque seus divulgadores são personagens recorrentes nos livros didáticos: Mendel é apresentado aos alunos neste ano de escolaridade (oitavo ano) e Darwin já é conhecido pelos alunos, devido as aulas de evolução do sétimo ano. Além disso, a seleção do episódio histórico aqui descrito obedece a um objetivo didático específico, que é trabalhar ideias sobre NdC que já foram destacadas na introdução (FORATO *et al.,* 2011).

Retomando o que foi explicitado no capítulo anterior, escolhemos construir nossa sequência didática seguindo a proposta dos três eixos apresentada por Guerra *et al.* (2013), com pequenas modificações. Durante as aulas procuramos trabalhar o período histórico selecionado através dos eixos, cultural, técnico e científico. O primeiro eixo tinha por propósito apresentar o contexto cultural e a visão de mundo onde tais ideias sobre a herança de características foram elaboradas. No eixo técnico, procuramos discutir as condições materiais de experimentos, instrumentos, técnicas e utensílios disponíveis na época, que guardam relação com a construção dos conceitos científicos estudados. Finalmente no eixo científico, procuramos tratar dos conceitos científicos que permeiam a elaboração das teorias de hereditariedade da segunda metade do século XIX.

Com vistas a discutir posteriormente o trabalho em torno aos três eixos, apresentaremos a seguir algumas considerações sobre o eixo cultural, técnico e científico pertinentes ao recorte delimitado para o trabalho realizado em sala de aula.

IV.1.Eixo Cultural

Ao longo do século XIX, a vida de grande parte de homens e mulheres que habitavam a Europa e também suas colônias foi transformada pelo processo da industrialização.

A população europeia duplicou ao longo do século XIX e, nesse processo, grandes contingentes populacionais foram do campo para a cidade. Ainda neste período, o desenvolvimento científico não poderia mais ser pensado de modo independente do desenvolvimento da indústria, que empregava os métodos e teorias da ciência na resolução de

seus problemas técnicos e demandas. Além disso, o progresso dos meios de transporte encurtou as distâncias entre as cidades e países, permitindo uma maior circulação de matérias-primas e produtos manufaturados (BRAGA *et al.*, 2011).

Durante o século XIX, as artes, de um modo geral, sofreram rupturas importantes. Gombrich (2006) afirma que a Revolução Francesa e a Revolução Industrial ocorridas no século XVIII provocaram o rompimento com os fundamentos sobre os quais a arte havia se apoiado até aquele momento. Segundo o autor, a Revolução Industrial começou a destruir as tradições artesanais; a manufatura cedeu lugar às maquinas e as oficinas às fabricas. Hobsbawm (2012) traz uma observação semelhante sobre o impacto do que chama de "revolução dupla" nas artes:

> *"O que determina o florescimento ou o esgotamento das artes em qualquer período ainda é muito obscuro. Entretanto, não há dúvida de que entre 1789 e 1848, a resposta deve ser buscada em primeiro lugar no impacto da revolução dupla. Se fôssemos resumir as relações entre o artista e a sociedade nesta época em uma só frase, poderíamos dizer que a Revolução Francesa inspirava-o com seu exemplo, que a revolução industrial com o seu horror, enquanto a sociedade burguesa, que surgiu de ambas, transformava sua própria experiência e estilos de criação" (HOBSBAWM, 2012).*

Nesse caminho, as artes plásticas ampliam seus limites de consumo antes vinculados quase que inteiramente ao Estado e a Igreja, produzindo transformações significativas em sua produção (GOMBRICH, 2006).

De acordo com Gombrich (2006), a história da pintura no século XIX é distinta dos demais períodos anteriores. Os artistas e seu público partilhavam de determinadas premissas que serviam de base para um consenso sobre os padrões de excelência, diferente dos períodos anteriores, onde, geralmente, um artista tinha uma grande fama, recebia encomendas e realizava trabalhos muito importantes. A pintura abriu-se para salões, galerias de arte, exposições individuais e divulgação na imprensa, que ao longo do século constrói um público especializado, próprio para o consumo da arte.

Até então, na história da Arte, cada estilo e fase artística tinha durado séculos, mas o século XIX representou um período de grande efervescência e vários novos movimentos artísticos surgiram nesse século. Um destes movimentos chamados de Realismo procurava em seus quadros a natureza, procurando chegar o mais próximo da verdade indo contra as convenções aceitas do seu tempo, procurando retratar o mundo tal como os seus pintores o viam (GOMBRICH, 2006).

Alguns artistas como Claude Monet (1840-1926) possuíam a ideia de que a natureza deveria ser pintada *in loco*, levando a mudanças nos hábitos de pintura (possuía um ateliê portátil, em um bote adaptado) e o desenvolvimento de novas técnicas, causando certo incômodo aos críticos, que apelidaram, de forma pejorativa, seus quadros de impressionistas. Neste contexto, no final do século XIX, surgiu o movimento denominado Impressionista. O impressionismo trouxe uma nova representação do espaço visual, opondo-se às

representações clássicas (GOMBRICH, 2006; BRAGA *et al.,* 2011).

Pintores como o próprio Monet, Édouard Manet (1832-1883), Vincent Van Gogh (1853 – 1890) e Paul Cézanne (1839 – 1906), entre outros pretendiam retratar o mundo como o mesmo era observado, com “formas honestas”, trazendo para seus quadros suas sensações de cor, forma, etc. (GOMBRICH, 2006). É possível constatar na obra destes artistas as mudanças nas concepções espaciais que não podem mais ser enquadradas na perspectiva clássica (BRAGA *et al.*, 2011).

Um dos fatores que teria impulsionado o Impressionismo e sua ascensão teria sido o surgimento da fotografia. Segundo Gombrich (2006), a fotografia assumiu o papel da arte pictórica, substituindo, por exemplo, os retratos pintados pelos artistas, costume comum naquela época. Assim, os artistas se viram cada vez mais impelidos a explorar as regiões, onde a fotografia não poderia acompanhar, avançando em suas explorações e experimentos.

No movimento impressionista, Georges Seurat (1859 – 1891) desenvolveu uma técnica chamada pontilhismo. Seurat, como outros pintores impressionistas, estudou a teoria científica da visão das cores e decidiu construir suas pinturas com pequenos pontos de cores primárias, uma espécie de mosaico de pontos que se mesclariam no cérebro do observador, dando o efeito de continuidade à pintura. Apesar do efeito de continuidade, os pequenos pontos que formavam a imagem eram independentes entre si. Essa técnica trabalha com a representação discreta de uma realidade suposta contínua.

Destacamos o pontilhismo, pois ele traz a questão da representação de algo aparentemente contínuo por algo discreto, que estava sendo discutido em diversos campos do conhecimento. Na ciência, por exemplo, podemos identificar esta controvérsia entre continuo e discreto na química, física, e biologia.

Na química, havia a discussão se a matéria seria formada de unidades discretas ou não desde o início do século XIX, através das controvérsias envolvendo o atomismo (OKY, 2009). Na física, o movimento browniano, descrito a primeira vez em 1827, começa a ser esclarecido na segunda metade do século XIX, tendo sua explicação definitiva apenas no século XX por Einstein. No estudo dos seres vivos, temos no estudo da herança de características, as teorias que defendiam uma herança onde as partículas se modificavam ao longo de gerações, por exemplo através da mistura e a herança que ocorre por meio de partículas ou entidades discretas (EL-HANI, 2014).

IV.2.Eixo Técnico

Autores como Allchin (2014) afirmam que mesmo depois de muitas décadas de debates para demarcar/caracterizar o que é a ciência, os filósofos, historiadores, pesquisadores da área não obtiveram sucesso, já que a ciência é um empreendimento social complexo demais para

ter uma caracterização única (ALLCHIN, 2014; MARTINS & RYDER, 2014).

Apesar desta dificuldade em definir o que é ciência, é importante salientar que a produção do conhecimento científico é referendada pela comunidade científica, tendo seus próprios modos e mecanismos de validação interna do seu conhecimento, num processo complexo em que tem lugar a revisão pelos pares. Essas características lhe conferem parâmetros de objetividade e devem ser levadas em conta para evitar o relativismo absoluto, para o qual nos alertam Forato *et al.* (2011).

A utilização de técnicas, experimentos, utensílios próprios para a obtenção de dados e produção do conhecimento científico fazem parte deste conjunto de características próprias da ciência e constituem o chamaremos nessa pesquisa de eixo “técnico”. Assim, vamos destacar nessa sessão algumas técnicas que guardam relações com os estudos sobre a hereditariedade no século XIX.

De uma forma geral, o desenvolvimento científico e de suas técnicas não pode ser pensado independentemente do desenvolvimento industrial ocorrido na Segunda Revolução Industrial. Essa estreita e direta vinculação da ciência com o processo produtivo, inovações tecnológicas, conquista de novas áreas e técnicas agrícolas, o acesso rápido à matéria prima, grandes investimentos públicos e privados na infraestrutura (comunicações, transporte e energia) foram alguns dos determinantes do acelerado desenvolvimento econômico dos países que se beneficiaram da Segunda Revolução Industrial (BRAGA *et al.*, 2011).

No final do século XVIII, por volta de 1800, a cidade de Brno, na Morávia, torna-se o maior centro de indústria têxtil do Império Austro- Húngaro (OREL &WOOD, 2000). Após a expansão industrial, surgiu a demanda por melhorias na produção agrícola e criação de animais, no sentido de acompanhar o fornecimento de matéria prima para a indústria e sustentar a população urbana crescente. A criação de sociedades científicas foi estimulada, com o objetivo de mudar o status da criação de animais e cultivo agrícola de artesanais para “científicos” (WOOD & OREL, 2005).

A busca pela criação de novas espécies, uma questão central investigada pelos hibridizadores desde o século XVIII, aliava estudos puramente teóricos às produções tecnológicas (BIZZO, 2008). Personagens como Christian Carl André (1763-1831) e Ferdinand Geisslern (1751-1825) foram essenciais para este processo. Ambos foram precursores da importância da tradição científica na criação/cultivo na Morávia. Antes da metade do século XIX, a região já era descrita como a região que deu origem à criação científica de ovinos, refletindo o sucesso na produção de algumas das melhores lãs então disponíveis, o que foi atribuído a uma abordagem científica no sentido de reprodução seletiva (OREL & WOOD, 2000; OREL & PEASLEE, 2013).

Apesar destes avanços, a ausência de uma teoria de herança de características era um grande problema para aqueles que trabalhavam cultivando plantas e criando animais (OREL &

WOOD, 2000). Além disso, dentre as principais questões dos cultivadores e criadores na segunda metade do século XIX estava a possibilidade de se criar novas variedades de plantas e raças de animais que fossem estáveis (OREL & WOOD, 2000).

Uma das ideias correntes na época era que o cruzamento entre variedades ou raças poderia propiciar o surgimento de novas variedades e, talvez, até mesmo de novas espécies. O hibridismo (a prática de se realizar cruzamento entre variedades de plantas ou raças de animais diferentes com o objetivo de obter certas características desejadas na prole) foi defendido por abade Napp (futuro mentor de Mendel), que acreditava que a fertilização artificial de plantas seria um método para criar novas variedades, indo contra o pensamento dos demais membros da sociedade científica , que acreditavam que a hibridização era apenas um processo aleatório (BRANDÃO & FERREIRA, 2009; OREL & PEASLEE, 2013). O abade Napp construiu uma estufa para que seu aluno Gregor Mendel pudesse realizar aos seus experimentos sobre botânica, permitindo uma maior eficiência em seus cultivos (FIORIN, 2013; NOGLER, 2006; KAMPOURAKIS, 2013).

No início de 1850, Charles Darwin havia começado a se questionar a respeito do mecanismo de hereditariedade. Durante os anos de 1855 a 1858 (antes da publicação de A Origem das Espécies) Darwin dedicou-se bastante ao estudo de pombos, para as suas pesquisas sobre a herança de características, além de estabelecer contatos com pesquisadores e criadores, construindo uma rede que fornecia materiais para as suas pesquisas (BARTLEY, 1992). Theunissen (2012) chamou a atenção para a importância da escolha dos pombos, por Darwin. No caso de outros animais domésticos, a técnica utilizada pelos criadores para produzir novas raças enfatizava cruzamentos entre raças já existentes, seguida de endocruzamento. Já no caso dos pombos domésticos talvez fosse atípico, porque os criadores enfatizavam a seleção artificial.

Durante a elaboração de “A Origem das Espécies” (1859), Charles Darwin se defrontou com o problema de tentar fundamentar uma teoria que não era diretamente testável. Ele não dispunha de registros paleontológicos que mostrassem o gradual surgimento das espécies conhecidas. Uma das estratégias argumentativas utilizadas por Darwin para contornar a ausência de evidencias mais diretas de sua teoria, consistiu em utilizar alguns exemplos mais próximos e, até certo ponto, testáveis, de sua teoria (MARTINS, 2012).

Para atingir esse objetivo, Darwin estudou plantas e animais domésticos. No primeiro capítulo de “A Origem das Espécies” (1859) discutiu a variação de animais e a possível origem das raças domésticas pelo gradual acúmulo de alterações, através da seleção consciente ou inconsciente do homem. Um dos principais exemplos que apresenta é o dos pombos domésticos. Através do uso de analogias, Darwin propôs que se o homem tinha sido capaz de transformar a *Columba livia* em raças tão diferentes, a natureza também era capaz de produzir modificações muito maiores, ao longo dos milhões de anos disponíveis, produzindo espécies a

partir de variedades, e gêneros a partir de espécies (DARWIN, 1859; MARTINS, 2012; THEUNISSEN, 2012).

Para desenvolver essa parte de sua contribuição, Darwin realizou análises dos esqueletos dos pombos que criava e também experimentos de cruzamentos. Esses estudos foram centrais em sua argumentação a favor da seleção natural e do surgimento de novas espécies e gêneros (MARTINS, 2012).

Após a publicação de “A Origem das Espécies” (1859), apareceram várias teorias que para explicar a hereditariedade, a fim de complementar e sanar as lacunas sobre este tema na Teoria da Evolução de Darwin. Grande parte destas teorias apresentavam modelos microscópicos que, de um modo geral, não se baseavam em evidências citológicas ou experimentais (KAMPOURAKIS, 2013; RHEINBERGER,2008). Somente após 1870, alguns avanços técnicos facilitaram o estudo citológico: a descoberta de novos fixadores e corantes úteis para o estudo das células (1870) e o desenvolvimento de microscópios com objetiva de imersão, capazes de ampliações de 2.500 vezes, em 1886. Embora a técnica microscópica tenha chegado próxima ao seu limite máximo de resolução, nem todas as dificuldades foram eliminadas (MARTINS, 2011).

IV.3.Eixo Científico

As Ciências Biológicas não haviam alcançado no século XIX, o status de ciência que a Física conquistara no século XVIII e isto se devia principalmente, a sua fragmentação (SMOCOVITIS, 1996). Até o início do século XX, os conhecimentos desta área organizavam-se em ramos que, embora estudassem as diferentes formas de vida ou os processos vitais, possuíam tradições epistemológicas bem variadas. De modo geral, esses conhecimentos caracterizavam-se pelos ramos mais descritivos da história natural (zoologia e botânica) e pelos estudos da citologia, embriologia e fisiologia humana, com uma predominância nas atividades experimentais nesse segundo grupo (MARANDINO *et al.*, 2009).

Em “A Origem das Espécies”, Darwin apresenta o conceito de Seleção Natural, buscando explicar a evolução das espécies, trazendo uma grande questão com suas ideias: como as características eram herdadas? Durante a segunda metade do século XIX, vários cientistas tentaram desenvolver teorias da hereditariedade buscando responder esta pergunta (KAMPOURAKIS, 2013).

Assim, apresentamos a seguir algumas destas teorias, de modo breve, apenas para que possamos ter a noção de que o debate sobre a herança de características é bem mais amplo neste período do que nos costuma ser apresentado nos livros didáticos e durante nossa formação acadêmica. Os estudos de Mendel e a hipótese da Pangênese de Charles Darwin, focos deste trabalho, serão tratados de modo mais amplo posteriormente.

- **Unidades Fisiológicas – Herbert Spencer:** em 1864, Herbert Spencer, inspirado pelo fenômeno da regeneração apresentado por alguns animais, propôs em seu livro *Principles of biology* sua teoria de herança e desenvolvimento. Essa teoria pressupunha a existência de unidades fisiológicas vivas, presentes em todas as células do corpo, intermediárias entre as moléculas químicas e as unidades morfológicas. As unidades fisiológicas que seriam capazes de se auto organizar poderiam produzir a regeneração e seriam responsáveis pela transmissão dos caracteres de uma geração para outra, estando localizadas no interior das células (CASTAÑEDA, 1995; POLIZELLO, 2008; KAMPOURAKIS, 2013).
- **Teoria das Estirpes– Francis Galton:** o primo de Darwin tomou como ponto de partida a hipótese da pangênese, mas após testá-la percebeu que ela apresentava alguns problemas. Além disso, Galton desejava uma teoria que pudesse explicar vários casos de herança e tinha restrições à herança de caracteres adquiridos, que era bem explicada pela hipótese da pangênese. Assim, criou a sua própria teoria da hereditariedade, chamada de Teoria das Estirpes. O termo “estirpe” apareceu inicialmente em artigo que Galton publicou em 1875. “Estirpe” seria o conjunto das partículas hereditárias ou gêmulas contidas no zigoto logo após a fertilização do óvulo. Elas não eram possíveis de serem vistas, o que o levava a propor teorias. Defendia que havia dois grupos de germes: os que se desenvolviam e os que continuavam latentes, sendo que o período de fertilidade do primeiro grupo seria maior, o que explicaria o porquê de algumas características notáveis nos pais não aparecerem em sua prole. Para Galton, haveria limitação de espaço na estirpe e uma criança teria a estirpe como combinação de seus pais, havendo, então, uma luta entre os germes competidores pelo lugar. Acreditava, ainda, que as partes do corpo tinham origens separadas e justificava que se uma criança tem os olhos do pai e a boca da mãe essas duas características só poderiam ter origens diferentes (BULMER, 1999; POLIZELLO, 2008; POLIZELLO, 2011; KAMPOURAKIS, 2013).
- **Teoria do Idioplasma ou micelar – Carl von Nageli :** em 1884, Nageli publicou sua obra *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre*, na qual a teoria micelar deu suporte para o problema da herança. O idioplasma, formado por longos filamentos que passariam de célula a célula, seria a parte do protoplasma responsável pela herança. Cada filamento seria formado por numerosos grupos de moléculas, teria propriedades específicas e um feixe de filamentos controlaria as propriedades da célula, tecidos, sistemas e órgãos. O crescimento aconteceria pelo alongamento desses filamentos sem a alteração de sua consistência (POLIZELLO, 2008; RHEINBERGER 2008; KAMPOURAKIS, 2013).
- **Pangênese Intracelular – Hugo de Vries:** em sua obra *Intracelluläre Pangenesis* (1889) de Vries defendeu que as unidades da herança teriam dimensões menores que as das células. Essas unidades seriam mais complexas em suas propriedades e relações do que as moléculas químicas das quais eram compostas. Para de Vries, os pangenes não seriam visíveis ao

microscópio, estariam no núcleo celular e se multiplicariam durante a divisão celular, a fim de definirem as características de cada indivíduo. Além de estarem no núcleo de forma inativa, os pangenes estariam ativos no citoplasma. Os pangenes inativos do núcleo passariam para o citoplasma quando houvesse necessidade de manifestar propriedades específicas (POLIZELLO, 2008; RHEINBERGER 2008; KAMPOURAKIS, 2013).

- **Teoria do Germoplasma– August Wieman:** o modelo de herança de partículas proposto por August Weismann em 1892, na *obra Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung ou Germ plasm: a theory of heredity,* considerava que o germoplasma (plasma germinativo) era completamente isolado do corpo do organismo que o carregava. A estrutura do corpo – soma – seria construída de acordo com as informações do germoplasma proveniente dos pais. A estrutura carregaria o germoplasma até que estivesse pronto para passar para outra geração. Ele admitia que apenas o plasma germinativo fosse transmitido de uma geração à outra. A estrutura do plasma germinativo, de acordo com Weismann, é bastante complexa, e estruturada em vários níveis. O nível mais básico seria o dos "bióforos", que seriam os portadores das qualidades ou características das células. Toda matéria viva seria constituída por bióforos, havendo diferentes tipos deles e, portanto, diferentes tipos de células. Weismann supunha que os bióforos não possuíam independência. Cada órgão e cada tecido manifestaria um conjunto de propriedades harmoniosas e não uma combinação ao acaso de características. Nesse sentido, os grupos de bióforos que determinam o conjunto de características de cada órgão ou tecido deveriam ser inseparáveis. Esse grupo indissolúvel foi chamado de "determinante", assim denominado por conter todos os fatores que determinam a célula ou tecido em questão (WINTHER, 2001; MARTINS, 2003; POLIZELLO,2008; RHEINBERGER 2008; KAMPOURAKIS, 2013).

As teorias apresentadas descreviam vários modelos microscópicos, que envolviam partículas, para explicar os processos de herança. Tais modelos eram hipotéticos e foram elaborados sob uma perspectiva evolutiva, a fim de complementar e sanar as lacunas sobre hereditariedade da Teoria da Evolução de Darwin, já que a grande maioria faz menção a Pangênese. É interessante ressaltar que os pesquisadores apresentados conheciam os trabalhos uns dos outros e se comunicavam entre si (RHEINBERGER 2008; KAMPOURAKIS, 2013).

Kampourakis (2013) defende que a referência seletiva para o trabalho de Mendel, e para o de Darwin, assim como a ausência de qualquer referência aos demais pesquisadores citados fornece uma pobre representação do estudo científico da hereditariedade durante a última parte do século XIX. Em nosso trabalho, realizamos a seleção já mencionada, considerando o nível de ensino (ensino fundamental) e suas características, como a idade dos alunos e o tempo didático.

Não pretendemos esgotar os aspectos relacionados à proposta dos três eixos apresentados neste capítulo. Ao longo do próximo capítulo e da descrição da pesquisa realizada, os aspectos culturais, técnicos e científicos serão retomados.

V. Ideias sobre Hereditariedade no Século XIX: os trabalhos de Mendel e Darwin

O presente capítulo apresenta as ideias sobre hereditariedade que foram trabalhadas com os alunos durante o desenvolvimento da pesquisa, bem como as questões sobre a NdC que podem ser discutidas em sala de aula a partir dos casos estudados. Como dito anteriormente, os trabalhos de Gregor Mendel e Charles Darwin foram os selecionados para a realização das atividades em sala de aula. Mendel e Darwin fazem parte de um grupo de poucos cientistas que possuem um espaço relativamente grande dedicado às suas biografias nos livros didáticos (FIORIN, 2013; PETERSON & KAMPOURAKIS, 2014).

Esse trabalho não utiliza uma controvérsia histórica direta (BRAGA *et al.*, 2012), já que mesmo sendo contemporâneo a Mendel, Darwin desconhecia seu trabalho, e utilizava concepções bem diferentes sobre a hereditariedade em seus trabalhos. Optamos por trabalhar estas duas ideias porque seus divulgadores (Mendel e Darwin) são personagens recorrentes nos livros didáticos, Mendel é apresentado aos alunos neste ano de escolaridade (oitavo ano) e Darwin já é conhecido pelos alunos, devido as aulas de evolução do sétimo ano.

Iniciaremos apresentando um pouco da biografia de Mendel, procurando contextualizar seus trabalhos e discutir algumas questões a respeito da história abordada em sala de aula sobre os seus experimentos com *Pisum sativum.* No item seguinte, será apresentada a hipótese da Pangênese elaborada por Charles Darwin.

V.1.Os estudos com *Pisum sativum* de Gregor Mendel

Johann Mendel nasceu em 1822, numa aldeia chamada Heinzendorf, na Morávia, uma das regiões da atual República Tcheca. Seus pais possuíam uma pequena propriedade e cuidavam de um pomar. O jovem Mendel teria crescido e assimilado desde a infância as noções praticas da Botânica e de manuseio de vegetais (DROUIN, 1989).

Aos 18 anos de idade, matriculou-se no Instituto Filosófico da Universidade de Olmütz, onde estudou filosofia, latim, filosofia grega, matemática, física, religiões, história e história natural. Ingressou como noviço no Mosteiro de Santo Tomás, em Brünn, região da Morávia, em 1843, onde aliou os estudos teológicos à participação em cursos sobre agricultura, arboricultura e vinicultura (LEITE *et al.,*2001).

O monastério foi um centro de atividade intelectual importante no século XIX, já que não havia universidade na região. Além de contar com uma biblioteca vasta e variada, no monastério, também, poderiam ser encontrados os instrumentos científicos mais avançados da época (BRANDÃO & FERREIRA, 2009; El- NÃNI, 2014).

Ao ordenar-se padre, em 1847, adotou o nome de Gregor. Mendel teve como mentor o abade Napp, que manifestava grande interesse pela agricultura e pelas ciências naturais,

sendo membro de diversas sociedades científicas da época (DROUIN, 1989; WOOD & OREL, 2005). Durante os estudos de teologia, Mendel participou de conferências em Brno ministradas pelo professor Diebl (1846) que lhe apresentou, entre outros tópicos, a criação de novas variedades de plantas através da polinização (WOOD & OREL, 2005; OREL & PEASLEE, 2013).

Sob a orientação de Napp, Mendel foi para a Universidade de Viena, no período de 1851 a 1853, onde estudou física, matemática e história natural. Além destas disciplinas, Mendel prestou grande atenção à fisiologia vegetal, então, recentemente introduzida pelo professor Franz Unger (1800-1870). Através de seus estudos em Física, Mendel foi introduzido ao pensamento de que tudo na natureza é regido por leis, que estariam escritas na linguagem matemática. A ciência teria a tarefa de divulgar essas leis e de construir teorias. Assim, Mendel teria adquirido a base teórica e a habilidade para realizar experimentos e uma investigação independente. Ao retornar para o monastério, lecionou para adolescentes em uma escola e logo depois retomou suas atividades no monastério (FREIRE-MAIA, 1995; OREL & PEASLEE, 2013).

O abade Napp construiu uma estufa para que Mendel pudesse dar prosseguimento aos seus experimentos sobre botânica. Assim como seu mentor, Mendel participou de várias sociedades cientificas e realizou experimentos diversos, com diferentes tipos de plantas (LEITE *et al.,*2001; NOGLER, 2006; FIORIN, 2013; KAMPOURAKIS, 2013).

A pesquisa mais citada de Mendel refere-se às análises oriundas dos experimentos realizados com o cruzamento de ervilhas da espécie *Pisum sativum*. Após oito anos de experimentos, Mendel publicou, em 1866 (MENDEL, 1866), os resultados de seus estudos nos Anais da Sociedade de História Natural de Brno. Em 1868, foi eleito abade e passou a se dedicar às questões administrativas do monastério, falecendo de nefrite em 1884, aos 61 anos de idade (FREIRE-MAIA, 1995; BRANDÃO & FERREIRA , 2009).

V.1.1.Os experimentos com *Pisum sativum*

Dentre as principais questões dos cultivadores e criadores na segunda metade do século XIX estava a possibilidade de se criar novas variedades de plantas e raças de animais que fossem estáveis. Uma das ideias correntes na época era que o cruzamento entre variedades ou raças poderia propiciar o surgimento de novas variedades e, talvez, até mesmo de novas espécies. O hibridismo (a prática de se realizar cruzamento entre variedades de plantas ou raças de animais diferentes com o objetivo de obter certas características desejadas na prole) era um procedimento comum para a produção de novas formas e, também, para a investigação científica. Mendel, que fazia parte da tradição hibridista, estando imerso em suas técnicas, seguiu a abordagem experimental dos hibridizadores que o antecederam (BRANDÃO

& FERREIRA, 2009; El- NÃNI, 2014).

Autores como Martins (2002), Kampourakis (2013) e El-Nãni (2014) afirmam que Mendel estava interessado no desenvolvimento e evolução dos híbridos e seus descendentes. E que embora reconhecesse que só se poderia chegar a tal entendimento, investigando diferentes ordens de plantas, Mendel restringiu seu trabalho ao estudo das ervilhas. Isto porque essas plantas atendiam aos seguintes critérios:

- Possuíam características diferenciais constantes, que correspondessem a linhagens puras, sem variabilidade significativa;
- Havia facilidade em controlar a fecundação destas plantas, impedindo o acesso de pólen estranho;
- Os híbridos se mantinham perfeitamente férteis nas gerações seguintes.

Mendel indicou que as plantas do gênero *Pisum* preenchiam esses critérios, além de se desenvolverem em um curto período e ter um cultivo fácil:

> *"De início, nossa atenção especial foi dedicada à Leguminosae por conta de sua peculiar estrutura floral. As experiências que foram feitas com vários membros desta família levaram ao resultado de que o gênero Pisum possui as qualificações necessárias. Algumas formas completamente distintas deste gênero possuem características que são constantes e capazes de serem diferenciadas de modo fácil e seguro, e quando seus híbridos são mutuamente cruzados, produzem progênie perfeitamente fértil. Além disso, raramente ocorrem distúrbios por pólen estranho, uma vez que os órgãos de fertilização estão intimamente protegidos dentro da carena e as anteras se rompem no interior do botão, de modo que o estigma fica coberta com pólen, mesmo antes da abertura da flor. Esta circunstância é especialmente importante. Como vantagens adicionais vale a pena mencionar, não pode ser citada a cultura fácil dessas plantas no campo aberto e em vasos, e, também, o seu relativo curto período de crescimento*" (MENDEL, 1866).

Durante dois anos, Mendel testou a constância de características de 34 variedades de ervilhas, selecionando 22 delas para experimentos (MARTINS, 2002).

O objetivo de Mendel era verificar como podiam ser transmitidas aos descendentes as características que diferiam nos progenitores, em sucessivas gerações (BRANDÃO & FERREIRA, 2009). Ele selecionou para estudo características claramente distintas, que não variavam gradativamente, como:

- Sementes maduras lisas ou enrugadas;
- Diferença na cor do endosperma das sementes: amarelo pálido, amarelo brilhante e laranja, ou verde;
- Diferença de cor na casca da semente: branca, cinza, cinza-marrom ou marrom, com ou sem manchas de cor violeta; e outras (MENDEL, 1866).

Mendel realizou os cruzamentos e analisou a herança das características especialmente selecionadas. O esquema abaixo, retirado de Brandão e Ferreira (2009), ilustra a dinâmica dos

experimentos realizados:

Geração Parental (P):

Planta pura para um estado de uma característica e × planta pura para outro estado da mesma característica.

(*Mendel observou uma única característica por vez, como, por exemplo, a cor da semente, que podia ser amarela ou verde*).

↓

Cruzamento

(*Mendel realizou polinização artificial entre plantas distintas*).

↓

Geração dos primeiros híbridos (F1):

Observar as características presentes

(*Mendel obteve apenas ervilhas amarelas*).

↓

Cruzamento

(*Mendel realizou apenas autofecundação*).

↓

Segunda geração de híbridos (F2):

Observar as características presentes

Ele observou que os híbridos obtidos a partir dos cruzamentos não apresentavam características intermediárias, as formas parentais, mas que havia uma estreita semelhança entre um caráter híbrido e um dos pais. Essas características foram denominadas **dominantes** e as outras, que não aparecem na primeira geração, **recessivas** (KAMPOURAKIS, 2013), como podemos observar no trecho do artigo de 1865 (tradução nossa):

> ***"****Em cada um dos sete cruzamentos, os caracteres dos híbridos se assemelham, de maneira tão precisa, ao de uma das formas parentais, que o outro escapa completamente à observação, ou não pode ser verificado com certeza. Essa circunstância é muito importante na determinação e classificação das formas sob as quais aparece a descendência dos híbridos. Daqui por diante, neste trabalho, os caracteres que forem transmitidos íntegros ou quase inalterados na hibridação, constituindo, por isto mesmo, os caracteres do híbrido são chamados de dominantes, e os que ficarem latentes no processo, de recessivos. A expressão "recessivo" foi escolhida porque os caracteres assim designados retrocedem ou desaparecem inteiramente nos híbridos, reaparecendo, no entanto, sem modificações, na sua progênie, como se mostrará depois."* (MENDEL, 1866)

Martins (2002) afirma que Mendel preferiu usar os termos "dominante" e "recessivo", ao invés de "latente" e "preponderante", muito utilizados por outros autores da época, por serem

esses termos novos e com significados precisos (Em alemão: *dominierend* = dominante; *recessiv* = recessivo. A palavra *recessivo* significa oculto, escondido, algo que desaparece, recua ou foge).

Os caracteres recessivos reapareceram na segunda geração, resultado do cruzamento entre os híbridos da primeira geração. Quando se calculou o número total de prole na segunda geração, de todos os experimentos, ele encontrou uma taxa média constante de 2.98:1, ou 3:1 entre o número de plantas com a característica dominante e aqueles com a característica recessiva, respectivamente. Esta conclusão é frequentemente descrita como a 1ª Lei de Mendel ou Lei da segregação independente (DROUIN, 1989; KAMPOURAKIS, 2013).

Mendel realizou também o cruzamento de plantas que diferiam em duas características. Obteve 556 sementes de 15 plantas: 315 exibiram as duas características dominantes, 101 exibiram uma característica dominante e uma recessiva, 108 exibiu a outra característica dominante e a outra característica recessiva e 32 apresentaram as duas características recessivas (MENDEL, 1866; DROUIN, 1989; KAMPOURAKIS, 2013).

No entanto, Mendel não descreveu este como a relação clássica 9:3:3:1. Ele, descreveu-a como um 1:1:1:1:2:2:2:2:4 proporção, em duas classes que se assemelhavam a cada um dos parentais (AB e ab), duas classes tiveram uma característica parental de cada forma (Ab e aB), quatro classes que apareceram duas vezes e tiveram uma característica parental e um característica híbrida (ABB, ABB, a AaB, Aab) e finalmente uma classe apareceu quatro vezes e era híbrida em ambos as características(AaBb). Esta conclusão é frequentemente descrita como a 2ª Lei de Mendel ou Lei da segregação independente (FIORIN, 2013; KAMPOURAKIS, 2013).

Mendel, através de seus estudos estatísticos, apenas encontrou evidências de que, no caso das ervilhas do gênero *Pisum*, a herança de híbridos seguia alguns padrões (KAMPOURAKIS, 2013). Realizou experimentos com outras espécies de plantas, para verificar se o mesmo padrão encontrado em Pisum sativum se repetia, mas não obteve os mesmos padrões (NOGLER, 2006; OREL & PEASLEE, 2013).

Em 8 de março de 1865, Mendel apresentou um trabalho à Sociedade de História Natural de Brno, publicando resultados em um artigo em 1866 nos Anais da Sociedade de Pesquisa em Ciências Naturais de Brno. Seu artigo foi lido por diversos cientistas da época e foi citado em livros e artigos sobre hibridação (KAMPOURAKIS, 2013).

V.1.2.Mendel, pai da genética?

Os livros didáticos frequentemente apresentam Gregor Mendel como um pesquisador solitário que fundou a genética e foi ignorado, sendo redescoberto 35 anos após o lançamento do seu artigo. Drouin (1989) e Kampourakis (2013) afirmam que este tipo de imagem é uma

representação equivocada da história da genética.

Mendel vivia em um mosteiro, mas participava de muitas associações de criadores e agricultores, além de sociedades científicas da época. Como já foi dito, anteriormente, os mosteiros no século XIX possuíam vastas bibliotecas e havia um intercâmbio de informações. Mendel era um homem bastante ativo, eclético, que chegou a participar de 8 associações científicas e 26 não científicas, ou seja, estava inserido em uma cultura científica (FREIRE-MAIA, 1995; LORENZANO, 1998; El- HANI, 2014).

Leite *et al.* (2001) defendem a ideia de que o trabalho de Mendel estava em sintonia com o contexto em que viveu e que é fruto de suas relações com estilos de pensamento diversos. Delizoicov *et al.* (2002) procuram estabelecer relações entre a produção científica de Mendel e o contexto social, histórico e econômico de sua época, utilizando as categorias estilo de pensamento e coletivo de pensamento propostas por Fleck. Nesses caminhos, podemos destacar:

- **Coletivo Religioso:** Mendel como monge, era membro do coletivo de pensamento da religião católica, por sua formação solidamente orientada pelos rituais e pela tradição do catolicismo e por sua obediência às suas regras;
- **Coletivo da Região da Morávia:** Mendel cresceu em uma região agrícola, que sofria transformações sociais importantes devido a Revolução Industrial. Os ricos proprietários pretendiam aumentar seus lucros e incentivavam a formação de associações para discutir e aprimorar técnicas de cultivo de plantas e de animais. Autores como Brandão e Ferreira (2009) defendem que Mendel foi compelido a investigar a questão dos híbridos por demandas econômicas de produtores locais da Morávia e, também, por razões acadêmicas (WOOD & OREL, 2005; OREL & PEASLEE, 2013);
- **Coletivo dos Hibridistas e dos Criadores de Plantas:** os criadores formavam um grupo de homens práticos que elaboravam estudos com o desenvolvimento e as variedades de animais e plantas com o intuito de desenvolver espécies economicamente rentáveis. E o grupo dos hibridistas, mais acadêmico, estava interessado em estudar as questões sexuais das plantas, algo que começa a despontar no final do século XVIII, e, também, pelo desenvolvimento dos híbridos. Mendel se utilizou de uma prática comum dos criadores, o cultivo extenso para conseguir dados. Suas pesquisas, no entanto, foram motivadas por trabalhos de hibridistas (OREL & WOOD, 2000; FIORIN, 2013);
- **Coletivo dos Cientistas:** Mendel frequentou a Universidade de Viena, recebendo formação científica, além de se corresponder com vários cientistas e participar de várias sociedades acadêmicas, tendo contato com vários tipos de pesquisadores. O tratamento estatístico de sua pesquisa foi fruto de seus estudos em física e matemática no período

em que estudou em Viena (FREIRE-MAIA, 1985; KAMPOURAKIS, 2013; OREL & PEASLEE, 2013).

Além disso, de acordo com Allchin (2003) e Fiorin (2013), Mendel fazia parte de uma tradição de pesquisa e participava intensamente das atividades das sociedades acadêmicas de sua época, utilizando modelos de experimentação que haviam sido utilizados previamente, portanto, não trabalhava de modo isolado.

Outro equívoco bastante comum e problemático sobre a trajetória de Gregor Mendel, diz respeito ao fato de que nos livros didáticos, Mendel é apresentado como o fundador da genética. Gregor Mendel é frequentemente considerado como o primeiro a propor uma teoria sobre hereditariedade, dando a impressão que ninguém mais havia pesquisado sobre esse mecanismo durante o Século XIX (KAMPOURAKIS, 2013).

Além disso, de acordo com as descrições presentes nos livros didáticos, Mendel estaria interessado em entender o conceito de hereditariedade e por isso seria o precursor dos estudos genéticos, tendo iniciado um trabalho que posteriormente seria desenvolvido pelos assim chamados “redescobridores” Hugo de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak (FIORIN, 2013; KAMPOURAKIS, 2013).

Lorenzano (1998; 2002) e Olby (1979) questionam a ideia de que os trabalhos de Mendel foram utilizados para explicar as questões da hereditariedade e afirmam que os mesmos tinham como objetivo entender o mecanismo de hibridização das plantas. Allchin (2003) e Kampourakis (2013) defendem que Mendel não fazia parte de uma comunidade de pesquisadores que desenvolviam teorias sobre a hereditariedade, mas procurava uma teoria de desenvolvimento dos híbridos dentro de uma tradição de pesquisa hibridista.

Em seu artigo, Mendel não fala de elementos de hereditariedade (como genes), mas sim de características visíveis e são essas características que ele classifica como dominantes ou recessivas (MENDEL, 1865; SMITH & GERICKE, 2013). Brandão e Ferreira (2009), assim como Kampourakis (2013) afirmam que muitas informações atribuídas a Mendel não estão presentes ou não estão claras no seu artigo de 1866. Por exemplo, as chamadas Leis de Mendel, sequer aparecem neste trabalho (MENDEL, 1866). Como foi citado anteriormente, Mendel não descreveu a relação clássica de proporção 9:3:3:1, esperada para a Segunda Lei de Mendel (FIORIN, 2013; KAMPOURAKIS, 2013).

Mendel não explicou seus resultados, baseando-se em elementos de hereditariedade. Allchin (2000) defende que Mendel nunca descreveu o seu conceito de dominância referindo-se a genes ou alelos como usamos hoje. Mendel teria apenas descrito que as características eram dominantes. Segundo o autor, historicamente, o conceito de dominância começou como uma modesta descrição de certa característica e se tornou uma propriedade de alelos, tornando-se a âncora de um modelo geral de genética. Para Allchin (2000), a relação de

dominância entre alelos, como conhecemos hoje, é muito mais uma exceção do que uma regra, já que a herança de características é bastante complexa, envolvendo a interação de múltiplos alelos.

Além disso, Mendel não poderia ter utilizado o termo “genótipo” no seu trabalho porque naquela época não se diferenciava o que estava no interior dos gametas e a característica externa (MARTINS & BRITO, 2006; ALLCHIN, 2003; El-HANI,2014). A distinção entre genótipo e fenótipo só ocorreu no início do século XX com Wilhelm Johannsen (1857-1927). Outros termos atribuídos a Mendel, como alelo, foram posteriormente adicionados a suas ideias por William Baterson (1861-1926), alterando a simbologia mendeliana (MARTINS, 2002; El-HANI, 2014).

Outra questão que é importante salientar, é que no entendimento de Mendel, os elementos A e a não foram emparelhados e não foram segregados nos homozigotos, mas foram pareados e segregados em heterozigotos, daí sua descrição de homozigotos como A e a, e não AA e AA, como hoje costumam ser apresentados nos livros didáticos e aulas (FAIRBANKS & RYTTING, 2001). Nenhum dos resultados de Mendel poderia tê-lo levado a concluir de outro modo; ele observou segregação somente em proles de heterozigotos. Apenas no século XX foi elaborada a explicação de que os genes estão localizados nos cromossomos, e que o emparelhamento e segregação de alelos ocorre igualmente entre homozigotos e heterozigotos. Mendel não poderia saber isso. Contudo sua explicação sobre o emparelhamento e segregação na prole de heterozigotos está de acordo com as teorias atuais e ele certamente merece crédito para o projeto experimental, de observação e percepção que o levou com esta interpretação (WESTERLUND & FAIRBANKS, 2004).

Em relação à ideia de que Mendel teria sido o primeiro a elaborar uma teoria para explicar a hereditariedade, Brandão e Ferreira (2009) afirmam que a investigação de Mendel não representa grande novidade para a época, já que ele utilizou o mesmo procedimento experimental que os hibridizadores e obteve resultados semelhantes a outros pesquisadores da época (FIORIN *et al.* 2011; LORENZANO, 1998). Era um típico artigo do seu tempo. Além disso, havia um grande número de pesquisadores que estavam interessados no estudo da hereditariedade, na mesma época de Mendel (KAMPOURAKIS, 2013). Entre eles podemos citar Charles Darwin (POLIZELLO, 2008; FERRARI & SCHEID, 2008), Herbert Spencer (KAMPOURAKIS, 2013), Francis Galton (POLIZELLO, 2008) e Carl von Nageli (KAMPOURAKIS, 2013).

Em 1900, Hugo de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak publicaram seus resultados em hibridização de plantas, que estavam de acordo com aqueles obtidos por Mendel (KAMPOURAKIS, 2013). De Vries mencionou Mendel no seu artigo alemão, dando-lhe o crédito sobre a descoberta da proporção 3:1. Correns, aluno de Nageli, foi o primeiro a citar Mendel. Como de Vries não havia citado Mendel no seu artigo francês, Correns acreditando

que Hugo de Vries estava querendo tomar os créditos da descoberta para si, escreve um artigo destacando a importância dos experimentos de Mendel para o estudo da hereditariedade. Neste mesmo artigo, Correns define as informações apresentadas como as “Leis de Mendel”. Assim, devido a essa disputa, o artigo de Mendel torna-se famoso como resultado de uma disputa de prioridade entre dois pesquisadores. Mendel, então, teria sido promovido como o verdadeiro fundador do estudo da hereditariedade, de modo que nem de Vries nem Correns poderiam ganhar esse crédito (KAMPOURAKIS, 2013; RHEINBERGER, 2013; SMITH & GERICKE, 2013; PETERSON & KAMPOURAKIS, 2013).

Mendel não apresentou um mecanismo de hereditariedade em 1866, mas, elaborou um design de experimentos que permitiu realizar um trabalho bem planejado e executado (FIORIN,2013; KAMPOURAKIS, 2013; El-HANI, 2014). Mendel concentrou-se na análise de uma característica por vez, possibilitando-o mostrar que os híbridos da primeira geração não eram intermediários entre os pais, além de ter prestado atenção às proporções encontradas e trabalhado nelas, dando um tratamento estatístico, um avanço importante para a época (BRANDÃO & FERREIRA, 2009). Mendel não descobriu as leis que lhe são atribuídas, mas foi capaz de observar as consequências dos experimentos graças ao excelente procedimento experimental (KAMPOURAKIS, 2013).

Os trabalhos de Mendel tiveram um impacto maior apenas em 1900, porque o contexto era outro e as pesquisas na área da hereditariedade e da citologia estavam mais avançadas do que na época em que seu artigo foi publicado (FIORIN, 2013; El-HANI, 2014). E mesmo após a sua maior difusão, muitos pesquisadores tentaram refutar suas ideias, incluindo alguns de seus defensores na época da “redescoberta” (DROUIN, 1989; SANDLER, 2000; FAIRBANKS & RYTING, 2001). Ainda hoje seus trabalhos são discutidos, na tentativa de compreender e interpretar seus experimentos (SANDLER, 2000).

V.2. A Hipótese da Pangênese de Charles Darwin

Charles Darwin (1809- 1882) ficou conhecido pela elaboração da Teoria da Seleção Natural para explicar a evolução das espécies, apresentada em seu livro “A Origem das Espécies” em 1859[1].

A publicação de A Origem das Espécies (DARWIN, 1859) colocou o estudo da hereditariedade no centro do pensamento biológico, pois faltava à Teoria da Seleção Natural, uma teoria complementar sobre a hereditariedade, o que explicaria a origem e herança de variações. Charles Darwin elaborou então a chamada “Hipótese da Pangênese”, uma tentativa de explicar a herança de características compatível com a sua teoria evolutiva

[1] Para maiores informações sobre a vida de Darwin consultar DARWIN (2000; 2008ª; 2008b); ALMEIDA & FALCÃO (2005);CARMO & MARTINS (2006);TAYLOR (2009); BROWNE (2011).

(KAMPOURAKIS & McCOMAS, 2010; KAMPOURAKIS, 2013).

Uma teoria evolutiva como aquela apresentada por Darwin, necessariamente, demanda um sistema capaz de explicar o caráter conservativo da herança biológica e a origem da inovação evolutiva (BIZZO, 2008). Existia uma demanda por uma teoria da herança que não estivesse dissociada das perspectivas evolutivas que apareciam como a grande novidade do período, ressaltando o entrelaçamento obrigatório entre as ideias de herança e evolução no contexto científico de meados do século XIX. A comunidade científica carecia de uma teoria que pudesse incorporar as novas demandas trazidas pelas novidades da teoria evolutiva (KAMPOURAKIS & McCOMAS, 2010; KAMPOURAKIS, 2013).

A teoria da seleção natural pressupõe a existência de uma quantidade significativa de variação. Darwin reconheceu dois grandes problemas que se resolvidos poderiam fazer sua teoria evolutiva mais forte: a fonte das novas variações e a explicação para os mecanismos de herança (McCOMAS, 2012a; 2012b).

Darwin dedicou três capítulos em “A Origem das Espécies” para debater sobre a variação (Darwin 1859), discutindo a questão da herança nestes capítulos. Ele estava certo de que a variação existia na natureza, mas não foi capaz de fornecer uma explicação para a origem dessa variação (BIZZO, 2008; KAMPOURAKIS & McCOMAS, 2010). Darwin afirma desconhecer as leis da hereditariedade logo no primeiro capítulo de “A Origem das Espécies”, como vemos a seguir:

> *“As leis que governam a hereditariedade são na maior parte desconhecidas. Ninguém pode dizer por que a mesma peculiaridade em diferentes indivíduos da mesma ou de espécies distintas é hereditária e outras não; por que o filho volta a ter certos caracteres de seu avô ou avó ou ancestral mais remoto; por que uma peculiaridade é transmitida de um sexo para ambos, ou apenas para um sexo, mais comumente, mas não exclusivamente ao mesmos sexo”* (DARWIN, 1859).

Darwin sabia que a falta de um mecanismo da hereditariedade era prejudicial a sua Teoria da Seleção Natural. Assim, ele propôs sua "hipótese provisória de Pangênese”, no livro “*The Variations of animals and plants under domestication”*, em 1868. Esse livro, lançado em dois volumes, correspondia, segundo Darwin a uma expansão dos capítulos de A Origem das Espécies que falavam sobre a variação A hipótese da Pangênese é apresentada no capítulo 27 do segundo volume do livro (WINTHER, 2000; McCOMAS, 2012b; HOLTERHOFF, 2014).

De acordo com a hipótese da pangênese, todas as unidades do corpo produzem “gêmulas”, partículas minúsculas provenientes de todas as partes do corpo, que circulavam pelo corpo e se reuniriam nos órgãos genitais, no momento da formação dos gametas, sendo transmitidas às gerações seguintes. É interessante notar que Darwin não fazia distinção entre células somáticas e reprodutivas, algo aceitável na época, uma vez que a Teoria Celular ainda não havia sido estabelecida (DARWIN, 1868; CASTAÑEDA, 1994; FERRARI & SCHEID 2008; McCOMAS, 2012b).

Essa ideia de que todas as partes do corpo contribuem para a formação de um novo ser não foi uma novidade. Ela já existia desde a Antiguidade. O termo pangênese, utilizado por Darwin, foi citado pela primeira vez por Hipócrates, há cerca de 400 anos a.C. (DARWIN, 1868; CASTAÑEDA, 2002; LUI, 2008).

Charles Darwin não conferiu a pangênese o status de teoria, mas considerou uma hipótese provisória, como podemos ver no trecho a seguir:

> *"Uma hipótese meramente provisória ou especulação, mas até alcançar outra melhor, ela servirá para reunir muitos fatos que no presente não estão conectados por nenhuma causa eficiente (...) Eu me aventuro a avançar na hipótese da Pangênese que implica que cada parte separada de toda a organização se reproduz sozinha"* (DARWIN, 1868).

A hipótese da pangênese baseia-se nas seguintes premissas (DARWIN, 1868: CASTAÑEDA, 1994):

- Todas as unidades do corpo tem o poder de crescimento por auto divisão**:**

> *"É universalmente admitido que as células ou unidades do corpo aumentam por auto divisão ou proliferação, retendo a mesma natureza, e essas unidades posteriormente se convertem em vários tecidos e substâncias do corpo" (*DARWIN, 1868).

- Todas as unidades do corpo produzem grânulos:

> *"Eu assumo que as unidades expelem grânulos que são dispersos através do sistema quando suplementados por nutriente próprio, multiplicam-se por auto divisão e são posteriormente desenvolvidos dentro das unidades como aquela de que originalmente derivaram, Esses grânulos podem ser chamados de gêmula."* (DARWIN, 1868).

- As gêmulas crescem, multiplicam-se e agregam-se;
- As gêmulas de todas as partes do sistema reúnem-se e constituem os elementos sexuais, que quando se unirem formarão um novo ser;
- Nem todas as gêmulas presentes nos elementos sexuais que formam o novo ser vão se manifestar no mesmo; elas podem ficar em estado dormente passando a outras gerações, nas quais poderão se desenvolver:"*As gêmulas são geralmente transmitidas em um estado dormente durante muitas gerações para então se desenvolverem.*" (DARWIN, 1868).
- As gêmulas para se desenvolver devem se unir a células não desenvolvidas ou parcialmente desenvolvidas que as precedem;
- Cada unidade expele gêmulas não só no estado adulto, mas também nos outros estágios de desenvolvimento do organismo (mas não continuamente);
- As gêmulas no estado dormente possuem afinidades mútuas e se agregam nos brotos ou nos elementos sexuais.

A hipótese da pangênese justifica a visão da natureza gradual das mudanças

evolutivas e da variação contínua de Darwin, ganhando importância ao responder as lacunas deixadas em A Origem das Espécies (BROWNE, 2011). Com a hipótese da pangênese, Darwin conseguia explicar fenômenos como a dormência, a herança dos caracteres adquiridos, reversão ou atavismo, etc. (LIU, 2008). A seguir veremos algumas explicações para os fenômenos citados acima, baseando-se na hipótese da pangênese:

- **Dormência** – gêmulas podem ficar dormentes até o momento adequado de manifestar a sua característica. Uma vez formada, a gêmula não muda sua identidade, mas pode mudar seu estado (dormente para ativa) (DARWIN, 1868, CASTAÑEDA, 1994);
- **Herança de Caracteres adquiridos**- as gêmulas poderiam se modificar se o organismo passasse por uma experiência ambiental que causasse alguma modificação na sua estrutura. No caso das mutilações, em organismos multicelulares como os humanos, estas não seriam transmitidas pela herança devido à presença de uma quantidade suficiente de gêmulas para gerar a estrutura mutilada na geração seguinte. A pangênese fornece uma explicação material e mecânica de como o ambiente induz a variação e como essa variação é herdada, oferecendo um mecanismo para explicar a herança de caracteres adquiridos, um dos pressupostos admitidos por sua teoria de evolução (DARWIN, 1868, CASTAÑEDA, 1994; LIU, 2008; McCOMAS, 2012b);
- **Reversão ou atavismo –** uma das grandes questões sobre a herança de características era o fenômeno chamado de atavismo ou reversão: características ausentes nos organismos parentais apareciam na prole. Muitas vezes essas características haviam sido herdadas por ancestrais remotos ou apareciam em gerações alternadas. De acordo com a hipótese da pangênese as gêmulas de ancestrais remotos poderiam permanecer dormentes por várias gerações, tornando-se ativas em algum momento, levando ao aparecimento de uma característica que não estava presente nos parentais ou ancestrais mais próximos, levando a uma reversão dessa característica. Através das gêmulas era possível explicar a reversão; as características intermediárias na primeira geração e o reaparecimento de características de ancestrais em uma segunda geração (DARWIN, 1868; POLIZELLO, 2008).

Darwin considerava que a variação era resultado da ação de mudanças ambientais durante sucessivas gerações. Mais especificamente, a variação poderia ser gerada tanto porque os órgãos reprodutivos poderiam ser tão afetados pelas mudanças ambientais que as gêmulas vindas de toda parte do corpo para a formação dos gametas acabariam se agregando de forma irregular, quanto porque certas partes do corpo sendo afetadas diretamente por mudanças ambientais, dariam origem a gêmulas modificadas, o que acarretaria na origem de uma estrutura modificada na prole. Através deste último mecanismo, Darwin propôs que a

herança de caracteres adquiridos era possível (DARWIN, 1868; WINTHER, 2000).

Darwin aceitava a ideia de herança por mistura, que implicava em diminuição da variabilidade ao longo das gerações e recorreu à ideia de herança dos caracteres adquiridos e à hipótese da pangênese para explicar a origem das variações. Por exemplo, de acordo com suas ideias, a diferença entre irmãos da mesma família ou de sementes em uma mesma cápsula podem ser explicadas em parte pela desigual mistura de caracteres (herança de mistura) e em parte pela reversão (FERRARI & SCHEID, 2008).

A recepção a esta hipótese da pangênese entre a comunidade científica foi variada: embora tenha inspirado o trabalho de cientistas como De Vries, Nageli, Spencer e Galton (primo de Darwin), ocorreram muitas críticas por parte dos leitores (KAMPOURAKIS, 2013; HOLTERHOFF, 2014). Uma das críticas mais fortes de seu trabalho veio do seu primo Francis Galton. Darwin não realizou experimentos para comprovar sua hipótese, mas se utilizou de várias evidências e dados observados e coletados para argumentar a favor da mesma. Francis Galton considerou a pangênese uma hipótese promissora para explicar as leis da hereditariedade, mas acreditava que deveria ser testada (CASTAÑEDA 2002).

Galton assumiu que as gêmulas circulariam pelo corpo, pois Darwin havia afirmado que as unidades lançariam grânulos que seriam dispersos por todo o sistema. Pensou que se as gêmulas pudessem se espalhar pelo corpo e circular livremente, então, através de uma transfusão de sangue, elas poderiam passar de um indivíduo para o outro. Para testar a transmissão das gêmulas, Galton realizou um experimento usando coelhos de variedades que ele considerou puras, da raça *silvergrey*. Realizou várias transfusões de sangue entre as variedades com diferentes colorações de pelo (comum e *silvergrey*). Ao cruzar esses animais, se em seus descendentes surgissem sinais de mistura entre suas características, a hipótese de que as gêmulas circulavam pelo sangue seria procedente (GALTON, 1871; CASTAÑEDA 2002; POLIZELLO, 2008).

Porém Galton não obteve os resultados esperados, já que nenhum dos coelhos resultantes dos cruzamentos apresentou alteração de raça. Galton concluiu que as gêmulas não estavam sempre presentes no sangue, o que trazia problemas para a hipótese de Darwin, e publicou os seus resultados no periódico *Proceedings of the Royal Society* (GALTON, 1871).

Darwin reagiu às críticas à sua hipótese e respondeu a Galton na revista *Nature* explicando que não havia mencionado que as gêmulas circulavam pelo sangue, mas sim por fluidos, embora não tenha negado a presença de gêmulas no sangue. Argumentou também que as gêmulas poderiam ser transportadas através da membrana celular (DARWIN, 1871; CASTAÑEDA, 2002). Galton desculpou-se na edição seguinte da revista, afirmando que havia se equivocado na interpretação da frase de Darwin "circulam livremente", entendendo que havia a ideia implícita de que o sangue estaria envolvido neste processo. Não há evidências de que outros pesquisadores tentaram determinar a veracidade da hipótese da pangênese após

este episódio (McCOMAS, 2012b).

Bizzo e El-Hani (2009b) afirmam há uma crença de que se Darwin houvesse conhecido o trabalho de Mendel, teria conseguido preencher as lacunas de sua teoria. No entanto, os autores argumentam que essa ideia é equivocada já que Darwin trabalhava com uma ideia de herança sob uma perspectiva evolutiva, diferente daquela abordada por Mendel (BIZZO & El-HANI, 2009a). Os autores defendem que mesmo que este contato ocorresse, Darwin não mudaria sua visão de hereditariedade. Além disso, os seguidores das ideias de Darwin, trabalhavam com várias questões que não haviam sido respondidas, como aquelas que dizem respeito à transmissão das características biológicas e o surgimento de novas características e o trabalho de Mendel, não possuía dados que poderiam auxiliar na resposta da segunda questão, mas apenas servir de base para busca de explicações sobre a herança de características ao longo das gerações (BIZZO & El- HANI,2009a; 2009b).

V.3. Hereditariedade e Natureza da Ciência

Após a apresentação das ideias sobre hereditariedade utilizadas na pesquisa sobre a perspectiva dos três eixos, alguns elementos a respeito da NdC se destacam e como proposto na introdução, serão discutidos em sala de aula com os alunos, ao longo desta pesquisa.

- **A ciência como um empreendimento coletivo**- é importante apresentar a ciência como uma produção social, fruto do trabalho coletivo e cooperativo e do intercâmbio de informações, e não fruto de gênios isolados;
- **A articulação entre o contexto sociocultural e a produção do conhecimento científico -** é importante a construção de uma imagem da ciência que considere os fatores sociais, culturais, políticos e econômicos que permeiam a construção do conhecimento, apresentando os problemas que lhe deram origem, as dificuldades encontradas e os questionamentos decorrentes da apresentação e elaboração dos mesmos;
- **Os modos de fazer ciência** – o ensino de ciências e biologia tem como uma de suas características mais fortes a visão empírica e rígida, muito ligada à ideia do método científico, como um método correto de fazer ciência. Como discutido no marco teórico, a ciência tem seus próprios modos e mecanismos de validação interna do seu conhecimento, mas é consenso que não existe apenas um método para a construção deste tipo de conhecimento.

É evidente que outras questões de NdC estão presentes no recorte histórico realizado, mas optamos por estas que parecem se adequar aos objetivos da pesquisa e ao público-alvo.

VI. Descrição das atividades da pesquisa e resultados

Pelas características da pesquisa-ação, optamos por organizar esta dissertação de modo um pouco diferente do habitual. Decidimos apresentar uma narrativa das etapas da pesquisa (ação) divididas em módulos e descrever os resultados obtidos em cada etapa. Estes módulos foram estabelecidos ao longo da pesquisa de acordo com os objetivos epistemológicos de cada um deles. Procuramos assim apresentar de forma mais clara a dinâmica da nossa pesquisa-ação.

Na próxima seção descreveremos o ambiente da pesquisa, apresentando alguns itens importantes para a compreensão do contexto onde o trabalho foi realizado: a unidade escolar onde a pesquisa foi realizada, o currículo de ciências referente ao 8º ano do ensino fundamental, as turmas analisadas na pesquisa e a trajetória da professora pesquisadora.

VI.1. O ambiente da pesquisa

VI.1.1. Unidade Escolar

A pesquisa foi em uma escola da rede pública de ensino (Estadual) do Rio de Janeiro, localizada em um município da Baixada Fluminense. A escola abriga apenas turmas de ensino fundamental, e possui pequeno porte, com apenas cinco turmas por turno, em dois turnos apenas. No turno da manhã estudam três turmas de oitavo ano e duas turmas de nono ano e na parte da tarde, são duas turmas de sexto ano e três turmas de sétimo ano. A escola é uma das unidades escolares públicas mais antigas do bairro.

A escola possui um espaço físico limitado, não possui quadra esportiva e as salas não são climatizadas. Existe apenas um aparelho de projeção de slides (data show). Há uma sala de informática, que não pode ser utilizada pelos alunos, porque os computadores não estão em funcionamento, além disso, não há acesso à internet na escola, nem para os próprios professores.

A equipe de ciências é formada por três professoras, sendo a professora pesquisadora, a regente que leciona há mais tempo na unidade escolar, desde 2009. O corpo docente, de um modo geral, é bastante heterogêneo, com um número grande de professores jovens, recém-formados, que ingressaram há pouco tempo na rede pública e professores mais experientes, alguns, inclusive perto da aposentadoria. Grande parte dos professores possui formação no nível de pós-graduação (a maioria *lato-sensu*).

A professora pesquisadora foi aluna desta escola, tendo realizado toda a sua formação no Ensino Fundamental na unidade, tendo hoje como colegas de trabalho, alguns de seus professores daquela época.

VI.1.2. As turmas

Como já dito anteriormente a escola abriga três turmas de oitavo ano do ensino fundamental. As turmas possuem como professora regente de ciências, a professora pesquisadora. As três turmas apresentam menos de 30 alunos cada uma, fugindo dos padrões das demais unidades estaduais, que chegam a ter quase 50 alunos por turma.

Das três turmas, duas foram escolhidas para ter suas aulas acompanhadas e analisadas: serão identificadas aqui como turmas A e B. Escolher duas turmas das três permitiu que os dados pudessem ser analisados de forma mais pormenorizada, seguindo os critérios da investigação qualitativa. A terceira turma foi excluída para análise porque seus alunos apresentavam problemas de frequência, o que dificultou as atividades em grupos realizadas durante a pesquisa.

As turmas de ensino fundamental têm quatro tempos semanais de 50 minutos de aula de ciências. Nas turmas A e B estes quatro tempos estão distribuídos em dois tempos, duas vezes na semana, o que permitiu um aproveitamento maior de tempo durante as atividades realizadas. Passaremos agora a caracterização de cada turma:

A turma A é composta por 27 alunos, sendo 16 meninas e 11 meninos. A média de idade da turma é de 14 anos, tendo 5 alunos repetentes e 4 alunos novos (vindos de outras escolas públicas da região), não havendo uma defasagem idade-série muito grande. A maior parte da turma estuda na escola desde o sexto ano e a maioria foi aluno da professora/pesquisadora no ano anterior (sétimo ano). A grande parte da turma apresenta dificuldades de leitura e escrita, um dos muitos obstáculos que se apresentaram na realização das atividades de pesquisa. No entanto, esta turma tem uma característica que nos chama a atenção: muitos alunos, a maioria meninas, possuem o hábito da leitura, sendo frequentadores assíduos da pequena biblioteca que temos na escola. A turma A é participativa, quando solicitada. A maioria dos alunos se interessa quando são propostas atividades diferentes da sua rotina. Possui uma boa dinâmica em sala de aula e apesar de ter um pequeno grupo de alunos que não demonstra muito interesse pelas atividades, não apresenta problemas de comportamento. Embora a turma apresente bom relacionamento entre os alunos, existem grupos bem definidos e isso fica claro na disposição dos alunos na sala de aula.

A turma B possuiu 26 alunos, sendo 14 meninas e 12 meninos. Assim como na turma A, a média de idade dos alunos é de 14 anos, apenas 1 aluno tem 16 anos, não havendo uma defasagem idade-série muito grande. A turma não apresenta alunos repetentes e 5 alunos são novos (vindos de outras escolas públicas e privadas da região). Também como na turma A, grande parte da turma estuda na escola desde o sexto ano e foi aluno da professora/pesquisadora no sétimo ano. A grande parte da turma também apresenta dificuldades de leitura e escrita. Esta turma também possui o hábito da leitura, embora em um

número menor de alunos que na turma A. Nesta turma temos um grupo de alunos bastante participativos em atividades da escola, participando de eventos fora do espaço escolar, do clube de debate realizado pelo professor de História (o grupo de debate é aberto a todos os alunos). A turma de um modo geral é bastante participativa e se apresenta mais agitada que a turma A. Os alunos trazem muitas contribuições ao longo das aulas, se sentido a vontade para explanar suas dúvidas e opiniões ao longo das atividades, trazendo questionamentos muitas vezes desafiadores. Assim como na turma A, existe um grupo que não demonstra interesse nas aulas, mas na maioria das vezes não há problemas de comportamento. Os alunos não se apresentam divididos em grupos como na turma A, apresentando uma interação maior entre si durante as aulas.

VI.1.3 O Currículo de Ciências do Oitavo Ano

O currículo do proposto para a disciplina de ciências para os anos finais do ensino fundamental apresenta a estrutura conceitual e a linguagem científica das Ciências Naturais. Assim, no oitavo ano do ensino fundamental os alunos são apresentados aos conteúdos relacionados ao corpo humano.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), os objetivos de Ciências Naturais no ensino fundamental visam permitir que o aluno desenvolva competências, tornando-se capaz de compreender o mundo e atuar como indivíduo e como cidadão, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica. Uma das competências a ser desenvolvidas seria a de compreender a ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural (BRASIL, 1998). Deste modo, entendemos como válido realizar nossa abordagem que visa discutir a NdC no ensino fundamental.

As escolas da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro adotam o chamado Currículo Mínimo, documento elaborado a partir dos documentos de orientação do MEC (LDB, DCN, PCN), fornecendo uma diretriz para a abordagem dos temas no segundo segmento do ensino fundamental.

De acordo com o documento oficial (SEEDUC, 2012), entende-se como mínimo um conjunto seleto de conhecimentos considerados essenciais, que os alunos não podem deixar de aprender nesses segmentos do ensino formal por sua relevância para a compreensão das questões científicas, tecnológicas e humanas. Ao mesmo tempo por ser mínimo, possibilita ao professor fazer escolhas mais adequadas à diversidade cultural dos alunos e à realidade de cada escola, tendo espaço em seu plano de ensino para inserir os temas que considerar necessários para aprofundá-lo ou ampliá-lo. Segue abaixo a proposta de Currículo Mínimo de ciências para o oitavo ano do ensino fundamental:

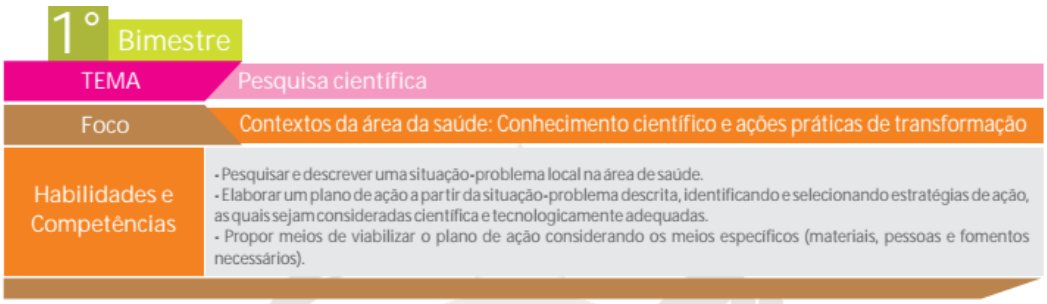


Figura VI.1. Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 1º bim.
Fonte: SEEDUC(2012).

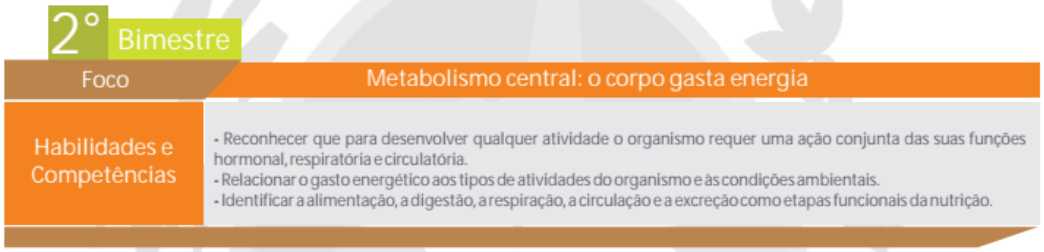


Figura VI.2. Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 2º bim.
Fonte: SEEDUC(2012).

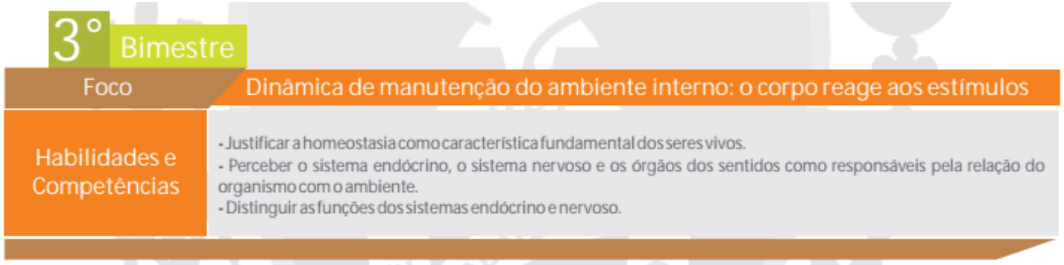


Figura VI.3.Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 3º bim.
Fonte: SEEDUC(2012).

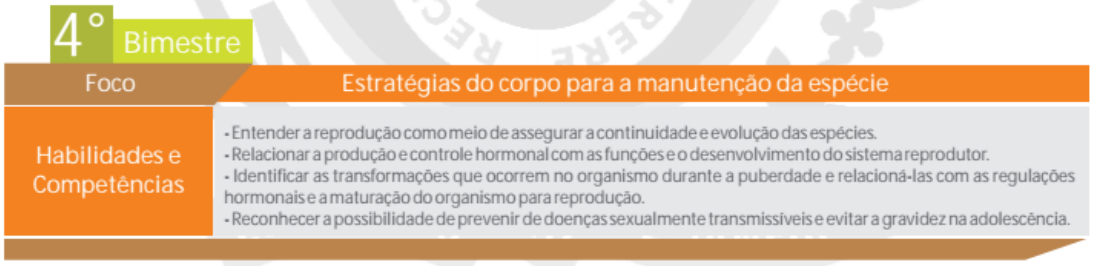


Figura VI.4. Currículo Mínimo de ciências do oitavo ano da SEEDUC/RJ – 4º bim.
Fonte: SEEDUC(2012).

Assim, a partir das escolhas que o Currículo Mínimo nos permite fazer, optamos por trabalhar a temática da hereditariedade no início do primeiro bimestre letivo, quando, além dos conteúdos obrigatórios do Currículo Mínimo, é estudada a estrutura celular do corpo humano e seus componentes celulares, bem como os fenômenos de mitose e meiose e a molécula de DNA. O estudo sobre a herança de características costuma ser retomado no quarto bimestre quando as questões sobre a reprodução humana são tratadas.

VI.1.4. A professora pesquisadora

Nesta seção, será descrito a professora regente que também é a condutora da pesquisa. Sendo uma das agentes na ação pesquisada, e, também, aquela que escreve esta dissertação, tentarei realizar a difícil tarefa de manter numa posição de distanciamento para a observação da minha trajetória pessoal e da minha prática.

A docente envolvida na ação é do gênero feminino, sendo formada no curso de licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) desde 2008, ingressando na carreira de magistério no ano de 2009. Antes disso, porém havia trabalhado como professora voluntária do Pré-Vestibular para Negros e Carentes - Núcleo Castro Alves (onde foi aluna por dois anos) localizado no bairro onde reside. Durante a graduação, no ano de 2008, foi monitora das disciplinas Didática Especial das Ciências Biológicas I e II, participando da elaboração das atividades didáticas da disciplina acompanhando e auxiliando a professora e os estudantes em suas atividades e integrando a equipe do Projeto Fundão Biologia, tendo contato pela primeira vez com a questão da pesquisa no ensino de ciências e a importância da reflexão sobre a prática docente.

Em 2009, assumiu a primeira matrícula na Rede Estadual de ensino, tendo como lotação a escola onde a pesquisa foi realizada. Neste ano e no seguinte (2009/2010) atuou como professora substituta de Biologia das turmas do 1º ano do ensino médio do Colégio de Aplicação da UFRJ (CAp – UFRJ). Neste período, participou da orientação de estagiários do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que visa à formação inicial desses estagiários, através da orientação na produção de materiais didáticos e elaboração de atividades realizadas. Uma experiência, que proporcionou mais uma vez o contato com a pesquisa em ensino de ciências e a oportunidade de refletir sobre sua pratica constantemente.

Como já dito anteriormente, a docente leciona na unidade escolar onde a pesquisa foi realizada desde 2009. A escola localiza-se no bairro onde a professora reside e a mesma foi aluna da escola durante todo o ensino fundamental. A professora em questão acredita no espaço escolar como uma oportunidade de fornecer aos alunos o contato com diferentes modos de pensar e visões de mundo, sem a pretensão de mudar a vida dos alunos, mas permitindo a eles acesso a informações que muitos só têm contato no espaço escolar, já que o bairro em questão não apresenta espaços para atividades culturais e de entretenimento.

No momento de desenvolvimento desta pesquisa (início do ano letivo de 2014), a docente possuía cinco anos de experiência em sala de aula, no ensino regular e apesar do interesse em história e filosofia da ciência, nunca havia utilizado uma abordagem histórico-filosófica em suas aulas. Este foi um grande desafio a ser enfrentado durante o

desenvolvimento desta pesquisa. Durante a graduação a professora regente não teve nenhum contato com a história e filosofia da ciência nas disciplinas cursadas. Sua formação nesta área inclui cursos de nível pós-graduação, onde estes aspectos foram discutidos com alguma frequência. Além disso, estar inserida em um grupo de pesquisas onde este tipo de abordagem é um dos temas de estudo, se apresentando um espaço para diálogos e trocas de experiências a respeito do tema, tornaram-se fundamentais para superar essas deficiências na sua formação inicial.

VI.2. Sequência Didática (SD)

Passaremos à apresentação da sequência didática aplicada durante a pesquisa. Serão relatadas as suas etapas de elaboração, aplicação e análise dos resultados. É importante lembrar que a elaboração da sequência didática ocorreu como fruto de um processo de pesquisa e discussão, a partir das observações realizadas em campo (sala de aula). A tabela abaixo apresenta o final deste processo, resultante das discussões e análises ocorridas durante a reunião no grupo de pesquisa.

A SD ocorreu durante cinco semanas, divididas em nove aulas de 50 ou 100 minutos. Cabe ressaltar que esse não é um quadro detalhado sobre cada aula, mas sim um pequeno panorama do que foi realizado.

Tabela VI.1. Visão geral da sequência didática (continua)

	Aulas	Tempo (min.)	Tema da aula	Eixo Científico	Eixo Cultural	Eixo Técnico
Módulo 1	**1**	100	Contexto Histórico – Século XIX – Europa	Teorias científicas: evolução, atômica, eletromagnetismo.	Movimentos artísticos, Revolução Industrial, Urbanização, Fotografia	Urbanização, Aprimoramento de técnicas, União entre ensino e pesquisa.
	2	100	Contexto Histórico – Século XIX – Brasil	Expedições Científicas, Criação de institutos de pesquisa	Vinda da família real para o Brasil, Independência na America	Pintores e navios nas Expedições Científicas e Missões

Tabela VI.1.Visão geral da sequência didática (conclusão)

					latina, Missões Artísticas.	Artísticas, Ausência de industrias
Módulo 2	**3**	100	Herança de Características: experimentos com *Pisum sativum*- Gregor Mendel	Hibridismo, Experimentos com ervilhas,	Revolução Industrial; Sociedades Científicas; Intercambio entre Mendel e outros pesquisadores	Estufas; Técnicas para cultivo de plantas; Cursos realizados por Mendel
	4	100	Herança de Características: experimentos com *Pisum sativum*	Hibridismo, Experimentos com ervilhas e outras plantas, Resultados dos experimentos com *Pisum sativum* Hereditariedade	Sociedades Científicas; Publicação do trabalho de Mendel sobre *Pisum sativum*	Elaboração dos experimentos com *Pisum sativum.*
	5	100	Atividade sobre o módulo 2: Experimentos com *Pisum sativum*			
Módulo 3	**6**	100	Herança de Características: Pangênese- Charles Darwin	Expedições Científicas, Teoria da Evolução, Hereditariedade, Hipótese da Pangênese.	Viagem no Beagle, Visita ao Brasil, escravidão, pintores naturalistas na expedição. Intercambio com outros pesquisadores	Coleta e análise dos dados da viagem no Beagle;
	7	100	Herança de Características: Pangênese	Teorias sobre a herança de características, Hipótese da Pangênese.	Debate sobre a Teoria da Evolução, Intercâmbio com outros pesquisadores	Experimentos de Galton.
	8	100	Atividade sobre o módulo 3: A hipótese da Pangênese			
	9	100	Atividade de construção de Histórias em Quadrinho sobre as ideias de herança de características do século XIX.			

A divisão apresentada na tabela segue a abordagem dos três eixos, estratégia utilizada para a elaboração da SD. Embora os conteúdos abordados em sala estejam organizados na tabela divididos em três eixos, não houve uma separação tão clara na abordagem dos assuntos durante as aulas. É interessante notar que muitos assuntos abordados durante a SD transitam de um eixo para o outro. Por exemplo, a questão das sociedades científicas pode estar presente tanto no eixo científico, quanto no cultural, já se referia tanto ao processo de construção dos conhecimentos científicos, quanto à questão da cultura que envolvia o fazer ciência no século XIX. Assim, como explicado no nosso marco teórico, não devemos entender que esta divisão em três eixos seja algo rígido, mas apenas uma estratégia para tentar articular o contexto sócio-histórico-cultural com as técnicas e modelos científicos estudados (GUERRA *et al.,* 2013).

VI.3. Fase Exploratória

Retomando o esquema apresentado por Moura (2014), onde encontramos as etapas que devem ser seguidas durante a pesquisa-ação, temos a fase exploratória, objeto de análise deste item, como a primeira etapa da pesquisa.

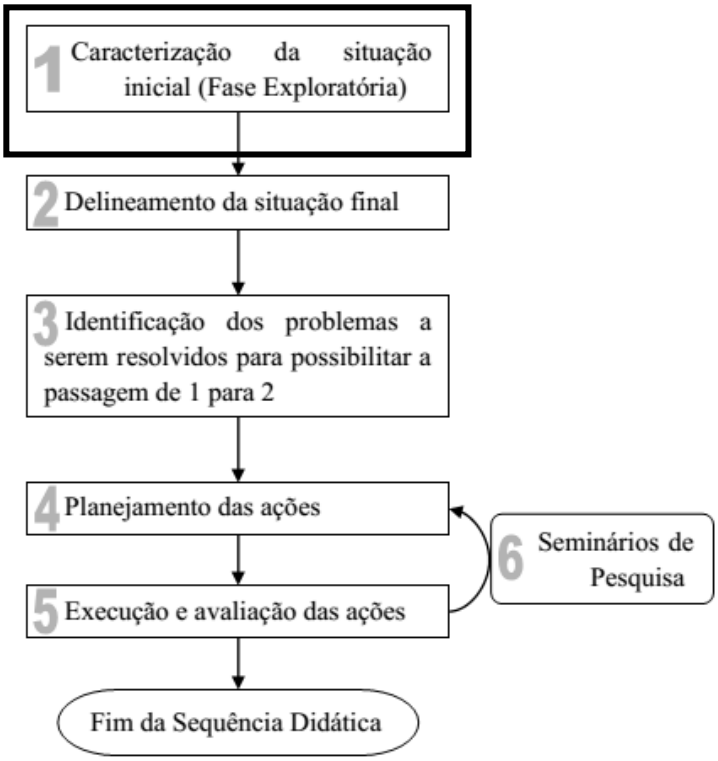


Figura VI.5. Etapas da Pesquisa-ação – Fase Exploratória
Fonte: Moura (2014).

Concepções sobre Ciência/ Produção do Conhecimento Científico

A primeira atividade referente à fase exploratória foi realizada na primeira semana de aulas do ano letivo, consistindo em uma sondagem com os alunos a respeito de suas concepções a respeito da ciência e da produção do conhecimento científico. Nosso objetivo era procurar identificar elementos sobre este tema que poderiam ser problematizados durante a elaboração e aplicação da SD.

No primeiro dia de aula do ano letivo, após as apresentações iniciais da professora, da turma e da disciplina, foi entregue aos alunos um questionário (Apêndice 1) com 3 perguntas abertas a respeito da Ciência/Produção do conhecimento Científico:

- *"Como você acha que este tipo de conhecimento presente nos livros didáticos e nas aulas de ciências é produzido?"* – pretendíamos investigar qual era a visão que os alunos possuíam sobre a produção do conhecimento científico. Se havia alguma ideia de como este processo pode ocorrer e quem participa dele.

- *"A Biologia é uma ciência que estuda os seres vivos. Existem várias outras ciências como química, física, astronomia, geografia. Como você definiria o que significa ciência?"* – procuramos investigar qual era a visão que os alunos possuíam a respeito da ciência, bem como o tipo de ideias que estariam relacionadas a esse conceito, ao analisarmos as suas definições.

- *"No espaço abaixo, faça uma representação sobre quem você acha que produz a ciência? Este tipo de representação é livre: você pode desenhar, escrever um texto, um poema"* - nesta última questão, buscamos analisar a quem os alunos relacionam a produção do conhecimento científico e quais seriam suas concepções a respeito de quem faz a ciência. Como grande parte dos alunos, da escola em que o trabalho foi desenvolvido apresenta dificuldades em expressar suas ideias através da escrita, optamos por deixar esta última questão com a representação livre, ou seja, os alunos poderiam respondê-la escrevendo ou através de desenhos. Consideramos que a livre escolha por desenhos ou texto facilitaria comunicações, pois quem produz um desenho reconhece e utiliza linguagens visuais apreendidas socialmente (MANSIORINI, 2010).

Na aula seguinte, a professora dividiu os alunos em grupo e realizou uma discussão isolada com cada grupo sobre as respostas dadas, entrevistando os alunos, para esclarecer as dúvidas a respeito das respostas dos mesmos. Alguns alunos conseguem se expressar melhor oralmente, do que através da escrita e por isso utilizamos esta estratégia também. Essas atividades foram registradas em áudio. Além disso, a professora/pesquisadora fez observações

em seu diário de campo. Tanto os registros em áudio, quanto as anotações foram utilizadas para auxiliar a análise dos dados. Os resultados dessa atividade, que serão descritos a seguir, também podem ser encontrados em publicação dos autores apresentada no 2nd International Congress of Science Education (AMARAL & GUERRA, 2014).

A partir das respostas dos alunos foram elaboradas categorias para agrupar as respostas, utilizando a metodologia de análise textual discursiva de Moraes e Galiazzi (2011).

Análise dos Resultados da atividade de sondagem

Antes de iniciarmos a análise dos resultados, achamos interessante destacar que durante a aplicação da atividade de sondagem, os alunos apresentaram muitas dificuldades: a principal delas foi não entender o propósito da atividade. Para eles, era difícil conceber uma atividade em que não existia o conceito de “certo” ou “errado”, mas apenas a opinião deles a respeito do assunto. Além disso, muitos alunos apresentaram dificuldades em entender o enunciado das questões, e a professora sempre era solicitada para explicar com outras palavras o que deveria ser feito na atividade. Apesar dessas dificuldades, os alunos participaram de forma efetiva durante todas as etapas da sondagem, demonstrando bastante interesse sobre o conteúdo abordado.

Turma A

Foram recolhidos e analisados 25 questionários. As respostas da questão 1 foram agrupadas nas categorias abaixo:

Tabela VI.2. Categorias – Questão 1 – Turma A (continua)
Fonte: Dados da Pesquisa

“Como você acha que este tipo de conhecimento presente nos livros didáticos e nas aulas de ciências é produzido?”	
Categorias	Número de Respostas
Cientistas através de seus estudos	10
Estudos, Pesquisas e Descobertas	3
Professores e Cientistas	3
Professores	2

Tabela VI.2. Categorias – Questão 1 – Turma A (conclusão)
Fonte: Dados da Pesquisa

Pessoas que estudam bastante	2
Sem sentido	3
Em branco	2

A maior parte dos alunos da turma A (10) acredita que o cientista é aquele que produz o conhecimento que aparece no livro didático e chega até a escola. Quando questionados a respeito da sua resposta, surgiram explicações como esta:

"O cientista estuda e pesquisa o que ele considera importante, e aí coloca isso no livro didático." (Turma A - Aluna 1 – 15:50)

Três alunos não mencionaram cientistas como produtores do conhecimento, dizendo que este seria fruto de pesquisas e estudos, que levariam a descobertas importantes, que por isso estavam no livro didático. Para três alunos o cientista e o professor podem produzir conhecimento, mas não acreditam que os dois podem trabalhar juntos. Dois alunos citaram que são os professores que produzem o que está no livro didático, e quando questionados a respeito, esclareceram que não é o professor que "descobre" algo, mas apenas copia o que acha importante para o livro didático. E dois alunos responderam que são pessoas que estudam bastante que produzem o conhecimento, mas não mencionaram a palavra cientista durante suas explicações.

Na questão 2 "Como você definiria o que significa ciência?", temos o seguinte padrão de respostas:

Tabela VI.3. Categorias – Questão 2 – Turma A (continua)
Fonte: Dados da pesquisa

"Como você definiria o que significa ciência?"	
Categorias	Número de Respostas
Matéria da Escola	5
Estudo dos seres vivos	5
Estudo de alguma coisa	4
É um modo de realizar descobertas	4
É uma experiência/experimento	4

Tabela VI.3. Categorias – Questão 2 – Turma A (conclusão)
Fonte: Dados da pesquisa

É algo que nos ajuda	2
Em branco	1

A maioria dos estudantes associou a ideia de ciência apenas aos conteúdos relacionados à disciplina escolar ciências ou apenas à experimentação. A ideia de descoberta e da ciência como algo que traz apenas benefícios está presente nas respostas, como podemos analisar no trecho a seguir:

"Sem a ciência *nós não seríamos nada né? Não saberíamos nada, porque os cientistas descobrem coisas para a gente..."* Turma A- Aluna 2 (37:55)

A questão 3 referente a ideia dos alunos sobre quem produzia a ciência, tinha representação livre: era permitido desenhar ou escrever. Realizamos então a divisão entre as respostas que continham desenhos (6) e as respostas escritas, que foram categorizadas.

Em relação aos desenhos, cinco representavam o cientista como sendo do sexo masculino, trabalhando em um laboratório (representado pela vidraria e pelo microscópio) , de jaleco e sempre sozinho. Apenas uma aluna fez um desenho onde uma cientista mulher era representada, mas esta não estava em seu ambiente de trabalho, apenas de óculos. Quando questionada porque havia representado uma cientista, a aluna afirmou que porque achava que ela quase não via mulheres cientistas, que apenas cientistas homens pareciam ser "famosos" e fez referência a professora regente já que esta explicou aos alunos que a atividade estava inserida em um projeto de pesquisa.



Figura VI.6 – Desenho representando uma cientista – Questão 3 – Turma A
Fonte: Dados da Pesquisa



Figura VI.7 Desenho do aluno representando um cientista trabalhando – Questão 3 – Turma A
Fonte: Dados da Pesquisa

As respostas escritas se encontram categorizadas na tabela abaixo:

Tabela VI.4.Categorias – Questão 3 – Turma A
Fonte: Dados da Pesquisa

“Faça uma representação sobre quem você acha que produz a ciência? Este tipo de representação é livre: você pode desenhar escrever um texto, um poema”.	
Categorias	Número de Respostas
Cientistas	8
Não tem uma pessoa certa	3
A Natureza	2
Por nós mesmos	1
Sem sentido	3
Em branco	2

Para oito alunos, os cientistas são aqueles que produzem a ciência. Quando perguntados sobre como imaginavam os cientistas as respostas seguiram mais ou menos o

mesmo padrão:

"Uma pessoa de branco e óculos que trabalha olhando naquele negócio (microscópio) "Turma A – Aluna 3 (40:00).

"Os cientistas são meio malucos, eles pensam de um modo diferente da gente "Turma A – Aluna 4 (55:32).

Dois alunos acreditam que a ciência está na natureza e que qualquer pessoa poderia descobrir as informações que estão lá. Para três alunos não existe uma pessoa certa para fazer ciência, para eles qualquer pessoa que estude bastante pode descobrir algo importante. Esta foi a mesma justificativa do aluno que respondeu que nós mesmos produzimos ciência.

Turma B

Foram recolhidos e analisados 24 questionários. As respostas foram agrupadas nas categorias abaixo:

Tabela VI.5. Categorias – Questão 1 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa.

"Como você acha que este tipo de conhecimento presente nos livros didáticos e nas aulas de ciências é produzido?"	
Categorias	Número de Respostas
Cientistas	8
Estudos, Pesquisas e Descobertas	5
Autores e Cientistas	4
Sem sentido	3
Em branco	2
Pessoas que estudam bastante	2

Assim como na turma A, a maioria dos alunos da turma B (8) acredita que o cientista é aquele que produz o conhecimento científico. As pesquisas, de um modo geral, aparecem em segundo lugar como geradoras do conhecimento que chega a escola.

Quatro alunos afirmaram que os autores de livros e os cientistas são responsáveis pela produção do conhecimento científico, mas segundo alguns alunos:

"O cientista não escreve o livro, o cientista é o que sabe sobre a ciência *(...) aí ele passa esse conhecimento para o autor que vai escrever o livro"* (Turma B- Aluna 1 25:20)

É interessante notar que nesta turma, nenhum aluno mencionou o professor como alguém capaz de produzir o conhecimento científico. Quando questionados a respeito desta ausência, a maior parte dos alunos afirmou que o trabalho do professor não se parece com o de um cientista, já que ele não trabalha em um laboratório.

Na questão 2 "Como você definiria o que significa ciência?", temos o seguinte padrão de respostas:

Tabela VI.6 Categorias – Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa.

"Como você definiria o que significa ciência?"	
Categorias	Número de Respostas
Matéria da Escola	7
É uma experiência/experimento	4
Estudo de alguma coisa	3
É um modo de realizar descobertas	3
Estudo dos seres vivos	2
Estudo do Universo	1
É um tipo de pesquisa	1
Um conhecimento exato e racional sobre algo	1
Sem sentido	2

Assim como na turma A, a maioria da turma B associou a ideia de ciência aos conteúdos relacionados à disciplina escolar ciências e à experimentação. A ideia de descoberta e estudos também esteve bastante presente nas respostas.

Uma aluna respondeu que a ciência é um "conhecimento exato e racional sobre algo" e quando questionada a respeito de sua resposta, ela argumentou:

"Ciência é a experiência que o cientista faz ... Através das teorias, coisas que os cientistas acham, tipo 'Eu acho que isso funciona assim, então vou pesquisar, é a minha teoria

de que tal coisa é desse jeito ... Igual à teoria do Big Bang. Ninguém tem certeza, mas é uma teoria... Os cientistas ficam testando, testando, testando, até conseguir provar sua teoria... Não é assim: a gente acha e 'tá' certo, tem todo um projeto para poder provar que aquilo está certo"
Turma B – Aluna 2 (47:17)

Na questão 3, que possuía representação livre, um número maior de alunos na turma B utilizou desenhos para representar a sua resposta. Foram 10 desenhos: 7 apresentaram sempre cientistas como homens, de jaleco e óculos e trabalhando de forma solitária em seus laboratórios, 2 desenhos eram de lupas e 1 representava um sábio. Não houve representações de cientistas do sexo feminino nesta turma. Os alunos que desenharam a lupa afirmaram que era fizeram o desenho para representar algo que um cientista utiliza durante o seu trabalho. A aluna que desenhou o sábio, disse que a figura representava a inteligência dos cientistas.

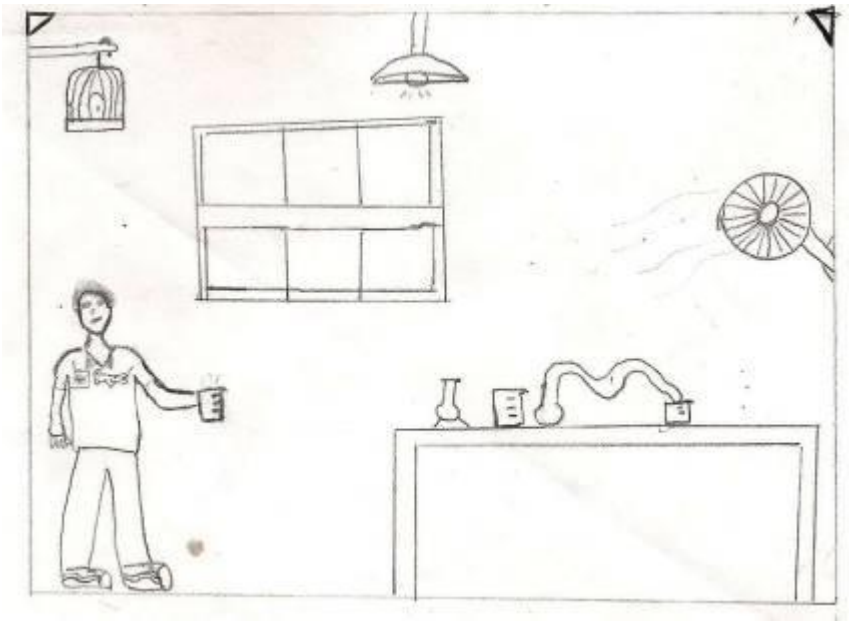


Figura VI.8. – Desenho do aluno representando um cientista – Questão 3 – Turma B
Fonte: Dados da Pesquisa.



Figura VI.9. Desenho da aluna representando um cientista como um sábio – Questão 3 – Turma B
Fonte: Dados da Pesquisa.

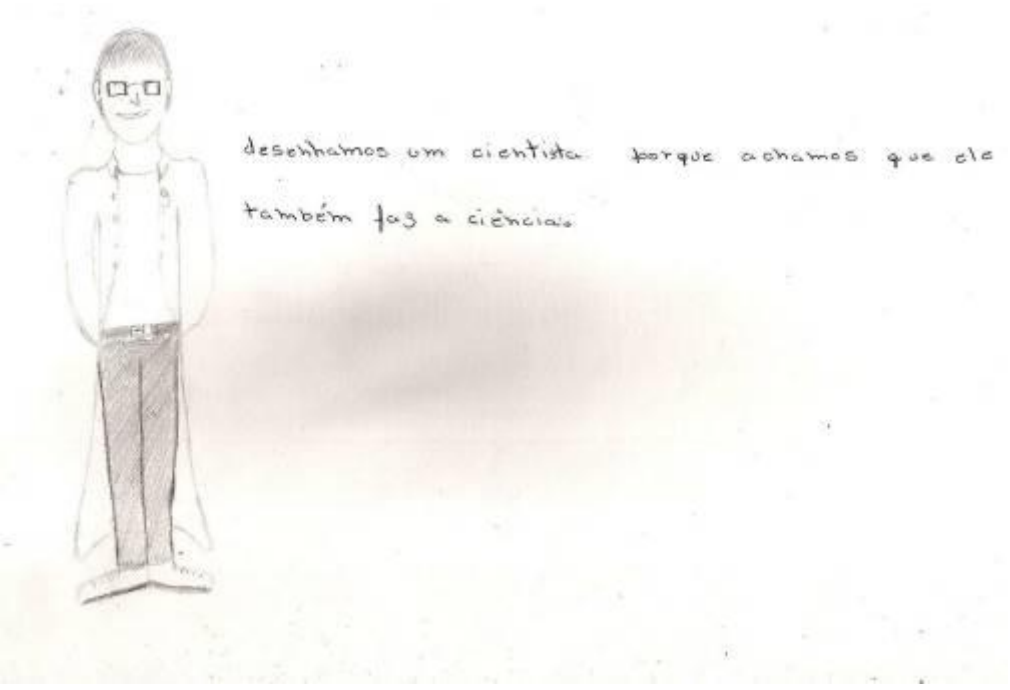


Figura VI.10. Desenho do aluno representando um cientista– Questão 3 – Turma B
Fonte: Dados da Pesquisa.

As respostas escritas se encontram categorizadas na tabela abaixo:

Tabela VI.7. Categorias – Questão 3 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa.

“Faça uma representação sobre quem você acha que produz a ciência? Este tipo de representação é livre: você pode desenhar escrever um texto, um poema”.	
Categorias	Número de Respostas
Cientistas	5
Pela curiosidade de descobrir algo	3
Pelos seres vivos	1
Sem sentido	3
Em branco	2

Cinco alunos afirmaram que os cientistas são aqueles que produzem a Ciência. Quando perguntados sobre como imaginam os cientistas, alguns alunos afirmaram que imaginavam alguém como Albert Einstein (citando inclusive a foto em que ele aparece com a língua de fora), ou ainda como alguém que trabalha em uma sala cheia de “coisas explodindo”. Apenas uma aluna respondeu que:

*“Eu vejo o cientista como uma pessoa normal, mas que tem vontade de saber, de descobrir “*Turma B – Aluna 4 (53:47)

Três alunos atribuem à curiosidade de descobrir algo como aquilo que leva a produção da ciência. O aluno que respondeu que os seres vivos produzem a ciência fez uma relação parecida com aqueles da turma A que responderam que as informações estavam na natureza. Este aluno citou como exemplo o caso dos fósseis, que são “produzidos pelos seres vivos e o cientista acaba encontrando”.

Nas duas turmas de um modo geral, os alunos apresentam uma visão da produção científica com a ideia de descoberta muito presente. Além disso, a maioria associa a ideia de ciência apenas aos conteúdos relacionados à Biologia ou apenas à experimentação. As representações em desenho ou através do texto escrito demonstram a ideia de que a Ciência é uma atividade solitária, masculina e isolada do seu contexto, sendo algo realizado por gênios.

Estes dados dialogam com a literatura da área. Faria *et al.* (2014) realizaram uma

atividade em que investigaram as ideias dos alunos sobre a atividade científica e encontraram como resultado que para os alunos a ciência é um instrumento para a sociedade resolver seus problemas e encontra-se desvinculada de um contexto sociocultural. Assim como na sondagem realizada nesta pesquisa, os alunos pareciam desconhecer que a ciência é uma atividade social. Faria *et al.* (2014) destacam, ainda, que os alunos apresentam uma visão chamada pelos autores de "tradicional" da atividade científica, ou seja, uma atividade exclusivamente experimental, que ocorre no laboratório. Interessante destacar que esses dados específicos dialogam com os obtidos nesta sondagem. Os autores afirmam ainda que estas visões estereotipadas da ciência e dos cientistas teria sua origem nos meios de comunicação e nas aulas de ciências, havendo a necessidade de confrontar e discutir essas imagens estereotipadas ao longo das aulas, a fim de aprofundar a compreensão dos alunos sobre a NdC (FARIA *et al*., 2014).

Cabe ressaltar que o objetivo da sondagem não é apontar se as concepções estão erradas ou corretas, mas sim termos a possibilidade de reunir dados a respeito das turmas que nos auxiliem a elaborar a sequência didática de modo a discutir algumas destas concepções mais frequentes. Algumas delas dialogam com os aspectos de NdC que foram destacados no capítulo anterior e que nos propomos a abordar.

Concepções sobre a herança de características

A segunda atividade da fase exploratória diz respeito à investigação sobre as concepções dos alunos a respeito da herança de características. Foram realizadas duas atividades com este objetivo, descritas a seguir.

Na primeira aula apresentou-se, através de um pequeno texto que os alunos leram em sala de aula, o estudo de caso sobre o ligre, um animal hibrido, originado do cruzamento de um leão com uma tigresa. Após a leitura do texto (Apêndice 2) a professora discutiu aquelas ideias a partir da apresentação de slides (Apêndice 9), com fotos e vídeos do mesmo. Esse material visava apresentar o conceito de um organismo híbrido para os alunos. Após a leitura do texto, foi realizada uma discussão sobre as características do animal e do que seria um híbrido.

Na aula seguinte, os alunos foram divididos em grupos (de 4 ou 5 integrantes) e foi aplicado um questionário (Apêndice 3) sobre a hereditariedade em humanos. O questionário segue o mesmo formato da sondagem sobre produção do conhecimento científico com três perguntas abertas e a última pergunta com representação livre. As perguntas respondidas pelos alunos foram:

- *"Como o grupo acha que ocorre a herança de características nos seres humanos?" Explique sua resposta*." – pretendíamos investigar a ideia que os alunos tinham sobre o

processo de herança de características de modo mais geral, tentando visualizar os conceitos que os alunos traziam a respeito do tema.

- *“O grupo acha que existe alguma estrutura no nosso corpo responsável pela definição das características vamos herdar? Explique sua resposta.”* – procuramos investigar se os alunos já tinham algum conhecimento sobre as estruturas responsáveis pela herança de características, bem como se conseguiam relacionar o DNA (caso citado na resposta) ao processo de hereditariedade.

- *A partir das respostas das questões 1 e 2, o grupo deve elaborar um modo de demonstrar sua ideia a respeito da herança de características.* - procuramos investigar quais recursos os alunos utilizariam para defender suas ideias de hereditariedade. Como já dissemos anteriormente, esta questão poderia ser respondida através de textos ou desenhos, com o objetivo de permitir que os alunos com dificuldade de escrita pudessem expressar suas ideias. Durante a atividade, pedimos aos alunos que quisessem fazer um desenho e explicá-lo com um texto escrito.

A partir das respostas dos alunos, foram elaboradas categorias para agrupar as respostas utilizando a metodologia de análise textual discursiva de Moraes e Galiazzi (2011) e os desenhos elaborados pelos alunos foram analisados através da semiótica.

Análise dos Resultados

Turma A

Foram recolhidos e analisados cinco questionários. As respostas da questão 1 foram agrupadas nas categorias abaixo:

Tabela VI.8. Categorias – Questão 1 – Turma A
Fonte: Dados da Pesquisa

“Como o grupo acha que ocorre a herança de características nos seres humanos”?	
Categorias	Número de Respostas
Uso de termos científicos (DNA, óvulos, espermatozoides)	1
Herança através da semelhança física	2
Ideia de mistura	2

Analisando as respostas, vimos que apenas um grupo utilizou termos científicos na sua resposta, porém sem estabelecer uma relação correta com a ideia de hereditariedade, como observado no seguinte trecho:

“*Durante o tempo de fecundação, gestação, quando o espermatozoide se encontra com o óvulo.” (Turma A - Grupo 3)*

As outras respostas apresentavam textos que apontavam que a herança de características ocorre através da mistura de características dos pais (2) ou relacionando a herança apenas ao nível macroscópico e a questão das semelhanças, ou seja, só ocorre herança quando o bebê apresenta algo de semelhante aos pais ou demais parentes (2).

“Ocorre a herança porque a criança puxa um pouco da mãe e um pouco da família do pai.” (Turma A- Grupo 2)

“*Achamos que ocorre quando o pai ou a mãe tinha umas características que a pessoa herdou como, por exemplo: o rosto, o nariz, os olhos, etc.*” (Turma A - Grupo 5)

Ainda sobre as respostas dos alunos, a maioria dos grupos não utilizou exemplos específicos, apenas um grupo fez referência a características físicas como o nariz ou os olhos.

Na questão 2, que tinha como enunciado “O grupo acha que existe alguma estrutura no nosso corpo responsável pela definição das características que vamos herdar?” Os cinco

grupos analisados apresentaram o seguinte padrão de resposta:

Tabela VI.9. Categorias – Questão 2 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“O grupo acha que existe alguma estrutura no nosso corpo responsável pela definição das características que vamos herdar?”	
Categorias	Número de Respostas
DNA	2
Estruturas do corpo	2
Não existe	1

Dois grupos citaram o DNA como estrutura responsável pela herança de características, sem tentar explicar como isso ocorre, sendo que um deles utilizou o termo “genética” de modo artificial, para responder a questão. Quando questionados sobre como o DNA atuaria na herança, a noção de mistura voltou a aparecer nas suas respostas.

Sobre os demais grupos, dois grupos entenderam como estrutura responsável características como partes do corpo (nariz, olho, boca, pele) ou doenças hereditárias e um grupo afirmou que não existem estruturas responsáveis pelo processo de herança.

“Sim, olhos, boca, nariz, cabelo, etc.” (Turma A- Grupo 5)

“Sim, talvez doenças hereditárias, como doenças genéticas, etc.” (Turma A- Grupo 3)

Na questão 3, que tinha como enunciado “A partir das respostas das questões 1 e 2 , o grupo deve elaborar um modo de demonstrar sua ideia a respeito da herança de características.” E que possuía representação livre, através de textos ou desenhos, apenas um grupo não utilizou desenho para explicar suas ideias. Este grupo afirmou que não há uma estrutura que participam da herança de características, mas não conseguiu explicar como o processo ocorre.

Dos quatro grupos que optaram pelo desenho, apenas um desenho não era acompanhado por texto explicativo. A análise das respostas apontou para os mesmos aspectos já observados nas questões 1 e 2, sobre a ideia de mistura e herança de características físicas. Três dos quatro desenhos representavam os seres humanos, geralmente pais e filhos. Os alunos buscaram produzir imagens que demonstrassem as semelhanças e diferenças dos pais para os filhos, sendo que dois deles utilizaram cores com essa função, um para falar da cor dos

olhos, e outro para destacar a semelhança entre as cores de olhos e cabelos entre os pais e a filha.



Figura VI.11. Desenho do aluno representando a herança da característica cor dos olhos – Questão 3 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa



Figura VI.12. Desenho do aluno representando a herança de características em uma família – Questão 3 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

Apenas um grupo produziu uma imagem que sugeria a importância de um componente celular para a questão da herança de caracteres, e para isso representou a chegada de espermatozoides ao óvulo, como retratado na figura abaixo:



Figura VI.13. Desenho do aluno representando aspectos celulares da herança de características – Questão 3 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

Turma B

Foram recolhidos e analisados cinco questionários. As respostas da questão 1 foram agrupadas nas categorias abaixo:

Tabela VI.10. Categorias – Questão 1 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

"Como o grupo acha que ocorre a herança de características nos seres humanos"?	
Categorias	Número de Respostas
Uso de termos científicos (DNA, óvulos, espermatozoides)	3
Herança de características físicas	2

Dos cinco grupos, três utilizaram termos científicos em suas respostas (DNA, genética, óvulo, espermatozoide, fecundação). Destes, dois grupos construíram respostas que podem ser consideradas adequadas, quanto ao conteúdo científico trabalhado nas aulas de ciências, como podemos ver nos trechos abaixo:

"Quando o espermatozoide se encontra com o ovulo, algumas características dos pais vão para o zigoto, através do DNA (genes). O zigoto é a principal célula, a que forma todas as outras células. E assim que ocorre a herança das características." (Turma B - Grupo 1)

As outras duas respostas, assim como na turma A, apontavam para a ideia da herança através da mistura de características e da herança ocorrer apenas quando identificamos semelhanças físicas entre pais e filhos.

"Nós achamos que a herança de características ocorre quando os filhos são parecidos com seus familiares ou com o DNA da mãe e do pai." (Turma B- Grupo 3)

Quando a professora questionou os grupos sobre as informações acima descritas, os alunos responderam com as seguintes falas:

"Se a mãe e o pai são altos, o filho também será." (Aluna 1– Turma B- Grupo 3 – 25:30)

"Achamos que pode ocorrer misturas de pessoas brancas e pessoas negras, pode surgir a pessoa morena ou pessoas brancas + pessoas brancas pode surgir uma morena porque familiares podem ser negros." (Aluno 2- Turma B- Grupo 5 – 40:34)

Nesta turma, os poucos exemplos específicos que surgiram nas respostas, diziam respeito a características físicas, principalmente étnicos como tipo de cabelo, cor de pele e olhos:

"A herança de características é pelos detalhes como cabelo, cor dos olhos, cor do pelo e pela genética." (Turma B- Grupo 4)

Na questão 2 que tinha como enunciado ""O grupo acha que existe alguma estrutura no nosso corpo responsável pela definição das características que vamos herdar?". Os cinco grupos analisados apresentaram o seguinte padrão de resposta:

Tabela VI.11. Categorias – Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

"O grupo acha que existe alguma estrutura no nosso corpo responsável pela definição das características vamos herdar?"	
Categorias	Número de Respostas
DNA	3
Estruturas do corpo	1
Existe mas não sabe explicar	1

Três grupos citaram o DNA como estrutura responsável pela herança de características, mas não explicaram como o processo ocorre.

“Sim, o DNA. O DNA é o ácido desoxirribonucleico responsável por enviar a informação genética (as características) para o feto.” (Turma B - Grupo 1)

“Sim, o DNA, e as células do nosso corpo, o DNA é a quase principal razão de herdamos características.” (Turma B- Grupo 2).

Como na turma A, houve um grupo que entendeu que as partes do corpo seriam as estruturas responsáveis pela herança de características, e um grupo respondeu que existia uma estrutura, mas desconhecia qual era.

Na questão 3, que possuía representação livre, apenas um grupo desenhou para explicar suas ideias, no entanto, o mesmo não era acompanhado por um texto explicativo. Este desenho apresenta figuras humanas valendo-se de outros artifícios gráficos para mostrar as semelhanças entre pais e filhos, embora não sejam exatamente biológicos (como a roupa ou a pose que os personagens fazem) Esses artifícios pretendem mostrar semelhanças entre pai e filho, como descrito na legenda, de modo similar ao que foi feito com o uso de cores pelos grupos da turma A. Foi o único desenho, de todos os outros analisados, a apresentar um cenário para os personagens e, com isso, contextualizar o ambiente no qual se expressam as características herdadas.



Figura VI.14.Desenho do aluno representando a herança de características em uma família – Questão 3 – Turma B
Fonte: Dados de pesquisa

Dos grupos que utilizaram texto escrito para responder a esta pergunta, três utilizaram o termo DNA em suas explicações. Dois grupos relacionaram o DNA a herança de características, mas sem explicar sua função neste processo, como podemos ver no exemplo abaixo:

“No *nosso corpo humano achamos que ocorre a herança de características quando nós*

nascemos com a aparência ou DNA de alguns familiares." (Turma B – Grupo 3)

Um fato interessante é que um dos grupos, ao falar sobre doenças genéticas, citou a AIDS como uma dessas, juntamente com o câncer, demonstrando que confundiram doenças genéticas com doenças congênitas.

Quando questionados a respeito, responderam:

"A gente acha que o HIV passa de mãe para filho, por isso a gente considera que é uma doença genética." (Aluna 2 – Turma B – Grupo2 – 33:49)

Alguns grupos (três grupos) utilizaram novamente exemplos de características físicas, quase sempre relacionadas a questões étnico-raciais. Desses, um grupo citou como exemplo de herança a questão da determinação do sexo do bebê, atribuindo essa função ao material genético. Outro grupo utilizou exemplos de cruzamentos que geram híbridos (como aquele apresentado na atividade sobre o ligre), para explicar suas ideias.

"Conforme as características dos pais, pode ser que o filho puxe as características dos pais como o jeito de andar, de falar, etc." (Turma B- Grupo 3)

"Pelo que nós sabemos é o homem que define qual vai ser o sexo da criança, porque a mãe tem o óvulo A e o pai pode ser A ou B, ai quem escolhe é o pai, porque a mulher sempre vai ser a mesma coisa no ovulo. É essa estrutura também pode definir outras características como a cor da pele, cor dos olhos, qualidade do cabelo, o tamanho, alguns gostos." (Turma B- Grupo 1)

"A herança de características é passada dos pais para os filhos no ventre da mãe, mas só podemos perceber algumas características como o cabelo, depois de um tempo, se ele é liso ou duro." (Turma B - Grupo 4)

Acreditamos que essas respostas sinalizam conflitos étnicos em sala de aula que podem revelar uma tendência racista entre os alunos, fato esse que foi trabalhado com a turma ao longo do ano letivo.

As atividades nas turmas A e B apresentaram as concepções dos alunos referentes à herança de características, evidenciando que os alunos utilizam principalmente características físicas para explicar suas ideias sobre hereditariedade, sendo tais características principalmente qualitativas e relacionadas a questões étnico-raciais. Além disso, muitos se

apropriam de termos científicos, sem saber exatamente o que tais termos significam e como as estruturas participam do processo de herança. Outro ponto importante foi a ideia de mistura presente nas concepções a respeito da interação do material genético dos pais, presente nas respostas dos alunos.

A análise dos desenhos revelou que as características hereditárias citadas pelos alunos foram sempre qualitativas como cor os olhos, cor da pele, etc. Nenhum grupo destacou aspectos quantitativos como altura ou peso, por exemplo. Quase todas as imagens falaram do parentesco entre pais e filhos, sem destacar outros parentescos como irmãos ou avós por exemplos.

Estes dados dialogam com Bittencourt e Prestes (2011), quando afirmam que os conteúdos relacionados à genética são considerados pelos professores como os mais difíceis de introduzir para os alunos tanto do ensino fundamental e do ensino médio. Destacam, ainda, que isso ocorre, pois existe uma limitação na compreensão da natureza da informação genética pelos alunos, além das dificuldades em relacionar as estruturas biológicas (célula, gene, DNA, cromossomo) com o processo de herança.

Esses resultados orientaram a construção de atividades histórico-filosóficas, onde procuramos problematizar os elementos mais presentes nas concepções dos alunos, a partir da discussão das ideias atribuídas a Gregor Mendel e da introdução o estudo da hipótese da Pangênese de Charles Darwin sobre a hereditariedade.

Após a fase exploratória foi realizada a etapa de planejamento da SD. Seguindo os pressupostos da pesquisa-ação, as etapas de planejamento eram realizadas após cada execução das ações, que eram avaliadas durante as reuniões do grupo de pesquisa.

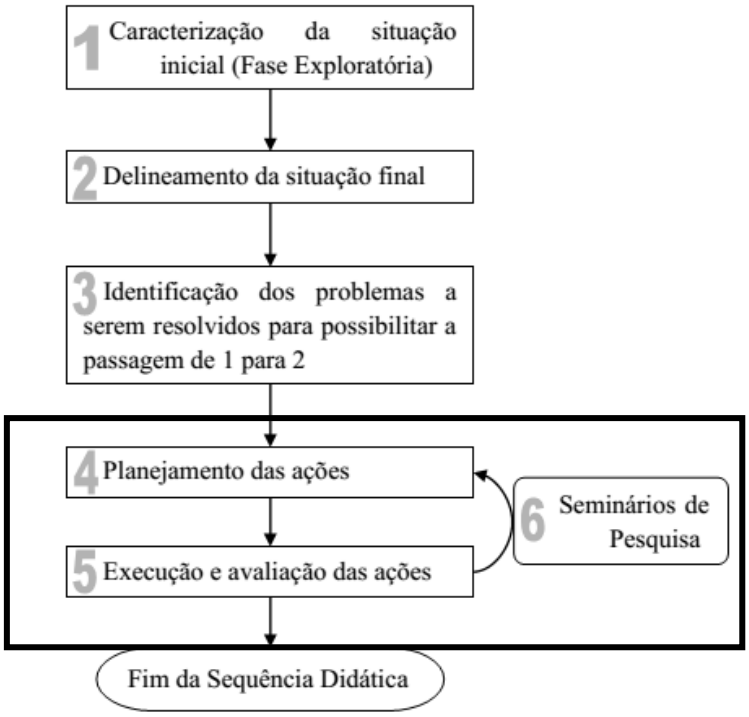


Figura VI.15. Etapas da Pesquisa-ação – Planejamento da Sequência Didática
Fonte: Moura (2014)

Como mencionado anteriormente a SD foi separada em módulos e nas próximas seções vamos narrar a elaboração de cada um destes módulos, bem como sua avaliação, buscando refletir sobre o processo da pesquisa realizada.

VI.4. Módulo I

Tabela VI.12. Visão geral do módulo I

Tema Principal	Contexto Histórico – Século XIX – Europa e Brasil.
Eixo Científico	Teorias científicas, expedições científicas, criação de institutos de pesquisa.
Eixo Cultural	Movimentos artísticos, Revolução Industrial, urbanização, fotografia, vinda da família real para o Brasil, missões artísticas.
Eixo Técnico	Urbanização, união entre ensino e pesquisa, pintores e navios nas expedições científicas e missões artísticas.
Duração	2 aulas de 100 minutos cada.

VI.4.1. Planejamento

O módulo I da SD corresponde à apresentação do contexto histórico-cultural do século XIX para as turmas. Foi criada uma apresentação multimídia com o objetivo de abordar de modo breve algumas características culturais e algumas das transformações ocorridas no mundo durante este período. Vale ressaltar que é no século XIX em que as ideias sobre herança de características abordadas nesta pesquisa foram elaboradas. Através deste módulo, procuramos fornecer aos alunos elementos sobre o século XIX que precisariam ser retomados ao longo das aulas, já apresentando brevemente a relação entre o conhecimento científico e o meio cultural da época. Este módulo teve a duração de 2 aulas de 100 minutos.

A apresentação multimídia utilizada possui 23 slides (Apêndice 10). Os dois primeiros slides tratam de uma conversa inicial sobre o tema, já prevendo os questionamentos que poderiam surgir devido à abordagem de temas que não costumam aparecer nas aulas de ciências do oitavo ano. Além disso, pretendia-se, nesse início, explicar a dinâmica das próximas aulas, que seriam diferentes das ministradas até aquele momento.

Como a primeira parte da aula (slides 1 a 13) focava na Europa do século XIX, apresentamos aos alunos os mapas deste continente neste período e o atual para que os alunos pudessem se situar geograficamente, já que alguns nomes como Império Austro-Húngaro, Prússia e a própria divisão política dos países não era a mesma que os alunos conhecem hoje. Foram apresentados e discutidos alguns avanços tecnológicos e invenções da época, bem como as mudanças sociais ocorridas ao longo do século. Ainda nesta etapa, foi incluída uma série de pinturas realistas, impressionistas e pós-impressionistas (em especial da corrente pontilhista), para marcar o eixo cultural da época, falando das mudanças na concepção da arte, o papel da fotografia neste processo e a mudança e o diálogo entre a ciência, a técnica e a arte.

Na aula seguinte (slides 14 a 24) abordamos o que estava acontecendo no século XIX no Brasil, já que achamos interessante mostrar aos alunos que o país sofria os reflexos dessa mudança ocorrida na Europa e que o Brasil apresentava uma posição estratégica nas rotas e estratégias comerciais europeias. Achamos interessante, também, mencionar que, apesar de não ter grande alcance, havia uma produção cultural, artística e científica no Brasil naquele período. Utilizamos trabalhos de pintores que vieram ao Brasil em missões artísticas (Debret) e expedições científicas (Earle) para contextualizar as questões políticas como escravidão e a natureza do país no século XIX. Para finalizar, apresentamos os principais eventos históricos ocorridos no país neste período, como a Independência (1822), a Guerra do Paraguai (1864-1870) e a abolição da escravidão (1888).

VI.4.2. Resultados e discussão das aplicações em sala de aula – Turmas A e B

No primeiro dia de aula, as turmas foram receptivas à abordagem utilizada. No entanto, como previsto, nas duas turmas assim que o primeiro slide com o título da aula foi projetado, surgiram as perguntas: “A aula hoje é de história, professora? “, “não vai ser aula de Ciências?”. Mesmo após a conversa inicial, que já constava no planejamento e no primeiro slide, percebi que o estranhamento continuava ao longo das aulas nas duas turmas.

As projeções das imagens a respeito das invenções quebraram um pouco a tensão que existia na aula. Alguns alunos da turma A e da turma B conheciam o filme “Tempos Modernos” de Charles Chaplin (cuja a foto de uma cena foi utilizada para discutir a relação entre o homem e as máquinas, presentes desde a Revolução Industrial do século XVIII) e outros ficaram interessados em como os filmes são projetados no cinema.

Quando chegamos à parte da aula que tratava dos movimentos artísticos, os alunos se tornaram mais participativos, pois se interessaram pelos quadros apresentados, principalmente os quadros impressionistas, quando tentavam entender os detalhes da obra, como no quadro “A ponte japonesa” de Monet (1900). Os alunos da turma A não conheciam nenhum dos quadros apresentados e na turma B alguns alunos já haviam visto o quadro “A Noite Estrelada” de Van Gogh (1889), reconhecendo-o assim que foi projetado (embora não lembrassem o nome do pintor). Foi perceptível a mudança no interesse e participação da turma neste momento. Estes dados dialogam com Galili (2013), quando este afirma que as pinturas possibilitam despertar a atenção de um público maior que o usual em aulas de ciências.

No segundo dia de aula, quando tratamos do Brasil, os alunos se surpreenderam com a história da fundação do Jardim Botânico e a maioria demonstrou conhecer a história do Museu Nacional, alegando que já haviam visitado o espaço recentemente. Os alunos demonstraram bastante interesse quando foi tratado o assunto das expedições científicas e missões artísticas, ficando bastante impressionados com a quantidade de artistas, exploradores e cientistas que passaram pelo Brasil naquele período. Assim como na aula anterior, as pinturas mobilizaram uma participação maior da turma. Particularmente o quadro “Aplicação do castigo de escravo” de Debret, gerou bastantes comentários relacionados à questão da escravidão naquela época.

Embora os alunos tenham participado da aula, ficou evidente que a falta de um material impresso para que pudessem acompanhar a apresentação de slides foi um fator prejudicial na execução do módulo. Os alunos tentavam copiar o que estava sendo projetado, e como não conseguiam, acabavam se dispersando. Além disso, a todo o momento questionavam se aquelas informações iriam cair na prova, comportamento que já era esperado.

Como professora regente, a elaboração e a execução deste conjunto de aulas foi um grande desafio, já que tratar de temas como a arte e das questões históricas do século XIX demandou uma pesquisa em diversas fontes (BRAGA *et al.,*2011; HOBSBAWM, 2012;

GOMBRICH,2013) e a busca de imagens históricas. Assim como os alunos, houve um estranhamento inicial, já que estava atuando fora “zona de conforto” da sua disciplina, sem é claro ter a pretensão de dominar outra disciplina, mas apenas tentando apresentar aos alunos as questões do contexto histórico da melhor forma possível.

Todos esses resultados foram levados ao seminário semanal do grupo de pesquisa. Após a análise e dos dados trazidos pela professora/pesquisadora e a troca de impressões sobre as situações de sala de aula, chegou-se a conclusão de a utilização das imagens históricas e das pinturas foi uma estratégia que motivou os alunos e que havia a necessidade de elaborar um material impresso para o acompanhamento das demais aulas da SD.

VI.5. Módulo II

Tabela VI.13. Visão geral do módulo II

Tema Principal	Herança de Características: experimentos com *Pisum sativum.*
Eixo Científico	Hibridismo, experimentos com ervilhas e outras plantas, resultados dos experimentos com *Pisum sativum*, hereditariedade.
Eixo Cultural	Revolução Industrial; sociedades científicas, intercambio entre Mendel e outros pesquisadores, publicação do trabalho de Mendel sobre *Pisum sativum.*
Eixo Técnico	Estufas, técnicas para cultivo de plantas, cursos realizados por Mendel, elaboração dos experimentos com *Pisum sativum.*
Duração	2 aulas de 100 minutos cada.

VI.5.1. Planejamento

O módulo II da SD corresponde à apresentação dos experimentos com as ervilhas da espécie *Pisum sativum* realizados por Gregor Mendel. Tradicionalmente, esse é o início das discussões sobre herança de características. No entanto, nossa abordagem procurou apresentar os experimentos de Gregor Mendel e discutir com os alunos alguns equívocos relacionados à abordagem dada a este tema nos livros didáticos, como por exemplo, a ideia de Mendel ter trabalhado isolado em seu mosteiro, de estar pesquisando as leis da hereditariedade e por isso ser considerado o Pai da Genética. O módulo teve a duração de 2 aulas de 100 minutos.

Com o objetivo de discutir a ciência como um empreendimento coletivo e a sua

articulação com o contexto sociocultural, foi criada uma apresentação multimídia com 23 slides (Apêndice 11). Para iniciar a discussão do tema, o primeiro slide trazia perguntas geralmente feitas pelos alunos sobre a herança de características. No segundo slide, foram apresentados alguns dos resultados da sondagem sobre herança de características (apresentada no item da fase exploratória), a fim de motivar a participação dos alunos ao reconhecerem seus trabalhos projetados, e fazer a relação com as suas ideias sobre a herança e os estudos realizados na área.

Após uma pequena recapitulação do que havia sido discutido nas aulas passadas, os alunos foram apresentados a uma pequena biografia de Gregor Mendel, que procurou destacar a formação religiosa e acadêmica de Mendel, sua participação em sociedades científicas (como era o funcionamento das mesmas) a importância do Abade Napp na sua formação, com vistas a destacar que Mendel não estava isolado, e que fazia parte de uma comunidade religiosa e científica. A seguir, começamos a discutir as questões que motivaram o seu trabalho com as ervilhas: a questão do hibridismo, as demandas locais e econômicas para as pesquisas sobre híbridos.

Em seguida foram discutidas as razões da escolha da ervilha da espécie *Pisum sativum* para os seus experimentos. Para isso, utilizamos trechos do artigo de Mendel de 1866, onde ele explicou os critérios utilizados para escolher essa espécie de ervilhas para trabalhar. Aproveitamos a oportunidade para explicar aos alunos o que era um artigo científico e a sua importância no meio acadêmico para a comunicação entre os cientistas. Os slides 1 a 12 englobam as discussões realizadas durante a primeira aula deste módulo.

A segunda aula (slides 13 a 23) inicia com a revisão do que havia sido discutido na aula anterior. A partir daí, apresentamos de forma simplificada o experimento de Mendel, referente ao padrão de herança da cor da ervilha, buscando esclarecer que era uma simplificação da pesquisa de Mendel que durou anos, discutindo o resultado do mesmo junto com os alunos, questionando-os sobre suas ideias a respeito dos resultados do experimento. Após a discussão, apresentamos outro trecho do artigo de Mendel (1866), onde ele definiu o que considerou como características recessivas e dominantes, já fornecendo subsídio para as discussões sobre os equívocos a respeito das ideias de Gregor Mendel. Além disso, apresentamos a repercussão dos trabalhos de Mendel, a abordagem matemática dada aos seus dados, iniciando as discussões a respeito da apresentação de Mendel como pai da genética e de suas leis, apresentando seus objetivos e finalizando a aula com a história de sua redescoberta.

Além da apresentação multimídia, foi elaborado um material de apoio impresso (Apêndice 4) entregue aos alunos no início da aula, com o mesmo conteúdo que os slides e espaços para que os alunos pudessem registrar as discussões realizadas em sala de aula.

VI.5.2. Resultados e discussão das aplicações em sala de aula – Turmas A e B

A participação das turmas aumentou nesse segundo módulo. Acreditamos que a escolha por entregar o material das aulas impresso para os alunos se mostrou uma decisão acertada, pois permitiu que os alunos não ficassem preocupados em copiar o conteúdo dos slides, podendo participar mais ativamente das discussões da aula.

A projeção de alguns resultados da atividade de sondagem surtiu um efeito interessante nas turmas: os alunos que reconheceram seus trabalhos se sentiram valorizados, e alguns outros, que não tiveram seus trabalhos exibidos por falta de espaço, questionaram ao professor a razão de não ter visto o seu trabalho. Apesar da agitação inicial, acreditamos que a estratégia chamou a atenção dos alunos, deixando-os mais à vontade para participar da aula.

Tanto na turma A quanto na turma B, os alunos reconheceram os quadros que haviam sido exibidos na aula sobre o contexto histórico, mostrando o impacto destas imagens neste conjunto de aulas. Além disso, na turma B alguns alunos conseguiram fazer a conexão entre o quadro “A Liberdade guiando o povo” de Eugène Delacroix (1830) com as revoluções ocorridas no século XIX, quando questionados porque fizeram esta conexão, os alunos responderam que o professor de história havia mostrado quadro em algumas de suas aulas.

Mendel não era conhecido pela maioria dos alunos, apenas pelos alunos repetentes que já haviam cursado a série no ano anterior (resultado observado nas duas turmas). Chamamos neste momento a atenção dos alunos para o fato que a este personagem aparecer no livro didático utilizado pelas turmas, solicitando que localizassem Mendel no mesmo, procurando discutir que apesar de apenas Mendel ser apresentado no livro, existiam outros pesquisadores trabalhando na questão da herança de características nesta época.

Durante a apresentação da trajetória acadêmica de Mendel, três fatos chamaram a nossa atenção nas duas turmas: o primeiro foi o interesse que a ideia da sociedade científica despertou nos alunos. Embora houvesse no planejamento um tempo dedicado a explicação do que seria uma sociedade científica, o interesse dos alunos nas duas turmas foi bastante grande neste item, demandando mais tempo do que o planejado para essa discussão. A maioria dos alunos desconhecia que os cientistas se reuniam em sociedades para discutir suas pesquisas e acharam o fato bastante interessante, aproveitamos o ensejo para iniciar a discussão sobre como os cientistas trabalham, interagem entre si, procurando desconstruir a ideia de gênios isolados. Outro fato que chamou a atenção dos alunos nas duas turmas foi a apresentação dos mosteiros como centros de pesquisa e produção de conhecimento científico. A maioria acreditava que os monges/padres viviam no mosteiro “apenas rezando”. A ideia da construção da estufa foi também bem discutida nas duas turmas, os alunos se interessaram e pediram mais explicações a respeito do funcionamento deste recurso, demandando mais tempo que o planejado para falar sobre o tema.

Na discussão dos experimentos de Mendel, procuramos apresentar juntamente o contexto em que ocorriam, a fim de problematizar com os alunos a questão do objetivo da pesquisa que estava relacionado ao hibridismo e não a uma tentativa de explicar a hereditariedade de modo geral. Quando falamos sobre o hibridismo e a formação de híbridos, na turma B os alunos realizaram logo a associação com o caso do ligre que havia sido discutido na atividade de sondagem (item VI.3.2). Procuramos enfatizar também que Mendel utilizou plantas que também haviam sido usadas por outros pesquisadores e que isso não foi casual, uma vez que Mendel recebeu sementes destes pesquisadores. Dessa forma, destacamos mais uma vez apresentar a ciência como uma produção coletiva, resultante da interação entre os cientistas.

Nas duas turmas, a discussão sobre os experimentos de Mendel foi o momento em que os alunos mais participaram. Ao apresentar a imagem que representava o experimento referente aos cruzamentos que investigavam a herança da cor das ervilhas, procuramos explicar como Mendel realizava a análise da prole. Explicamos que aquelas ervilhas representadas no esquema se encontravam dentro de uma vagem e Mendel precisava abrir essas vagens para analisar a prole (ervilhas). O cruzamento não era feito com as ervilhas em si, mas com as plantas que geravam as vagens. Quando questionados a respeito do que achavam sobre o resultado do experimento, qual seria a interpretação dos mesmos, tanto na turma A, quanto na turma B, as respostas tinham a mesma ideia:

"Ela (a cor verde) não se perde" (Turma A – aluna 1 – 30:12)

"Ela (cor verde) tá ali mas não está em funcionamento" (Turma B – aluno 3– 31:20)

*"Ela tá meio em pausa "(*Turma B – aluna 4 – 30:12)

Aproveitamos estas respostas para introduzir os conceitos de características (e não alelos, ou genes) dominantes e recessivas, de acordo com o que Mendel apresenta no seu artigo. Neste momento, nas duas turmas começaram a surgir questionamentos a respeito de o que "levava uma característica a ser dominante ou recessiva.". Argumentamos que a pergunta era válida e que em aulas posteriores iríamos discutir essa ideia.

Dedicamos um tempo para discutir com os alunos a apresentação dos resultados de Mendel na Sociedade de História Natural de Brno, bem como a publicação e circulação de seu artigo retomando a discussão de como os cientistas toma conhecimento a respeito de trabalhos de outros cientistas.

A partir das discussões sobre a ideia de que Mendel seria o pai da genética e dos demais equívocos a respeito do seu trabalho presente em livros didáticos, podemos perceber

uma diminuição significativa da participação da turma, talvez pela quantidade de informação recebida ao longo das aulas ou porque o assunto não os havia interessado tanto quanto as questões experimentais do trabalho de Mendel.

Neste módulo, nossa abordagem sobre os experimentos de Gregor Mendel destoaram do modo como normalmente o tema é trabalhado nas aulas de ciências e nos livros didáticos. Como já mencionado anteriormente, na maioria das vezes os experimentos de Mendel são citados, sem referências ao contexto histórico e ao ambiente científico no qual foram realizados levando a ideia de que o estudo da hereditariedade no século XIX estava restrito aos seus estudos, dando a impressão de que não houveram outros pesquisadores que investigaram o mecanismo da hereditariedade no século XIX (ALLCHIN, 2000; CAMPANILE, LEDERMAN & KAMPOURAKIS, 2013; KAMPOURAKIS, 2013; El-HANI, 2014;). Ao mesmo tempo, foi interessante problematizar com os alunos as diferenças entre o que foi discutido em sala de aula e o que estava presente no livro didático utilizado por eles (BARROS & PAULINO, 2012) para introduzir a discussão sobre a "redescoberta" dos trabalhos de Mendel, estratégia utilizada para movimentar a aula, buscando evitar uma dispersão maior por parte dos alunos.

Para a professora, este módulo se mostrou um desafio, pois a mesma sentia a influência de anos repetindo o discurso de Mendel, pesquisador solitário e pai da Genética, observando que algumas vezes tinha dificuldades para evitar tratar o conteúdo do modo como estava habituada.

Novamente, estas questões foram levadas para o grupo de pesquisa, e após a troca de informações sobre as aulas dadas e as impressões da professora, foi repensado a quantidade de informação trabalhada neste módulo pode ter sido um fator prejudicial para o desenvolvimento das atividades em sala, levando a reflexão para o próximo módulo de selecionar uma quantidade menor de questões para serem trabalhadas ao longo das aulas.

VI.5.3. Atividade – Módulo II

Para finalizar o módulo II, foi proposta uma atividade em grupo nas duas turmas. Os alunos foram divididos em grupos de 4 ou 5 alunos e receberam um material (Apêndice 5) formado por duas folhas, cada uma delas contendo uma questão aberta para o grupo:

- *"Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada"* – pretendíamos investigar quais ideias discutidas em sala foram mais assimiladas pelos alunos, procurando investigar se além dos conceitos científicos trabalhados, as questões contextuais também apareceriam nas respostas dos alunos.
- *"Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula."* – pretendíamos observar quais aspectos trabalhados em sala

de aula chamaram mais a atenção dos alunos, focando novamente se os três eixos (cultural, técnico e científico) estariam presentes nessas representações.

A representação das respostas era livre, de modo que os alunos poderiam desenhar escrever um texto, um poema. Solicitamos aos alunos que optassem por fazer um desenho, explica-lo com um texto escrito. Optamos por este modelo que se apresentou bem eficiente nas atividades de sondagem, procurando facilitar a expressão das ideias dos alunos sobre os assuntos tratados em sala de aula.

A professora realizou uma discussão com cada grupo sobre as respostas dadas, entrevistando os alunos, para esclarecer as dúvidas a respeito das respostas dos mesmos. Assim como as outras atividades, esta foi registrada em áudio e esses dados juntamente com as anotações da professora em seu diário foram utilizadas para auxiliar a análise dos dados. A partir das respostas dos alunos, foram elaboradas categorias para agrupar as respostas, utilizando a metodologia de análise textual discursiva de Moraes e Galiazzi (2011).

Resultados

Turma A

Foram analisados os questionários dos quatro grupos. Realizamos, então, a divisão entre as respostas que continham desenhos e as respostas escritas, que foram categorizadas. A análise da parte escrita também considerou os textos que acompanhavam os desenhos, pois em alguns casos, não tinham relação com os mesmos, apenas complementavam a resposta dos alunos. Tanto para os desenhos quanto para a parte escrita foram criadas categorias relacionadas aos três eixos trabalhados durante as aulas. É importante lembrar que, em uma mesma resposta, os três eixos podem estar representados, e por isso o número total de respostas analisadas pode ser diferente do número de questionários analisados.

Na questão 1, em que foi solicitado que representassem as principais ideias discutidas nas aulas do módulo II, dois grupos optaram por respostas escritas e dois grupos desenharam, sendo que apenas em um, o desenho foi acompanhado de texto.

Tabela VI.14. Respostas em desenhos – Questão 1 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada” - Desenhos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	------	------	------	-----
Eixo Científico	------	X	-----	-------
Eixo Técnico	X	-----	-----	-----

O eixo cultural não foi representado nos desenhos obtidos. O eixo científico foi representado pelo desenho das plantas com algumas das características selecionadas por Mendel (grupo 2), buscando reproduzir a imagem a respeito do tema apresentada durante a aula. O eixo técnico foi representado pelo desenho do mosteiro de São Tomás (grupo 1), também reproduzindo a imagem apresentada na aula, que de acordo com o grupo ilustrava a estufa utilizada por Mendel durante seus experimentos. Quando questionados a respeito da escolha pela estufa, alegaram que sem esse aparato, as experiências de Mendel não poderiam ter sido realizadas, segundo o grupo foi a partir da estufa que “tudo começou” (referindo-se aos experimentos e descobertas de Mendel).

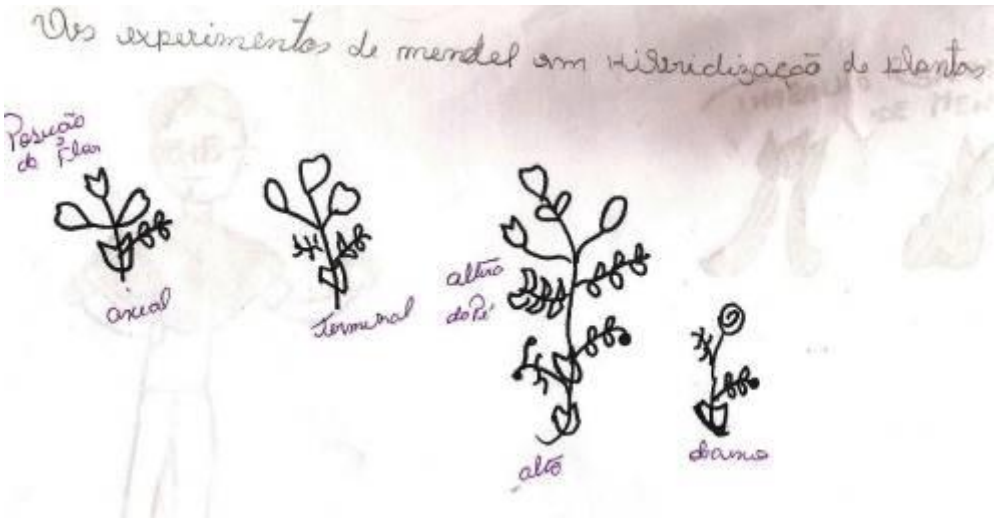


Figura VI.16. Desenho representando as características da planta *Pisum sativum* selecionadas por Mendel – Grupo 2 – Questão 1 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

Abaixo temos a análise da parte escrita:

Tabela VI.15. Respostas em textos escritos – Questão 1 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada” - Textos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	X	------	X	-----
Eixo Científico	X	X	-----	X
Eixo Técnico	-----	-----	-----	-----

O eixo técnico não foi representado em nenhuma resposta escrita. O eixo cultural apareceu em 2 respostas que mencionaram as sociedades científicas de que Mendel participou (grupos1 e 3). O eixo científico foi representado pelos experimentos com ervilhas (grupo 4), bem como a questão da herança de características de um modo geral (grupo 1) e a questão das características recessivas (grupo 2), como podemos observar na resposta abaixo:

“Gregor Mendel foi um grande cientista. Ele fez experimentos com plantas. Mendel fez parte de diversas sociedades científicas. Um dos seus maiores experimentos foi com plantas. Plantas com diversas características, sementes, etc. Algumas características de plantas somem e aparecem em diversas ocasiões.” (Turma A – Grupo 2).

É interessante notar que em momento nenhum Mendel foi apresentado como um grande cientista, já que a professora evitava utilizar este tipo de expressão para não fortalecer a ideia de que o cientista seria um gênio. No entanto, este tipo de representação permanece no imaginário dos alunos, como observado na sondagem realizada na fase exploratória.

Na questão 2, em que foi solicitado que representassem o que haviam achado mais interessante nas ideias discutidas nas aulas do módulo II, todos os grupos utilizaram desenhos e texto escrito para responder a questão, sendo que em 2 respostas os textos não tinham relação com os desenhos feitos.

Tabela VI.16. Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula.” - Desenhos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	-----	------	-----	-----
Eixo Científico	X	X	X	X
Eixo Técnico	-----	-----	-----	-----

O eixo cultural e o eixo técnico não foram representados nos desenhos analisados. Em todos os grupos, o eixo científico foi representado pelo esquema dos resultados dos experimentos de Mendel sobre a herança da cor das ervilhas (buscando reproduzir a imagem apresentada durante a aula).

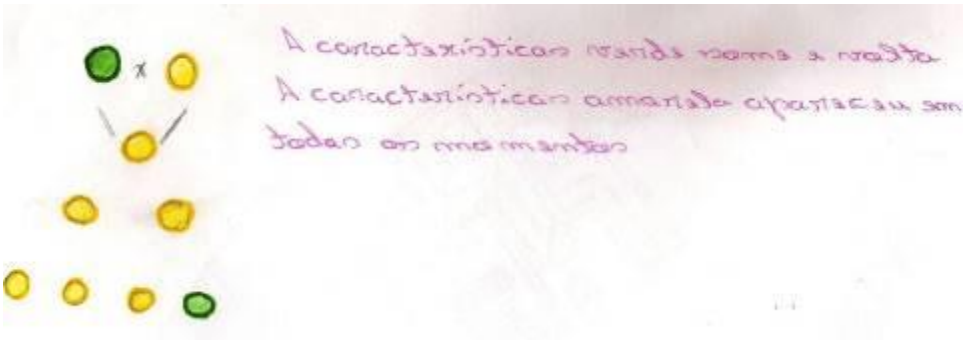


Figura VI.17. Desenho representando a herança de cor de ervilhas no experimento de Mendel – Grupo 1 – Questão 2 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

Quando questionados sobre o porquê da representação do experimento, todos os grupos afirmaram que acharam interessante o comportamento da característica verde “que sumia em um momento e aparecia em outro”. Dois grupos (1 e 3) responderam ainda que colocaram o experimento na resposta, porque o resultado do mesmo foi surpreendente, já que o grupo acreditava que o cruzamento entre as plantas de ervilhas verdes e amarelas, ia gerar uma prole com ervilhas com sementes amarelo-esverdeadas e não somente amarelas ou somente verdes, trazendo novamente a ideia de herança por mistura, identificada

anteriormente.

“Eu achei muito interessante porque eu esperava que a mesma dose de cada (amarela e verde) daria azul (a cor da ervilha).” (Turma A – Grupo 1 – Aluna 1 – 20:34)

Em relação à análise da parte escrita, temos os dados abaixo:

Tabela VI.17.Respostas em textos escritos – Questão 2 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula.”- Textos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	X	X	-----	X
Eixo Científico	X	-----	X	X
Eixo Técnico	-----	-----	-----	-----

O eixo técnico não foi representado em nenhuma resposta escrita. O eixo cultural apareceu em 3 respostas que mencionaram as sociedades científicas que Mendel participou (grupos 1, 2 e 4). Os alunos justificaram que foi interessante saber como os cientistas discutiam seus trabalhos, que eles dialogavam com outros cientistas também.

“Mendel participou de sociedades cientificas e achamos muito interessante como era feita os experimentos e como era aceita a teoria no meio cientifico ...” (Turma A – Grupo 4 – Aluna 1 – 30:55).

Em todos os grupos, o eixo científico foi representado por respostas relacionadas aos experimentos das ervilhas.

“A característica verde some e volta. A característica amarela apareceu em todos os momentos” (Turma A – Grupo 1).

Na turma A, podemos observar que a questão das sociedades científicas e do experimento das ervilhas foram os elementos discutidos em sala de aula que mais chamaram a atenção dos alunos, estando bastante representados nas respostas. A relação entre a ciência e questão experimental aparece bem forte nesta turma, dialogando com os dados da sondagem realizada e da literatura (FARIA *et al.*, 2014).

Turma B

Foram analisados quatro questionários, com o mesmo padrão de análise realizado na turma A. Na questão 1, em que foi solicitado que representassem as principais ideias discutidas nas aulas apenas um grupo optou pelo desenho junto com o texto escrito, que não tinha relação com o desenho feito. Os demais grupos (3) apenas escreveram para responder a pergunta.

Tabela VI.18. Respostas em desenhos – Questão 1 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada” - Desenhos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	-----	-----	-----	-----
Eixo Científico	X	-----	-----	------
Eixo Técnico	-----	-----	-----	-----

O eixo cultural e o eixo técnico não foram representados no desenho obtido. O eixo científico foi representado novamente através do esquema do experimento relacionado à herança da cor das ervilhas.

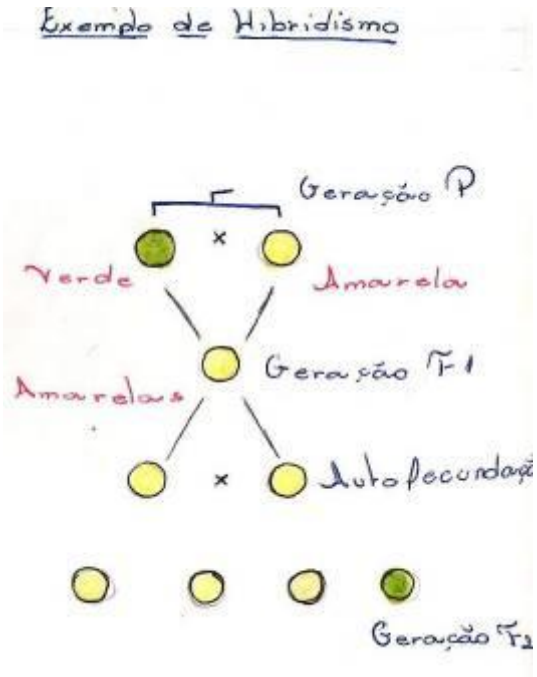


Figura VI.18. Desenho representando a herança de cor de ervilhas no experimento de Mendel – Grupo 1 – Questão 1 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

Abaixo temos a análise da parte escrita:

Tabela VI.19. Respostas em textos escritos – Questão 1 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada” - Textos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	X	X	-----	X
Eixo Científico	X	-----	X	X
Eixo Técnico	X	X	-----	-----

As respostas escritas na turma B foram mais diversificadas o que aquelas encontradas na turma A. O eixo cultural apareceu em 3 respostas escritas (grupo 1,2 e 4) que mencionaram

as sociedades científicas que Mendel participou. Assim como na turma A, os alunos justificaram que foi interessante saber como os cientistas discutiam seus trabalhos. Além disso, a relação entre Mendel e o Abade Napp (grupo 1 e 2) e aspectos da vida de Mendel apareceram nas respostas (grupo 2).

"Mendel teve um mentor abade Napp, era muito interessado na agricultura e pelas ciências naturais. Também tinha algumas sociedades cientificas..." (Turma B – Grupo 2).

O eixo técnico foi representado pela passagem de Mendel pela universidade, os cursos realizados (grupo 2) e a técnica da polinização artificial realizada por ele durante seus experimentos (grupo 1).

"... *Mendel cursou agricultura, arboricultura e vinicultura; antes de iniciar suas pesquisas com a Pisum sativum, ele pesquisa sobre camundongo ..."* (Turma B – Grupo 2)

O eixo científico foi representado pela discussão das ideias de hereditariedade, do hibridismo, o trabalho com as ervilhas em todos os grupos que citaram este eixo (grupo 1, 3 e 4) e um dos grupos citou a produção do artigo de Mendel:

"Nasceu em 1822, fez um texto para as pessoas saberem um pouco mais sobre o que ele fazia." (Turma B – Grupo 4).

É interessante notar que em três dos quatro questionários analisados, os três eixos aparecem representados nas respostas, o que pode ser um indicio de que nesta turma, houve uma apropriação maior por parte dos alunos da abordagem utilizada. Os textos escritos foram maiores que os analisados na turma A. Um dado interessante foi que em um dos questionários o grupo respondeu que o DNA foi discutido em sala de aula, sendo que em nenhum momento a palavra foi mencionada. Quando questionados, eles responderam que na verdade usaram a palavra DNA, porque sabiam que a herança genética ocorria através do DNA, e não porque isso havia sido discutido em sala de aula.

Na questão 2, em que foi solicitado que representassem o que haviam achado mais interessante nas ideias discutidas, novamente apenas 1 grupo utilizou desenhos juntamente com texto para responder a questão proposta.

Tabela VI.20. Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma B Fonte:
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula.” - Desenhos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	-----	-----	-----	-----
Eixo Científico	-----	X	-----	-----
Eixo Técnico	-----	-----	-----	-----

O eixo cultural e o eixo técnico não foram representados nos desenhos analisados. O eixo científico foi representado novamente pelo esquema dos resultados dos experimentos de Mendel sobre a herança da cor das ervilhas (buscando reproduzir a imagem apresentada durante a aula). E assim como observado na turma A, o grupo afirmou que o experimento chamou sua atenção devido ao resultado, que foi diferente do esperado por eles. O grupo acreditava que o cruzamento entre as plantas de ervilhas verdes e amarelas, ia gerar uma prole com ervilhas com sementes de cor verde mais clara que a parental, devido à “mistura com a ervilha amarela, gerando um verde mais claro” e não somente amarelas ou somente verdes, trazendo novamente a ideia de herança por mistura, identificada anteriormente.

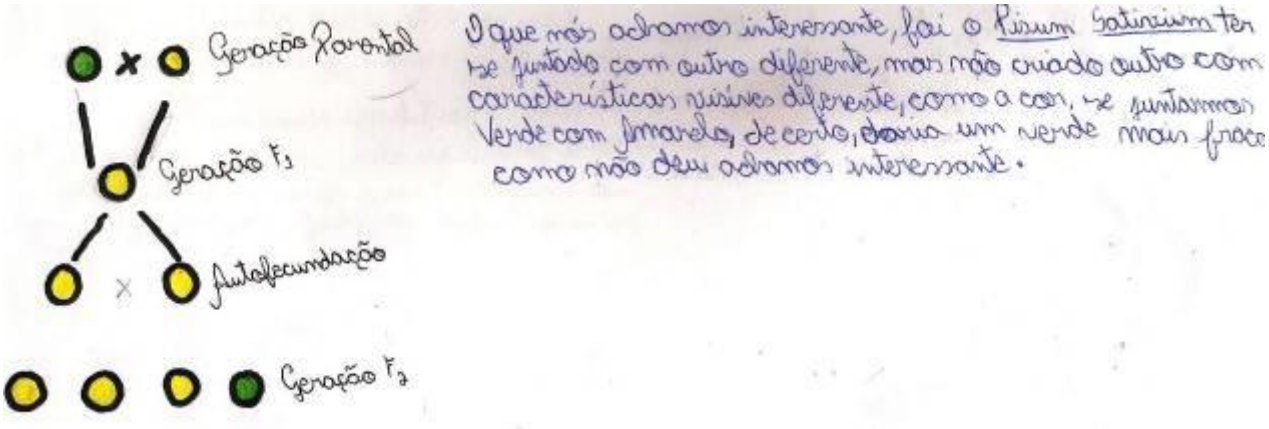


Figura VI.19 Desenho representando a herança de cor de ervilhas no experimento de Mendel – Grupo 2 – Questão 2 – Turma B
Fonte; Dados da pesquisa

Em relação à análise da parte escrita, temos os dados abaixo:

Tabela VI.21. Respostas em textos escritos – Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula.” - Textos				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	X	-----	X	X
Eixo Científico	X	X	X	-----
Eixo Técnico	X	-----		-----

Novamente, como observado no item anterior, as respostas escritas na turma B foram mais diversificadas do que as da turma A. O eixo cultural apareceu em 3 respostas (grupos 1, 3 e 4) que mencionaram as sociedades científicas de que Mendel fez parte, de acordo com um dos grupos:

“A gente achou interessante sobre a sociedade científica porque eles meio que se juntavam pra discutir sobre ciência, suas experiências, suas ideias e receber opiniões.” (Turma B – Grupo 1)

Além disso, 2 grupos (3 e 4) mencionaram que acharam interessante o fato de Mendel ser um padre (na verdade, monge) que realizava experimentos. De acordo com eles, não achavam possível alguém que era padre, fazer experimentos científicos. Esta resposta sinaliza o conflito existente entre as ideias cientificas e religiosas que geralmente aparece nas aulas de Ciências/Biologia, quando temas como genética, evolução e origem da vida são tratados (AMORIM & LEYSER, 2009).

O eixo técnico foi representado pela técnica da polinização artificial realizada por Mendel durante seus experimentos, já que de acordo com o grupo que deu essa resposta (grupo 1), a técnica parecia muito complicada e por isso acharam interessante Mendel ter realizado procedimento tantas vezes.

O eixo científico foi representado pela ideia do hibridismo e pelos experimentos com as

ervilhas em todos os grupos que citaram o eixo (grupos 1, 2 e 3). Um dos grupos justificou que o resultado do experimento foi interessante:

"Achamos interessante porque algumas características só aparecem depois de um tempo sumidas, só algumas gerações a frente." (Tuma B – Grupo 1).

Novamente os três eixos aparecem representados nas respostas dos alunos, com a prevalência do eixo científico. Este dado reforça nossa ideia de que na turma B houve um envolvimento maior nas questões contextuais, como, por exemplo, foram feitas menções aos aspectos pessoais da vida de Mendel (o que não ocorreu na turma A).

Como observado na turma A, a questão das sociedades científicas e do experimento das ervilhas foram os elementos discutidos em sala de aula mais representados nas respostas também na turma B. De um modo geral, a turma B optou mais por escrever do que por desenhar e suas respostas eram maiores e mais diversificadas que aquelas da turma A. esta comparação não visa definir que uma turma seja melhor que a outra, mas apenas que as duas possuem características diferentes na hora de responder as atividades.

De um modo geral o resultado da atividade foi satisfatório, fornecendo dados interessantes para a construção do módulo seguinte.

VI.6. Módulo III

Tabela VI.22. Visão geral do módulo III

Tema Principal	Herança de Características: Pangênese.
Eixo Científico	Expedições científicas, Teoria da Evolução, hereditariedade, teorias sobre a herança de características, hipótese da Pangênese.
Eixo Cultural	Viagem no Beagle, visita ao Brasil, escravidão, pintores naturalistas na expedição, debates sobre a Teoria da Evolução, intercâmbio com outros pesquisadores.
Eixo Técnico	Coleta e análise dos dados da viagem no Beagle, experimentos de Galton.
Duração	2 aulas de 100 minutos cada.

VI.6.1. Planejamento

O módulo III da SD corresponde à apresentação das ideias de Pangênese, hipótese elaborada por Charles Darwin para explicar a herança de características. Tradicionalmente,

Charles Darwin é apresentado aos alunos apenas através da Teoria da Evolução, durante o sétimo ano. A hipótese da pangênese sequer é citada nos livros didáticos e muito menos durante as aulas de ciências, sendo um assunto desconhecido da maioria dos professores de ciências/biologia (a própria professora desconhecia esta parte do trabalho de Darwin, tendo contato com essa hipótese apenas após o início da elaboração da pesquisa).

Como já mencionado na introdução, um dos nossos objetivos é inserir este tema considerado “estrangeiro” ao currículo de Ciências como um todo, para analisar quais seriam os impactos desta abordagem, se poderiam gerar questões mais contextuais, articulando elementos do contexto social com a produção do conhecimento científico durante as aulas de ciências.

Esse foi o nosso grande desafio nesse módulo: elaborar um conjunto de aulas sobre um tema que não havia sido tratado na educação básica. Após a pesquisa bibliográfica sobre o tema, a grande questão que surgiu foi: o que e como abordar a ideia da pangênese nas turmas de oitavo ano?

A primeira questão a ser trabalhada foi a da transposição didática. Neste sentido, Lopes (2008) defende que os conhecimentos escolares e científicos “são instâncias próprias de conhecimento, e que as disciplinas escolares possuem uma constituição epistemológica e sócio histórica distinta das disciplinas científicas”. A autora considera a escola como uma instituição veiculadora do saber cotidiano e do conhecimento científico (LOPES, 1999). A mediação (didática) entre esses saberes ocorre em “um processo de constituição de uma realidade através de mediações contraditórias, de relações complexas, não imediatas, com um profundo sentido de dialogia” (LOPES, 1999). Outra dificuldade encontrada foi a falta de materiais para a educação básica sobre a hipótese da pangênese. Não havia algo para seguir como parâmetro do que fazer ou não fazer quando tratássemos do tema. Este obstáculo dialoga com o que foi apresentado no nosso marco teórico (MARTINS & BRITO, 2006; FORATO *et al.*, 2011). Assim, procuramos selecionar os aspectos da hipótese da pangênese que dialogavam com os objetivos da pesquisa, para apresentá-los aos alunos, não apenas como mais um conteúdo, mas também como uma ferramenta para uma abordagem mais contextual da produção do conhecimento científico.

A partir destas observações, foi criada uma apresentação multimídia com 23 slides (Apêndice 12). Os slides de 1 a 13 correspondem aos utilizados durante a primeira aula (100 minutos). O segundo e o terceiro slides traziam uma pequena revisão das aulas passadas. No quarto slide, foi apresentada uma imagem de Darwin, para sondar o que os alunos sabiam a respeito dele, procurando já desde o início motivar a participação dos alunos ao longo da aula. A partir daí começamos a explorar alguns aspectos da biografia de Darwin que consideramos importantes para a elaboração da hipótese da pangênese. Procuramos evitar utilizar na apresentação a imagem de Darwin mais veiculada, de um senhor de barbas longas, optando

por usar imagens do mesmo quando era mais jovem, já que a imagem mencionada anteriormente é de Darwin próximo ao fim da vida.

Apresentamos então a viagem de Darwin no Beagle, procurando discutir o contexto em que esta expedição ocorreu, utilizando quadros de pintores naturalistas que acompanharam a viagem, aproveitando para apresentar aos alunos a passagem de Darwin no Brasil, retomando a discussão da participação do país nas rotas marítimas que havia sido iniciado nas aulas do módulo I. Utilizamos as pinturas “Vista da Baia de Guanabara, a partir do Corcovado” (1822) de Earle e “Baía de Botafogo” de Conrad Martens (1832) para abordar a questão cultural da época. Além disso, procuramos apresentar trechos dos diários de Darwin sobre a viagem e sua visão sobre o Brasil, enfatizando o processo de comunicação durante a produção de conhecimento científico, ao falar das cartas que ele trocava com cientistas durante a viagem e o envio do material coletado ao longo dos cinco anos de expedição.

Aproveitando a passagem de Darwin pelo Rio de Janeiro, estado onde a pesquisa se realiza, problematizamos a questão da escravidão e como Darwin destacou em seu diário de viagem a escravidão no Brasil. O tema da escravidão foi selecionado, pois a escola onde a pesquisa foi realizada está localizada próxima a uma região que foi um importante local de comércio de escravos durante o século XVIII e XIX (SOUZA, 2014). Essa informação era desconhecida pelos alunos e achamos interessante discuti-la, para suscitar a questão social e contextual do século XIX. Utilizamos um dos quadros de Debret (“Negros ao tronco” - 1835) sobre a escravidão para contextualizar o tema.

Os últimos slides do primeiro dia de aula deste módulo trataram da elaboração da Teoria da Seleção Natural, buscando estabelecer o contexto em que a teoria foi elaborada fazendo relação com o trabalho de Malthus, mais uma vez para discutir as questões referentes à ciência como processo coletivo e ao processo de criatividade do cientista estabelecendo relações com as informações do seu meio (KAMPOURAKIS & McCOMAS, 2010). Terminamos a aula problematizando as questões a respeito da herança de características que foram trazidas pela publicação do livro “A Origem das Espécies”.

Na segunda aula deste módulo apresentamos a hipótese da pangênese aos alunos, procurando priorizar os seus aspectos mais gerais. Alguns desses aspectos dialogavam com as concepções dos alunos, obtidas durante a fase exploratória, como, por exemplo, a ideia de herança por mistura. Ao longo da apresentação destas premissas, procuramos chamar atenção dos alunos para certa semelhança entre as ideias existentes nas suas concepções e aquelas apresentadas por Darwin. Esta característica da hipótese da pangênese (diálogo com as concepções sobre herança de características dos alunos) foi um dos fatores que contribuíram para que esta hipótese fosse selecionada para ser trabalhada com as turmas.

Os slides 17 e 18 apresentavam as premissas da hipótese da pangênese selecionadas. Procuramos utilizar nesses slides trechos do livro em que a hipótese é apresentada, do mesmo

modo como feito nas aulas do módulo II, discutindo com os alunos as ideias presentes nas premissas apresentadas, aproveitando para discutir novamente a importância da comunicação no processo de construção do conhecimento científico. No slide 19, procuramos exemplificar o comportamento das gêmulas, utilizando o exemplo dado por Darwin no livro (1868), em que ele compara o comportamento das gêmulas em organismos unicelulares (formados por apenas uma célula, como os protozoários) e nos organismos pluricelulares (formados por mais de uma célula, como plantas e animais). Discutimos, também, a questão da herança por mistura presente na hipótese da pangênese, um tipo de herança que traz para a sala de aula a discussão sobre a controvérsia contínuo - discreto muito presente no contexto cultural do século XIX. Além disso, a ideia de mistura das gêmulas aparece como um contraponto aos achados de Mendel a respeito da herança de características nas ervilhas *Pisum sativum*, já que de acordo com ele, não há características intermediarias, apenas a herança das formas parentais (o que seria correspondente a herança discreta)

Os slides 20, 21 e 22 foram apresentados aos alunos a explicação que a hipótese da pangênese fornecia para fenômenos observados por Darwin durante suas pesquisas como a reversão, o papel da dormência das gêmulas e sua atuação como fonte de novas características, previamente já apresentados e discutidos nessa dissertação (Cap. V). Estes slides serviram, também, para problematizar a questão da herança dos caracteres adquiridos (relembrando o conteúdo abordado sobre evolução no sétimo ano), trazendo para a discussão, o fato de Darwin acreditar e defender a ideia, procurando desconstruir o embate sobre Darwin e Lamarck geralmente feito durante as aulas sobre a evolução. Este aspecto da aula foi um embate com a cultura escolar que traz sempre a dicotomia entre Darwin e Lamarck, muito presente no discurso dos alunos e professores (ALMEIDA & FALCÃO, 2010), que na verdade não existiu, Darwin citava Lamarck e de acordo com a história da ciência, seus seguidores (darwinistas) é que se afastaram da ideia de herança dos caracteres adquiridos, a omissão dessa discussão leva a episódios de pseudociência como aqueles apresentados por Allchin (2004).

Outra questão importante discutida foi o fato de Darwin não ter realizado experimentos para provar sua hipótese. Este é um ponto bastante interessante, outro contraponto ao trabalho experimental apresentado no módulo II, que permite a problematização da ciência estar atrelada a questão experimental, tão presente nas concepções dos alunos, como visto na fase exploratória. Assim, foi discutido o experimento realizado por Galton e a resposta de Darwin aos resultados do primo, e as críticas à hipótese da pangênese. Procuramos apresentar elementos de NdC como a importância da comunicação no processo de construção do conhecimento científico, do diálogo entre os pesquisadores, reforçando a ideia da ciência como um conhecimento construído coletivamente.

Além da apresentação multimídia, foi elaborado um material de apoio impresso

(Apêndice 6), entregue aos alunos no início da aula, com o mesmo conteúdo que os slides e espaços para que os alunos pudessem registrar as discussões realizadas em sala de aula, que havia se revelado uma boa estratégia no módulo anterior.

VI.6.2. Resultados e discussão das aplicações em sala de aula – Turmas A e B

Assim como no módulo anterior, os alunos se mostraram mais participativos, demonstrando um envolvimento cada vez maior. Acreditamos que isso se deveu ao fato de Darwin ser um personagem que desperta o interesse dos alunos, devido às aulas sobre evolução dos seres vivos no sétimo ano.

No início da aula, durante a revisão dos conteúdos anteriores, os alunos reconheceram Mendel e citaram os experimentos com *Pisum sativum.* Durante a sondagem sobre o que os alunos sabiam a respeito de Darwin, na turma B, fui surpreendida com a quantidade de informações que os alunos trouxeram de contribuição, a maioria mencionando a viagem ao Beagle, inclusive sua passagem pelo Brasil e a teoria da Evolução. Na turma A, apenas alguns alunos falaram a respeito da Teoria da Evolução.

Durante a apresentação da biografia de Darwin, o trecho relacionado à viagem no Beagle foi aquela que despertou mais interesse nas duas turmas. Os alunos questionaram em vários momentos em que locais do país Darwin esteve, o que fez nesses locais, e quando mostramos os trechos dos diários sobre o Brasil, os alunos acharam interessante Darwin ter se hospedado Botafogo. Quando as pinturas de Earle e Martens foram projetadas, nas duas turmas, alguns alunos lembraram-se do quadro de Earle apresentado no módulo I e alguns reconheceram a paisagem apresentada no quadro de Martens, perguntando inclusive se haviam feito mais pinturas de outros locais do Rio, demonstrando curiosidade em poder vê-las. Mais uma vez, podemos observar o impacto das imagens como elemento motivador (GALILI, 2013)

Ainda sobre a visita de Darwin ao Brasil, a questão da escravidão gerou bastante debate nas aulas, principalmente quando relatamos a relação entre o bairro onde moramos e a escola se localiza e o comércio de escravos no século XIX. Nas duas turmas, os alunos não tinham conhecimento deste fato, apenas já tinham ouvido falar que existiram fazendas naquela região. O relato de Darwin sobre o escravo que era maltratado, presente no seu diário de viagem, causou certa comoção e comentários de revolta nas turmas. Na turma B, uma aluna levantou a questão do trabalho escravo no Brasil e questionou porque ainda existe este tipo de trabalho no país.

Quando tratamos da Teoria da Evolução, os alunos relembraram alguns conceitos vistos no ano anterior, embora apresentassem suas ideias com alguns equívocos. Foi um momento de bastante participação nas duas turmas, sinalizando um envolvimento maior dos alunos com

a trajetória de Darwin. Duas alunas na turma B questionaram a professora se a evolução ainda acontecia e se o ser humano continuava a evoluir. A professora retornou a pergunta para a turma e a maioria acreditava que os seres humanos não iriam mais evoluir, apenas outros animais e plantas, sinalizando nossa dificuldade de entender e visualizar o processo de evolução. A menção ao episódio sobre Wallace, não despertou muito o interesse dos alunos.

A hipótese da Pangênese foi muito bem recebida nas duas turmas. Acreditamos que isto ocorreu porque tal hipótese dialoga com as ideias dos alunos a respeito da herança de características (item VI.3.2.). E, também, responde algumas das questões que os alunos apresentaram durante a atividade de sondagem, como, por exemplo, a questão de alguns filhos apresentarem características intermediárias dos pais (“mãe baixa e pai alto, dão origem a filhos medianos, ou filhos de pessoas brancas e negras apresentam pele morena”), que poderiam ser explicadas pela ideia de herança de mistura apresentada nesta hipótese. Neste momento da discussão, os alunos começaram a questionar a professora qual seria a ideia aceita atualmente, já que para eles a hipótese da pangênese parecia bastante correta. A professora sinalizou que isso seria discutido mais adiante, a fim de não perder o foco na discussão sobre o século XIX.

Quando tratamos das características das gêmulas e falamos da dormência, dois alunos na turma A e três da turma B fizeram uma relação entre esta característica e aquela observada durante os experimentos de Mendel. De acordo com esses alunos, a cor da ervilha verde, poderia ter sumido devido à dormência das gêmulas que lhe conferiam esta característica. Achamos interessante o modo como os alunos articularam estes conhecimentos apresentados em momentos diferentes, estabelecendo uma espécie de diálogo entre as ideias de Mendel e Darwin. Percebemos que a questão da herança da cor da ervilha foi algo que realmente chamou a atenção dos alunos, já que buscaram através das ideias de Darwin uma “solução” para o dado apresentado por Mendel. Quando a questão da reversão foi apresentada para as turmas, os alunos acharam que este tipo de explicação parecia razoável para explicar não apenas a cor da ervilha, mas também características que eles próprios observavam (algumas características presentes nos avós e não em seus pais, que eles ou irmãos apresentavam).

Alguns alunos questionaram qual era a forma das gêmulas, já que tinham a referência da dupla hélice de DNA, que é sempre apresentada quando o tema genética é abordado em jornais impressos, programas de TV e revistas. Não levamos em consideração a possibilidade deste tipo de questionamento, e este foi um aspecto interessante, levando a reflexão sobre a importância da visualização no ensino de ciências/ biologia.

Quando discutimos a questão da herança de caracteres adquiridos, os alunos apresentaram certa resistência à ideia de que Darwin e Lamarck não eram “inimigos” ou que suas ideias não eram tão diferentes quanto mostravam os livros didáticos. Acreditamos que esta dificuldade surge como produto de uma cultura escolar em que a visão de ciência é

dicotômica, existindo apenas algo que esteja totalmente certo e algo que seja totalmente errado, levando a concepções como aquelas apresentadas por Gil-Perez *et al*. (2011).

Outro momento que gerou bastante resistência e controvérsias foi aquele em que dissemos que Darwin não realizou experimentos para provar sua hipótese, apenas seu primo e que os resultados não foram favoráveis a ela. Os alunos tiveram dificuldade em entender "como um cientista não faz experimentos"? Ou ainda "como ele cria uma ideia que não é certa"? Alguns alunos afirmaram que se Darwin tivesse realizado experimentos, não "pagaria mico" ao apresentar a hipótese da pangênese. Aproveitamos para problematizar justamente esta visão de ciência infalível, do cientista gênio, discutindo que o fato de que o cientista não descobre fatos e teorias e que algumas vezes considerações tidas como equivocadas num certo momento, podem ser consideradas corretas num outro.

Como já mencionado, vimos que os alunos se empenharam mais em participar das aulas desse módulo. Houve um maior número de intervenções ao longo das aulas por parte dos alunos, nas duas turmas, para trazer alguma contribuição (mesmo que equivocada) a respeito de alguma informação sobre a vida de Darwin. O personagem Charles Darwin é muito admirado pelos alunos, sendo o cientista mais conhecido da área e dos estudantes de ciências/biologia, devido às suas contribuições para o entendimento da evolução dos seres vivos.

O uso de imagens históricas foi um fator motivador, gerando curiosidade dos alunos para ver mais trabalhos a respeito do Rio de Janeiro, corroborando os resultados já discutidos o módulo anterior. Além disso, priorizamos nesta aula o uso das imagens para suscitar as discussões, evitando o excesso de conteúdo nos slides, e na própria discussão em sala, como sugestão do grupo de pesquisa após a análise dos resultados das aulas no módulo II.

Neste módulo, surgiram novas questões referentes à cultura escolar da disciplina ciências, na mesma proporção que as discussões do módulo anterior, como o fato de tratar de um assunto que nunca havia sido trabalhado na educação básica. Ao mesmo tempo, foi interessante problematizar com os alunos as diferenças entre os modos de trabalho de Mendel e Darwin, além de lançar a questão (apenas para a reflexão dos alunos) de porque hipóteses como a pangênese não apareciam nos livros didáticos. Nenhum aluno respondeu, mas a provocação foi feita. Se por um lado construir um conjunto de aulas sobre um assunto totalmente desconhecido e inexistente na cultura escolar, sem nenhum material para referência, foi um dos maiores desafios tanto desse módulo, por outro lado estas mesmas características, permitiram com que a professora se sentisse mais à vontade ao ministrar as aulas correspondentes ao módulo, não sofrendo a influência dos anos e vícios da profissão, como ocorreu quando tratou de Gregor Mendel. Todas estas questões foram levadas ao grupo de pesquisa,

VI.6.3. Atividade – Módulo III

Para finalizar o módulo III, foi proposta uma atividade semelhante àquela aplicada no módulo II. As turmas foram divididas em grupos de 4 ou 5 alunos e estes receberam um material (Apêndice 7) formado por duas folhas, cada uma delas contendo uma questão aberta para o grupo:

- *"Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada"* – pretendíamos investigar quais ideias discutidas em sala seriam mais citadas pelos alunos, procurando investigar se além dos conceitos científicos trabalhado, as questões contextuais também apareceriam nas respostas dos alunos.
- *"Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula."* – pretendíamos observar quais aspectos trabalhados em sala de aula chamaram mais a atenção dos alunos, focando novamente atenção no fato de se os três eixos (cultural, técnico e científico) estariam presentes nessas representações.

A representação das respostas era livre, de modo que os alunos poderiam desenhar escrever um texto, um poema. Solicitamos aos alunos que quisessem poderiam fazer um desenho e explicá-lo com um texto escrito. Adotamos esse modelo pois o mesmo se apresentou bem eficiente nas atividades de sondagem e também na atividade referente ao módulo II.

Assim como no módulo anterior, a professora realizou uma discussão com cada grupo sobre as respostas dadas, entrevistando os alunos, para esclarecer as dúvidas a respeito das respostas dos mesmos. Assim como nas outras atividades, esta foi registrada em áudio e esses dados, juntamente com as anotações da professora em seu diário, foram utilizadas para auxiliar a análise dos dados. A partir das respostas dos alunos, foram elaboradas categorias para agrupar as respostas, utilizando a metodologia de análise textual discursiva de Moraes e Galiazzi (2011)

Resultados

Turma A

Foram analisadas as respostas dos quatro grupos da turma. Realizamos então a divisão entre as respostas que continham desenhos e as respostas escritas. A análise da parte escrita também considerou os textos que acompanhavam os desenhos, pois em alguns casos, não tinham relação com os mesmos, apenas complementavam a resposta dos alunos. Tanto

para os desenhos quanto para a parte escrita, foram criadas categorias relacionadas aos três eixos trabalhados durante as aulas. É importante lembrar que em uma mesma resposta, os três eixos podem estar representados, e por isso o número total de respostas analisadas pode ser diferente do número de questionários analisados.

Na questão 1, em que foi solicitado que representassem as principais ideias discutidas nas aulas do módulo III, três grupos optaram por respostas escritas e apenas um grupo utilizou o desenho com um pequeno texto explicativo.

Tabela VI.23. Respostas em desenhos – Questão 1 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada” - Desenho				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	------	------	------	-----
Eixo Científico	------	-----	-----	X
Eixo Técnico	------	-----	-----	-----

O eixo cultural e o eixo técnico não foram representados no desenho. O eixo científico foi representado por um desenho de um homem representando Charles Darwin, segurando um livro escrito na capa “Teoria da Evolução”. O grupo afirmou que fez esse desenho para representar a Teoria da Evolução e o trabalho de Darwin depois que o livro foi lançado. O texto que complementava o desenho era “Uma das principais ideias é da Teoria da Evolução”



Figura VI.20. Desenho representando Charles Darwin e a sua ideia sobre a evolução – Grupo 4 – Questão 1 – Turma A
Fonte: Dados de pesquisa

Abaixo temos a análise da parte escrita:

Tabela VI.24. Respostas em textos escritos – Questão 1 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

"Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada" - Texto				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	X	------	X	-------
Eixo Científico	------	X	X	X
Eixo Técnico	------	------	------	-------

O eixo técnico não foi representado em nenhuma resposta escrita. O eixo cultural apareceu em duas respostas escritas que mencionaram a visita de Darwin ao Brasil e a escravidão (grupos 1 e 3).

“Quando Darwin veio explorar o Brasil, ele ficou um pouco horrorizado com as coisas que ele via aqui no Rio de Janeiro. Ele viu vários escravos, sendo torturados ...”. (Turma A – Grupo 3)

O eixo científico foi representado pela teoria da evolução em uma resposta (grupo 4) e pelas características das gêmulas nas duas outras respostas (grupos 2 e 3).

“As gêmulas são geralmente transmitidas em um estado dormente durante muitas gerações para então se desenvolverem...” (Turma A – Grupo 2)

Um dos grupos defendeu que Darwin havia pintado quadros sobre o Brasil. Provavelmente uma confusão com os quadros de Earle e Martens. Durante as aulas, foi comentado que as ilustrações presentes nos livros de Darwin não eram feitas por ele, mas por um profissional que desenhava o que era pedido. Nesse momento, a professora deu exemplo do famoso desenho dos tentilhões presentes na segunda edição de Origem das Espécies. Nesta mesma resposta, os alunos fizeram menção a Fitzroy e ao seu histórico na família de suicídio. Este tema foi tratado apenas como uma curiosidade na aula, mas pelo observado, chamou a atenção do grupo.

Na questão 2, em que foi solicitado que representassem o que haviam achado mais interessante nas ideias discutidas nas aulas do módulo III, apenas um grupo utilizou desenhos e textos, os demais apenas deram respostas escritas.

Tabela VI.25. Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula.” - Desenho.				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	------	X	-----	-------
Eixo Científico	------	------	-----	-------
Eixo Técnico	------	------	------	-------

O eixo científico e o eixo técnico não foram representados nas respostas. O eixo cultural foi representado por dois desenhos na mesma resposta: um desenho representava um navio, tentando reproduzir a imagem do H.M.S. Beagle utilizada durante a aula. O outro desenho representava um escravo sendo castigado, numa tentativa de reproduzir o quadro de Debret, “Execução do Castigo de Açoite” (1820-1830), utilizado para problematizar a questão da escravidão no Brasil, no século XIX. Os dois desenhos eram acompanhados por uma legenda que explicava sobre o que se tratava o quadro. O grupo ao ser questionado a respeito das suas opções, respondeu que havia achado muito interessante a viagem de Darwin ao redor do mundo, pois ele (Darwin) havia comentado que isso mudou sua vida. Quanto à escravidão, os alunos afirmaram que desenharam o quadro, porque concordavam com Darwin sobre a escravidão ser algo horrível e que ficaram tristes por ele presenciar esse tipo de fato no Brasil. A tentativa de reprodução dos quadros apresentados em sala, reforça nossa afirmação de que o uso desse tipo de imagem histórica pode ser um fator motivador para a participação dos alunos, despertando o interesse dos mesmos e até facilitando a contextualização do conteúdo, já que os alunos conseguiram associar os quadros apresentados a suas respectivas temáticas tratadas em aula.

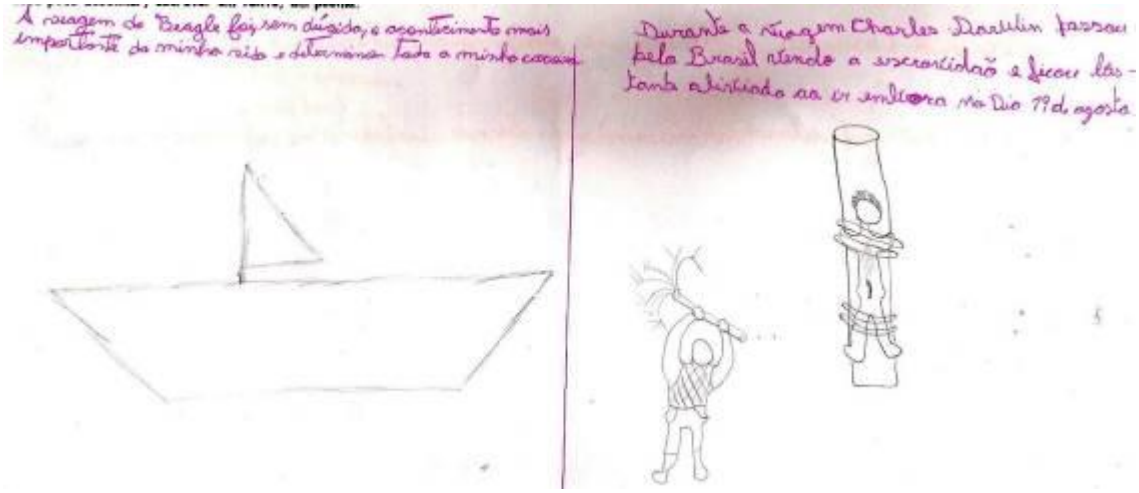


Figura VI.21. Desenho representando quadros sobre o século XIX apresentados durante as aulas – Grupo 2 – Questão 2 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

Em relação à análise da parte escrita, temos os dados abaixo:

Tabela VI.26.Respostas em textos escritos – Questão 2 – Turma A
Fonte: Dados da pesquisa

“Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula.” - Texto				
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**
Eixo Cultural	X	------	-----	X
Eixo Científico	------	------	X	X
Eixo Técnico	------	------	------	------

O eixo técnico não foi representado em nenhuma resposta escrita. O eixo cultural apareceu em duas respostas que mencionaram a viagem do Beagle como aquilo que mais chamou a atenção dos grupos durante a aula. Esses grupos (1 e 4) afirmaram que Darwin deve ter vivido muitas aventuras e conhecido locais muito bonitos, por isso a viagem deve ter sido tão importante pra ele.

O eixo científico foi representado em duas respostas. Uma dizia respeito às características das gêmulas, com enfoque no fenômeno da dormência, que segundo o grupo “explicava muito bem algumas coisas”. Quando foi pedido um exemplo, responderam: “quando, por exemplo, um filho parece mais com o pai do que com a mãe”. A outra resposta correspondente ao eixo científico, diz respeito ao experimento realizado por Galton em coelhos, para testar a hipótese da pangênese. O grupo fez uma pequena confusão, ao afirmar que foi Darwin quem fez os experimentos e não Galton.

A turma A quase não produziu desenhos neste módulo. Aqueles que foram produzidos representavam alguma pintura apresentada em sala de aula, mostrando que para a turma, esta estratégia teve um impacto considerável. A questão das características das gêmulas foi o conteúdo relacionado ao eixo científico que mais foi citado, provavelmente por dialogar com as concepções dos alunos. Aqui, como no módulo II, o eixo científico continua sendo o mais representado nas duas questões propostas, porém houve um equilíbrio maior na representação do eixo cultural, sinalizando um envolvimento maior dos alunos nesse aspecto do que no módulo anterior. O eixo técnico não foi mencionado em nenhuma das respostas, acreditamos que devido a pouca quantidade de assuntos abordados sobre este aspecto durante o módulo.

Turma B

Foram analisadas as respostas dadas pelos cinco grupos constituídos na turma B, com o mesmo padrão de análise realizado na turma A. Na questão 1, em que foi solicitado que representassem as principais ideias discutidas nas aulas, nenhum grupo representou suas respostas através de desenhos. Sendo assim, passaremos para a análise das respostas escritas:

Tabela VI.27. Respostas em textos escritos – Questão 1 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

"Faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada" - Texto					
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**	**Grupo 5**
Eixo Cultural	X	------	X	X	X
Eixo Científico	X	X	------	------	------
Eixo Técnico	------	------	------	-----	-----

O eixo cultural apareceu em quatro respostas. Dois grupos (1 e 3) falaram apenas da viagem no Beagle, como algo que marcou a vida de Darwin como cientista. O grupo 5 falou de alguns outros aspectos biográficos de Darwin, como nascimento, formação acadêmica e a razão de ter participado da viagem ao Beagle e de sua passagem pelo Brasil.

"... tinha um capitão de navio que desejava ter ao lado dele um jovem que fosse naturalista e o capitão não ia dar nada em troca por isso. E o jovem Darwin tinha na época 22 anos e topou viajar com o capitão que se chamava Fitzroy e essa viagem durou 5 anos ..." (Turma B – Grupo 5)

O grupo 4 falou da viagem no Beagle e da escravidão, citando o modo como eram tratados e relacionando a pintura de Debret ao assunto:

"*Na aula passada nos vimos uma pintura de Debret que o castigo dos escravos eram amarrados e chicoteados no meio de muitos escravos, vimos também o seu testemunho da tragédia da escravidão ..."* (Turma B – Grupo 4)

O eixo técnico não foi citado em nenhuma resposta. Já o eixo científico foi representado em duas respostas (grupos 1 e 2). Nos dois casos o destaque foi para pangênese, sendo uma delas focada novamente no fenômeno da dormência (grupo 1). O grupo 2 falou da pangênese de um modo geral, mas focando a questão da herança das variações:

"... As gêmulas de ancestrais remotos permanecem dormentes por várias gerações ..." (Turma B- Grupo 1)

"...Todos eles (as gêmulas) foram incentivados uns pelos outros, de vários jeitos diferentes, o que explicaria a origem e a herança de variações..." (Turma B- Grupo 2)

Assim como na turma A, os aspectos culturais mais citados, aparecendo nos escritos dos grupos 1,3,4 e 5, foram a viagem ao Beagle e a escravidão, mostrando que estes temas foram incorporados pelos alunos ao longo das discussões do módulo. No caso do eixo científico, a pangênese aparece como o item mais citado. Diferente da turma A, a teoria da evolução não foi citada por nenhum grupo nesta questão. O eixo técnico não foi citado em nenhuma resposta

Na questão 2, em que foi solicitado que representassem o que haviam achado mais interessante nas ideias discutidas, dois grupos (4 e 5) optaram por desenhar e complementar com um texto escrito. Apenas um grupo (2) fez o desenho sem nenhum texto e dois grupos apenas escreveram suas respostas.

Tabela VI.28. Respostas em desenhos – Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

"Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula." - Desenho					
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**	**Grupo 5**
Eixo Cultural	-----	X	------	X	X
Eixo Científico	-----	------	-----	------	------
Eixo Técnico	------	------	------	-----	-----

O eixo cultural foi representado novamente por desenhos que buscaram reproduzir os quadros apresentados em sala de aula: um grupo (2) desenhou o que seria a chegada do Beagle no Rio de Janeiro (sem texto explicativo). Os dois outros grupos (4 e 5) desenharam o quadro “Enseada de Botafogo” de Martens, ambos com os textos explicativos falando da importância da viagem e dos locais do Brasil que Darwin visitou.



Figura VI.22. Desenho representando o quadro Enseada de Botafogo, de Martens (1832) – Grupo 4 – Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

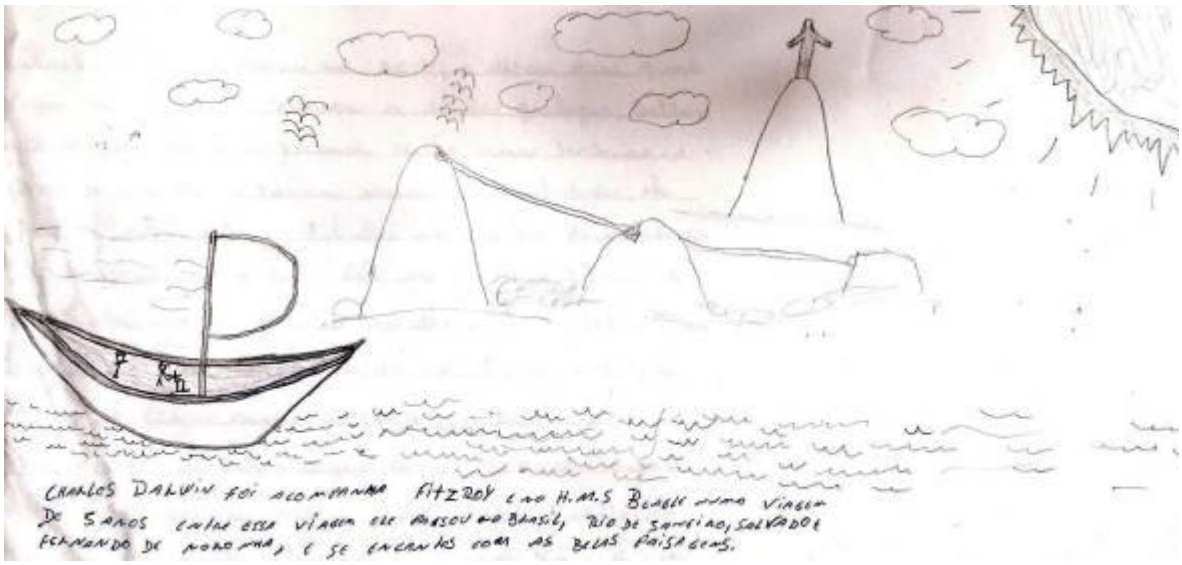


Figura VI.23. Desenho representando o quadro Enseada de Botafogo, de Martens (1832) – Grupo 5 – Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa



Figura VI. 24. Desenho representando a chegada do H.M.S. Beagle no Brasil – Grupo 2– Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

Em relação à análise da parte escrita, temos os dados abaixo:

Tabela VI.29. Respostas em textos escritos – Questão 2 – Turma B
Fonte: Dados da pesquisa

"Faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula." - Texto					
Categorias	**Grupo 1**	**Grupo 2**	**Grupo 3**	**Grupo 4**	**Grupo 5**
Eixo Cultural	X	-----	X	X	X
Eixo Científico	X	------	X	------	------
Eixo Técnico	------	------	------	-----	-----

O eixo cultural apareceu em quatro respostas escritas: os quatro grupos (1,3, 4 e 5) falaram da viagem de Darwin no Beagle, sendo que dois grupos (3 e 4) citaram também a questão da escravidão.

"... Charles Darwin deu graças a Deus de sair do Brasil por causa da escravidão ..." (Turma B – Grupo 3)

"... Diz ele que mora em frente a uma velhinha que tinha parafuso em sua casa para botar no dedo dos seus escravos …" (Turma B – Grupo 4)

Os alunos utilizaram os mesmos argumentos da turma A para justificar suas escolhas: a viagem tinha sido importante para Darwin e eles concordavam com o modo como Darwin reagiu à escravidão, porque era realmente algo horrível. O eixo técnico não foi representado, e acreditamos novamente que isso ocorreu, dentre outros motivos, porque tenha sido pouco explorado neste módulo.

O eixo científico apareceu em duas respostas (grupos 1 e 3), ambas tratando das premissas da hipótese e das características das gêmulas, como a dormência:

"...Nem todas as gêmulas presentes nos elementos sexuais que formam o ser vão se manifestar no mesmo, elas podem ficar num estado dormente …" (Turma B – Grupo 1)

"... E nem todas as gêmulas se manifestam, elas podem ficar no estado dormente, passando várias gerações, que elas podem se desenvolver. Elas podem ficar dormentes até o momento bom para elas manifestarem as suas características, as gêmulas não mudam sua identidade, só mudam em alguns casos o estado ..." (Turma B – Grupo 3)

Quando questionados a respeito da escolha para a resposta, um grupo (1) argumentou que a dormência ajudaria a explicar o que aconteceu no experimento de Mendel (em relação a cor verde das ervilhas) e o outro grupo (3) respondeu que achou interessante a explicação que Darwin deu e que "fazia sentido" para o grupo a ideia da dormência para explicar as diferenças nas características que eles viam entre si e nos familiares.

Na turma B, houve uma produção maior de desenhos do que na turma A e os desenhos representavam (assim como na turma A) alguma pintura apresentada em sala de aula, mostrando que também para esta turma, esta estratégia teve um impacto considerável. A questão das características das gêmulas foi o conteúdo relacionado ao eixo científico que mais foi citado. Aqui, diferente do módulo II e da turma A, o eixo cultural foi mais representado que o eixo científico, sinalizando que nesta turma os alunos também se envolveram mais com os aspectos culturais, sobre a viagem de Darwin e a escravidão. O eixo técnico não foi mencionado em nenhuma das respostas, acreditamos que devido a pouca quantidade de assuntos abordados sobre este aspecto durante o módulo.

Para finalizar a sequência didática, foi proposto aos alunos que elaborassem uma história em quadrinhos sobre os temas discutidos em sala de aula (Apêndice 8). As histórias deveriam conter as ideias sobre a herança de características trabalhadas durante a SD, bem como o contexto histórico apresentado durante as aulas. O objetivo desta atividade era utilizar este recurso lúdico, para tentar analisar quais aspectos trabalhados em sala de aula durante a

SD foram mais incorporados pelos alunos.

A história em quadrinhos (HQ) constitui uma forma muito interessante para expressar sentimentos e emoções em diversas faixas etárias, em especial para o segmento infanto-juvenil. Mediante sua linguagem própria, as HQs se tornaram uma das formas mais simples e diretas para a transmissão de ideias de forma lúdica (KAWAMOTO & CAMPOS, 2014; VERGUEIRO, 2004), A produção de HQs pode auxiliar no desenvolvimento da imaginação para a produção de histórias, na interação entre os estudantes, e proporcionar uma ampla visão e análise da linguagem escrita e extraverbal (PIZARRO, 2009). Além das características citadas acima, o reconhecimento dos quadrinhos como recurso didático e a necessidade de constante aprimoramento de metodologias que acompanhem o interesse dos estudantes levaram a escolha por esta estratégia na atividade proposta.

As histórias produzidas pelos alunos foram analisadas através da teoria semiótica de Umberto Eco (1973;2002). A análise preliminar destas histórias não acrescentou dados significativos a presente pesquisa, trazendo elementos já observados nas atividades anteriormente citadas e analisadas. Assim, este material demandaria uma análise mais aprofundada e detalhada que não teríamos disponível para o término desta pesquisa, por isso esses dados não foram considerados nessa pesquisa.

VI.7. Discussão

Neste item, discutiremos os principais resultados obtidos ao longo desta pesquisa, conjugando os dados obtidos com escritos e desenhos dos alunos com os registros do diário do professor.

Ao longo das aulas, os registros do diário do professor apontam que o envolvimento dos alunos foi aumentando, bem como sua participação e questionamentos durante as mesmas, o que de certa forma é corroborado pela análise dos dados coletados por áudio e vídeo. Conforme o curso foi transcorrendo, os registros de vídeo e áudio mostram que os alunos se dedicavam mais tempo à realização das atividades em sala e as discussões em grupo, o que indica maior cuidado na execução dos textos e desenhos. As perguntas que faziam ao professor durante aulas e atividades, assim como os registros das conversas dos alunos e alunas durante a realização das atividades em grupo reforçam essa consideração.

Durante a apresentação do módulo I, ocorreu o estranhamento em relação aos conteúdos apresentados. Apesar da professora-pesquisadora ter utilizado os primeiros momentos deste módulo para discutir as razões de estar trabalhando o contexto histórico-cultural em torno á produção do conhecimento científico estudado, os alunos ainda apresentavam certa resistência aos conteúdos apresentados neste módulo. Os registros do

diário e dos áudios das aulas mostraram ainda que a inserção da apresentação dos movimentos artísticos para a discussão do contexto cultural do século XIX provocou um maior envolvimento dos alunos ao longo da aula, quebrando um pouco da tensão existente no início deste módulo. Além disso, ao longo das discussões em sala de aula, registradas através de áudio, podemos perceber que a maioria dos alunos desconhecia o contexto do Brasil no século XIX, sua importância nas rotas marítimas e a produção cultural existente no país naquela época. No entanto, a ausência de material didático para auxiliar os alunos a acompanhar as aulas, foi um aspecto que pode ter favorecido a dispersão dos alunos ao longo deste módulo.

No módulo II, em que tratamos dos experimentos realizados por Mendel, foi possível identificar um envolvimento maior por parte dos alunos ao longo das aulas. Segundo as anotações do diário da professora, a utilização do material de apoio possibilitou um melhor acompanhamento da aula por parte dos alunos, evitando que perdessem o foco das discussões, na tentativa de copiar o conteúdo dos slides. De acordo com o registro das aulas em áudio, as questões relacionadas a sociedades científicas, bem como a formação acadêmica de Mendel, tópicos mais contextuais que foram trabalhados nas aulas, foram aqueles que mais chamaram a atenção dos alunos. Ainda de acordo com os resultados das atividades realizadas neste módulo, os experimentos realizados com ervilhas foi o tópico que mais apareceu nas respostas das atividades, e pareceu ter chamado bastante a atenção dos alunos. Os relatos do diário da professora apontam dois possíveis motivos: o fato do resultado do experimento ser inesperado para os alunos, ou o fato da técnica usada por Mendel ter lhes mostrado possibilidades que não haviam pensado antes. Outra questão que se sobressaiu nas discussões durante as aulas, foi o fato de Mendel ser um monge que realizava pesquisas. Segundo os registros do diário da professora e da análise dos registros de áudio durante as aulas, a questão sobre Mendel ser ou não o pai da genética parece não ter despertado o interesse dos alunos, pois não foi citada nas atividades e nem nas discussões realizadas durante as aulas.

O módulo III foi aquele que obteve envolvimento maior por parte dos alunos, de acordo com os registros de áudio realizado durante as discussões em sala de aula. A figura de Darwin exerce fascínio sobre os alunos, devido aos seus trabalhos sobre a Teoria da Evolução, conteúdo visto no sétimo ano. Segundo os registros de áudio e da análise das atividades realizadas neste módulo, os aspectos contextuais se destacaram em relação à questão científica da hipótese da pangênese. A viagem de Darwin no Beagle, sua visita ao Brasil, sua relação com a escravidão foram os que mais apareceram nas respostas e suscitaram maiores discussões entre os alunos. De acordo com as anotações do diário da professora sobre as discussões durante as aulas, a questão da escravidão casou comoção por parte dos alunos, principalmente depois que tomaram conhecimento que a região onde moram, foi uma região de comércio de escravos. Apesar de a questão contextual ter se destacado mais, a hipótese da

pangênese teve uma recepção grande por parte dos alunos, como pode ser observado através dos registros realizados pela professora ao longo das aulas. As premissas da hipótese da pangênese, como a dormência das gêmulas e a reversão de características dialogavam com as ideias dos alunos sobre a herança de características. Neste módulo, ao longo das atividades, tivemos um grande número de desenhos que buscaram reproduzir os quadros apresentados em sala de aula, principalmente aqueles que retratavam a viagem de Darwin no Beagle e a escravidão.

As atividades de sondagem também foram satisfatórias, apesar das dificuldades iniciais. Depois de entender o objetivo da atividade, os alunos passaram a interagir melhor e demonstravam se sentir valorizados, cada vez que a professora regente retomava suas ideias durante as aulas para fomentar alguma discussão ou estabelecer relações e comparações com os assuntos discutidos ao longo dos módulos. As atividades realizadas nos módulos II e III foram bem produtivas, gerando um espaço interessante para discussões a respeito da natureza do conhecimento científico. Analisando as anotações da professora e o áudio das aulas, era notável que a cada atividade os alunos se sentiam mais a vontade para expressar suas ideias e colaborando para o enriquecimento das aulas.

Apesar disso, ficou claro para nós que os alunos apresentaram dificuldades em entender a relação entre o contexto cultural e a produção do conhecimento científico. Esta dificuldade se apresentou já nas primeiras atividades da pesquisa, durante a fase exploratória, quando os alunos representavam cientistas isolados em seus laboratórios, ou expressavam ideias de que a ciência é realizada isolada das questões e demandas sociais. Ao longo da análise do registro das aulas e das atividades realizadas ao longo da SD, observamos no discurso e em algumas respostas dos alunos a permanência de algumas visões de ciência/produção do conhecimento científico apresentadas por Gil-Perez *et al.* (2001) como a visão linear a respeito da construção da ciência, os cientistas como gênios e a dificuldade de relacionar a construção dos conhecimentos científicos com as questões contextuais. Faria *et al.* (2014) chamam nossa atenção para esta dificuldade que muitas vezes é reforçada pelo ensino de ciências que não considera as questões contextuais de produção do conhecimento científico. Esta dificuldade parece estar relacionada ao fato dos alunos possuírem uma ideia fixa sobre o que esperar de uma aula de ciências, onde determinados tópicos abordados ao longo da SD, como o contexto histórico, são deixados de lado. Esse tipo de resistência foi relatado em outros trabalhos (FIUZA & GUERRA, 2014; MOURA, 2014; SCHIFFER & GUERRA, 2014), corroborando com os nossos resultados. Ao longo da pesquisa, estas questões foram debatidas no grupo de pesquisa, buscando meios para tentar superar esta dificuldade, através de exemplos para chamar a atenção dos alunos para questão contextual da produção do conhecimento científico.

Em relação à utilização da proposta adaptada dos três eixos, (GUERRA, BRAGA, REIS,

2013), esta se apresentou como um grande desafio para a professora-pesquisadora, em relação ao eixo chamado de cultural, pois é uma área cuja mesma não dominava e demandou um esforço maior de pesquisa e apropriação deste tipo de conhecimento. No eixo científico, o grande desafio foi ter contato com a introdução de um tema diferente daqueles comumente trabalhados pela professora-pesquisadora nos outros anos de magistério: hipótese da pangênese. A maior dificuldade encontrada foi buscar desenvolver uma aula sobre este tema para o ensino fundamental, levando em consideração os parâmetros e desafios abordados por Forato *et al.* (2011) como o tempo didático, o relativismo, a simplificação e as próprias características deste nível de ensino. Apesar das dificuldades apontadas, a utilização da estratégia dos três eixos, foi apontada no diário da professora como algo que contribuiu para que a abordagem contextual da ciência fosse realizada, auxiliando na seleção de conteúdos, que visavam a discussão das questões de NdC propostas pela SD. A utilização desta estratégia (três eixos) teve um efeito positivo nas turmas, proporcionando um envolvimento maior dos alunos ao longo da SD, como pode ser observado através dos registros realizados pela professora ao longo das aulas.

Tratando ainda da estratégia dos três eixos, a apresentação dos quadros representando o contexto cultural do século XIX funcionou como um elemento motivador para a participação dos alunos nas duas turmas. Segundo os registros das aulas em áudio e das anotações da professora-pesquisadora, a projeção dos quadros ao longo das aulas do módulo I apresentou-se como uma boa estratégia para quebrar a tensão e a resistência presentes naquelas aulas, aproximando mais os alunos dos conteúdos discutidos. No módulo III, quando as pinturas referentes à visita de Darwin no Brasil, os alunos se mostraram muito interessados em saber mais sobre as pinturas que retratavam a cidade do Rio de Janeiro naquela época. Além disso, observamos durante a análise das atividades do módulo III, que alguns grupos tentaram reproduzir os quadros apresentados em sala de aula, principalmente que diziam respeito à escravidão e a viagem no Beagle. Estes dados obtidos sinalizaram que os alunos conseguiram associar os quadros apresentados a suas respectivas temáticas tratadas em aula. Tais observações dialogam com Guerra, Reis e Braga (2013), quando eles afirmam que as artes podem ser usadas para expandir as discussões sobre o contexto sociocultural em que conhecimento científico foi construído e com Galili (2013) quando o pesquisador defende que o uso de elementos artísticos em aulas de ciências funciona como elemento motivador, uma vez que mantém a atenção dos alunos, podendo ser uma ferramenta eficaz para o ensino de ciências.

Em relação à elaboração da SD e as estratégias utilizadas, ficou clara a necessidade da elaboração de um material didático de apoio aos alunos para auxiliar o acompanhamento das aulas. Este material de apoio surgiria como uma estratégia para tentar diminuir as possíveis dificuldades dos alunos diante da grande quantidade de informações apresentadas

nas aulas, que são diferentes daquelas contidas no livro didático adotado. A utilização da projeção de slides foi um fator positivo, já que esta não é uma estratégia habitual na escola onde a pesquisa foi realizada, devido a falta de recursos (só há um aparelho de data show para ser compartilhado por todos os professores da unidade escolar em questão). Esta estratégia possibilita a projeção de imagens, vídeos, o que costuma despertar mais o interesse dos alunos durante as aulas. Apesar de auxiliar na dinâmica da aula, a utilização de slides engessou a narrativa, deixando-a muito linear, sem mobilidade para estabelecer relações entre os diferentes aspectos trabalhados ao longo das aulas. Quando era necessário retomar algum assunto, a professora precisava retornar todos os slides, o que atrapalhou algumas vezes o ritmo da aula, tornando-a cansativa. A elaboração de uma ferramenta que permitisse uma maior mobilidade ao longo da apresentação de slides, permitindo ir a determinado assunto e retornar de forma rápida, seria uma estratégia para superar esta dificuldade vivenciada durante as aulas.

É importante destacar que as reuniões e debates semanais com o grupo de pesquisa foram fundamentais para a análise dos dados obtidos nas aulas, possibilitando uma avaliação das aulas não restritas à professora/pesquisadora que desenvolvia as aulas. Defende-se que o debate permanente com o grupo de pesquisa ajudou a superar os obstáculos que surgiram ao longo da aplicação da SD.

Em relação à professora-pesquisadora e a abordagem utilizada ao longo da pesquisa, foram muitos os desafios e obstáculos enfrentados ao longo deste processo. Durante a construção desta SD, a utilização da abordagem dos três eixos obrigou a professora-pesquisadora a sair da “zona de conforto” da sua formação e explorar alguns conhecimentos e saberes docentes que nem sempre são construídos ao longo dos cursos de formação inicial. De acordo com Tardif (2002), todo saber implica um processo de aprendizagem e formação. No caso da apropriação dos saberes para a construção do eixo cultural, do eixo técnico e do científico foi um processo longo e difícil, mas muito importante para a sua trajetória como professora e pesquisadora. Tardif (2002) afirma ainda que os professores tem uma relação com os saberes de transmissores, mas não de produtores. Neste sentido, a produção da SD, principalmente a parte referente à pangênese, foi um dos maiores desafios desta pesquisa. Tardif (2002) afirma que a experiência provoca um efeito de retroalimentação crítica dos saberes adquiridos durante e fora a prática profissional.

Segundo Nóvoa (2002) a formação docente (inicial e continuada) deve ser centrada nas práticas e na sua análise. O professor precisa refletir sobre sua prática, analisá-la criticamente, buscando sempre a melhoria da mesma, tornando- se o que se conhece por professor reflexivo (PIMENTA, 2002). Mas para que tal pratica reflexiva se torne mais intensa, é necessário que o professor tenha condições de exercer seu trabalho e de se desenvolver profissionalmente. A inserção no grupo de pesquisa permitiu a professora-pesquisadora ter um espaço para refletir

sobre sua prática e trocar experiências, buscando, em conjunto com os demais participantes, estratégias para superar os desafios da prática docente.

VII. Considerações Finais

A presente pesquisa buscou analisar quais questões a respeito da Natureza da Ciência (NdC) poderiam ser discutidas em turmas de ensino fundamental, através da apresentação das ideias sobre a herança de características da segunda metade do século XIX. Para tal discussão, foram selecionados os trabalhos de Gregor Mendel com as ervilhas *Pisum sativum* e a hipótese da pangênese elaborada por Charles Darwin. Para a realização da pesquisa, elaboramos uma sequência didática (SD) onde procuramos abordar o episódio histórico selecionado e discutir com os alunos as questões de NdC referentes a ele. Além disso, realizamos a aplicação da sequência didática construída e análise da mesma, discutindo as suas potencialidades, limitações e desafios.

A seleção do episódio histórico permitiu a discussão das questões de NdC que surgiram a partir da revisão bibliográfica e tais questões se apresentaram pertinentes ao nível de ensino em que a pesquisa foi realizada. Assim, os elementos de NdC discutidos em sala de aula, diziam respeito principalmente a ideia da ciência como um empreendimento coletivo, permeado por questões sociais, políticas e econômicas, a tentativa de desconstruir o estereótipo de cientista presente no imaginário dos alunos e aos diferentes modos de fazer ciência (já que Darwin, por exemplo, não realizou experimentos para comprovar sua hipótese da pangênese, fornecendo um contraponto a todo trabalho experimental elaborado por Mendel). No entanto, ao longo da aplicação da SD outras questões a respeito da construção do conhecimento científico foram surgindo, fornecendo mais elementos para a análise ao longo da pesquisa.

Apesar dos desafios já narrados, podemos concluir que a aplicação do conjunto de aulas que compõem a SD foi satisfatória, uma vez que podemos perceber que o envolvimento dos alunos aumentava a cada etapa da aplicação. Apesar de resistência inicial e de suas dificuldades de escrita e leitura, os alunos participaram ativamente das atividades, trazendo questionamentos e opiniões que enriqueceram a aplicação da SD. É importante destacar, que apesar do envolvimento dos alunos e das discussões realizadas, entendemos que a mudança na concepção sobre a ciência dos estudantes a não é um processo simples, e dificilmente será alcançado somente através de uma ação pontual. No entanto, ao longo da pesquisa procuramos problematizar a questão da construção do conhecimento científico, promovendo um espaço para este tipo de reflexão.

A utilização da pesquisa-ação possibilitou a construção gradual da SD, permitindo a avaliação da sua aplicação através das discussões no grupo de pesquisa, levando em consideração os desafios e possibilidades analisados para a construção dos módulos seguintes. Além disso, a pesquisa-ação, também, permitiu a reflexão da professora-pesquisadora a respeito do processo de construção da SD, bem como de sua prática docente, a medida que analisava as aulas dadas e os questionamentos que surgiam a partir da

aplicação das atividades, tendo o grupo de pesquisa grande importância neste processo.

A opção pela utilização da estratégia dos três eixos, adaptada da proposta de Guerra, Braga e Reis (2013) se apresentou como um grande desafio para a professora-pesquisadora, mas obteve um efeito positivo nas turmas, proporcionando um envolvimento maior dos alunos ao longo da SD, demonstrando que os três eixos se apresentam como uma boa estratégia para trabalhar a ciência através de uma abordagem cultural.

Finalmente, ressaltamos a importância da realização de pesquisas futuras que investiguem a utilização de abordagens histórico-filosóficas no ensino fundamental, bem como o uso da estratégia dos três eixos em outros temas e em diferentes disciplinas e níveis de ensino, a fim de que possamos contribuir para um ensino de ciências que promova a reflexão dos alunos a respeito da ciência como uma construção social. Este tipo de percepção fornece ao aluno instrumentos para a formação de uma visão mais crítica sobre a Natureza da Ciência.

Referências bibliográficas

ABD-EL-KHALICK, F. “Teaching with and about Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains”. **Science & Education**, v. 22, p. 2087 – 2107, 2013.

ACEVEDO, J.A. “Formación del professorado de ciências y enseñanza de la naturaleza de la ciência”. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 7, n. 3, p. 653-660, 2010.

ACEVEDO DIAZ, J. A. “Enfoques Explícitos versus implícitos em la enseñanza de la naturaleza de la ciência”. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgacíon de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 355-386, 2009.

ALLCHIN, D. “Mending Mendelism”. **American Biology Teacher** 62:p. 632-639 .2000.

_____ “Scientific myth-conceptions”. **Issues and Trends**. p.329-351, 2003.

_____ “Pseudohistory and pseudoscience”. **Science & Education**, v. 13, n. 3, p. 179- 195, 2004.

_____ “Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science”. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

_____ “From Science Studies to Scientific Literacy: a view from the classroom”. **Science & Education**, 23, p. 1911 – 1932, 2014.

ALMEIDA, A. V., FALCÃO J. T. R. “As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de biologia no Brasil”. **Ciência & Educação**, v. 16, n.3, p.649-665, 2010.

AMARAL, P., GUERRA.A, “Study of heredity with historical-philosophical approach: a proposal from the students’ conceptions about the nature of science”. **Journal of Science Education**, 15, p. 215, 2014.

AMORYM, M.C., LEYSER, V. “Evolução Biológica: Implicações éticas da abordagem de conflitos de natureza religiosa em sala de aula”. **VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2009.

BARROS, C., PAULINO, W. **Ciências - O Corpo Humano - 8º Ano**. São Paulo - Editora Ática - 5ª Edição, 2012.

BARTLEY, M.M. “Darwin and domestication: studies on inheritance”. **Journal of the History of Biology**, 25: p. 307-333, 1992.

BASTOS, F. “O Ensino de Conteúdos de História e Filosofia da Ciência”. **Ciência & Educação**, v. 5, n. 1, p. 55-72, 1998.

BITTENCOURT, F. B., PRESTES, M. E. B. “Análise da disposição das informações acerca da Historia da Genética nos Livros Didáticos aprovados no PNLEM – 2007”. **V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL) IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do International Council of Associations for Science Education (ICASE).** Universidade Estadual de Londrina, 2011.

BIZZO, N. “A teoria genética de Charles Darwin e sua Oposição ao mendelismo”. **Filosofia e História da Biologia** v.3, n.3, p. 317-333, 2008.

BIZZO, N., & El-HANI, C. N. “Darwin and Mendel: Evolution and genetics”. **Journal of**

Biological Education, 43(3), p.108–114, 2009a.

_____ "O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel". **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 235-257, 2009b.

BOGDAN, R. C., BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**, Tradução: Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto, Porto Editora, 1994.

BRAGA, M., GUERRA, A. e REIS, J. C. **Breve História da Ciência Moderna**. v. 4. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

_____ "The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampère". **Science & Education** v. 21, p. 921-934, 2012.

BRANDÃO, G. O.; FERREIRA, L. B. M. "O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade". **Filosofia e história da biologia 4: Utilização de História da Biologia no Ensino Médio**. São Paulo, BOOKLINK. p. 43-64, 2009.

BRASIL. MEC. **PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**, Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2000.

BRASIL. MEC. **PCN+ – ENSINO MÉDIO. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio** Parte III - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2014: Ciências: ensino fundamental: anos finais**.– Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2013.

BROWNE, J. **Charles Darwin 1 – Viajando**- Aracati, Editora UNESP 2011.

_____ **Charles Darwin 2– O Poder do Lugar** - Aracati, Editora UNESP 2011.

BULMER, M. "The development of Francis Galton's ideas on the mechanism of heredity." **Journal of the History of Biology,** 32, p.263–292, 1999.

CAMPANILE, M.F.; LEDERMAN, N.G.; KAMPOURAKIS,K. "Mendelian Genetics as a plataform for teaching about Nature of Science and Scientific Inquiry: the value of textbooks". **Science & Education**, Disponível em http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-013-9607-4#page-1. Acesso em 28/09/2013.

CARMO, V. A.; MARTINS, L. A. C. P. "Charles Darwin, Alfred Russel Wallace e a seleção natural: um estudo comparativo". **Filosofia e História da Biologia**, 1: p.335-350, 2006.

CARNEIRO, M.H.S.; GASTAL, M.L. "História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia". **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CASTAÑEDA, L. A. **As ideias pré-mendelianas de herança e sua influência na teoria de evolução de Charles Darwin.** Campinas, 1992. Tese (Doutorado em Ciências biológicas na área de Genética) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1992.

_____ "As ideias de herança de Darwin: Suas explicações e sua importância". **Revista da SBHC**, São Paulo, v. 11, p. 67-73, 1994.

_____ "Testando uma teoria de herança: Francis Galton e os experimentos com a pangênese".

p. 202-226, in: GOLDFARB, A. M. (ed.). **O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial**. São Paulo: Educ/Fapesp, 2002.

DARWIN, C. **On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life**, 1859. Disponível em http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1859_Origin_F373.pdf. Acesso em 03/07/2014.

_____ **The variation of animals and plants under domestication**, 1868. Disponível em http://Darwinonline.org.uk/EditorialIntroductions/Freeman_VariationunderDomestication.html. Acesso em 04/09/2014.

_____ "Pangenesis.".**Nature** 3, 502–503, 1871. Disponível em http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F1751&viewtype=image&pageseq=1 Acesso em 04/09/2014.

_____ **Autobiografia**. 1809-1882. Rio de Janeiro. Contraponto, 2000.

_____ **Viagem de um naturalista ao redor do mundo. V.1 África, Brasil e Terra do Fogo**. São Paulo, LP&M, 2008.

_____ **O diário do Beagle**. Curitiba, Editora UFPR. 1ª Reimpressão. 2008.

DELIZOICOV, D.; CASTILHO, N.; CUTOLO, L.R.A.; DA ROS, M.A.; LIMA, A.M.C. "Sociogênese do Conhecimento e Pesquisa em Ensino: Contribuições a Partir do Referencial Fleckiano." **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, edição especial, p. 52-69, 2002.

DROUIN, J. M. Mendel: para os lados do jardim.In: SERRES, M. Elementos para uma história das ciências – vol. III - De Pasteur ao computador. Terramar, Portugal. p. 29-47, 1996.

ECO, U. **"O Signo"**. Tradução Maria Fátima Marinho. Ed. Presença. 1973.

_____ **Tratado Geral de Semiótica**. São Paulo. Perspectiva. 2012.

El-HANI, C. "Mendel in Genetics teaching: some contributions from history of Science and articles for teachers". **Science & Education** Disponível em http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-014-9685-y#page-1, Acesso em 17/04/2014.

FAIRBANKS, D.J., RYTTING, B. "Mendelian controversies: A botanical and historical review. American". **Journal of Botany**, v. 88, n.5, p. 737-752, 2001.

FARIA, C., FREIRE, S., GALVÃO, C., REIS, P., FIGUEIREDO, O. "Como trabalham os cientistas?": potencialidades de uma atividade de escrita para a discussão acerca da natureza da ciência nas aulas de ciências. **Ciência & Educação**, *20*(1), 1-22, 2014.

FERRARI, N.; SCHEID, N. M.J. "Pangênese e teoria cromossômica da herança: a persistência de ideias?" **Filosofia e História da Biologia** v.3, n.3, p. 305-316, 2008.

FIORIN, F.G. Mendel: Pai da Genética ou um membro de uma tradição de pesquisa? 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, 2013.

FIUZA, L. GUERRA, A. ‘‘Controvérsias históricas em torno a ideia de natureza: atividades com imagens." **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, 16, 2,125-145, 2014.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. "Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula". **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, p. 1, p. 27-59, 2011.

FREIRE-MAIA, N. **Gregor Mendel: vida e obra**. São Paulo:T. A. Queiroz, 1995.

GALILI, I. “Promotion of content cultural knowledge through the use of the history and philosophy of science”. **Science & Education**, 21(9), p. 1283–1316, 2011.

_____ “On the power of fine arts pictorial imagery in science education”. **Science & Education**, v. 22, p. 1911 – 1938, 2013.

GALTON, F. “Experiments in pangenesis, by breeding from rabbits of a pure variety, into whose circulation blood taken from other varieties had previously been largely transfused.” **Proceedings of the Royal Society of London**, 19, p. 393-410, 1871. Disponível em: http://www.galton.org/bib/JournalItem.aspx_action= view_id= 46, Acesso em 27/08/2013.

GIL-PERÉZ, D., FERNÁNDEZ, I., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 2006.

GOMBRICH, E. H. **A História da Arte**. Tradução de Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

GUERRA, A., BRAGA, M. “The Name of the Rose: a path to discuss the Birth of Modern Science”, **Science & Education**, v. 23, p. 643-654, 2014.

GUERRA A., REIS, J.C., BRAGA, M.A. “Uma abordagem Histórico-Filosófica para o Eletromagnetismo no Ensino Médio”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n.2, p. 224-248, 2004.

GUERRA, A.; BRAGA, M., REIS, J. C. “History, Philosophy, and Science in a Social Perspective: A Pedagogical Project”. **Science Education**. v. 22, p. 1485-1503, 2013.

_____ “History and Philosophy of Science through Three Axes: A Case in Modern Physics”. **Proceedings of 12th Biennal Conference International History, Philosophy, Science Teaching group**, Pittsburgh, EUA, 2013.

HOBSBAWM, E. **A era do Capital (1848-1875)** , São Paulo, Editora Paz e Terra, 2012.

HOLTERHOFF, K. “The History and Reception of Charles Darwin’s Hypothesis of Pangenesis.” **Journal of the History of Biology**, online first 26/02/ 2014.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. “Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles.” **Science & Education**, v. 20, n. 3, 293-316, 2011.

IRZIK, G; NOLA, R. “A family resemblance approach to the nature of science for science education.” **Science & Education**, 20, 591 -607, 2011.

KAMPOURAKIS, K. “Mendel and the Path to Genetics: Portraying Science as a Social Process”. **Science & Education**, v. 22, n. 2 p. 293 – 324, 2013.

KAMPOURAKIS, K. McCOMAS, W.F. “Charles Darwin and evolution: illustrating human aspects of science”. **Science & Education**, 19 (6-8) p. 637-654, 2010.

KAWAMOTO, E.M.; CAMPOS, L. M. L. “Histórias em quadrinhos como recurso didático para o ensino do corpo humano em anos iniciais do Ensino Fundamental”. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 1, p. 147-158, 2014.

LEDERMAN, N. G. “Nature of science: past, present, and future.” In S. K. Abell, & N.G.Lederman (Eds.), **Handbook of research on science education** (pp. 831–880). Mahwah, NJ :Lawrence Erlbaum Associates, 2007.

LEITE, R. C.M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. “A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana”. **Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** 1 (2): 97-108, 2001.

LIU, Y. “A new perspective on Darwin’s Pangenesis.” **Biological Reviews** 83 p.141–149, 2008.

LOPES, A. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano,** Rio de Janeiro: EDUERJ, 1999.

_____ **Políticas de integração curricular**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2008.

LORENZANO, P. “Hacia una reconstrucción estructural de La genética clássica y de sus relaciones con el mendelismo”. **Episteme**. v.3, n.5 p.89 -117, 1998.

_____ “Filosofia diacrónica de la ciencia: el caso de la genética clássica”. **Filosofia e História da Biologia** v.2, p. 369-392, 2007.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 2ª Edição, 2013

MANSIORINI, M. (2010). **Ver pelo Desenho - aspectos técnicos, cognitivos, comunicativos**. Lisboa. Edições 70.

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

MARTINS, A.F.P. “História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, A.F.P., RYDER, J. “Há realmente um consenso acerca da Natureza da Ciência no Ensino de Ciências?” **XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física** – Maresias. p.1-8 , 2014.

MARTINS, L.A.C.P. “A história da ciência e o ensino de Biologia”. **Ciência e Ensino**, n. 5, p. 18-21, 1998.

_____ “Bateson e o Programa de Pesquisa Mendeliano”. **Episteme**. n. 14 p.27-55, 2002.

_____ “August Weismann e evolução: os diferentes níveis de seleção”. **Revista da SBHC**, [série 2] 1 (1): 53-74, 2003.

_____” O papel do núcleo na herança (1870-1900), um estudo de caso: A teoria dos idioblastos de O. Hertwig”. **Filosofia e História da Biologia** v.6, n.2, p. 269-290, 2011.

MARTINS, L.A.C.P; BRITO, A.P.O.P.M. “A História e o Ensino da Genética e Evolução no nível Médio: um estudo de caso”. In: SILVA, C.C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p.245-264.

MARTINS, R.A. “Introdução: a história das ciências e seus usos na educação”. In: SILVA, C.C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. xvii- xxx.

_____ “A origem dos pombos domésticos na estratégia argumentativa de Charles Darwin”. **Filosofia e História da Biologia** v.7, n.1, p. 91-116, 2012.

MATTHEWS, M.R. “História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação.” **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

_____ “Science, Worldviews and Education: an introduction”. **Science & Education** 18 (6), p. 641-666, 2009.

McCOMAS, W. F. “Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science”. **Science & Education**, v. 17, p. 249-263, 2008.

_____ “Darwin’s invention: inheritance & the “mad dream” of pangenesis”. **The American Biology Teacher**, Vol. 74, no.2, p.86–91, 2012a.

_____ “Darwin's Error: Using the Story of Pangenesis to Illustrate Aspects of Nature of Science in the Classroom”. **The American Biology Teacher**, Vol. 74, no. 3, p. 151–156, 2012b.

McCOMAS, W.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. “The nature of science in science education: an introduction.” **Science & Education**. 7: p.511-532, 1998

MENDEL, G. “Experiments in plant hybridization”. **Brünn Natural History Society**. Brünn, 1865. Disponível em Disponível em: www.mendelweb.org/mwger.text.html. Acessado em 04/09/2013.

MORAES, R. “Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva.” **Ciência & Educação**. (Bauru), Bauru, v. 9, n. 2, 2003

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva** -2ª Edição- Ijuí, Editora Unijuí, 2011.

MOURA, C. **Discutindo a Natureza da Ciência no Ensino Médio: um caminho a partir do desenvolvimento dos modelos atômicos**. 2014. Dissertação de Mestrado – CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2014.

NOGLER, G. A. “The lesser-known Mendel: his experiments on Hieracium”. **Genetics** 172 (2) p.1-6, 2006.

NÓVOA, António. “O espaço público da educação: Imagens, narrativas e dilemas”. In **Espaços de Educação, Tempos de Formação**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p. 237-263. 2002

OLBY, Robert C. “Mendel no Mendelian?”. **History of Science**, n. 17. New York, 1979

OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R., DUSCHL, R. “What ‘‘Ideas-about-Science’’ Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community”. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40 n. 7, p. 692-720, 2003.

OKI, M. C. M. “Controvérsias sobre o atomismo no século XIX”. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p.1072-1082, 2009.

OREL, V., PEASLEE, M.H. “Mendel’s Research Legacy in the Broader Historical

Network". **Science & Education**, disponível em: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-013-9627-0, 2013. Acesso em 24/08/2014.

OREL, V., WOOD, R.J. ‘‘Scientific Animal Breeding in Moravia Before and After the Discovery of Mendel’s Theory.’’ **Quarterly Review of Biology** 75: 149–57, 2000.

PETERSON, E.L. KAMPOURAKIS, K. “The Paradigmatic Mendel at the Sesquicentennial of ‘‘Versuche u¨ber Pflantzen-Hybriden’’: Introduction to the Thematic Issue.” **Science & Education** Disponível em: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-014-9722-x, Acesso em 24/08/ 2014.

PIMENTA, S. G. Professor reflexivo: construindo uma crítica. In: PIMENTA, S. G.; GHERDIN, E. **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2002.

PIZARRO, M. V. **Histórias em quadrinhos e o ensino de ciências nas séries iniciais: estabelecendo relações para o ensino de conteúdos curriculares procedimentais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

POLIZELLO, A. “Modelos microscópicos de herança no Século XIX: a teoria das estirpes de Francis Galton.” **Filosofia e História da Biologia**. v.3, n.3, p. 41-54, 2008.

_____ “O desenvolvimento das ideias de herança de Francis Galton: 1865-1897”. **Filosofia e História da Biologia** v. 6, n. 1, p. 1-17, 2011.

RHEINBERHER, H.J. “Heredity and its entities around 1900”. **Studies in History and Philosophy of Science** (39) .p.370–374, 2008.

SANDLER,I. “Development: Mendel’s legacy to Genetics”. **Genetics**, 154, p.7–11, 2000.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Melhoramentos, 2005.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. “Metodologias de Pesquisa no Ensino de Ciências na América Latina: como pesquisamos na década de 2000.” **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 15-33, 2013.

SCHIFFER; GUERRA, “Electricity and Vital Force: discussing the nature of Science through a historical narrative”. **Science & Education**, Disponível em http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-014-9718-6#page-1, Acesso em : 29/08/2014.

SMITH, M.U., GERICKE, N.M. “Mendel in the Modern Classroom”. **Science & Education** Disponível em http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-013-9629-y, Acesso em 28/07/ 2013.

SMOCOVITIS, V.B. **Unifying Biology: the evolutionary synthesis and evolution biology**. Princeton: Princeton University, 1996.

SOUZA, M.S. **Escavando o passado da cidade: histórica política da Cidade de Duque de Caxias**. Duque de Caxias, APPH-CLIO, 2014.

TARDIF, M. **Saberes Docentes e Formação Profissional**. 2ª edição. Petrópolis: Vozes, 2002.

TAYLOR, J. **A Viagem do Beagle –** A extraordinária aventura de Darwin a bordo do famoso navio de pesquisa do Capitão FitzRoy, São Paulo, Edusp, 2009.

THEUNISSEN, Bert. “Darwin and his pigeons: the analogy between artificial and natural selection revisited”. **Journal of the History of Biology**, 45: p.179-212, 2012.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 7. ed. São Paulo: Cortez , 2011.

VÁZQUEZ-ALONSO, Á., MANASSERO-MAS, Ma.A. ACEVEDO-DÍAZ, J.A. & ACEVEDO-ROMERO, P. “Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade”. **Química Nova Na Escola**, n. 27, p.34-50, 2008.

VERGUEIRO, W. **Como usar histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Contexto, 2004.

WESTERLUND, J., FAIRBANKS, D. J.. “Gregor Mendel and ‘‘myth-conceptions’’. **Science Education**, 88, 754–758, 2004.

WHINTER, R. “Darwin on Variation and Heredity”. **Journal of the History of Biology** 33: p. 425–455, 2000

_____ “August Weismann on germ-plasm variation.” **Journal of the History of Biology**, 34, p. 517–555, 2001.

WOOD, R. J., OREL, V. “Scientific breeding in central Europe during the early nineteenth century: Background to Mendel’s later work”. **Journal of the History of Biology**, 38, p. 239–272, 2005.

Apêndices

Apêndice I – Questionário da Sondagem – Produção do Conhecimento Científico

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências
Aluno(a): _____ Turma:

ATIVIDADE 1 : PENSANDO NA CIÊNCIA

Olá querido(a) aluno(a)! Durante o oitavo ano vamos estudar o corpo humano. Mas antes disso, vamos pensar um pouco sobre como todo o este conhecimento a respeito do nosso corpo e dos demais componentes do planeta foram construídos.

1) Como você acha que este tipo de conhecimento presente nos livros didáticos e nas aulas de Ciências é produzido?

2) A Biologia é uma ciência que estuda os seres vivos. Existem várias outras ciências como Química, Física, Astronomia, Geografia. Como você definiria o que significa Ciência?

3) No espaço abaixo, faça uma representação sobre quem você acha que produz a Ciência? Este tipo de representação é livre: você pode desenhar, escrever um texto, um poema.

Apêndice II – Texto sobre Ligre

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências
Aluno(a): _____ Turma:

ATIVIDADE 3 : PENSANDO NA HERANÇA DE CARACTERISTICAS

Olá querido(a) aluno(a)! Em nossas últimas aulas, discutimos nossas ideias sobre o conhecimento cientifico que temos acesso na escola. Na aula de hoje, vamos iniciar uma discussão sobre um assunto que interessa muita gente: a herança de características. Vamos ver a reportagem abaixo:

Guinness elege "ligre" de 418kg e 3m de comprimento o maior felino do mundo
Filho de um leão e de uma tigresa, animal vive em reserva na Carolina do Sul, nos EUA
Globo Rural On-line



Foto: Divulgação/Guinness World Records

Hércules acaba de entrar para o famoso Livro dos Recordes. Filho de um leão e de uma tigresa, o animal, chamado de "ligre", foi eleito o maior felino do mundo pelo Guinness Book of World Records, edição 2014. Com 418 quilos e 3,3 metros de comprimento, Hércules vive na reserva Myrtle Beach Safari, na Carolina do Sul, nos Estados Unidos. O tamanho e o peso de Hercules, considerados muito acima do normal para um felino, têm explicação. Bichos do tipo "ligre" podem adquirir o dobro do tamanho de seus pais e pesar cerca de 100 vezes mais do que um gatinho doméstico, que tem em média 4 quilos.



Você já ouviu falar do Ligre?
O **ligre ou liger** (*leão + tigre*) é um híbrido entre um leão e uma tigresa. Na sua opinião, o que é um híbrido?

_____
_____
_____
Vamos ver a definição de Híbrido no dicionário:

híbrido

Vejamos algumas curiosidades sobre o Ligre:

- ✓ O ligre, como indivíduo híbrido, tem características independentes das espécies que deram origem a ele (tigre e leoa), como se fosse uma terceira espécie sem futuro. Além de ter listras e juba, como se espera de uma mescla de tigre com leão, observam-se um tamanho maior e um comportamento distinto do das espécies que o geraram;
- ✓ O ligre não existe na natureza, pois os tigres vivem nas florestas asiáticas e leões na savana africana. Mas quando estes animais se encontram em zoológicos eles podem cruzar e tem compatibilidade genética suficiente para gerá-lo;
- ✓ Apesar de ser extremamente poderoso é bem possível que o ligre não conseguisse sobreviver na natureza justamente por causa de suas proporções colossais. Ele não consegue correr tão rápido ou mesmo ter a mesma resistência que um leão.

Apêndice III – Questionário da Sondagem – Herança de Características

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências Turma:
GRUPO ____: _____
_____
_____

ATIVIDADE 4 : PENSANDO NA HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS

Olá querido(a) aluno(a)! Em nossa última aula, Conhecemos o Hércules, um libre, animal híbrido e discutimos como poderia acontecer a herança de características neste caso. Hoje vamos realizar uma atividade, ainda falando da herança de características em grupo.

- Forme um grupo de _____ pessoas
- O grupo deve elaborar respostas para as questões abaixo, baseando-se nas discussões

1) Como o grupo acha que ocorre a herança de características nos seres humanos? Explique sua resposta.

_____
_____
_____
_____

2) O grupo acha que existe alguma estrutura no nosso corpo responsável pela definição das características vamos herdar? Explique sua resposta.

_____
_____
_____
_____

3) A partir das respostas das questões 1 e 2 , o grupo deve elaborar um modo de demonstrar sua ideia a respeito da herança de características.

Apêndice IV – Material de Apoio – Módulo II – Experimentos com *Pisum sativum*

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências Turma:
Aluno(a):_____

HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS I: EXPERIMENTOS COM PISUM SATIVUM

Olá querido aluno (a)! Nas nossas aulas deste bimestre fizemos varias atividades sobre o tema **Hereditariedade**. Um tema que sempre chama a atenção de todos, e é sempre muito comentado na televisão, nos filmes, jornais, revistas, livros e nas nossas conversas do dia a dia. Aposto que você já fez alguma dessas perguntas abaixo:

- Por que nascemos com características semelhantes aos nossos pais?
- Por que algumas características dos nossos pais não estão presentes em nós?
- Por que sou parecido (ou não) com meus irmãos?
- Se meus pais tem uma doença, eu posso nascer com ela?
- Quais mecanismos estão por trás deste processo de herança de características?

Uma das características fundamentais de um ser vivo é _____ _____, originando novos organismos. A **Genética** é _____ _____ _____ _____



Ao longo da história da humanidade, várias hipóteses foram elaboradas na tentativa de explicar como tal processo ocorria. Hoje vamos conhecer um pouco da história da hereditariedade e discutir aspectos importantes sobre a construção histórica das ideias sobre o tema... Vamos lá?

1- Gregor Mendel

Antes de começar a falar sobre este personagem da história da hereditariedade, responda: Você conhece algo a respeito de Gregor Mendel? Se sim, o que você sabe sobre ele?

_____
_____

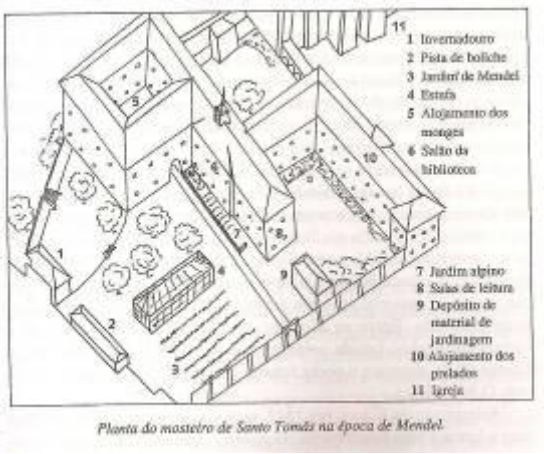
Johann Mendel nasceu em 1822, numa aldeia chamada Heinzendorf, na Morávia, no antigo Império Austro-húngaro, hoje uma das regiões da República Tcheca. Mendel, portanto, nasceu no Século XIX. Na aula passada discutimos alguns eventos e mudanças que aconteceram nesta época. Você se lembra de algum deles? Escreva no espaço abaixo:

_____
_____

Seus pais possuíam uma pequena propriedade e cuidavam de um pomar. Aos 18 anos de idade, se matriculou no Instituto Filosófico da Universidade de Olmütz, onde estudou filosofia, latim, filosofia grega, matemática, física, religiões, história e história natural.

Em 1843, ingressou como noviço no Mosteiro de Santo Tomás, em Brünn, região da Morávia, onde aliou os estudos teológicos à participação em cursos sobre agricultura, arboricultura e vinicultura. O monastério foi um centro intelectual importante no Século XIX,

_____
_____
_____
_____



Planta do mosteiro de Santo Tomás na época de Mendel.

Mendel teve como mentor o abade Napp, que manifestava grande interesse pela agricultura e pelas ciências naturais, sendo membro de diversas sociedades cientificas da época; **Mas, o que é uma sociedade cientifica???**

_____
_____

Mendel foi para a Universidade de Viena, no período de 1851 a 1853, onde teve contato com diversos pesquisadores da época, estudando

_____
_____

Mendel participou de várias sociedades cientificas e realizou experimentos diversos, com diferentes tipos de plantas. O abade Napp construiu uma estufa para que Mendel pudesse dar prosseguimento aos seus experimentos sobre Botânica.

_____
_____

Para que serve uma estufa?

_____
_____

2- O Trabalho Experimental de Mendel

Na segunda metade do século XIX, dentre as principais questões dos cultivadores de plantas e criadores de animais, estava a possibilidade de se criar novas variedades de plantas e raças de animais que fossem estáveis. Uma das ideias correntes na época era que

_____
_____
_____.O **hibridismo,**
_____
_____
_____

era um procedimento comum para a produção de novas formas e também para a investigação científica;

Mendel cresceu em uma região agrícola, que sofria transformações sociais importantes devido a Revolução Industrial. Os ricos proprietários rurais pretendiam aumentar seus lucros e, por isso, incentivavam a formação de associações para discutir e aprimorar técnicas de cultivo de plantas e de animais. Mendel teria sido compelido a investigar a questão dos híbridos **por demandas econômicas de produtores locais da Morávia e também por razões acadêmicas:** sua pesquisa pretendia

_____
_____

Historicamente, a pesquisa mais importante de Mendel refere-se aos experimentos realizados com o cruzamento de ervilhas da espécie *Pisum sativum*. Esta espécie de ervilha já havia sido usada em experimentos de outros cientistas. Mendel restringiu seu trabalho ao estudo das ervilhas, já que estas plantas atendiam aos seguintes critérios:

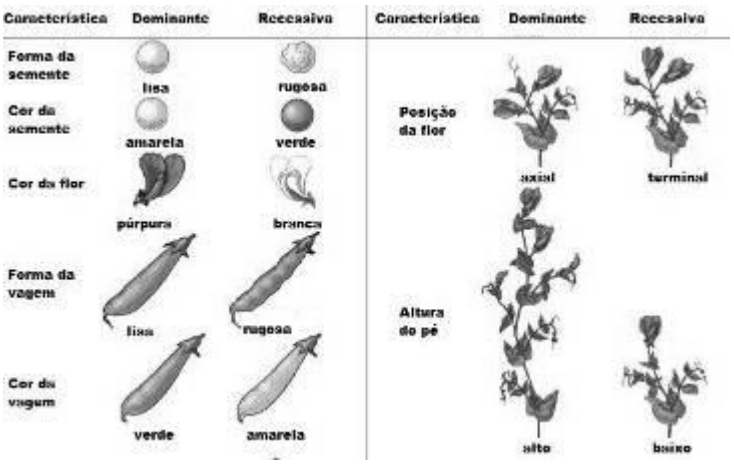
"*De início, nossa atenção especial foi dedicada à Leguminosae por conta de sua peculiar estrutura floral. As experiências que foram feitas com vários membros desta família levaram ao*

resultado de que o gênero Pisum possui as qualificações necessárias. Algumas formas completamente distintas deste gênero possuem características que são constantes e capazes de serem diferenciados de modo fácil e seguro, e quando seus híbridos são mutuamente cruzados, produzem progênie perfeitamente fértil. Além disso, raramente ocorrem distúrbios por pólen estranho, uma vez que os órgãos de fertilização estão intimamente protegidos dentro da carena e as anteras se rompem no interior do botão, de modo que o estigma fica coberta com pólen, mesmo antes da abertura da flor. Esta circunstância é especialmente importante. Como vantagens adicionais vale a pena mencionar, não pode ser citada a cultura fácil dessas plantas no campo aberto e em vasos, e também a sua relativamente curta período de crescimento."

MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1866.

Quais foram os critérios utilizados por Mendel para escolher *Pisum sativum* como modelo de seus experimentos?

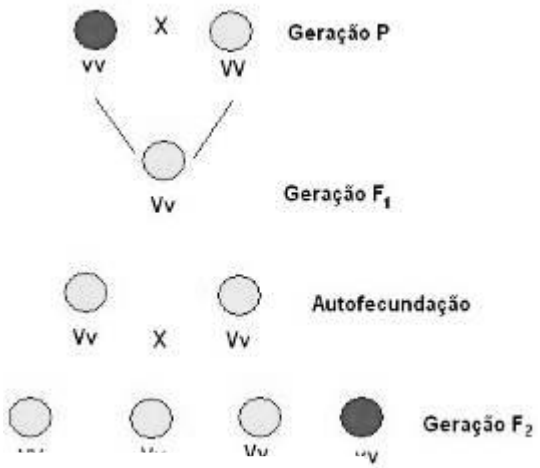
_____
_____
_____
_____
_____
_____



Os experimentos de Mendel em Hibridização de Plantas - O objetivo de Mendel era verificar como podiam ser transmitidas aos descendentes as características que diferiam nos progenitores, em sucessivas gerações; Mendel analisou a herança de sete características selecionadas;

"A finalidade da experiência era observar essas variações para cada par de caracteres diferenciais e induzir a lei segundo a qual aquelas aparecem nas gerações sucessivas"
MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1866.

Observe a figura e responda: **Que conclusões podemos chegar a respeito deste experimento?**



_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Observe agora a descrição de Mendel sobre os resultados dos seus experimentos.

"*Em cada um dos sete cruzamentos, os caracteres dos híbridos se assemelham, de maneira tão precisa, ao de uma das formas parentais, que o outro escapa completamente a observação, ou não pode ser verificado com certeza. Essa circunstância é muito importante na determinação e classificação das formas sob as quais aparece a descendência dos híbridos. Daqui por diante, neste trabalho, os caracteres que forem transmitidos íntegros ou quase inalterados na*

hibridação, constituindo, por isto mesmo, os caracteres do híbrido são chamados de dominantes, e os que ficarem latentes no processo, de recessivos. A expressão "recessivo" foi escolhida porque os caracteres assim designados retrocedem ou desaparecem inteiramente nos híbridos, reaparecendo, no entanto, sem modificações, na sua progênie, como se mostrará depois. "

MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1866.

O que Mendel considera como caracteres dominantes? E como caracteres recessivos?

_____

_____

_____

Mendel realizou o cruzamento de plantas que diferiam em duas características, utilizando aquelas sete características vistas anteriormente. Mendel obteve 556 sementes de 15 plantas:

- 315 exibiram as duas características dominantes,
- 101 exibiram uma característica dominante e uma recessiva,
- 108 exibiu a outra característica dominante e a outra característica recessiva
- 32 apresentaram as duas características recessivas.

Que conclusões podemos chegar a respeito deste experimento?

_____

_____

Observe agora a descrição de Mendel sobre os resultados dos seus experimentos.

"*Fica demonstrado, ao mesmo tempo, que o comportamento de cada par de caracteres diferenciais em união híbrida é independente das outras diferenças existentes nas plantas progenitoras."*

MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1866.

3–Mendel Pai da Genética?

Em 8 de março de 1865, Mendel apresentou um trabalho à Sociedade de História Natural de Brünn e publicou seus resultados em um artigo em 1866 nos Anais da Sociedade de Pesquisa em Ciências Naturais de Brünn Seu artigo foi lido por diversos cientistas da época e foi citado em livros e artigos sobre hibridação.

Mendel, através de seus estudos estatísticos, apenas encontrou evidencias de que, no caso das ervilhas do gênero *Pisum*, a herança de híbridos seguia alguns padrões. Ele realizou experimentos com outros tipos de plantas e não obteve os mesmos padrões.

Os trabalhos de Mendel ficaram conhecidos como as leis de Mendel, mas o próprio Mendel não fala de leis e estas sequer aparecem no seu artigo de 1866. Tinha o interesse de entender o mecanismo de hibridização das plantas. Mendel não descobriu as leis que lhe são atribuídas, mas foi capaz de observar as consequências dos experimentos graças ao excelente procedimento experimental.

Além disso, é comum encontrar em livros didáticos que Mendel trabalhou de forma isolada e que seus trabalhos foram esquecidos. Mendel não realizou seus experimentos de forma isolada, ele estava em contato com várias associações cientificas e mantinha contato com vários cientistas. Em seu artigo, Mendel não fala de elementos de hereditariedade (como genes), mas sim de características visíveis e são essas características que ele classifica como dominantes ou recessivas.

Havia um grande número de pesquisadores que estavam interessados no estudo da hereditariedade, na mesma época de Mendel. Entre eles podemos citar Charles Darwin, que elaborou uma hipótese chamada de **Pangênese** ... Mas este será um assunto para a próxima aula... Aguarde!!!

Apêndice V – Atividade – Módulo II – Experimentos com *Pisum sativum*

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências Turma:
Grupo:_____
_____
_____

HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS I: EXPERIMENTOS COM PISUM SATIVUM

1) No espaço abaixo, faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada. Este tipo de representação é livre: você pode desenhar escrever um texto, um poema.

2) No espaço abaixo, faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula. Este tipo de representação é livre: você pode desenhar, escrever um texto, um poema.

Apêndice VI – Material de Apoio – Módulo III – Pangênese

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências Turma:
Aluno(a):_____

HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS II: PANGÊNESE

Na aula passada começamos a conhecer um pouco sobre as ideias de hereditariedade presentes no Século XIX. Conhecemos os trabalhos de Gregor Mendel e discutimos os equívocos a respeito do seu trabalho presente nos livros didático (inclusive no de vocês). Você se lembra do que foi discutido na aula passada?

_____
_____
_____



Hoje vamos conhecer a hipótese da Pangênese, que foi proposta por Charles Darwin, nos meados do Século XIX.

1- Charles Darwin

Antes de começar a falar sobre a pangênse, responda: Você conhece algo a respeito de Charles Darwin? Se sim, o que você sabe sobre ele?

_____
_____

Charles Darwin nasceu em 1809 na Inglaterra, em uma família próspera e culta. Desde cedo tinha interesse pela História Natural, assistindo vários cursos e estabelecendo contato com professores de geologia, botânica, zoologia.

Em seu último ano em Cambridge (onde cursava artes) tomou conhecimento de que o almirantado britânico pretendia enviar seus navios numa viagem de volta ao mundo, com o intuito de realizar algumas medições geográficas de auxílio a navegação. FitzRoy, o capitão do navio, desejava ter a bordo um naturalista que se dispusesse a acompanha-lo sem receber nada por isso. Em 1831, o jovem naturalista Charles Darwin, com então 22 anos, embarca naquela que seria a viagem da sua vida. A viagem do H.M.S. Beagle durou 5 anos (1831-1836).



"*A viagem do Beagle foi, sem dúvida, o acontecimento mais importante da minha vida e determinou toda a minha carreira (...) Fui levado a prestar uma atenção rigorosa a vários ramos da história natural e, com isso, aprimorei minha capacidade de observação, embora ela já estivesse bastante desenvolvida"*

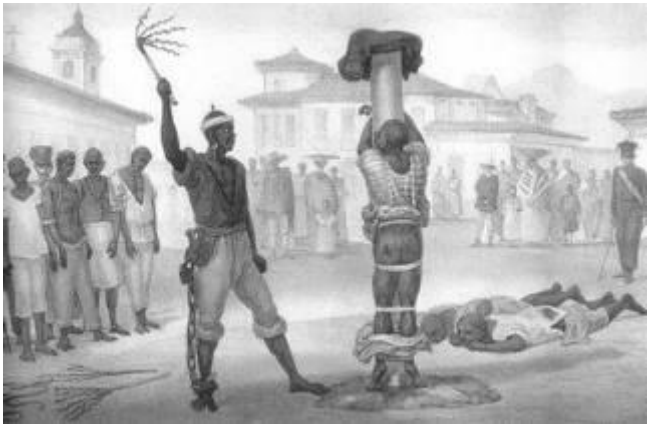
DARWIN, C. Autobiografia.

Durante a viagem a bordo do Beagle, Darwin passou pelo Brasil, visitando Fernando de Noronha, Salvador e Rio de Janeiro. Se encantou com as belezas naturais do país:

"Durante todo o resto de minha permanência no Rio residi em uma quinta na enseada de Botafogo. Era impossível desejar-se coisa mais deliciosa do que passar assim algumas semanas num país tão magnífico. Na Inglaterra, qualquer pessoa amiga a história natural sempre tem, nos passeios, alguma coisa que lhe atraia a atenção; mas aqui, na fertilidade de

um clima como este, são tantos os atrativos que não se pode nem mesmo dar um passo sem lamentar a perda de uma novidade qualquer..."

E testemunhou a tragédia da escravidão:
"No dia 19 de agosto deixamos finalmente o Brasil. Dou graças a Deus, e espero nunca mais visitar um país de escravos(...) No Rio de Janeiro, morei em frente a uma velha senhora que possuía parafusos para comprimir os dedos de suas escravas. Estive numa casa onde um jovem mulato sofria, diariamente e a cada hora, aviltamentos, castigos e perseguições suficientes para despedaçar o espírito mesmo do animal mais desgraçado"



3- Teoria da evolução: Seleção natural

Após retornar a Inglaterra, Darwin procurou organizar as inúmeras amostras coletadas, as anotações no seu diário. A observação da grande diversidade de animais, plantas coletados, o fez refletir sobre a ideia de mundo em transformação.

Reunindo suas observações da viagem, mais aquela realizada com criadores de animais domesticados, que realizavam cruzamentos para obter características desejadas e a leitura de Um ensaio sobre a população de Thomas Malthus , Darwin começou a pensar que a_____
_____
_____ Os indivíduos mais aptos tenderiam a sobreviver, e os menos aptos, a morrer deixando pouco ou nenhum descendente. Darwin defendia uma transformação lenta e gradual de todas as espécies da Terra. Estas ideias geraram muitos debates e levaram ao rompimento do pensamento da supremacia humana diante dos outros seres vivos.

4- Hipótese da Pangênese

A publicação de A Origem das Espécies (Darwin 1859) colocou o estudo da hereditariedade no centro do pensamento biológico. Faltava à Teoria da Seleção Natural, uma teoria complementar da hereditariedade, o que explicaria a origem e herança de variações. O próprio Charles Darwin, assim como outros estudiosos tentaram desenvolver teorias da hereditariedade sob uma perspectiva evolutiva, e todos eles foram influenciados uns pelos outros, de várias maneiras.

Para tentar responder essas questões, Darwin elabora a hipótese da Pangênese que é apresentada no livro *The Variation of animals and plants under domestication* , de 1868. Esta não é uma nova, Darwin vai buscar o termo pangênese nas ideias de Aristóteles.

A hipótese da Pangênese admitia a existência de **gêmulas**:
_____
_____
_____
_____

O sêmen ou sementes reprodutivas seriam formados de minúsculas partículas provenientes de todas as partes do corpo. Darwin não fazia distinção entre células somáticas e reprodutivas, vale a pena lembrar que a Teoria Celular ainda não havia sido estabelecida.

5- Hipótese da pangênese: PREMISSAS

1 -

_____

“ É universalmente admitido que as células ou unidades do corpo aumentam por auto-divisão ou proliferação, retendo a mesma natureza, e essas unidades posteriormente se convertem em vários tecidos e substancias do corpo. “

2 -

_____

“ Eu assumo que as unidades expelem grânulos que são dispersos através do sistema quando suplementados por nutriente próprio, multiplicam-se por auto-divisão e são posteriormente desenvolvidos dentro das unidades como aquela de que originalmente derivaram, Esses grânulos podem ser chamados de ***gêmulas.*** *“*

3- As gêmulas crescem, multiplicam-se e agregam-se;

4- As gêmulas de todas as partes do sistema reúnem-se e constituem os elementos sexuais, que quando se unirem formaram um novo ser;

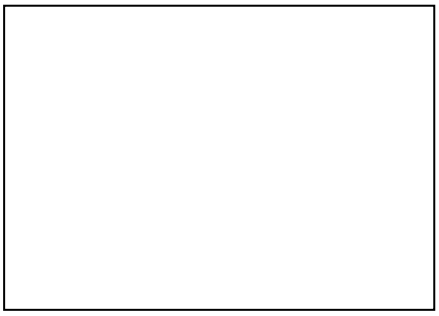
5- Nem todas as gêmulas presentes nos elementos sexuais que formam o novo ser vão se manifestar no mesmo;

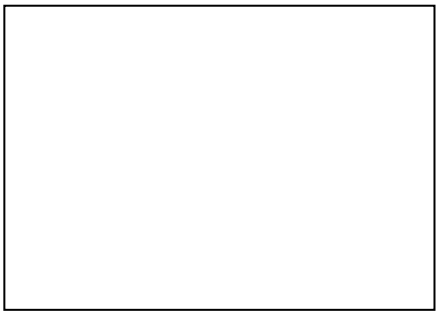
_____

_____

*“As gêmulas são geralmente transmitidas em um estado dormente durante muitas gerações para então se desenvolverem****.*** *“*

Exemplos:





✓ **Dormência** – gêmulas podem ficar dormentes ate o momento adequado de manifestar a sua característica; Uma vez formada, _____;

✓ **Reversão –** as gêmulas de ancestrais remotos permanecem dormentes por várias gerações;

“ O princípio da reversão (...) é um dos mais maravilhosos atributos da herança. A reversão nos prova que a transmissão de uma característica e seu desenvolvimento, que sempre estão juntos e por isso nos escapa a discriminação, são poderes distintos e em alguns casos antagônicos.”

✓ **Variação -** de acordo com Darwin, mudanças no modo de vida podem provocar mudanças no organismo que produzirá gêmulas modificadas. A diferença entre irmãos da mesma família

ou de sementes em uma mesma capsula podem ser explicadas em parte pela _____
_____
_____

A pangênese fornece uma explicação material e mecânica de como o ambiente induz a variação e como essa variação é herdada. Representava uma tentativa de oferecer um mecanismo para explicar **a herança de caracteres adquiridos**, um dos pressupostos admitidos por sua teoria de evolução; **Herança de caracteres adquiridos** _____
_____
_____
_____

Darwin elaborou sua hipótese da pangênese para ser uma teoria unificadora que daria ordem aos fatos que ele tinha coletado sobre herança, regeneração e reversão, mesmas nos exemplos em que os caracteres adquiridos haviam sido considerados herdados.

“Essa hipótese serve como uma conexão útil entre as várias classes de fatos fisiológicos que estavam, até o presente, absolutamente isolados.”

(*Darwin, 1868 – Carta a Hooker, 28 de fevereiro, 1868)*

Darwin não realizou experimentos para comprovar sua hipótese, mas se utilizou de várias evidencias e dados observadas e coletadas para argumentar a favor de sua hipótese.

Nas próximas aulas vamos discutir os conhecimentos atuais sobre a herança de características... Aguarde!!!

Apêndice VII – Atividade – Módulo III – Pangênese

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências Turma:
Grupo:_____
_____
_____

HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS II: PANGÊNESE

2) No espaço abaixo, faça uma representação sobre as principais ideias discutidas na aula passada. Este tipo de representação é livre: você pode desenhar escrever um texto, um poema.

3) No espaço abaixo, faça uma representação sobre o que o grupo achou mais interessante nas ideias apresentadas na aula. Este tipo de representação é livre: você pode desenhar, escrever um texto, um poema.

Apêndice VIII – Atividade – Elaboração de História em Quadrinhos

Data: _____ / _____ / _____
Professora: Priscila Disciplina: Ciências Turma:
Grupo:_____
_____

HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS

Olá querido (a) aluno (a), nas últimas semanas discutimos a questão da herança de características e as principais ideias sobre este assunto presentes no século XIX. Para finalizar esta discussão, propomos a seguinte atividade em grupo:

O grupo deve elaborar uma HISTÓRIA EM QUADRINHOS sobre as ideias discutidas nas aulas sobre:

- Contexto Histórico no século XIX;
- Herança de Características I: Experimentos com ervilhas *Pisum sativum*
- Herança de Características II: Pangênese

A elaboração da história deve seguir os seguintes critérios:

- Ter no mínimo 6 quadrinhos;
- Ser feita em folha A4 branca;
- Devem conter as ideias referentes aos três temas citados acima;

Utilize como fonte de informações, as aulas, as folhinhas e as discussões realizadas em sala.

Apêndice IX – Slides – Estudo de Caso do Ligre



EC – Slide 1



EC – Slide 2

Você já ouviu falar do Ligre?

Guinness elege "ligre" de 418kg e 3m de comprimento o maior felino do mundo

Filho de um leão e de uma tigresa, animal vive em reserva na Carolina do Sul, nos EUA -Globo Rural On-line

Hércules acaba de entrar para o famoso Livro dos Recordes. Filho de um leão e de uma tigresa, o animal, chamado de "ligre", foi eleito o maior felino do mundo pelo Guinness Book of World Records, edição 2014. Com 418 quilos e 3,3 metros de comprimento, Hércules vive na reserva Myrtle Beach Safari, na Carolina do Sul, nos Estados Unidos. O tamanho e o peso de Hercules, considerados muito acima do normal para um felino, têm explicação. Bichos do tipo "ligre" podem adquirir o dobro do tamanho de seus pais e pesar cerca de 100 vezes mais do que um gatinho doméstico, que tem em média 4 quilos.

http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI342672-18071,00-GUINNESS+ELEGE+LIGRE+DE+KG+E+M+DE+COMPRIMENTO+O+MAIOR+FELINO+DO+MUNDO

EC – Slide 3

Você já ouviu falar do Ligre?



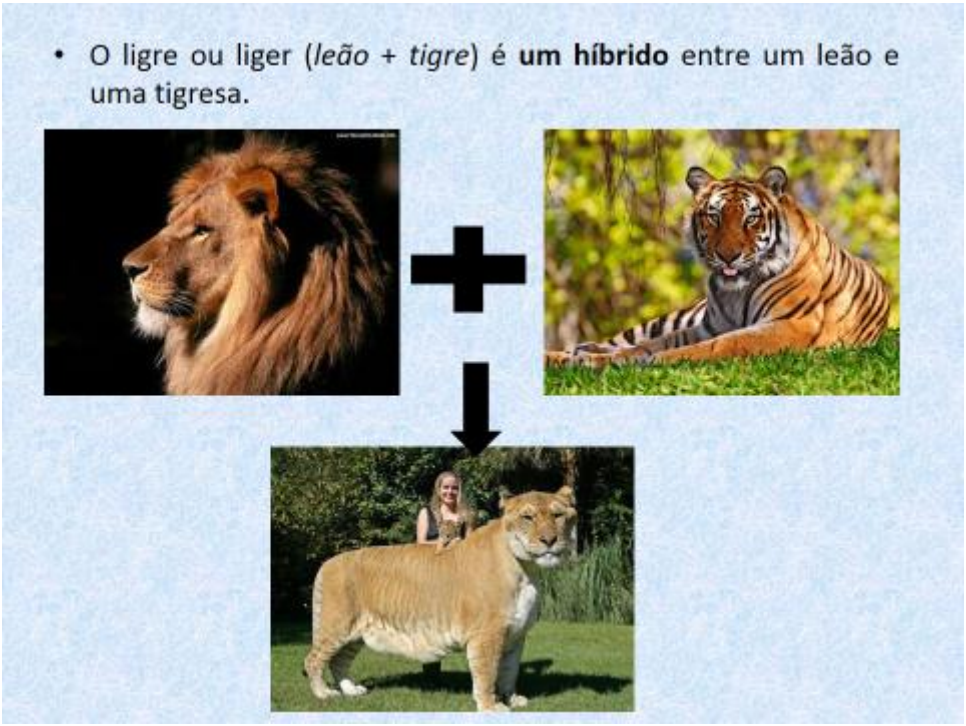
EC – Slide 4



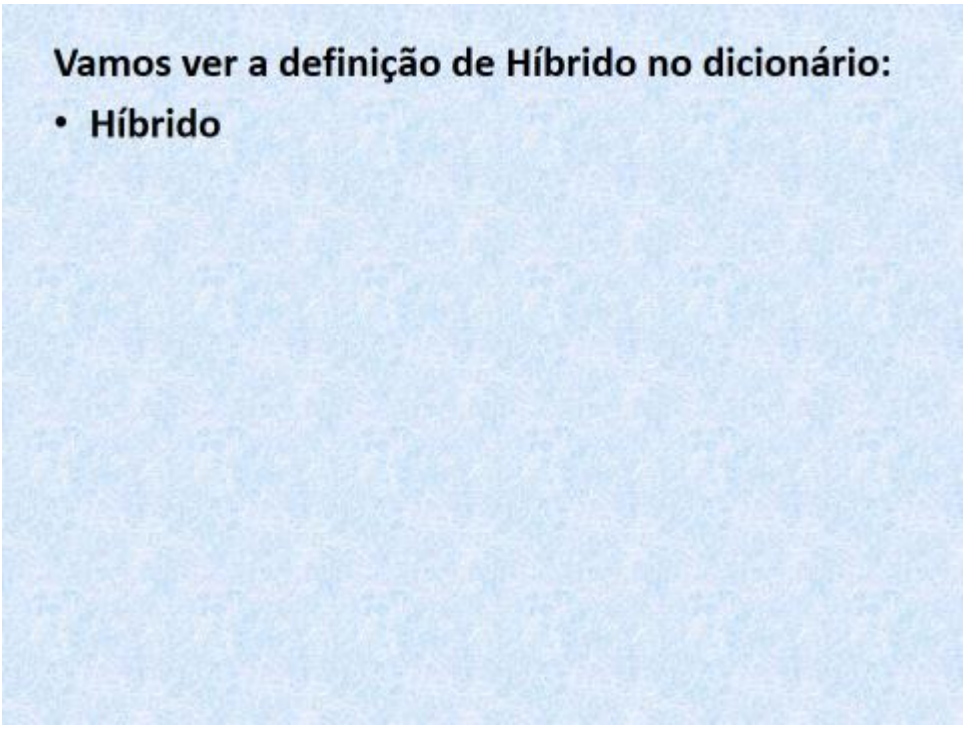
EC – Slide 5



EC – Slide 6



EC – Slide 7



EC – Slide 8

Vamos ver a definição de Híbrido no dicionário:

- **Híbrido**
  hí.bri.do

  adj (***lat hibrida*** ou ***hybrida***) **1** Diz-se do indivíduo que resulta do cruzamento de dois genitores de espécies, raças ou variedades diferentes. **2** Derivado de fontes dessemelhantes. **3** Que está composto de elementos diferentes ou incôngruos. **4*Gram*** Composto de elementos provenientes de línguas diversas: ***Vocábulo híbrido, língua híbrida. sm*** Animal ou planta híbridos.

EC – Slide 9

Outros exemplos de animais híbridos:

- O Zebralo ou Zégua é fruto do cruzamento de cavalos e zebras.



EC – Slide 10

Outros exemplos de animais híbridos:

- **Javaporco** - a mistura das espécies do javali e do porco foi feita com o mesmo objetivo do beefalo, melhorar a qualidade da carne do animal para consumo. O problema é que o resultado, o javaporco, é super reprodutivo: a fêmea é capaz de dar à luz a 10 filhotes de uma vez só. E quando chega na fase adulta, o bicho chega a pesar 100kg. Os javaporcos só andam em bando e não tem predador natural. Com isso passaram a destruir tudo o que está a sua volta, incluindo áreas de plantações. Em 2013, o Ibama autorizou o abate desses animais, para controlar a população em crescimento desenfreado.



EC – Slide 11

Outros exemplos de animais híbridos:

- **Mula** - A Mula, cruzamento do jumento com a égua, é o híbrido mais famoso que existe. O animal é comum em fazendas, porque vive mais e é mais obediente do que os cavalos, e também é mais inteligente e rápido do que os jumentos.



EC – Slide 12

Voltando ao Ligre...



E**C – Slide 13**

Vejamos algumas curiosidades :

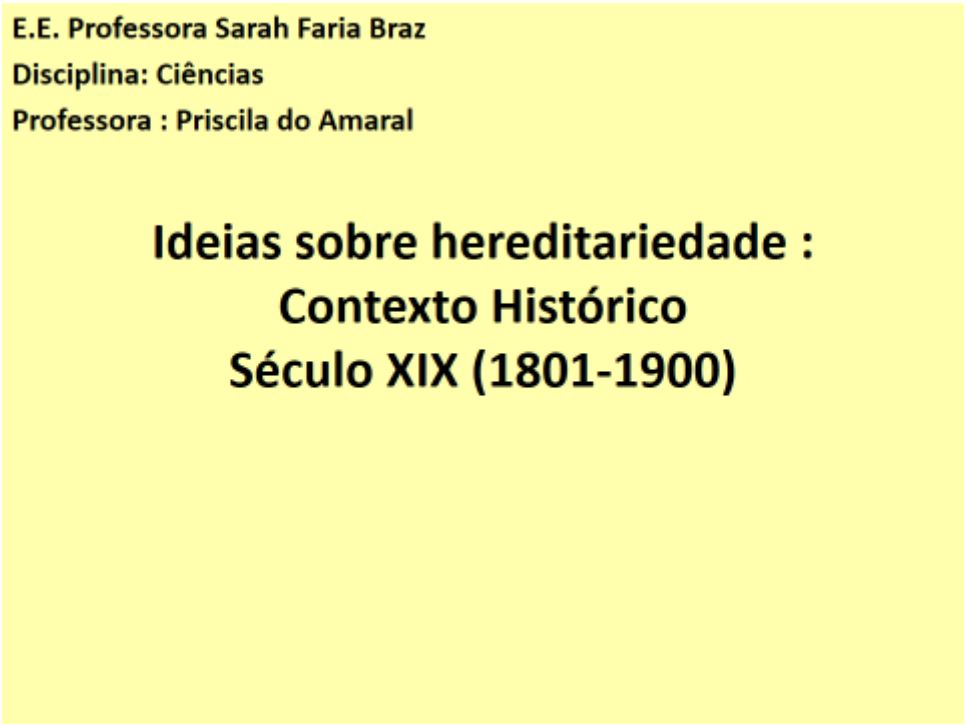
- O ligre, como indivíduo híbrido, tem características independentes das espécies que deram origem a ele (tigre e leoa), como se fosse uma terceira espécie sem futuro. Além de ter listras e juba, como se espera de uma mescla de tigre com leão, observam-se um tamanho maior e um comportamento distinto do das espécies que o geraram;

- O ligre não existe na natureza, pois os tigres vivem nas florestas asiáticas e leões na savana africana. Mas quando estes animais se encontram em zoológicos eles podem cruzar e tem compatibilidade genética suficiente para gerá-lo;

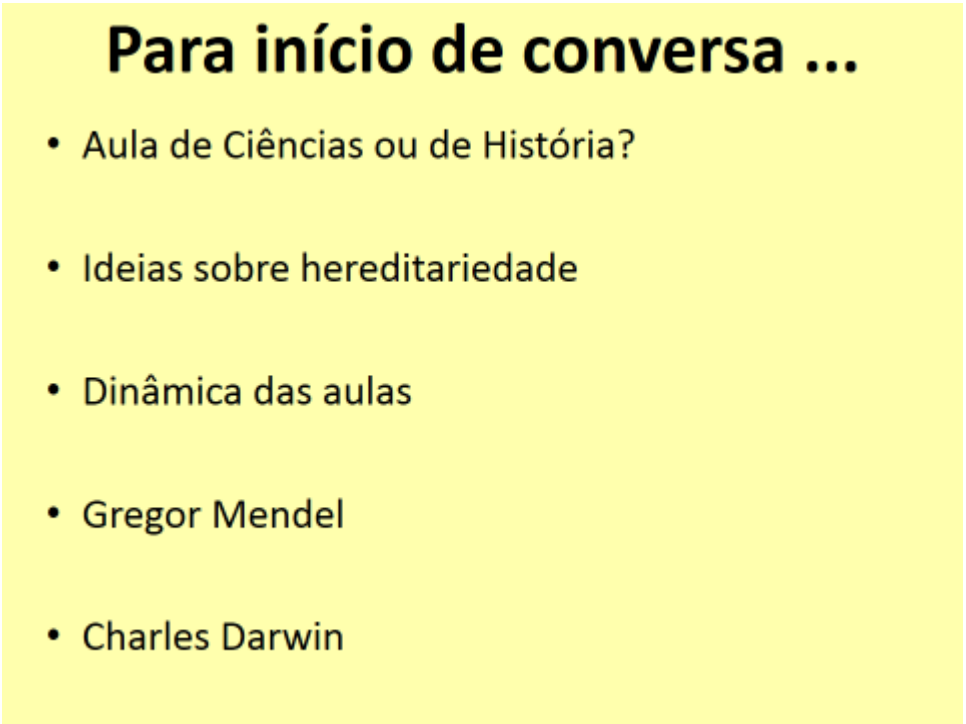
- Apesar de ser extremamente poderoso é bem possível que o ligre não conseguisse sobreviver na natureza justamente por causa de suas proporções colossais. Ele não consegue correr tão rápido ou mesmo ter a mesma resistência que um leão.

E**C – Slide 14**

Apêndice X – Slides – Módulo I



MI – A1 – Slide 1



MI – A1 – Slide 2

Século XIX (1801-1900)

- **O que aconteceu de importante?**
- Europa;
- América;
- Brasil

MI – A1 – Slide 3

Europa - Século XIX (1801-1900)



MI – A1 – Slide 4

Europa - Século XXI (Atual)



MI – A1 – Slide 5

Europa - Século XIX (1801-1900)

- O **século XIX** foi um período histórico marcado pelo crescimento do poder e da influência do Império Britânico, Russo, Germânico, Japonês, e dos Estados Unidos da América;

- Depois da derrota do Império Francês e seus aliados nas Guerras Napoleônicas, o Império Britânico começou a liderar o poder mundial, a controlar um quarto da população e um quinto do território mundial.

MI – A1 – Slide 6

Europa - Século XIX (1801-1900)

- Grande parte da vida dos homens e mulheres que viviam na Europa e nas suas colônias foi transformada pela industrialização;



MI – A1 – Slide 7

Europa - Século XIX (1801-1900)

- Teoria e pratica unidas ;
- União entre ensino e pesquisa;
- Avanço em diversas áreas ;
- Máquinas e homens – Universo - máquina;
- Sonho de uma sociedade mais justa;
- Aumento da Natalidade;
- Conflitos sociais – movimento operário;
- Urbanização e problemas.

MI – A1 – Slide 8

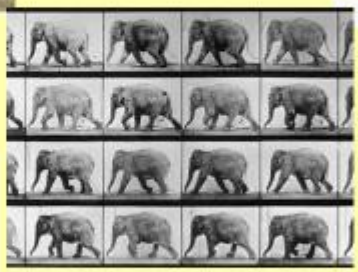
Europa - Século XIX (1801-1900)

- O século XIX foi uma **era de invenções e descobertas**, com significante desenvolvimento nos campos da várias áreas da Ciência , e Metalurgia que lançou as bases para os avanços tecnológicos do século XX.

MI – A1 – Slide 9

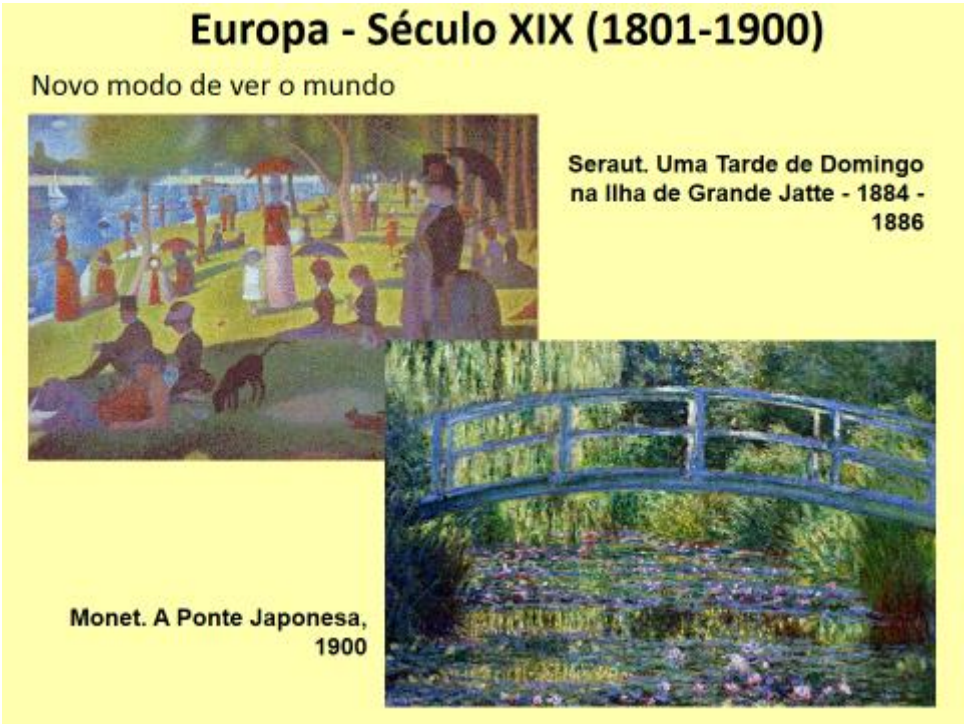
Europa - Século XIX (1801-1900)







MI – A1 – Slide 10



MI – A1 – Slide 11



MI – A1 – Slide 12

Europa - Século XIX (1801-1900)

- Novo modo de ver o mundo



Manet. Almoço na Relva, 1863.



Eckhout. Homem tapuia, 1863.

MI – A1 – Slide 13

América - Século XIX (1801-1900)

- América Independente (?)



MI – A1 – Slide 14

Brasil - Século XIX (1801-1900)



- 1808 - Vinda da Família Real para o Brasil ;
- Logo após a chegada do príncipe regente a Salvador, ele decretou a abertura dos portos, ou seja a livre exportação de produtos coloniais;
- O início do processo formal de independência do Brasil está associado à chegada da corte portuguesa ao Brasil

MI – A1 – Slide 15





Antigo Real Horto, atual Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Jardim Botânico no Rio de Janeiro. Criado por D.João VI em 1819, originariamente denominado Real Horto, o Jardim Botânico, veio a tornar-se o principal laboratório de aclimatação de plantas e de experiências científicas em Botânica do Brasil.

MI – A1 – Slide 16



Criado por iniciativa de Dom João VI, em 06 de junho de 1818, sob denominação de Museu Real, o antigo Palácio é hoje Museu Nacional da Quinta da Boa Vista ligado à Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MI – A1 – Slide 17

Biblioteca Real - 1810





Escolas médico-cirúrgicas-1808

MI – A1 – Slide 18

Brasil - Século XIX (1801-1900)

- O Rio de Janeiro tornou-se a capital do Império Luso.
- Foram instalados órgãos públicos, como ministérios e tribunais, da Casa da Moeda e do Banco do Brasil.
- Além disso, foram criados o Jardim Botânico, as escolas de medicina da Bahia e do Rio de Janeiro, o Teatro Real, a Imprensa Real, a Academia Militar, a Academia Real de Belas-Artes, a Biblioteca Real, que constituíram estímulos à produção artística, científica e cultural da colônia.

MI – A1 – Slide 19

Brasil - Século XIX (1801-1900)

- Vinda da missão artística francesa, que retratou paisagens e costumes de brasileiros, tanto dos sertões quanto da corte no Rio de Janeiro, e cujo principal representante foi o pintor Jean-Baptiste Debret.
- Várias expedições cientificas passaram pelo Brasil ao longo do século XIX;
- Darwin – Beagle

MI – A1 – Slide 20

Brasil - Século XIX (1801-1900)



Debret: Castigo de escravo.

MI – A1 – Slide 21

Brasil - Século XIX (1801-1900)



Earle: View from the summit of the Cacavada , 1822

MI – A1 – Slide 22

Brasil - Século XIX (1801-1900)



O Grito do Ipiranga – Pedro Américo

- 1821 - D. João VI retorna à Lisboa, deixando no Brasil seu filho D. Pedro, como Príncipe Regente.
- 1822 – Independência do Brasil ;
- 1831 – Abdicação de Dom Pedro I ;
- 1831 - 1840 – Período Regencial ;
- 1840 – Maioridade de Pedro II

MI – A1 – Slide 23

Brasil - Século XIX (1801-1900)



Abolição dos Escravos – Pedro Américo

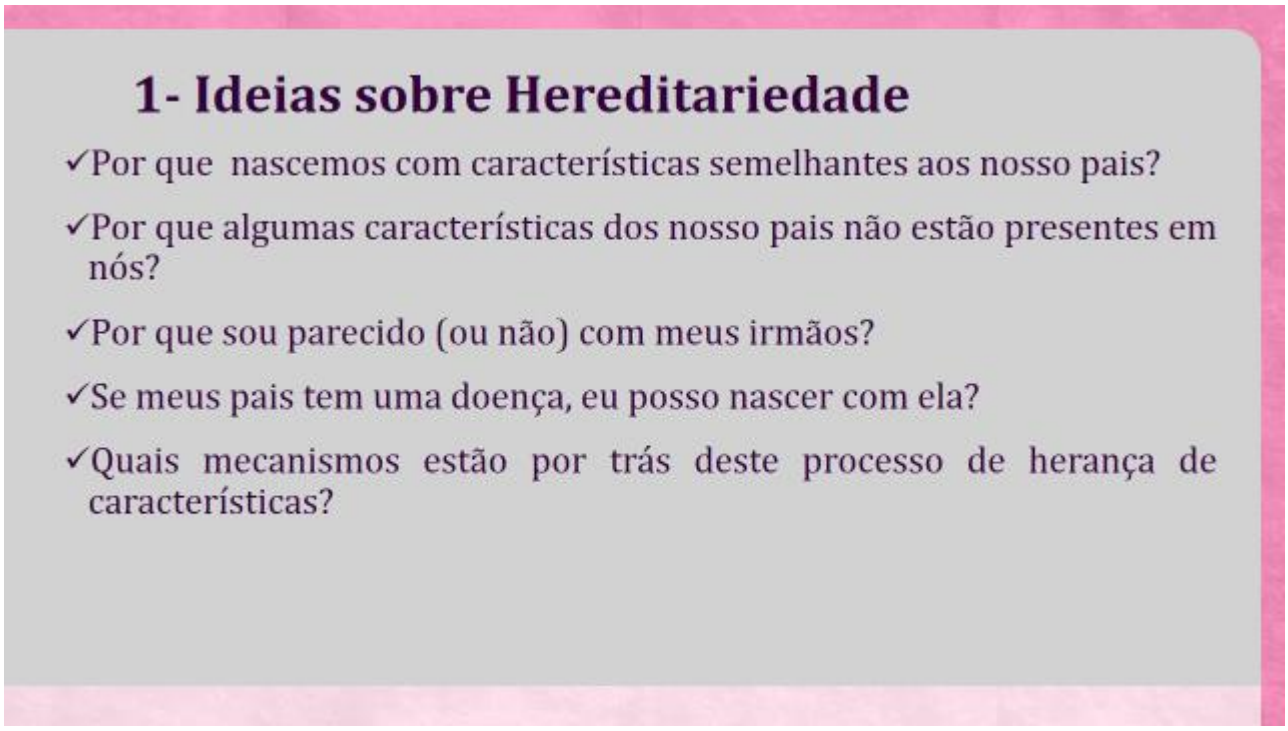
- 1864 – 1870 – Guerra do Paraguai;
- 1888 – Abolição da Escravidão ;
- 1889 – Proclamação da Republica ;
- 1896 – Guerra de Canudos

MI – A1 – Slide 24

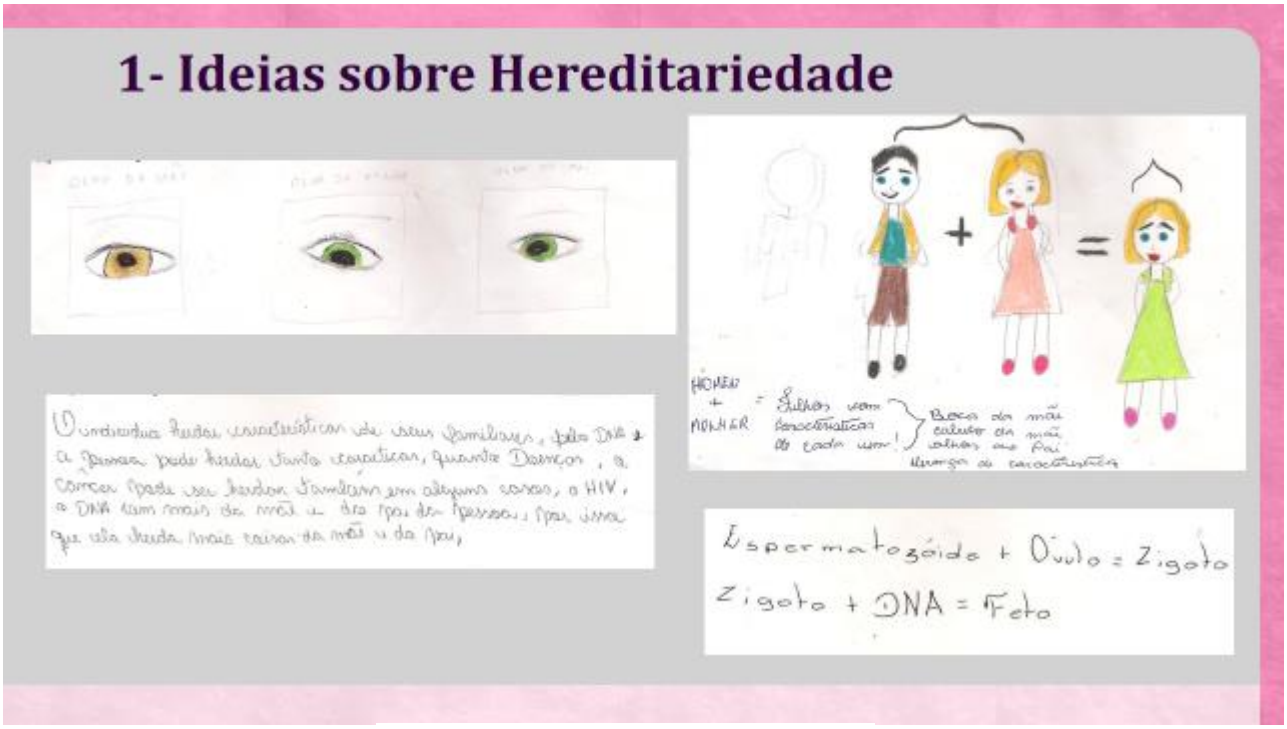
Apêndice XI – Slides – Módulo II



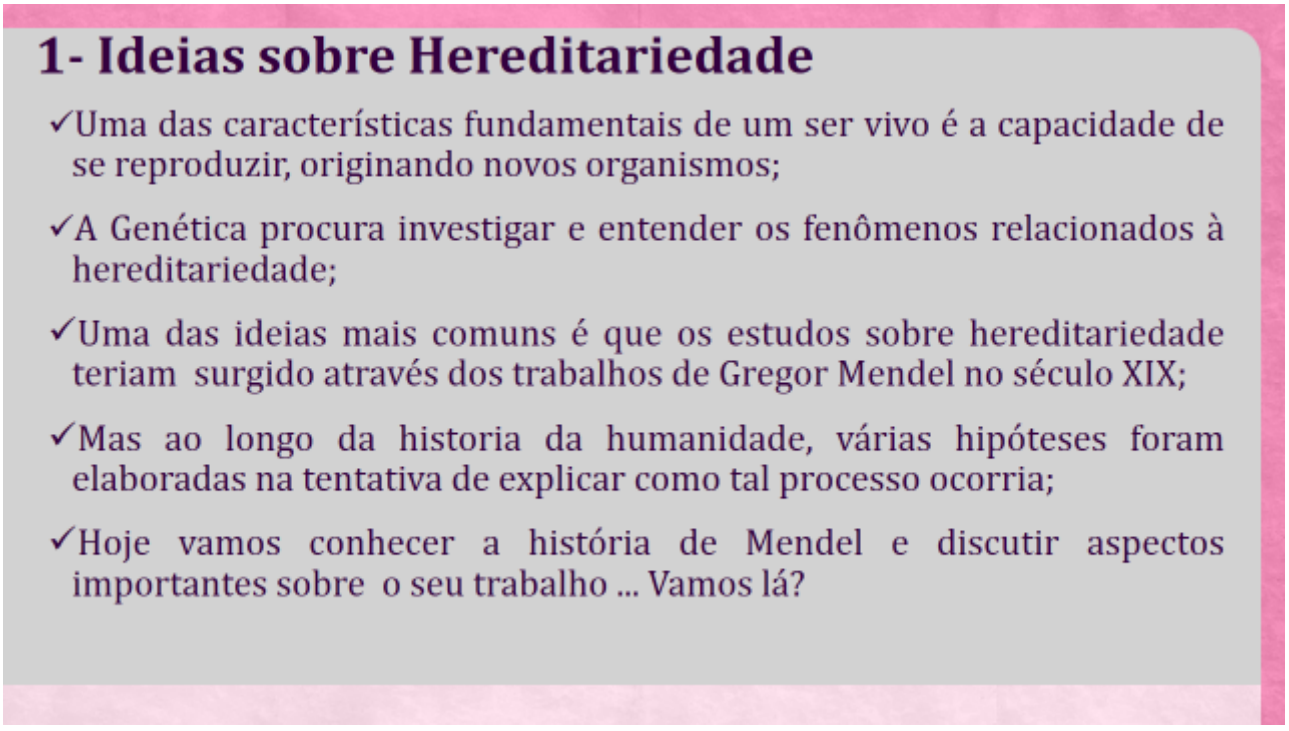
MII – A1 – Slide 1



MII – A1 – Slide 2



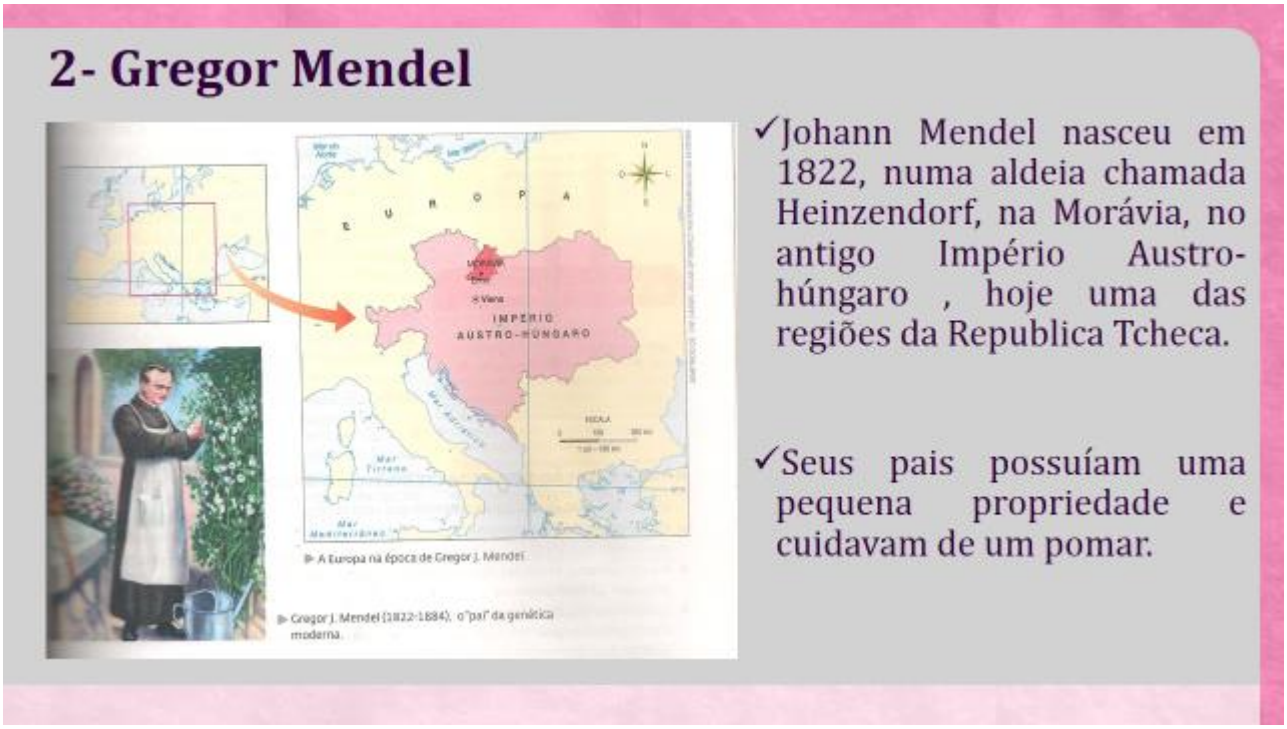
MII – A1 – Slide 3



MII – A1 – Slide 4



MII – A1 – Slide 5

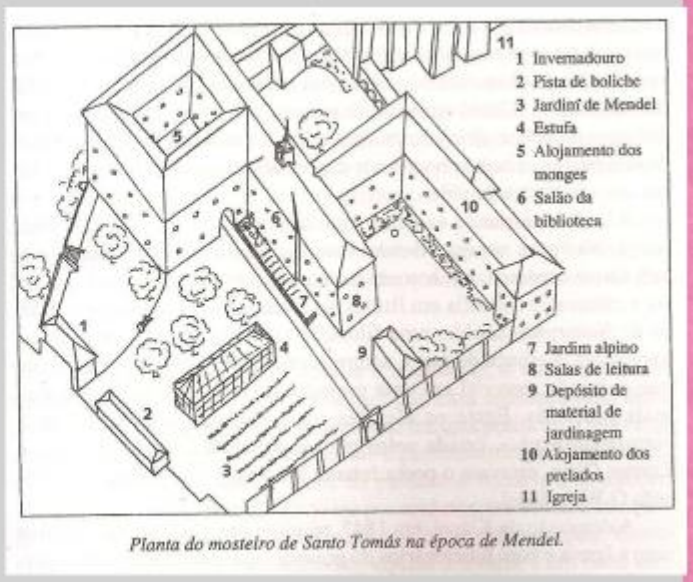


MII – A1 – Slide 6

2- Gregor Mendel

✓Aos 18 anos matriculou-se no Instituto Filosófico da Universidade de Olmütz, onde estudou filosofia, latim, filosofia grega, matemática, física, religiões, história e história natural.

✓Ingressou como noviço no Mosteiro de Santo Tomás, em Brünn, região da Morávia, em 1843, onde aliou os estudos teológicos à participação em cursos sobre agricultura, arboricultura e vinicultura;



Planta do mosteiro de Santo Tomás na época de Mendel.

MII – A1 – Slide 7

2- Gregor Mendel

✓O monastério foi um centro intelectual importante no Século XIX, já que não havia universidade na região;

✓Mendel teve como mentor o abade Napp, que manifestava grande interesse pela agricultura e pelas ciências naturais, sendo membro de diversas sociedades cientificas da época;

✓**O que é uma sociedade cientifica???**

✓Mendel foi para a Universidade de Viena, no período de 1851 a 1853, onde teve contato com diversos pesquisadores da época;



MII – A1 – Slide 8

2- Gregor Mendel

- ✓Mendel participou de varias sociedades cientificas e realizou experimentos diversos, com diferentes tipos de plantas ;
- ✓O abade Napp construiu uma estufa para que Mendel pudesse dar prosseguimento aos seus experimentos sobre Botânica;
- ✓**Importância da Estufa** .



MII – A1 – Slide 9

3- O Trabalho Experimental de Mendel – Contexto Histórico

- ✓Dentre as principais questões dos cultivadores e criadores na segunda metade do século XIX estava a possibilidade de se criar novas variedades de plantas e raças de animais que fossem estáveis.
- ✓Uma das ideias correntes na época era que o cruzamento entre variedades ou raças poderia propiciar o surgimento de novas variedades e, talvez, até mesmo de novas espécies;
- ✓O **hibridismo** era um procedimento comum para a produção de novas formas e também para a investigação científica;

MII – A1 – Slide 10

3- O Trabalho Experimental de Mendel - – Contexto Histórico

- ✓ Mendel cresceu em uma região agrícola, que sofria transformações sociais importantes devido a Revolução Industrial.
- ✓Os ricos proprietários pretendiam aumentar seus lucros e incentivavam a formação de associações para discutir e aprimorar técnicas de cultivo de plantas e de animais.
- ✓Mendel teria sido compelido a investigar a questão dos híbridos por demandas econômicas de produtores locais da Morávia e também por razões acadêmicas; sua pesquisa pretendia ajudar os agricultores a desenvolver plantas híbridas que pudessem manter as características desejadas;

MII – A1 – Slide 11

3- O Trabalho Experimental de Mendel

- ✓ Historicamente, a pesquisa mais importante de Mendel refere-se aos experimentos realizados com o cruzamento de ervilhas da espécie *Pisum sativum*;
- ✓Esta espécie de ervilha já havia sido usada em outros experimentos de outros cientistas;
- ✓Mendel restringiu seu trabalho ao estudo das ervilhas, já que estas plantas atendiam aos seguintes critérios:



MII – A1 – Slide 12

3- O Trabalho Experimental de Mendel]

·*De inicio, nossa atenção especial foi dedicada à Leguminosae por conta de sua peculiar estrutura floral . As experiências que foram feitas com vários membros desta família levaram ao resultado de que o gênero Pisum possui as qualificações necessárias.*

Algumas formas completamente distintas deste gênero possuem características que são constantes e capazes de serem diferenciados de modo fácil e seguro, e quando seus híbridos são mutuamente cruzados, produzem progênie perfeitamente fértil. Além disso, raramente ocorrem distúrbios por pólen estranho, uma vez que os órgãos de fertilização estão intimamente protegidos dentro da carena e as anteras se rompem no interior do botão, de modo que o estigma fica coberta com pólen, mesmo antes da abertura da flor. Esta circunstância é especialmente importante. Como vantagens adicionais vale a pena mencionar, não pode ser citada a cultura fácil dessas plantas no campo aberto e em vasos, e também a sua relativamente curta período de crescimento."



MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1865.

MII – A1 – Slide 13

3- O Trabalho Experimental de Mendel

✓**Os experimentos de Mendel em Hibridização de Plantas** - O objetivo de Mendel era verificar como podiam ser transmitidas aos descendentes as características que diferiam nos progenitores, em sucessivas gerações;

✓ Mendel analisou a herança de sete características selecionadas;

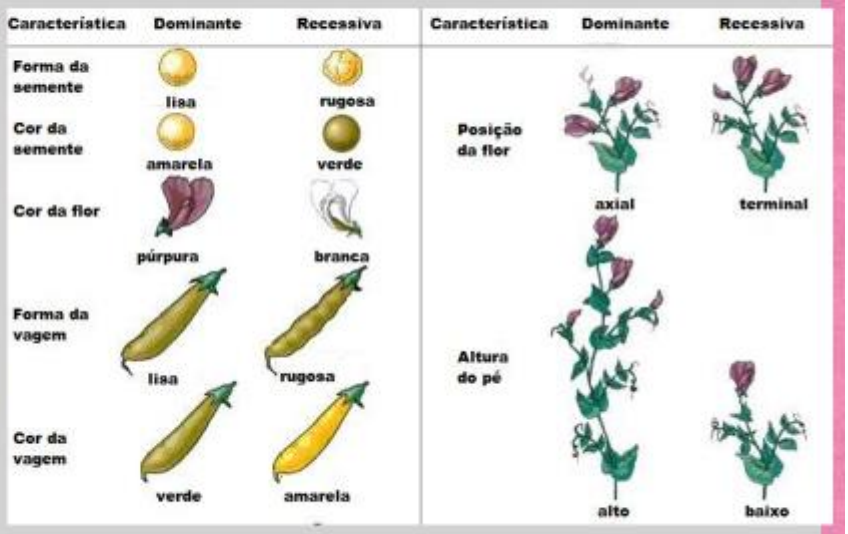


MII – A1 – Slide 14

3- O Trabalho Experimental de Mendel

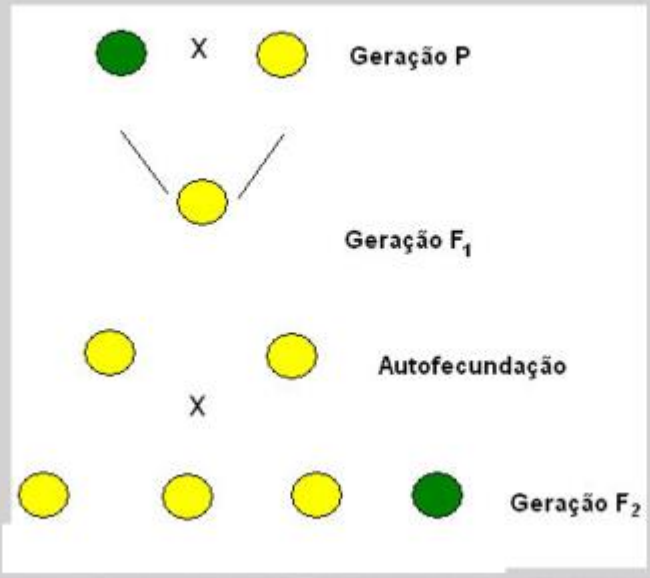
"A finalidade da experiência era observar essa variações para cada par de caracteres diferenciais e induzir a lei segundo a qual aquelas aparecem nas gerações sucessivas"

MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1865.



MII – A1 – Slide 15

3- O Trabalho Experimental de Mendel



MII – A1 – Slide 16

3- O Trabalho Experimental de Mendel

"Em cada um dos sete cruzamentos, os caracteres dos híbridos se assemelham, de maneira tão precisa, ao de uma das formas parentais, que o outro escapa completamente a observação, ou não pode ser verificado com certeza. Essa circunstância é muito importante na determinação e classificação das formas sob as quais aparece a descendência dos híbridos. Daqui por diante, neste trabalho, os caracteres que forem transmitidos íntegros ou quase inalterados na hibridação, constituindo, por isto mesmo, os caracteres do híbrido são chamados de **dominantes**, e os que ficarem latentes no processo, de **recessivos**. A expressão "recessivo " foi escolhida porque os caracteres assim designados retrocedem ou desaparecem inteiramente nos híbridos, reaparecendo, no entanto, sem modificações, na sua progênie, como se mostrará depois. "

MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1865.

MII – A1 – Slide 17

3- O Trabalho Experimental de Mendel

✓ Mendel realizou o cruzamento de plantas que diferiam em duas características;

✓ Mendel obteve 556 sementes de 15 plantas:

- 315 exibiram as duas características dominantes,
- 101 exibiram uma característica dominante e uma recessiva,
- 108 exibiu a outra característica dominante e a outra característica recessiva e
- 32 apresentaram as duas características recessivas.

" Fica demonstrado , ao mesmo tempo, que o comportamento de cada par de caracteres diferenciais em união híbrida é independente das outras diferenças existentes nas plantas progenitoras."

MENDEL, G. Experiments in plant hybridization. Brünn Natural History Society. Brünn, 1865.

MII – A1 – Slide 18

3- O Trabalho Experimental de Mendel

✓Em 8 de março de 1865, Mendel apresentou um trabalho à Sociedade de História Natural de Brünn;

✓Mendel publicou seus resultados em um artigo em 1866 nos Anais da Sociedade de Pesquisa em Ciências Naturais de Brünn;

✓Seu artigo foi lido por diversos cientistas da época e foi citado em livros e artigos sobre hibridação ;



MII – A1 – Slide 19

4 –Mendel , Pai da Genética ?

✓Mendel, através de seus estudos estatísticos, apenas encontrou evidencias de que, no caso das ervilhas do gênero *Pisum*, a herança de híbridos seguia alguns padrões.

✓Em outros experimentos, o monge não obteve os mesmos padrões;

✓Mendel não apresentou um mecanismo de hereditariedade em 1866, no entanto, ele implementou uma abordagem experimental que viria a ser fundamental na Genética;

MII – A1 – Slide 20

4- Mendel , pai da Genética ?

✓As chamadas Leis de Mendel sequer aparecem no seu artigo de 1866;

✓Mendel não descobriu as leis que lhe são atribuídas, mas foi capaz de observar as consequências dos experimentos graças ao excelente procedimento experimental;

✓Importância do Tratamento Matemático dos dados ;

✓Negligencia do trabalho de Mendel ;



MII – A1 – Slide 21

4- Mendel , pai da Genética ?

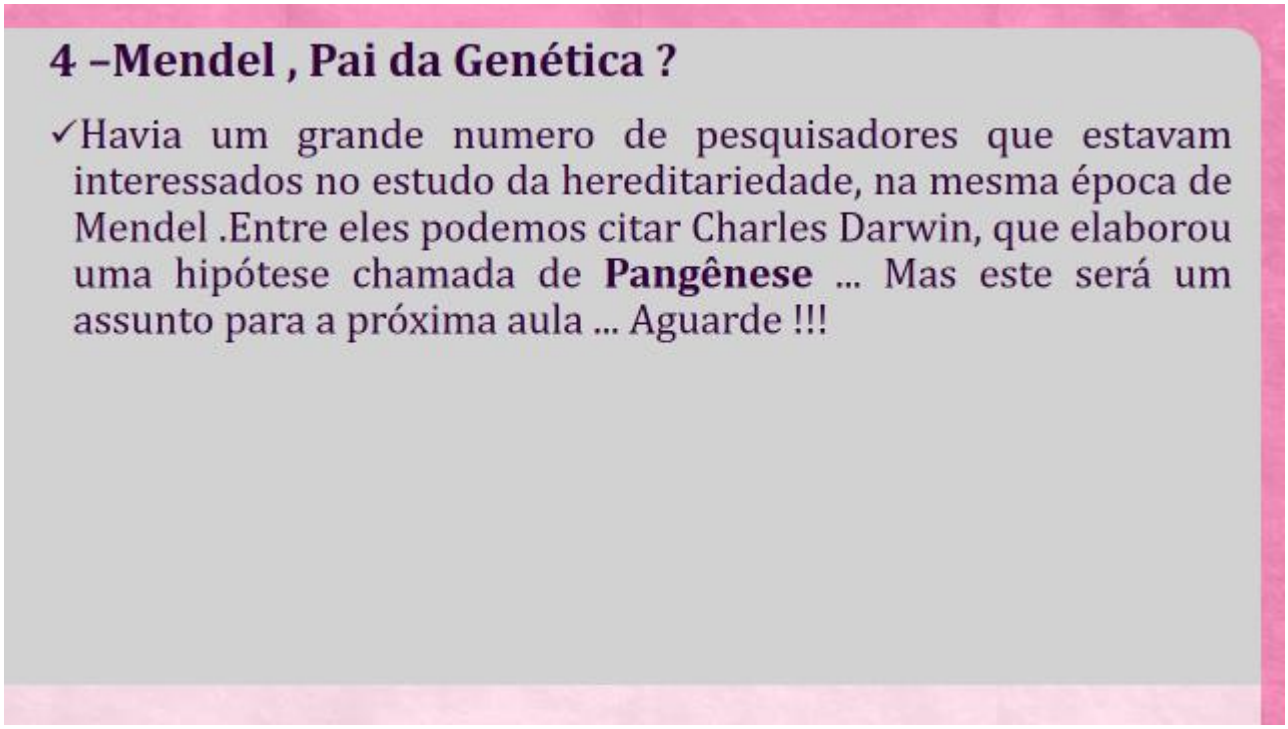
✓Mendel não realizou seus experimentos de forma isolada;

✓Tinha o interesse de entender o mecanismo de hibridização das plantas;

✓Em seu artigo, Mendel não fala de elementos de hereditariedade (como genes), mas sim de **características visíveis e são essas características que ele classifica como dominantes ou recessivas;**

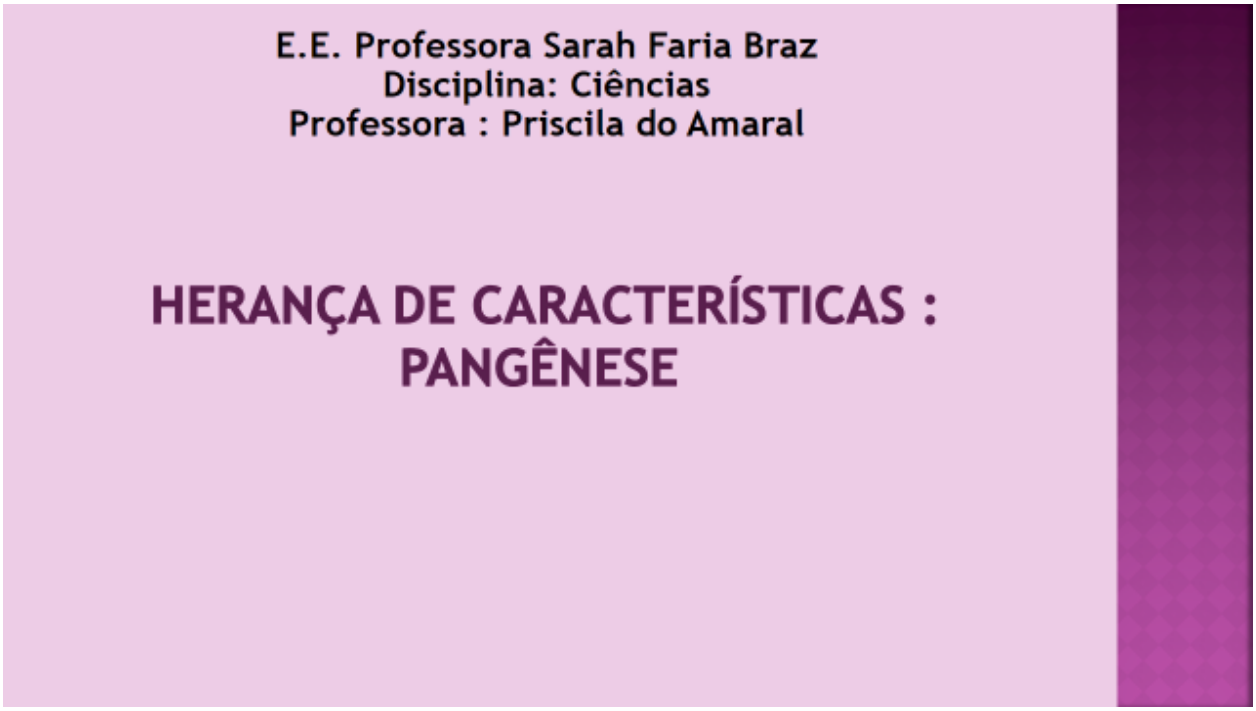


MII – A1 – Slide 22

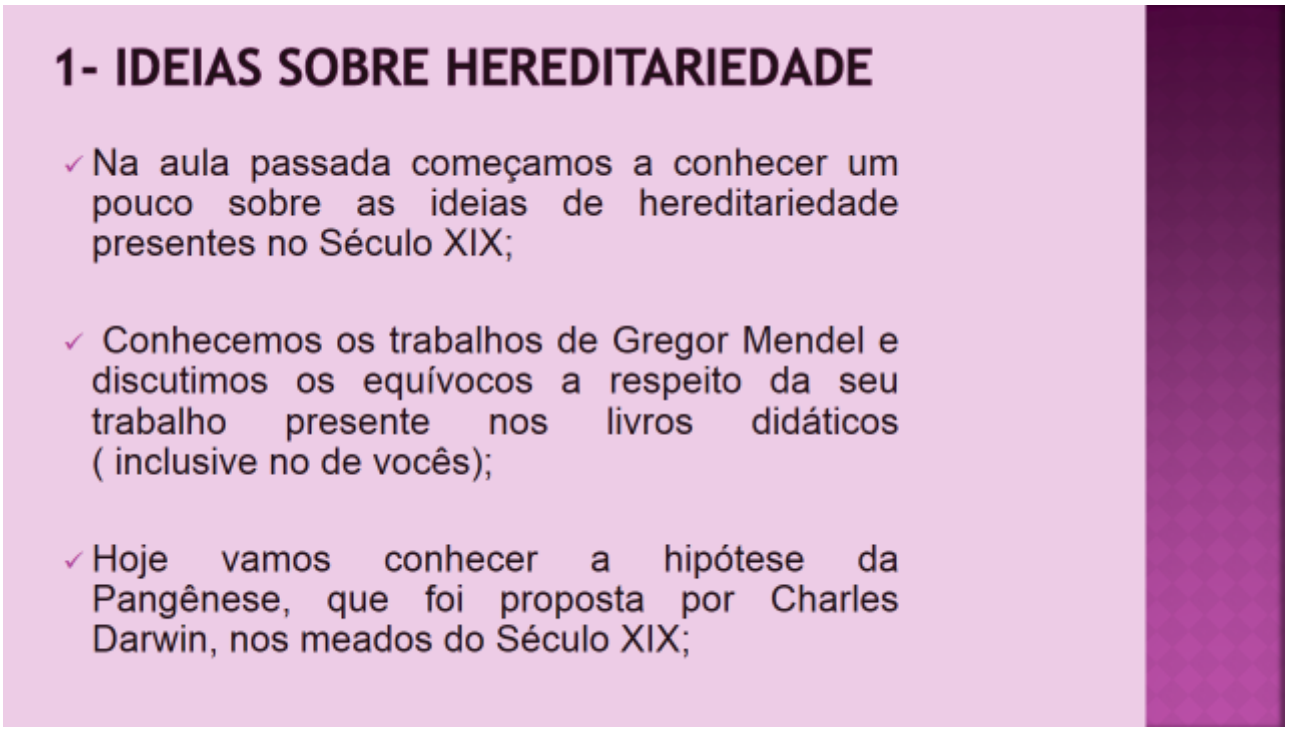


MII – A1 – Slide 23

Apêndice XII – Slides – Módulo III



MIII– A1 – Slide 1



MIII – A1 – Slide 2

2- CHARLES DARWIN

- Você conhece algo a respeito de Charles Darwin ? Se sim, o que você sabe sobre ele?



MIII– A1 – Slide 3

2- CHARLES DARWIN

- Nasceu em 1809 na Inglaterra;
- Pertencia a uma família próspera e culta;
- Erasmus Darwin – Avô;
- O interesse pela História Natural desde cedo , o fez assistir vários cursos e estabelecer contato com professores de geologia, botânica, zoologia;
- Em seu ultimo ano em Cambridge tomou conhecimento de que o almirantado britânico pretendia enviar seus navios numa viagem de volta ao mundo, com o intuito de realizar algumas medições geográficas de auxilio a navegação;



MIII– A1 – Slide 4

3- VIAGEM DE UM NATURALISTA AO REDOR DO MUNDO

- FitzRoy , o capitão do navio, desejava ter a bordo um naturalista que se dispusesse a acompanha-lo sem receber nada por isso;
- Viagens do Século XIX ;
- Em 1831, o jovem naturalista Charles Darwin, com então 22 anos, embarca naquela que seria a viagem da sua vida;



MIII– A1 – Slide 5

3- VIAGEM DE UM NATURALISTA AO REDOR DO MUNDO

- Viagem do H.M.S. Beagle : Durou 5 anos (1831-1836)



MIII– A1 – Slide 6

3- VIAGEM DE UM NATURALISTA AO REDOR DO MUNDO

" A viagem do Beagle foi, sem duvida, o acontecimento mais importante da minha vida e determinou toda a minha carreira (...) Fui levado a prestar uma atenção rigorosa a vários ramos da história natural e, com isso, aprimorei minha capacidade de observação, embora ela já estivesse bastante desenvolvida"

DARWIN, C. Autobiografia.



MIII– A1 – Slide 7

3- VIAGEM DE UM NATURALISTA AO REDOR DO MUNDO

✓Durante a viagem a bordo do Beagle, Darwin passou pelo Brasil, visitando Fernando de Noronha, Salvador e Rio de Janeiro;
✓Se encantou com as belezas naturais do país :



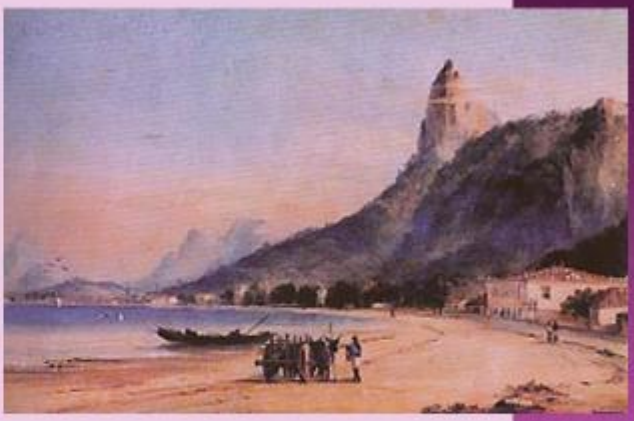
Earle: View from the summit of the Cacavada , 1822

MIII– A1 – Slide 8

3- VIAGEM DE UM NATURALISTA AO REDOR DO MUNDO

"Durante todo o resto de minha permanência no Rio residi em uma quinta na enseada de Botafogo. Era impossível desejar-se coisa mais deliciosa do que passar assim algumas semanas num país tão magnífico. Na Inglaterra, qualquer pessoa amiga a história natural sempre tem, nos passeios, alguma coisa que lhe atraia a atenção; mas aqui, na fertilidade de um clima como este, são tantos os atrativos que não se pode nem mesmo dar um passo sem lamentar a perda de uma novidade qualquer..."

Viagem de um Naturalista ao Redor do Mundo



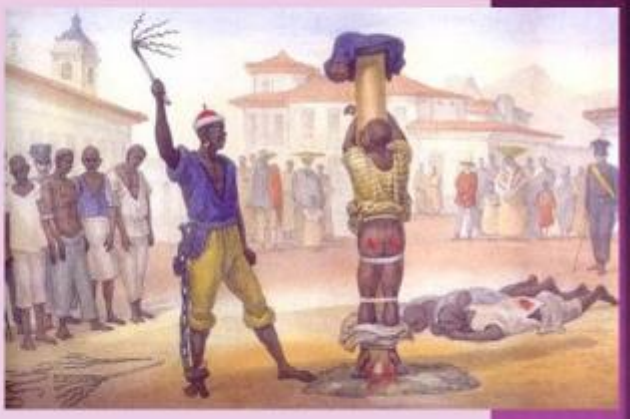
MIII– A1 – Slide 9

3- VIAGEM DE UM NATURALISTA AO REDOR DO MUNDO

✓E testemunhou a tragédia da escravidão :

"No dia 19 de agosto deixamos finalmente o Brasil. Dou graças a Deus, e espero nunca mais visitar um país de escravos(...) No Rio de Janeiro, morei em frente a uma velha senhora que possuía parafusos para comprimir os dedos de suas escravas. Estive numa casa onde um jovem mulato sofria, diariamente e a cada hora, aviltamentos, castigos e perseguições suficientes para despedaçar o espírito mesmo do animal mais desgraçado"

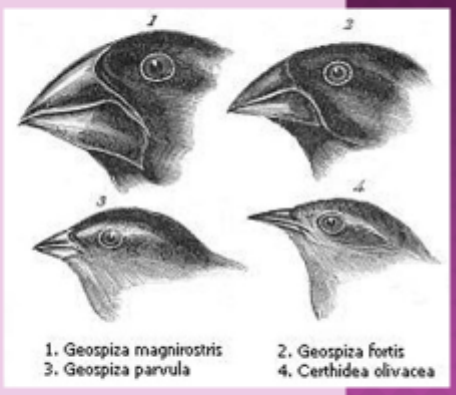
Viagem de um Naturalista ao Redor do Mundo



MIII– A1 – Slide 10

4- TEORIA DA EVOLUÇÃO : SELEÇÃO NATURAL

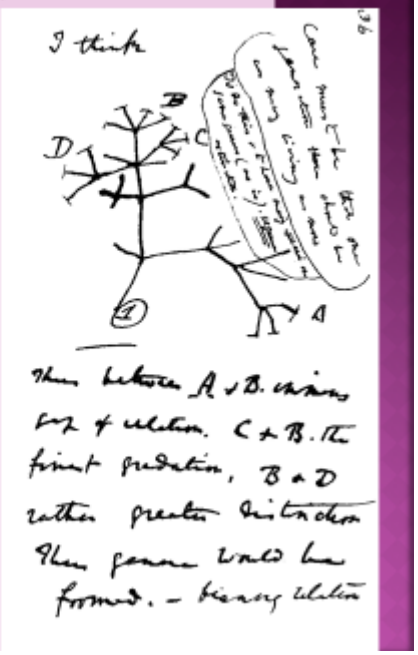
- Após retornar a Inglaterra, Darwin procurou organizar as inúmeras amostras coletadas, as anotações no seu diário;
- Diversidade de animais, plantas coletados - mundo em transformação;
- Criadores de animais domesticados - cruzamentos - características desejadas;
- Um ensaio sobre a população - Thomas Malthus ;



MIII– A1 – Slide 11

4- TEORIA DA EVOLUÇÃO : SELEÇÃO NATURAL

- A modificação no ambiente poderia levar a uma luta pela vida, uma seleção natural: Os indivíduos mais aptos tenderiam a sobreviver, e os menos aptos, a morrer deixando poucos ou nenhum descendente;
- Luta pela sobrevivência - esforço para sobreviver num ambiente hostil;
- Transformação lenta e gradual de todas as espécies da Terra;Transformações aleatórias;
- Carta de Alfred Wallace ;
- Lançamento de A Origem das Espécies e a seleção natural - 1859
- Homem em pé de igualdade com os demais seres vivos - rompimento e choque ;



MIII– A1 – Slide 12

5- HIPOTESE DA PANGÊNESE

- A publicação de A Origem das Espécies (Darwin 1859) colocou o estudo da hereditariedade no centro do pensamento biológico;
- Faltava à Teoria da Seleção Natural, uma teoria complementar da hereditariedade, o que explicaria a origem e herança de variações ;
- O próprio Charles Darwin, assim como outros estudiosos tentaram desenvolver teorias da hereditariedade sob uma perspectiva evolutiva, e todos eles foram influenciados uns pelos outros , de várias maneiras.

MIII– A1 – Slide 13

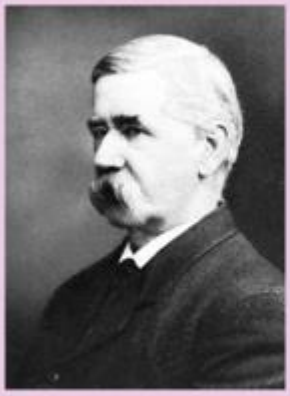
5- HIPOTESE DA PANGÊNESE



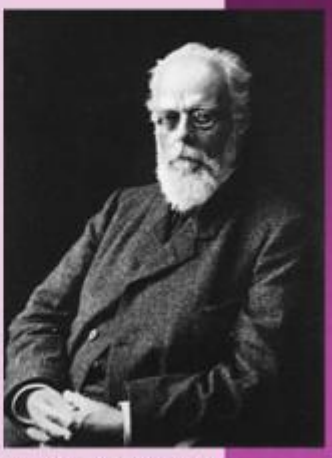
Herbert Spencer



Francis Galton



William Brooks



August Weismann

MIII– A1 – Slide 14

5- HIPÓTESE DA PANGÊNESE

- Para tentar responder essas questões, Darwin elabora a hipótese da Pangênese que é apresentada no livro *The Variation of animals and plants under domestication* , de 1868;

- Não é uma ideia nova - Pangênese – desde a Antiguidade – busca o termo de Aristóteles ;

- Apesar de contemporâneo a Mendel, Darwin desconhecia seu trabalho, e utilizava concepções bem diferentes sobre a hereditariedade em seus trabalhos.

5- HIPÓTESE DA PANGÊNESE

- A hipótese da Pangênese admitia a existência de **gêmulas**: partículas minúsculas provenientes de todas as partes do corpo, que circulavam pelo corpo e iriam para os órgãos sexuais, reunindo-se nos gametas e sendo transmitidas através das diversas gerações;

- O sêmen ou sementes reprodutivas , seriam formadas de minúsculas partículas provenientes de todas as partes do corpo.

- Darwin não fazia distinção entre células somáticas e reprodutivas, vale a pena lembrar que a Teoria Celular ainda não havia sido estabelecida.;

6- HIPÓTESE DA PANGÊNESE : PREMISSAS

1- Todas as unidades do corpo tem o poder de crescimento por auto-divisão :

“ É universalmente admitido que as células ou unidades do corpo aumentam por auto-divisão ou proliferação, retendo a mesma natureza, e essas unidades posteriormente se convertem em vários tecidos e substancias do corpo. “

2- Todas as unidades do corpo produzem grânulos:

“ Eu assumo que as unidades expelem grânulos que são dispersos através do sistema quando suplementados por nutriente próprio, multiplicam-se por auto-divisão e são posteriormente desenvolvidos dentro das unidades como aquela de que originalmente derivaram, Esses grânulos podem ser chamados de **gêmulas.** “

MIII– A1 – Slide 17

6- HIPÓTESE DA PANGÊNESE : PREMISSAS

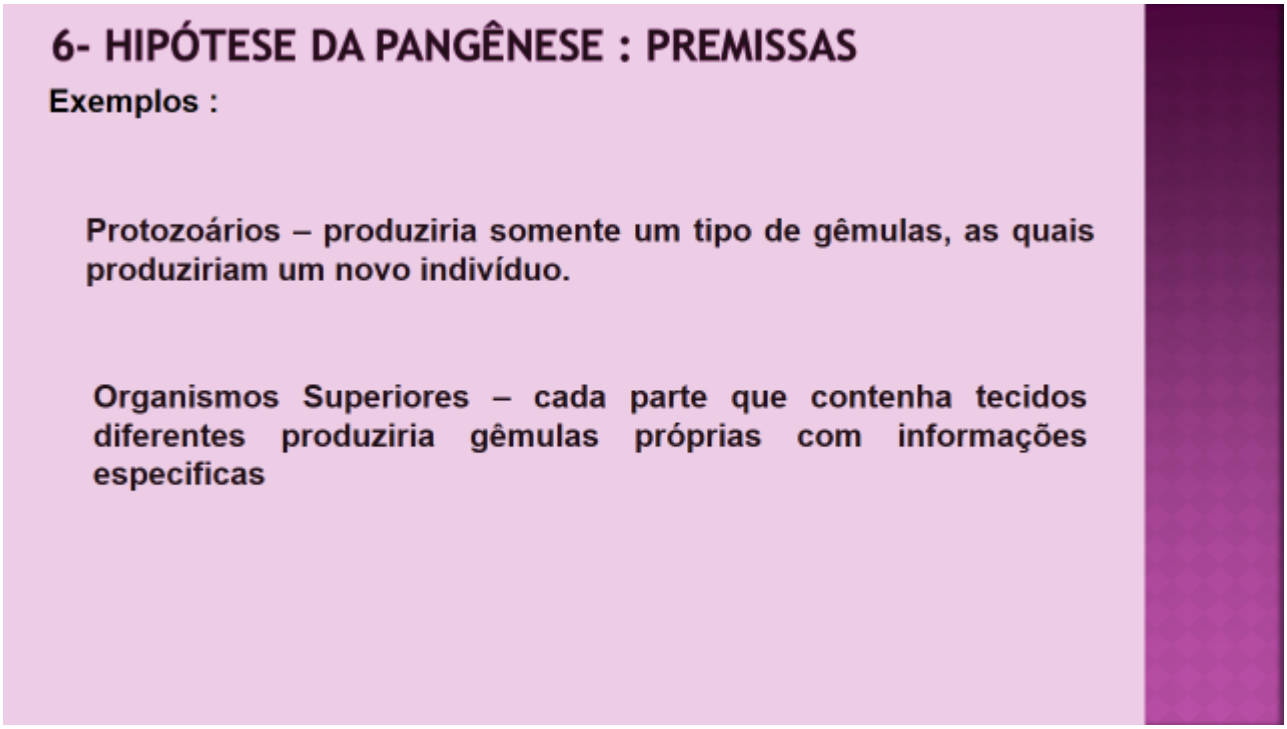
3- As gêmulas crescem , multiplicam-se e agregam-se;

4- As gêmulas de todas as partes do sistema reúnem-se e constituem os elementos sexuais, que quando se unirem formaram um novo ser;

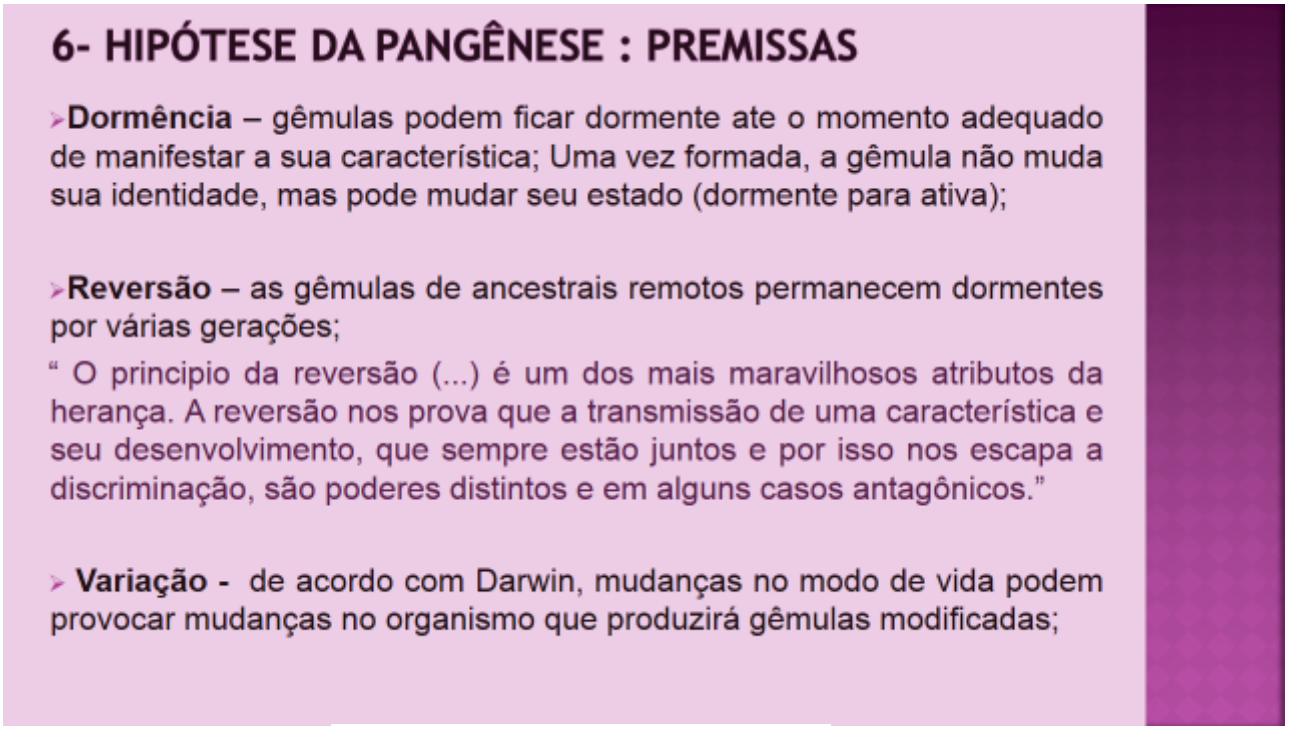
5- Nem todas as gêmulas presentes nos elementos sexuais que formam o novo ser vão se manifestar no mesmo; elas podem ficar em estado dormente passando a outras gerações , nas quais poderão se desenvolver:

“ As gêmulas são geralmente transmitidas em um estado dormente durante muitas gerações para então se desenvolverem. “

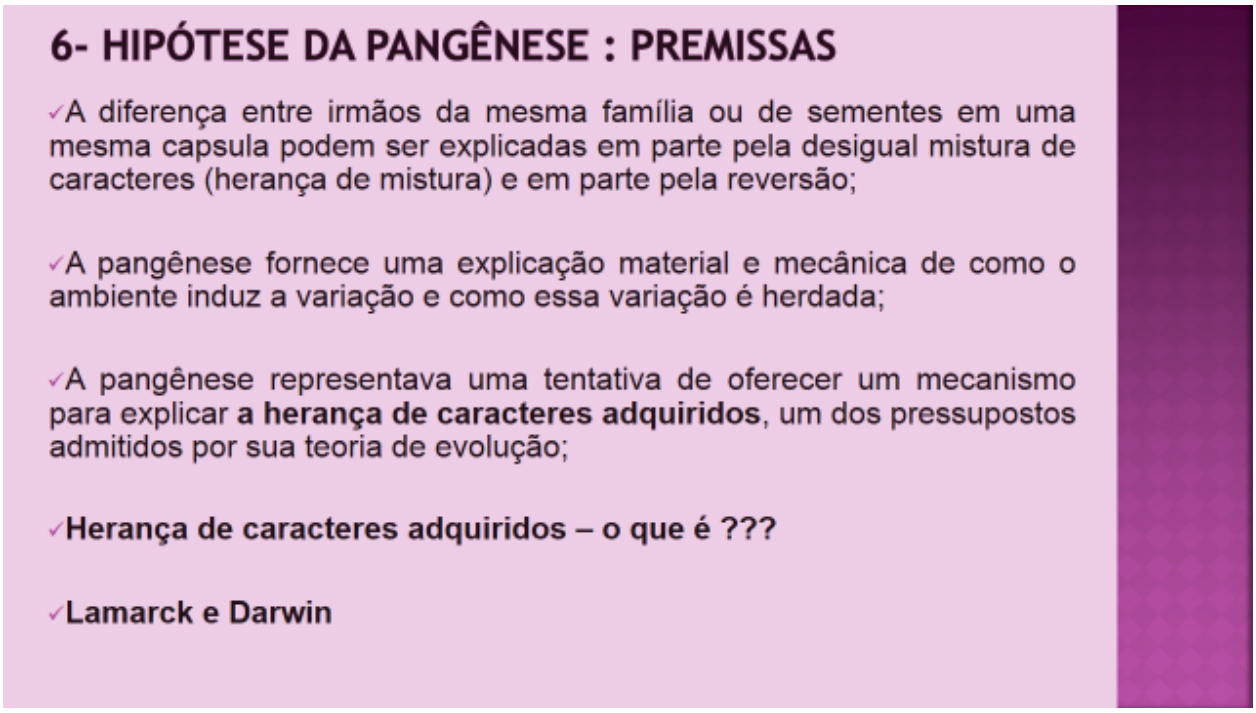
MIII– A1 – Slide 18



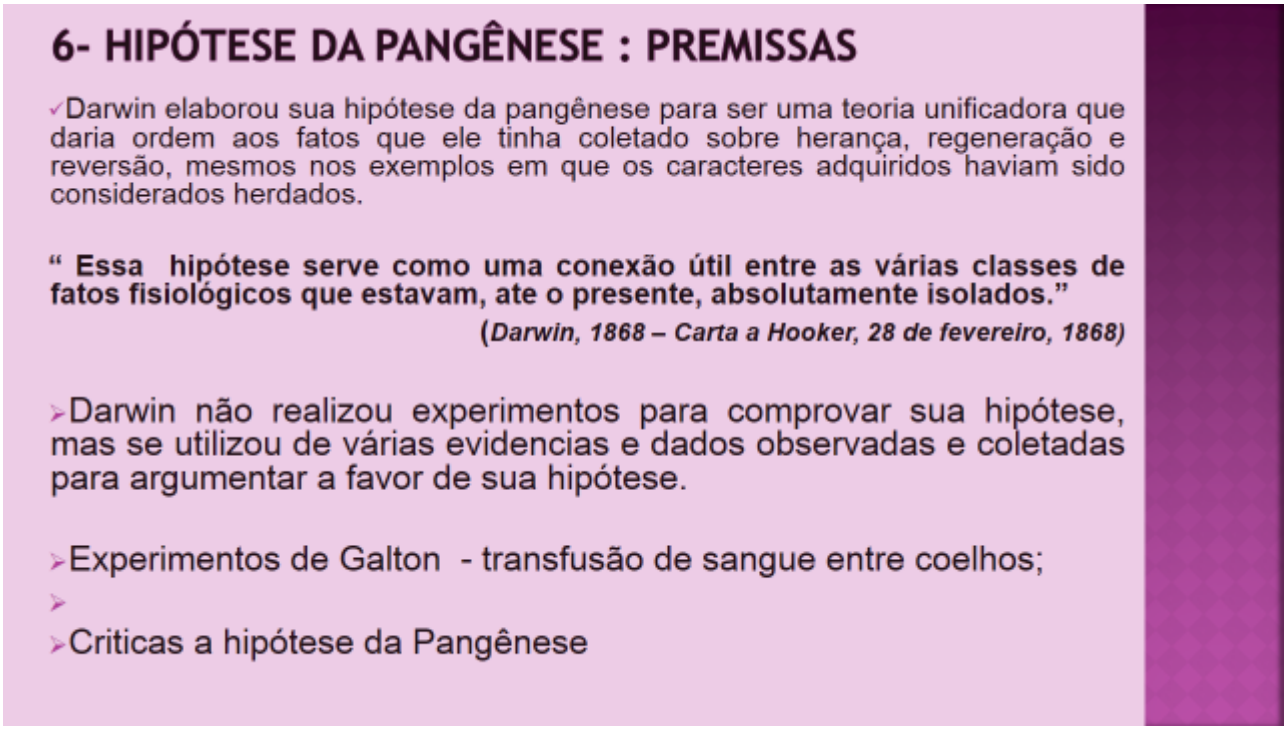
MIII– A1 – Slide 19



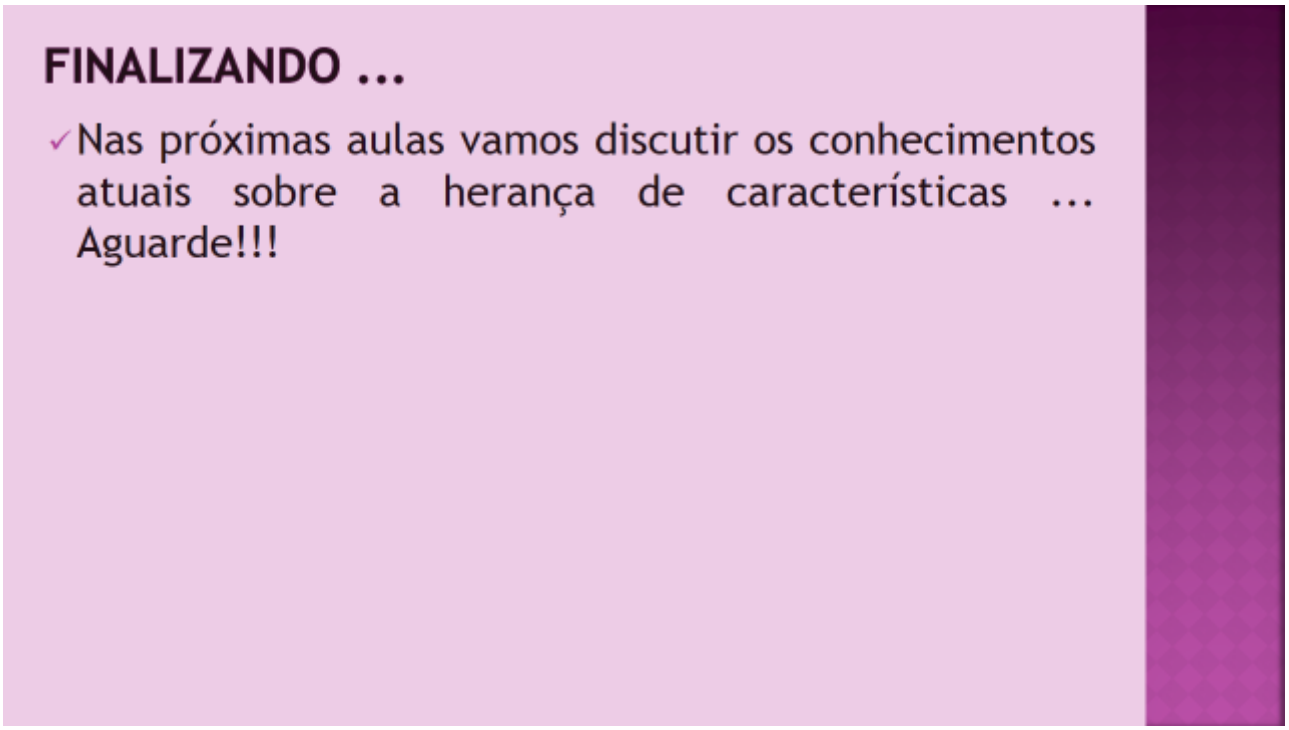
MIII– A1 – Slide 20



MIII– A1 – Slide 21



MIII– A1 – Slide 22



MIII– A1 – Slide 23