UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – IB/USP

Miler Rodrigo Pereira

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: EXPERIMENTOS DE
LAZZARO SPALLANZANI SOBRE REPRODUÇÃO ANIMAL

SÃO PAULO

2014

Miler Rodrigo Pereira

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: EXPERIMENTOS DE
LAZZARO SPALLANZANI SOBRE REPRODUÇÃO ANIMAL

SÃO PAULO

2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – IB/USP

Miler Rodrigo Pereira

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: EXPERIMENTOS DE
LAZZARO SPALLANZANI SOBRE REPRODUÇÃO ANIMAL

Tese apresentada ao Instituto de Biociências
da Universidade de São Paulo, como requisito
para obtenção do título de Doutor em Ciências,
na Área de Biologia/Genética, sob orientação
da Profa. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes.

Versão Corrigida

(A versão original encontra-se disponível no Instituto de Biociências da USP)

SÃO PAULO

2014

Ficha Catalográfica

Elaborada pelo Serviço de Biblioteca do Instituto de
Biociências da USP.

Pereira, Miler Rodrigo

História da Ciência no Ensino Médio: experimentos de Lazzaro Spallanzani sobre reprodução animal. / Miler Rodrigo Pereira; orientador Maria Elice Brzezinski Prestes. -- São Paulo, 2014. 303 f.

Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva.

1. História da Biologia. 2. Ensino de Ciências. 3. Lazzaro Spallanzani. 4. Tecnologia de Informação e comunicação. 5. Experimentos Históricos. I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. II. Título.

Miler Rodrigo Pereira

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: EXPERIMENTOS DE
LAZZARO SPALLANZANI SOBRE REPRODUÇÃO ANIMAL

Comissão Julgadora

Aprovado em: Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Para Dona Eliana, minha mãe, que como ninguém é minha torcedora e motivadora, mesmo nos momentos em que nem eu mesmo acreditava e, para quem meus menores sucessos sempre foram fonte de infinito orgulho.

Para Sílvia, minha esposa, Guilherme e Sarah, meus filhos, que colaboram de tantas maneiras com o trabalho, com o estudo e com minha vida.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes, que me ajudou muito na construção de todas as etapas desta pesquisa, criticando, avaliando, indicando e sugerindo. Um agradecimento especial pela paciência e compreensão, exigência e confiança, que levaram o trabalho para além de uma obrigação acadêmica, colocando-o o campo da realização e da satisfação.

Ao Prof. Dr. Rogério Gonçalves Nigro, agradeço os conhecimentos compartilhados, a paciência nos momentos mais difíceis, precisão sempre cirúrgica nas correções e sugestões importantes da parte empírica desta pesquisa.

Aos professores da banca de qualificação, Profa. Dra. Eliana Maria Beluzzo Dessen, Prof. Dr. Eduardo Gorab e Prof. Dr. Rui Sérgio Sereni Murrieta, que me ajudaram a consolidar e corrigir trajetos.

Ao Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani, pela sugestão em trabalhar com a *Design Based Research*, bem como pelos artigos científicos para leitura.

À CAPES, (Coordenação para aperfeiçoamento do Ensino Superior) por seu importante apoio financeiro.

À Universidade de São Paulo, ao Instituto de Biociências e ao Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, pela estrutura grandiosa e, ao mesmo tempo acolhedora que tive prazer de conviver e trabalhar no desenvolvimento desta tese.

A todos que tornaram possível a aplicação da intervenção didática nas escolas estaduais, Jardim Santa Ângela e Natalino Fidêncio. Todos os alunos dos terceiros anos em 2013. Aos diretores das escolas, supervisores e professores que aceitaram prontamente o

convite de participar e colaborar com as reuniões prévias para elaboração e aplicação da intervenção.

Ao Dr. Diomário Gomes dos Santos, supervisor de criação e programação do SEB (Sistema Educacional Brasileiro), pela amizade e colaboração na criação do aplicativo para a replicação dos experimentos clássicos.

Ao Grupo dos Seminários de História da Biologia e Ensino, um grupo muito especial não só pela competência técnica da colaboração no trabalho com precisão nas críticas, comentários e sugestões, mas também pela amizade e momentos de diversão: Alan F. Dantas, Eduardo Crevelário de Carvalho, Fabricio B. Bittencourt, Gerda Maisa Jensen, João Paulo Di Monaco Durbano, Luciana Valéria Nogueira, Marcelo V. Gilge, Tatiane Tavares da Silva, Renata Orofino, Rosa Andrea Lopes de Souza, Tatiane Afonso Braga.

À minha família, pela compreensão com relação à minha ausência, pela torcida incondicional ao sucesso na realização do Doutorado, o que representa uma conquista de um grande sonho, do qual fizeram parte: minha esposa Silvia, que me ajudou e apoiou durante a realização deste trabalho e companheirismo em todos os momentos; meus filhos Guilherme e Sarah que são sempre uma fonte de inspiração e força para enfrentar os desafios; minha mãe Eliana que não só ajudou e a acreditou sempre, mas que, além disso, participou e decisivamente cuidando do meu filho, compensando minha ausência, para que pudesse concentrar e me dedicar ao trabalho; meu pai Osvaldo pelo apoio dedicação e torcida; minha irmã Valéria que é um grande exemplo e uma verdadeira segunda mãe, minha irmã Fabiana que está sempre disposta a ajudar e estender a mão; minha irmã Patrícia, que mesmo de longe apoiou e torceu muito e, finalmente, aos meus sobrinhos Caio, Gabriel, Daniel, Yan e Bernardo pelos momentos de felicidades que compartilhamos.

PEREIRA, M. R. **História da Ciência no Ensino Médio: Experimentos de Lazzaro Spallanzani sobre Reprodução Animal**. 2014. 303 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

RESUMO

A História da Ciência, nas últimas décadas, é apontada pela literatura especializada como um recurso pedagógico apropriado para ensinar conteúdo científico atual e abordar aspectos da natureza da ciência na sala de aula. Este trabalho trata dos aspectos motivacionais e emocionais nos alunos frente a abordagem inclusiva da História da Ciência como uma ferramenta para promover discussões sobre a construção do conhecimento científico e para trabalhar o conceito de reprodução animal, concentrando no estudo do desenvolvimento de método experimental em investigação de seres vivos. O episódio histórico escolhido foi o estudo da reprodução de anfíbios realizado por Lazzaro Spallanzani (1729-1799), que nos permitiu explorar com os alunos, especialmente, a reflexão e discussão sobre observação, teoria e as relações entre eles. Na parte empírica deste estudo, foi desenvolvida uma sequência didática, conforme modelo de M. Méheut (2004), orientada segundo os princípios de *Design Based Research* (DBR), visando motivar os alunos ao aprendizado de conceitos de reprodução, em turmas de terceiro ano do ensino médio. A sequência produzida foi constituída por oito aulas planejadas de acordo com uma estratégia de ensino de investigação. A Sequência Didática foi aplicada em duas escolas públicas da cidade de São Paulo, Brasil. Foram elaborados materiais didáticos para serem usados na Sequência Didática, como textos de apoio sobre o episódio histórico em questão para os alunos (com base na metodologia de história da ciência, ou seja, fontes primárias analisadas em seu contexto) e replicação de experimentos em ambiente virtual por meio de Tecnologias de Informação e Comunicação. A aplicação da Sequência Didática foi registrada em vídeo e avaliada por dois questionários, um para análise dos aspectos motivacionais, e outro, emocionais envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. A intervenção mostrou efeitos positivos quanto à motivação dos estudantes e principalmente sobre a auto-eficácia e motivação intrínseca. Contudo, algumas concepções relativas à motivação extrínseca foram resistentes a mudanças, o que forneceu indicações para o aprimoramento dos princípios de *design* e de sua implementação em sala. Os resultados podem indicar novas possibilidades de utilização de História da Ciência no ensino de ciências.

Palavras-chave: História da Ciência, Ensino de Ciências, replicação de experimentos históricos, motivação, emoções, TICs, Sequência Didática, Lazzaro Spallanzani.

PEREIRA, M. R. History of Science in the High School: Lazzaro Spallanzani's Experiments in Animal Reproduction. 2014. 303 p. Thesis (Ph.D Degree) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

ABSTRACT

The History of Science, in last decades, is pointed by specialized literature as an appropriate pedagogical resource to teach current scientific content and to approach aspects of the Nature of Science in class. This work treats the motivational and emotional aspects of use History of Science as a tool for student's discussions about the construction of scientific knowledge and work the concept of animal reproduction focusing the study of the development of experimental method in investigation of living beings. The historic episode chosen, the study of amphibian reproduction accomplished by Lazzaro Spallanzani (1729-1799), will allow us to explore among students specially the difference between observation and theory and the relations between them. In the empirical part of this study, we developed an instructional sequence as Méheut M. (2004) model, oriented according to the principles of Research Based Design (RBD), aiming to motivate students to learn about concepts of reproduction in groups of third-year high school level. Learning materials were developed for use in the Teaching Learning Sequence, such as support texts to students about the historical episode in question (based in History of Science methodology, primary sources analyzed in its context) and simulation of experiments in virtual environment through Information and Communication Technologies. Application of Teaching Learning Sequence were recorded in video and evaluated by different questionnaires, one for analysis of motivational aspects, and another emotional involved in the teaching-learning process. The intervention showed positive effects regarding the motivation of students and mainly on self-efficacy and intrinsic motivation. However, some concepts related to extrinsic motivation were resistant to change, which provided indications for the improvement of design principles and their implementation in the classroom. The results may indicate new possibilities of using History of Science in science education.

Keywords: History of Science, Science Teaching, Replication of Historical Experiments, Motivation, Emotion, ICTs, Teaching Learning Sequence, Lazzaro Spallanzani.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Losango didático	66
Figura 2.	Lazzaro Spallanzani na idade adulta	71
Figura 3.	A letra de Spallanzani com a idade de 55 anos. Manuscrito conservado na Biblioteca de Reggio Emilia	73
Figura 4.	Microscópio Original usado por Lazzaro Spallanzani, conservado no <i>Musei Civici de Reggio Emilia</i>	78
Figura 5.	<i>Rana kl. sculenta</i> (rã aquática verde)	84
Figura 6.	Distribuição das respostas de acordo com as perguntas 1 (P1): Você considera importante o uso das TICs no ensino de biologia? E pergunta 2 (P2): Você usa alguma TICs para estudar biologia?	101
Figura 7.	Distribuição de respostas de acordo com a pergunta 3 (P3): das TICs existentes indique as que você usa para estudar biologia?	102
Figura 8.	Distribuição de respostas de acordo com a pergunta 4 (P4): quais assuntos de biologia as TICs facilitaram seu aprendizado?	102
Figura 9.	Distribuição de respostas de acordo com a pergunta (P5): dos alunos que tem acesso ao computador para estudar biologia, quais são os locais de acesso?	103
Figura 10.	Distribuição de respostas de acordo com a pergunta (P1): Você já ouviu falar em História da Biologia?	104
Figura 11.	Distribuição das respostas de acordo com a pergunta 2 (P2): Você já participou de alguma aula em que o professor utilizou abordagens históricas como estratégia para ensinar Biologia?	105
Figura 12.	Distribuição das respostas dos alunos de acordo com a pergunta 3 (P3): você considera importante o uso da História da Biologia no ensino de Biologia?	105
Figura 13.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M1 x M2	158
Figura 14.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M1 x M3	159
Figura 15.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M1 x M4	159
Figura 16.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M2 x M5	160
Figura 17.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M3 x M5	160
Figura 18.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M4 x M5	161

Figura 19.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_2. Eu fiquei satisfeito com a aula M1 x M3	162
Figura 20.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_2. Eu fiquei satisfeito com a aula M1 x M4	162
Figura 21.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_2. Eu fiquei satisfeito com a aula M1 x M5	163
Figura 22.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M1 x M3	164
Figura 23.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M1 x M4	164
Figura 24.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M2 x M4	165
Figura 25.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M3 x M4	165
Figura 26.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M4 x M5	166
Figura 27.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M2	168
Figura 28.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M3	169
Figura 29.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M4	169
Figura 30.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M5	170
Figura 31.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M2x M5	170
Figura 32.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim M1x M3	171
Figura 33.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim. M1 x M4	172
Figura 34.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim. M1x M5	172
Figura 35.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim. M2 x M4	173
Figura 36.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_3. Eu quero aprender mais sobre o assunto. M1x M2	174
Figura 37.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_3. Eu quero aprender mais sobre o assunto. M2 x M4	174
Figura 38.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_3. Eu quero aprender mais sobre o assunto. M1x M4	175
Figura 39.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediado (a). M1 x M3	177

Figura 40.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediado (a). M1 x M4	178
Figura 41.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediado (a). M1x M5	178
Figura 42.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediado (a). M2 x M4	179
Figura 43.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_2. (Hoje) Eu estava distraído (a) com meus pensamentos. M3 x M5	180
Figura 44.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_2. (Hoje) Eu estava distraído (a) com meus pensamentos. M4 x M5	180
Figura 45.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M1 x M3	181
Figura 46.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M1 x M3	182
Figura 47.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M1 X M5	182
Figura 48.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M2 X M3	183
Figura 49.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M2 X M4	183
Figura 50.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M2 X M5	184
Figura 51.	Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M3 X M5	184

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Comparação entre os Métodos de Experimentação Fisiológicos e <i>Design based research</i>	38
Tabela 2.	Números de alunos de acordo com as escolas onde a SD foi aplicada	106
Tabela 3.	Distribuição das respostas “P1” para o período antes e depois da intervenção didática	118
Tabela 4.	Frequência de Ocorrência - P1	118
Tabela 5.	Distribuição das respostas “P2” para o período antes e depois da intervenção didática	119
Tabela 6.	Frequência de Ocorrência - P2.	119
Tabela 7.	Distribuição das respostas “P3” para o período antes e depois da intervenção didática	120
Tabela 8.	Frequência de Ocorrência - P3	120
Tabela 9.	Distribuição das respostas “P4” para o período antes e depois da intervenção didática	121
Tabela 10.	Frequência de Ocorrência - P4	121
Tabela 11.	Distribuição das respostas “P5” para o período antes e depois da intervenção didática	121
Tabela 12.	Frequência de Ocorrência - P5	122
Tabela 13.	Distribuição das respostas “P6” para o período antes e depois da intervenção didática	122
Tabela 14.	Frequência de Ocorrência - P6.	123
Tabela 15.	Distribuição das respostas “P7” para o período antes e depois da intervenção didática	123
Tabela 16.	Frequência de Ocorrência - P7	123
Tabela 17.	Distribuição das respostas “P8” para o período antes e depois da intervenção didática	125
Tabela 18.	Frequência de Ocorrência – P8	125
Tabela 19.	Distribuição das respostas “P9” para o período antes e depois da intervenção didática	126
Tabela 20.	Frequência de Ocorrência – P9	126
Tabela 21.	Distribuição das respostas “P10” para o período antes e depois da intervenção didática	127
Tabela 22.	Frequência de Ocorrência – P10	127
Tabela 23.	Distribuição das respostas “P11” para o período antes e depois da intervenção didática	128
Tabela 24.	Frequência de Ocorrência – P11	128
Tabela 25.	Distribuição das respostas “P12” para o período antes e depois da intervenção didática	129

Tabela 26.	Frequência de Ocorrência – P12.	129
Tabela 27.	Distribuição das respostas “P13” para o período antes e depois da intervenção didática	129
Tabela 28.	Frequência de Ocorrência – P13	130
Tabela 29.	Distribuição das respostas “P14” para o período antes e depois da intervenção didática	130
Tabela 30.	Frequência de Ocorrência – P14.	130
Tabela 31.	Distribuição das respostas “P15” para o período antes e depois da intervenção didática	131
Tabela 32.	Frequência de Ocorrência – P15	131
Tabela 33.	Distribuição das respostas “P16” para o período antes e depois da intervenção didática	133
Tabela 34.	Frequência de Ocorrência - P16	133
Tabela 35.	Distribuição das respostas “P17” para o período antes e depois da intervenção didática	133
Tabela 36.	Frequência de Ocorrência – P17	134
Tabela 37.	Distribuição das respostas “P18” para o período antes e depois da intervenção didática	134
Tabela 38.	Frequência de Ocorrência – P18	134
Tabela 39.	Distribuição das respostas “P19” para o período antes e depois da intervenção didática	135
Tabela 40.	Frequência de Ocorrência – P19	135
Tabela 41.	Distribuição das respostas “P20” para o período antes e depois da intervenção didática	136
Tabela 42.	Frequência de Ocorrência – P20	136
Tabela 43.	Distribuição das respostas “P21” para o período antes e depois da intervenção didática.	137
Tabela 44.	Frequência de Ocorrência – P21	137
Tabela 45.	Distribuição das respostas “P22” para o período antes e depois da intervenção didática	138
Tabela 46.	Frequência de Ocorrência - P22	138
Tabela 47.	Distribuição das respostas “P23” para o período antes e depois da intervenção didática	138
Tabela 48.	Frequência de Ocorrência – P23	139
Tabela 49.	Distribuição das respostas “P24” para o período antes e depois da intervenção didática.	139
Tabela 50.	Frequência de Ocorrência – P24	139
Tabela 51.	Distribuição das respostas “P25” para o período antes e depois da intervenção didática	141
Tabela 52.	Frequência de Ocorrência – P25	141
Tabela 53.	Distribuição das respostas “P26” para o período antes e depois da intervenção didática	142

Tabela 54.	Frequência de Ocorrência – P26	142
Tabela 55.	Distribuição das respostas “P27” para o período antes e depois da intervenção didática	143
Tabela 56.	Frequência de Ocorrência – P27	143
Tabela 57.	Distribuição das respostas “P28” para o período antes e depois da intervenção didática	144
Tabela 58.	Frequência de Ocorrência – P28	144
Tabela 59.	Distribuição das respostas “P29” para o período antes e depois da intervenção didática	145
Tabela 60.	Frequência de Ocorrência – P29	145
Tabela 61.	Distribuição das respostas “P30” para o período antes e depois da intervenção didática	147
Tabela 62.	Frequência de Ocorrência – P30	147
Tabela 63.	Distribuição das respostas “P31” para o período antes e depois da intervenção didática	148
Tabela 64.	Frequência de Ocorrência - P31	148
Tabela 65.	Distribuição das respostas “P32” para o período antes e depois da intervenção didática	149
Tabela 66.	Frequência de Ocorrência – P32	149
Tabela 67.	Distribuição das respostas “P33” para o período antes e depois da intervenção didática.	150
Tabela 68.	Frequência de Ocorrência – P33	150
Tabela 69.	Distribuição das respostas “P34” para o período antes e depois da intervenção didática.	151
Tabela 70.	Frequência de Ocorrência – P34	151
Tabela 71.	Distribuição das respostas “P35” para o período antes e depois da intervenção didática	152
Tabela 72.	Frequência de Ocorrência – P35	152
Tabela 73.	Resumo dos resultados dos questionários de motivação por categorias de perguntas	154
Tabela 74a.	Resumo das informações de comparação da categoria Bem Estar entre todos os momentos da Sequência Didática, para o Questionário 4	157
Tabela 74b.	Resumo das informações de comparação da categoria Interesse entre todos os momentos da Sequência Didática, para o Questionário 4	167

Tabela 74c.	Resumo das informações de comparação da categoria Tédio entre todos os momentos da Sequência Didática, para o Questionário 4.	176
--------------------	---	------------

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	28
2.1 A História da Ciência no Ensino	29
<i>2.1.2 Tipos de Replicação de Experimentos Clássicos</i>	<i>35</i>
2.2 Design Based Research	37
<i>2.2.1 Fases da Pesquisa Design</i>	<i>39</i>
2.3 O Uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) no Ensino	43
2.4 Motivação	53
<i>2.4.1 Motivação e o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação</i>	<i>59</i>
2.5 Emoção	62
2.6 Sequência Didática	65
3 LAZZARO SPALLANZANI E A PESQUISA EXPERIMENTAL COM SERES..	69
VIVOS NO SÉCULO XVIII	
3.1 A Obra sobre a Geração de Anfíbios	81
4 METODOLOGIA DE PESQUISA	95
4.1 Objetivos	95
<i>4.1.1 Objetivo Geral</i>	<i>95</i>
<i>4.1.2 Objetivos Específicos</i>	<i>97</i>
4.2 As Escolas, os Alunos e as Turmas onde foram aplicadas a SD	97
<i>4.2.1 E.E. Jardim Santa Ângela - Diretoria de Ensino de Carapicuíba</i>	<i>98</i>
<i>4.2.2 E.E. Natalino Fidêncio - Diretoria de Ensino de Carapicuíba</i>	<i>99</i>

4.2.3 Caracterização dos alunos envolvidos na pesquisa	99
4.2.3.1 Questionário 1 - O uso das TICs e o Ensino de Biologia	100
4.2.3.2 Questionário 2 – A abordagem inclusiva da História da Ciência e o Ensino de Biologia	103
4.3 Aplicação da Sequência Didática (SD)	106
4.3.1 Validação da Sequência Didática	108
4.4 Questionários 3 e 4	111
4.4.3 Questionários 3 – Motivação	112
4.4.4. Questionário 4 – Emoções Situacionais	115
4.5 Procedimentos para Análise dos Dados	116
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	117
5.1 Questionário 3	117
5.2 Questionário 4	156
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	189
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	194
APÊNDICE A	208
APÊNDICE B	209
APÊNDICE C	239
APÊNDICE D	254
APÊNDICE E	282
APÊNDICE F	300
ANEXO A	303

1 INTRODUÇÃO

A proposta do presente estudo foi analisar e avaliar os aspectos emocionais e motivacionais (da motivação intrínseca e extrínseca) dos alunos, a partir da abordagem inclusiva de um episódio da História da Ciência para promoção de aprendizagem de conteúdos científicos entre alunos do Ensino Médio. O episódio histórico selecionado foi o dos estudos experimentais de Lazzaro Spallanzani (1729-1799) sobre a reprodução de anfíbios. Para isso, foi realizado um estudo histórico de originais de Spallanzani, analisados em seu contexto, conforme metodologia de pesquisa em História da Ciência, segundo as linhas de pesquisa em Aplicação da História da Biologia no Ensino e Impactos da História da Biologia sobre as noções de Natureza da Ciência. Paralelamente, foi elaborada uma sequência didática sobre o tema para ser aplicada pelo próprio autor em duas escolas de Ensino Médio da Rede Pública do Estado de São Paulo, localizadas nos municípios de Cotia e Carapicuíba. A aplicação da sequência didática foi acompanhada de questionários usados em pré-teste e pós-teste, voltados à avaliação dos efeitos ocasionados pela atividade na motivação e nas emoções situacionais dos alunos.

A abordagem do estudo foi realizada utilizando princípios de “*Design Based Research*”, entendida como o estudo sistemático da implementação, avaliação e manutenção de intervenções educacionais inovadoras, visando à busca de soluções para problemas da prática educacional (PLOMP, 2009). A teoria do *Design Based Research* ofereceu a concepção e planejamento de ambientes de aprendizagem, permitindo uma interface com a pesquisa educacional empírica. É uma metodologia importante para compreender como, quando e porquê as inovações educacionais funcionam na prática (*Id.*). A intervenção foi realizada no contexto real de sala de aula do pesquisador responsável por esta pesquisa.

Na perspectiva de necessidades e problemas no contexto escolar, Neves & Boruchovitch (2004) afirmam que a motivação do aluno é um dos principais determinantes do êxito e da qualidade da aprendizagem, assim, investigar a motivação dos alunos, principalmente neste momento no qual a avaliação da aprendizagem por meio de notas e repetência está sendo repensada, constitui-se num tema importante para a pesquisa (NEVES & BORUCHOVICH, 2004, p. 6). Dessa forma, a fase preliminar da presente pesquisa adotou o tema motivação no ensino de biologia, e levantou a seguinte pergunta geral: a abordagem inclusiva de episódios da História da Biologia, como estratégia de ensino por meio da replicação de experimentos clássicos com uso das Tecnologias de Informação e Comunicação, pode promover um ganho de motivação e de emoções situacionais (medidas pelo interesse, bem estar e tédio) nos estudantes?

A pesquisa em formato *Design Based Research* envolve três fases: pesquisa preliminar, fase de prototipagem e fase avaliativa. A pesquisa preliminar compreende a revisão da literatura pertinente e da experiência docente, análise dos problemas e das necessidades situadas no contexto de escolar, bem como desenvolver princípios de *design* ou planejamento da inovação educacional.

A pesquisa preliminar da parte histórica da pesquisa compreendeu a leitura e análise de fontes primárias e fontes secundárias. Nesta pesquisa, as fontes primárias consistiram em um livro de Lazzaro Spallanzani (1729-1799) sobre a reprodução em seres vivos: *Generazione di alcuni animali anfibi* (1780). As pesquisas de Spallanzani sobre reprodução foram analisadas de modo a delinear: a) as pressuposições teóricas que as nortearam (teoria da pré-formação e teoria da epigênese), b) as séries de experiências planejadas, c) hipóteses, procedimentos, resultados e conclusões em cada série.

Paralelamente à leitura e análise dos originais, foi feita a leitura das fontes secundárias, isto é, de historiadores da ciência que se debruçaram sobre a obra de Spallanzani e de seus contemporâneos. As fontes secundárias fornecem um balizamento para a leitura dos originais, ao mesmo tempo em que encurtam o caminho para uma maior compreensão do contexto epistêmico e não-epistêmico da época. Nesta etapa da pesquisa, foram utilizadas as análises sobre os estudos experimentais dos seres vivos no século XVIII presentes em publicações de Maria Elice B Prestes & Gerda Maisa Jensen, (2009 e 2010) e Marc Ratcliff (1992), entre outros.

A fase de prototipagem compreende ciclos de construção, teste e aperfeiçoamento da intervenção. A intervenção pode não apresentar os resultados desejados no primeiro ciclo ou apenas parte tenha sido alcançado, é possível, então afirmar que os princípios de *design* não conduziram ainda a todos os resultados esperados, ou, ao menos, que sua implementação não satisfaz as expectativas assumidas. Isso leva a um replanejamento da intervenção e, a novos ciclos (PLOMP, 2009). Assim, a presente pesquisa constituiu a fase de desenvolvimento e ao primeiro ciclo de prototipagem segundo princípios de *Design Based Research*.

Na fase de avaliação é que ocorrem as recomendações para o aprimoramento da intervenção, por isso que esta fase tem a denominação semi-somativa (SARMENTO *et al.*, 2013, p. 6). Como esta investigação envolveu a construção e o teste apenas do primeiro protótipo da Sequência Didática, a fase de avaliação semi-somativa acerca da aprendizagem não será discutida aqui. O recorte feito para análise e discussão compreendeu atender de perto os objetivos e responder a pergunta de pesquisa.

Desse modo, usamos alguns referenciais teóricos para o desenvolvimento da pesquisa. Para a construção da Sequência Didática, foi utilizado referencial discutido por Martine Méheut & Dimitris Psillos (2004). Assim, conforme esse referencial, uma *Teaching-*

Learning-Sequence (TLS) é tanto uma atividade de pesquisa intervencional quanto um produto, como um pacote de unidade do currículo tradicional, que inclui atividades de ensino-aprendizagem pesquisadas empiricamente e adaptados ao raciocínio do aluno, às vezes são incluídas expectativas quanto às reações dos alunos (MEHÉUT & PSILLOS, 2004, p. 516).

Já a abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino de Biologia foi orientada pelos vários trabalhos que discutem vários benefícios. Sistemáticamente, nas últimas décadas, os documentos oficiais de ensino de diversos países propõem reformas curriculares que destacam a promoção entre estudantes de todos os níveis de ensino, de uma compreensão adequada e aprofundada da Natureza da Ciência (NdC) (PRESTES & CALDEIRA, 2009).

Essa diretriz pressupõe que a compreensão de *como a ciência funciona*, ou de *como nós sabemos o que sabemos*, é componente central da alfabetização científica. As questões relacionadas à natureza do conhecimento científico estão relacionadas a uma educação dirigida para uma “cultura científica básica”, pautada na melhoria do tratamento que faz no ensino das questões filosóficas, históricas e sociais relacionadas ao desenvolvimento científico (REID & HODSON, 1993). Os alunos que atingirem um entendimento desenvolvido da Natureza da Ciência podem ganhar mais conhecimentos sobre as diretrizes que a disciplina científica utiliza para gerar e verificar o conhecimento produzido (PETERS, 2012).

Hoje se considera que um indivíduo cientificamente alfabetizado é capaz de participar na tomada de decisões sobre assuntos que se relacionam com a ciência e tecnologia. Para tanto ele precisa ser municiado não apenas dos conteúdos científicos, mas dos raciocínios e métodos empregados pela ciência. Essa perspectiva gerou uma nova demanda junto à educação científica. Além dos conteúdos, a educação científica tem que promover novas competências, que dizem respeito ao conhecimento *metacientífico*, ou *sobre a ciência* (ADÚRIZ-BRAVO & IZQUIERDO-AYMERICH, 2009, p. 1178).

Por outro lado, o ensino voltado exclusivamente aos conteúdos científicos é atualmente bastante criticado por transmitir uma visão parcial, senão deformada e empobrecida da atividade científica. Essa abordagem contribui para uma imagem pública da ciência como algo alheio e inatingível ao estudante que se vê diante de um volume sobre-humano de informações a serem memorizadas. Consequentemente, também faz diminuir o interesse e a dedicação dos jovens às ciências (CACHAPUZ *et al.*, 2005, p. 20).

Em levantamento e análise de pesquisas realizadas desde a década de 1970 acerca das concepções dos estudantes da NdC, Norman Lederman concluiu que, a despeito da variação na metodologia empregada, todas elas chegaram a resultados semelhantes, mostrando que os estudantes em geral apresentam concepções inadequadas sobre a NdC (LEDERMAN, 1992). Esses achados levaram à conclusão de que os currículos precisam ser repensados para propiciar o desenvolvimento de uma visão mais adequada sobre NdC.

A História da Ciência pode ser utilizada como um dispositivo didático útil para motivar e promover aprendizagem de conceitos científicos atuais, bem como fomentar discussões explícitas em sala de aula sobre a NdC. Episódios de História da Biologia são propícios para ilustrar aos estudantes o processo gradativo da construção do conhecimento científico e dos métodos pelos quais esse conhecimento é desenvolvido (MARTINS, 1998, p. 18; MARTINS, 2007).

A história humaniza a matéria científica tornando-a menos abstrata e mais interessante aos alunos e favorece conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas. A aplicação da História da Ciência no currículo do ensino de biologia da Educação Básica permite corrigir relatos históricos carregados de equívocos e distorções que, infelizmente, caracterizam boa parte dos textos de divulgação e manuais de ensino (MARTINS, 1998). Além

disso, a História da Ciência contribui para o desenvolvimento de uma alfabetização científica (LEDERMAN, 2007; EL-HANI, 2006).

Dentre os argumentos favoráveis à inclusão do componente histórico nos programas curriculares de ciências podem ser citados, além dos anteriores: conexão do desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento histórico de ideias científicas; familiarização de episódios importantes da História da Ciência a todos os estudantes; motivação para favorecer conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas (PRESTES & CALDEIRA, 2009, p.1).

Apesar de existirem vários artigos que apontam aspectos positivos no da abordagem inclusiva da História da Ciência tanto destacando o aprendizado das ciências como nas concepções de Natureza da Ciência dos estudantes, poucos trabalhos direcionaram seus esforços a analisar empiricamente os aspectos motivacionais e emocionais envolvidos nessa abordagem inclusiva da História da Ciência como estratégia de ensino. Assim, a motivação e emoção dos estudantes foi alvo das nossas investigações e a coleta dos dados foi feita por meio de questionários de motivação (TUAN *et al.*, 2005), como pré e pós testes e emoções situacionais (RANDLER *et al.*, 2011) durante a intervenção.

A motivação nesta pesquisa é entendida, no contexto de ensino, como diferente da produzida em outras atividades humanas, pois está intimamente relacionada com o aprendizado dos estudantes, ou seja, com o trabalho mental realizado na execução de tarefas cognitivas, que envolvem a atenção, a concentração, o processamento, a elaboração e a integração da informação, o raciocínio e a resolução de problemas (BZUNECK, 2001, 2004; TOHIDI & JABBARI, 2012, p. 823). Por sua vez, a emoção nesta pesquisa foi considerada como

as emoções que são sensíveis a mudanças e que não se desenvolvem como um fator estável (como, por exemplo, o interesse geral em um tópico específico) (RANDLER *et al.*, 2011).

O trabalho empírico empreendido nesta pesquisa procurou investigar os aspectos motivacionais e emocionais dos estudantes resultantes da aplicação de uma Sequência Didática elaborada a partir da seleção do tema e dos conteúdos históricos, produção de textos, e construção da sequência de atividades didáticas.

A estratégia escolhida para a inclusão da História da Ciência no ensino foi a replicação dos experimentos clássicos, promovendo uma discussão sobre a escolha dos procedimentos a serem executados, bem como as diferentes possibilidades de sua realização, tornando-se objeto de discussão explícita entre professores e alunos. Os experimentos históricos podem ser usados para melhorar as concepções de alunos e professores sobre natureza da ciência e para uma revisão sistemática sobre natureza da ciência no ensino de ciências (LEDERMAN, 2007).

O recurso utilizado para a replicação de experimentos históricos em sala de aula foi o uso das denominadas Tecnologias de Informação e Comunicação, compreende ferramentas que podem ser usadas no ensino de ciências. Essas novas ferramentas, de acordo com Mikropoulos e colaboradores (2003), são procedimentos, métodos e equipamentos utilizados para processar a informação e a comunicação, denominados de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) em ambientes de realidade virtual, utilizados em computadores, *tablets* ou *smartphones* (MIKROPOULOS *et al.*, 2003, p. 177).

De acordo com o exposto, lidamos com os referentes de diferentes campos do saber: a História da Ciência, a interface entre a História da Ciência e o ensino, a investigação em formato *Design Based Research*, o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino, a Motivação e Emoção e a elaboração de Sequência Didática. Apresentamos discussões desses referenciais no segundo capítulo da tese.

O terceiro capítulo desta tese compreende a parte da pesquisa histórica com uma contextualização das pesquisas sobre reprodução no século XVIII, uma breve biografia científica do personagem histórico estudado, Lazzaro Spallanzani (1729-1799), e uma análise da obra sobre a reprodução de anfíbios: *Generazione di alcuni animali anfibi* (1780).

O trabalho empírico empreendido procurou investigar como os resultados da pesquisa teórica se materializavam na elaboração e aplicação da Sequência Didática em duas escolas da rede pública do Estado de São Paulo. O desenvolvimento de toda a parte empírica da pesquisa e da coleta de dados mediante a aplicação dos questionários e de como foram analisados por meio de testes estatísticos, foi descrito no quarto capítulo.

O quinto capítulo foi destinado à análise e discussão dos resultados provenientes da avaliação estatística dos dados. Retomamos, nesse capítulo as questões de pesquisa para reflexão e discussões sobre o pareamento dos dados dos questionários aplicados, por meio de programas estatísticos específicos que possibilitaram perspectivas de reflexão crítica, apontando para algumas conclusões.

Finalmente, o sexto capítulo desta tese compreende as conclusões e considerações finais, visando contribuir para o desenvolvimento da História da Ciência no ensino e provocar a continuidade da pesquisa nesta temática. Além disso, o recorte para nosso objeto de análise não excluiu possibilidades frutíferas de investigação. Algumas delas são pontuadas e apresentadas na conclusão como desdobramentos possíveis desta pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A presente investigação foi conduzida no contexto real da sala de aula do professor-investigador envolvido na pesquisa e foi construída com base no *Design Based Research* (DBR), que será melhor discutida no item 2.2, mas que pode ser resumidamente entendida como o estudo sistemático do planejamento, da implementação, da avaliação e da manutenção de intervenções educacionais inovadoras, visando à busca de soluções para problemas da prática educacional (BAUMGARTNER *et al.*, 2003; PLOMP, 2009).

Inicialmente, discutiremos a abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino por meio de um recurso particular, a replicação de experimentos históricos como meio para promoção de aprendizagem de conteúdos e procedimentos da ciência atual. Os experimentos em questão foram alguns dentre os realizados pelo naturalista italiano Lazzaro Spallanzani para investigar o papel do sêmen masculino na fecundação dos anfíbios.

Como se sabe, o uso de animais em experimentos no contexto educacional é vetado atualmente pelos códigos de ética da pesquisa e educação científica. Assim, a replicação dos experimentos de Spallanzani foi pensada, desde o início da pesquisa, em termos de replicação virtual¹. Para subsidiar essa construção, foi buscado o referencial da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), que será discutida a seguir.

Em seguida, faremos um tratamento teórico dos temas motivação e emoção para contextualizar e elucidar, de acordo com a literatura especializada, as componentes centrais de

¹ O artigo 1º, §1º da Lei no 11.794/2008 Estabelece procedimentos para o uso científico de animais e revoga a Lei 6.638, de 8 de maio de 1979. Esta lei veta a utilização de animais em atividades educacionais em ensino básico, só permitindo sua utilização em ensino superior ou ensino profissionalizante técnico nível médio da área biomédica (BRASIL, 2008).

algumas pesquisas sobre motivação e emoção que foram investigados nesta pesquisa, entretanto, sem avançar muito na psicologia educacional.

Finalmente, discutiremos alguns dos aspectos discutidos por Artigue (1988) e Méheut (2005) para a elaboração de sequências didáticas, como modos de tornar uma intervenção clara e apropriada ao contexto da sua aplicação.

2.1 A História da Ciência no Ensino

A História da Ciência vem sendo utilizada como um dispositivo didático para atingir objetivos diversos, dentre os quais se pode mencionar promover uma compreensão mais adequada da Natureza da Ciência (NdC) e facilitar a própria aprendizagem das Ciências².

Algumas pesquisas recentes relacionadas à problematização da Natureza da Ciência (NdC), tanto entre alunos quanto entre professores de ciências têm indicado a necessidade do desenvolvimento, implementação e teste de propostas visando à melhoria das concepções de estudantes sobre a Natureza da Ciência (EL-HANI, 2006, p. 9; SILVA, 2013, p. 76). Há um reconhecimento na literatura de que a História e Filosofia da Ciência podem contribuir ao aprimoramento das concepções de alunos e professores sobre a própria ciência (OKI, 2008).

Dessa maneira, a abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino de ciências tem sido examinado por diversos autores³. Dentre os argumentos favoráveis à inclusão do componente histórico nos programas curriculares de ciências podem ser citados, além dos anteriores: promoção de conexões entre o desenvolvimento do pensamento individual com o

² Abordagens histórico-epistemológicas vêm sendo apontadas como estratégia pedagógica, pois permite mostrar que a ciência não é uma construção puramente racional, desenvolvida por um suposto “método científico”, o que leva a uma visão crítica do fazer científico (PIETROCOLA, 2003).

³ Chen (2006); El-Hani (2006); Martins, A., (2007); Martins, R., (1990); Matthews (1995); McComas *et al.*, (1998); Pietrocola (2003); Whitaker (1979).

desenvolvimento histórico de ideias científicas; importância do conhecimento sobre a História da Ciência como parte da cultura geral dos estudantes; promoção de conexões entre disciplinas científicas (PRESTES & CALDEIRA, 2009, p. 1).

A História da Ciência pode ilustrar por meio de episódios históricos o processo gradativo e, quase sempre, lento da construção do conhecimento, conduzindo os estudantes a compreenderem aspectos relacionados ao modo de produção do conhecimento científico, e de que forma a ciência se altera ao longo do tempo, permitindo uma visão mais concreta da natureza da ciência, seus métodos e suas limitações (SILVA & MARTINS, 2003, pp. 54-55)⁴. Isso possibilita uma formação crítica do estudante, fazendo que o conhecimento científico seja desmitificado sem, entretanto, ser destituído de valor (MARTINS, 1998).

No entanto, a literatura da área também tem discutido as dificuldades que se interpõem a abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino. De acordo com Allchin (2004), não raro os episódios históricos são mal relatados, no que o autor caracteriza como uma pseudo-história, deixando de ser uma ferramenta pedagógica válida, pois não passam de mitos que promovem ideias falsas da ciência e de como a ciência trabalha. As pseudo-histórias “romantizam cientistas, inflam o drama de suas descobertas e simplificam demasiadamente o processo da ciência” (ALLCHIN, 2004, p. 179).

Um traço comum encontrado nas pseudo-histórias, infelizmente bastante comum nos livros didáticos, é o de um tipo particular de anacronismo, conhecido pelos historiadores da ciência como “*wigguismo*”. Esse termo, cunhado por Herbert Butterfield em 1931, foi inspirado pela prática de um partido político inglês, os whigs, que moldava a história para legitimar sua autoridade. Isso era feito por meio da eliminação da contingência histórica.

⁴ A História da Ciência é um recurso que permite discutir criticamente a concepção de verdade absoluta na ciência, estabelecida pelo método empírico (MARTINS, 2001).

Butterfield ilustrou como na história da ciência também se pratica *whiggismo* quando se apresenta “uma teoria particular, hoje aceita como correta, como provada desde o início” (ALLCHIN, 2004, p. 182).

Desse modo, é necessário fazer um estudo profundo, não apenas baseado em fontes originais, mas alinhado à historiografia recente, desenvolvida à luz do criticismo decorrente de pseudo-histórias.

De acordo com Antonio Cachapuz e colaboradores (2005), a História da Ciência surge como uma das linhas de investigação, uma subárea, no Ensino de Ciências. Atualmente há uma renovação no interesse de se estudar questões históricas, filosóficas e sociais do Ensino de Ciências.

No Brasil, a aproximação entre história e ensino da ciência e ensino ainda ocorre mais no nível teórico do que no nível da prática docente. Algumas das razões para isso são a ausência de História da Ciência nos cursos de preparação de professores⁵ e um pequeno número de pesquisas existentes buscando melhores estratégias para a utilização da História da Ciência dentro do contexto do ensino de ciências brasileiro (SILVA, 2006, p. ix).

Dentro desse contexto, Martins (2007) explica que apesar da valorização crescente que a inclusão da História da Ciência no ensino vem recebendo, a simples consideração de elementos históricos na formação inicial de professores das áreas científicas, ainda que feita com qualidade, não garante a inserção desses conhecimentos nas salas de aula do ensino

⁵ Diversas pesquisas educacionais enfatizam que a ampla maioria dos professores não está preparada para lidar com as versões problemáticas, distorcidas da história da ciência (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; LEDERMAN, 2007; MARTINS, 2007; McCOMAS *et al.*, 1998).

básico, tampouco uma reflexão mais aprofundada, por parte dos professores, do papel da HC para o campo didático das ciências (MARTINS, 2007, p. 115)⁶.

Reis (2006) considerou em sua pesquisa que muitos professores evitam a discussão em sala de aula a respeito de temas de história da ciência, mesmo quando esses temas estão presentes nos currículos escolares, isso pode ser explicado pela falta de conhecimento sobre a natureza da ciência e os aspectos sociológicos, políticos, éticos e econômicos relacionados a ela. Além disso, muitos professores se sentem constrangidos pela extensão e o excesso de conteúdos dos currículos de ciências (REIS, 2006, p. 68). De acordo com Forato e colaboradores (2012), preparar o professor das ciências para tratar aspectos filosóficos e históricos em sala de aula requer tempo, estratégias e material adequado (FORATO *et al.*, 2012, p. 140).

Atualmente, embora seja recomendada a utilização de conteúdos da história e filosofia da ciência no ambiente escolar, ainda são muitos os desafios e poucas propostas concretas (MARTINS, 2007). Dentro desse contexto, surge a necessidade de um maior número de investigações empíricas para que seja avaliada a influência da abordagem histórica e sua maior ou menor eficácia na formação científica dos estudantes da escola básica (OKI, 2008). Esta pesquisa foi concebida, em parte, para atender essa demanda.

Além disso, e conforme discutido por Matthews (1994), existem várias estratégias disponíveis para a aplicação da História da Ciência no ensino, como leituras, replicação de experimentos históricos, ensaios, projetos individuais e em grupo ou leitura e interpretação de artigos originais e dramatização dos debates e episódios históricos (MATTHEWS, 1994, p. 70).

⁶ Allchin (2004) defende que o educador deveria entender as distorções mais comuns, para poder reconhecer os sinais de um texto histórico problemático, que ele denominou de pseudo-história.

2.1.1 O Uso de Experimentos Clássicos no Ensino

De acordo com Chang (2011), “experimentos históricos” são aqueles “experimentos que emergem do estudo da ciência do passado, não da ciência atual ou seus preliminares pedagógicos” (CHANG, 2011, p. 317). Replicação de experimentos históricos⁷ pode ter o papel de um método suplementar para a interpretação de textos, permitindo que alguns *insights* sejam criados a partir de experimentos de cientistas do passado (CHANG, 2011, p. 319).

Segundo Chang, a replicação dos experimentos históricos vem sendo utilizada com objetivos diferentes. O primeiro deles é o de replicações históricas voltadas a fornecer uma dimensão do trabalho científico do passado que não está disponível em suas descrições extensas. A realização de experimentos históricos nessa perspectiva auxilia a “avaliar as intenções atrás dos textos que cientistas do passado deixaram para nós”. Nesse sentido, a replicação de experimentos é um recurso para o próprio historiador da ciência (CHANG, 2011, p. 321).

Um segundo objetivo geral dos experimentos históricos é o de fornecerem subsídios para discutir a própria natureza da ciência. As replicações têm o potencial de promover discussões com os estudantes que vão além das simplificações excessivas, características dos manuais de ensino, substituindo a doutrinação das leis científicas por um engajamento mais produtivo com o fazer científico. Elizabeth Cavicchi argumenta ainda que os “experimentos históricos revelam a interconexão dos fenômenos naturais que é mascarada pelas divisões criadas e reforçadas para a conveniência do ensino” (CHANG, 2011, p. 323). Essa perspectiva do experimento histórico pode ser usada, como sumarizou Chang, “para refinar nossa filosofia

⁷ A literatura apresenta algumas variações do termo, tais como, “reprodução”, “reconstrução”, “repetição” e “recriação” (CHANG, 2011, p. 319) ou ainda “história experimental da ciência” (KRAGH, 2001, p. 177). Neste trabalho optamos por usar o termo “replicação”, tal foi adotado por Dietmar Höttecke (2000) e Hasok Chang (2011).

da ciência, ou para melhorar nossas concepções sobre a natureza da ciência” (CHANG, 2011, p. 322). Essa perspectiva é a que interessa no ensino de ciências.

Um terceiro objetivo indicado por Chang é o de que experimentos históricos podem servir de ponto de partida para a produção de conhecimento científico novo, nessa perspectiva, a replicação de experimentos históricos é uma ferramenta de trabalho para o cientista, na fronteira da produção de conhecimento (CHANG, 2011, p. 323).

Essa tipologia, como mencionado anteriormente, foi desenvolvida por Chang com base na análise de trabalhos recentes sobre replicação de experimentos históricos. Quanto à sua utilização no ensino, Chang destacou trabalhos como os desenvolvidos por Allchin *et al.*, (1999), Devons & Hartmann (1970), Heering (2000), Hoddson (1971), Matthews *et al.*, (2004) e Riess (2000).

Allchin e colegas (1999) incorporaram as experiências históricas em um curso de ciências multidisciplinar, incentivando, a partir de então, os professores de ciências fazerem o uso da replicação de experimentos históricos.

Para a realização de uma replicação do experimento histórico, é necessário que seja desenvolvida uma pesquisa historiográfica para a reconstrução do episódio histórico em questão. O estudo histórico, por sua vez, envolve análise de fontes originais, as chamadas “fontes primárias”, que são constituídas por publicações originais, diários ou cadernos de laboratório, monografias ou minutas de encontros científicos. Essas fontes reúnem informações sobre uma série de ações para auxiliarem na reconstrução da sequência dos diferentes procedimentos experimentais da época que se pretende replicar (HÖTTECKE, 2000, pp. 345-346).

A replicação histórica em sala de aula pode promover uma discussão sobre a escolha dos procedimentos a serem executados, bem como as diferentes possibilidades de sua realização, tornado-se objeto de discussão explícita entre professores e alunos⁸.

A sequência didática planejada e aplicada nesta pesquisa constitui um exemplo de atividade envolvendo replicação de experimentos históricos em sala de aula como elemento motivacional para promover o ensino de conteúdos científicos e discussões sobre o modo pelo qual a ciência funciona.

2.1.2 Tipos de Replicação de Experimentos Clássicos

Chang (2011) classificou a replicação de experimentos históricos em quatro categorias: a) replicação de experimentos históricos propriamente ditos: é a replicação que interessa mais ao historiador da ciência e que se faz com elementos o mais próximo possível do experimento original. Ao refazer o experimento do passado, o historiador da ciência entra em contato com conhecimentos tácitos, não explicitados nos originais da época, mas que emergem da própria prática experimental. É utilizada para aprender sobre a própria História da Ciência; b) replicação física de experimentos históricos: é a reprodução do fenômeno físico que foi criado nos experimentos do passado, sem precisar reunir os mesmos materiais e detalhes históricos do original, ampliando o conhecimento histórico e auxiliando na compreensão do que era possível e plausível na época em que os experimentos foram

⁸ Os experimentos históricos podem ser usados para melhorar as concepções de alunos e professores sobre natureza da ciência. Para uma revisão sistemática sobre natureza da ciência no ensino de ciências, ver Lederman (2007).

realizados⁹. Na replicação física é esperada a utilização de materiais atuais em substituição aos que foram efetivamente usados no passado. A replicação física é a mais indicada a ser usada no Ensino de Ciências por auxiliar na compreensão de conteúdo científico atual, bem como de aspectos da Natureza da Ciência; c) replicação de experimentos históricos por extensão: é a replicação que pode surgir a partir das duas anteriores. Ela estende o experimento replicado, criando experimentos novos com o objetivo de responder a problemas que emergem das observações do experimento original. Esse tipo de replicação também propicia a ampliação do conhecimento histórico, sendo útil no Ensino de Ciências, possibilitando aos estudantes a criação de novos desenhos experimentais a partir do experimento replicado; d) experimentos complementares à replicação histórica: são os experimentos que levam à ampliação do conhecimento científico atual, a partir da recuperação de resultados experimentais do passado que foram esquecidos ou abandonados. Isso ocorre quando, após a replicação física emergem outros experimentos, que analisam questões novas. Além de incrementarem nosso conhecimento sobre a natureza, os experimentos complementares também podem auxiliar na educação científica, especialmente de ensino superior (CHANG, 2011, pp. 320-321).

A sequência didática desenvolvida nesta pesquisa, que será detalhada no capítulo de metodologia, partiu da concepção de replicação física de experimentos históricos, proposta por Chang, adaptando-a ao ambiente virtual. Os experimentos de Spallanzani foram replicados em ambiente virtual, por meio de programa de computador, com base em Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC).

⁹O desafio filosófico da replicação física não é a verificação da exatidão da repetição, mas a caracterização dos fenômenos a serem replicados no experimento (ALLCHIN, 2007, p. 19).

Nesta pesquisa foi feita a avaliação de aspectos motivacionais e de emoções situacionais relacionados à aplicação de uma sequência didática, caracterizada pela utilização de um episódio da história da biologia, a investigação experimental de Lazzaro Spallanzani sobre a reprodução de anfíbios. A sequência didática foi concebida com base no *Design Based-Research* (DBR) que será detalhado no item a seguir.

2.2 Design Based-Research (DBR)

A premissa fundamental entre muitos pesquisadores na área do ensino é que a cognição não é um processo individual, mas sim um processo distribuído entre o conhecedor, o ambiente onde o conhecimento ocorre e a atividade que o aluno está participando. Em outras palavras, o aprendizado, a cognição e o conhecimento não podem ser tratados como processos isolados (BAUMGARTNER *et al.*, 2003, p. 5; BARAB & SQUIRE, 2004, p. 1). Tendo com um de seus objetivos a interligação desses processos, a metodologia *Design* está sendo utilizada amplamente em pesquisas na área educacional (BARAB & SQUIRE, 2004, p. 3).

Desde o começo dos anos 90 (BROWN, 1992; COLLINS, 1992)¹⁰, na pesquisa educacional, o uso da palavra *Design* vem sendo empregada com diversos significados, assumindo um papel central em formas emergentes de pesquisa em educação (BANNAN-RITLAND, 2003, p. 21). *Design-based research*¹¹ é uma metodologia, criada por Alan Brown (1992), introduzida com a expectativa de que os pesquisadores ajustem os diferentes aspectos dos contextos criados numa prática de ensino, de modo que cada ajustamento represente um

¹⁰ Segundo Brown e Collins (1992), que desenvolveram a metodologia, *Design Based Research* procura o equilíbrio entre a teoria e a prática investigando tudo que acontece num cenário de educação. É uma forma de investigar processos dentro de cenários naturais de aprendizagem. No caso desta pesquisa, para avaliar a motivação dos estudantes após uma intervenção.

¹¹ Na literatura internacional, tem sido abordada por diversos grupos de pesquisa, sendo designada por uma variedade de termos, tais como *design experiments* (BROWN, 1992), *developmental research* (AKKER, 1999), *design research* e *design based reseach* (WANG & HANNAFIN, 2005).

tipo de experimentação, permitindo que os pesquisadores testem e gerem teorias em um contexto naturalista (BARAB & SQUIRE, 2004, p. 3). Um modo de conhecer o método do *Design-based research* é o de compará-lo à experimentação fisiológica, como mostrado na **Tabela 1**.

Tabela 1. Comparação entre os Métodos de Experimentação Fisiológicos e *Design based research*

Experimentos Fisiológicos	<i>Design based research</i>
Conduzidos em laboratórios	Ocorre em cenários da vida real
Frequentemente envolve uma ou duas variáveis dependentes	Envolve múltiplas dependentes variáveis
Focado em identificar poucas variáveis	Focado em caracterizar a situação dentro de toda sua complexidade
Utiliza procedimentos fixos	Envolve uma revisão flexível do projeto
Trata os participantes como “sujeitos” da pesquisa	Envolve diferentes participantes, trazendo para o contexto suas diferentes experiências

Fonte: Collins (1999).

De acordo com Plomp (2009), a pesquisa educacional no formato *Design* é uma ferramenta adequada para resolver problemas complexos na prática educativa, oferecendo diretrizes práticas. Essa pesquisa envolve um estudo sistemático da concepção, desenvolvimento e avaliações das intervenções didáticas, tais como programas, sequências didáticas, produtos e sistemas.

A pesquisa educacional está quase sempre separada dos problemas e das questões do cotidiano, ocasionando uma falta de credibilidade, tornando-se necessário a criação de novas

abordagens de pesquisas direcionadas aos problemas da prática, desenvolvendo o conhecimento “útil” (PLOMP, 2009, p. 9).

Assim, o processo de pesquisa em educação na metodologia *Design* engloba os projetos educacionais com a sistemática de um caráter cíclico: atividades de análise, *design*, avaliação e revisão até que um equilíbrio satisfatório entre os objetivos e a realização seja alcançado.

A investigação da pesquisa também envolveu critérios para construção e validação de uma Sequencia Didática que será discutido no item **2.6** conforme referencial (ARTIGUE, 1988; MÉHEUT, 2005), através de uma validação interna, realizada por meio de questionários e tratamento quantitativo dos dados. Conforme mencionado acima, trata se de um estudo de desenvolvimento de inovação educacional, envolvendo comparação entre vias de aprendizagem planejadas e efetivamente realizadas em sala de aula, como meio de avaliar o a motivação dos estudantes antes durante e depois da intervenção e a validade dos princípios de *design* (FREY & DYM, 2006).

2.2.1 Fases da Pesquisa Design

A pesquisa *Design* compreende três fases:

- pesquisa preliminar: compreende a análise, revisão da literatura, desenvolvimento conceitual e teórico do estudo; análise dos problemas e das necessidades situadas num contexto de ensino e aprendizagem, bem como desenvolver princípios de *design* ou planejamento da inovação educacional (PLOMP, 2009, p. 15; SARMENTO *et al.*, 2013, p. 6). Nesta pesquisa, a fase preliminar foi constituída pela leitura e análise da obra de Lazzaro Spallanzani sobre a reprodução em anfíbios, segundo metodologia de pesquisa em História da Ciência; seleção

dos experimentos que seriam objeto de replicação virtual e discussão de literatura de referência dos aspectos de ensino-aprendizagem envolvidos na pesquisa, conforme exposto no presente capítulo.

- fase de prototipagem: é a fase interativa, sendo um microciclo da pesquisa com uma avaliação formativa, sendo a mais importante atividade de pesquisa, objetivando o aprimoramento e o refinamento da intervenção. Caso a intervenção não apresente os resultados desejados ou permita alcançá-los apenas parcialmente, pode-se afirmar que os princípios de *design* não conduziram ainda aos resultados esperados, ou, ao menos, que o modo como se decidiu implementá-los não satisfaz as expectativas assumidas. Este fato conduz a novas decisões quanto ao planejamento da intervenção e, assim, a novos ciclos de testes. Contudo, mesmo que todos os objetivos assumidos sejam atingidos, novos ciclos de prototipagem ainda assim são necessários para avaliar a possibilidade de estender a inovação a outros contextos educacionais. Afinal, a cada ciclo de investigação de um protótipo de inovação educacional, deve haver um aumento do número de participantes da pesquisa, ou seja, dos números de estudantes e de professores-investigadores (PLOMP, 2009, p. 15; SARMENTO *et al.*, 2013, p. 6). A fase de prototipagem desta pesquisa corresponde à aplicação da sequência didática que fez uso da replicação virtual de um experimento histórico como elemento de motivação para a aprendizagem de conceitos biológicos atuais e discussão sobre a natureza da ciência. É importante salientar que a presente pesquisa pode ser definida, segundo princípios de DBR, como pesquisa de desenvolvimento, portanto, corresponde à fase preliminar de planejamento, construção e aplicação do primeiro ciclo de protótipo da intervenção e a avaliação dos aspectos motivacionais.

- fase avaliativa: avaliação semi-somativa para concluir o quanto a solução ou intervenção atende as especificações pré-determinadas. É nesta fase que ocorre às recomendações para o

aprimoramento da intervenção, por isso que está fase denominação semi-somativa (SARMENTO *et al.*, 2013, p. 6)¹². Na presente pesquisa, esta fase corresponde à análise e avaliação da motivação dos estudantes durante vários momentos e após a intervenção didática.

No final do processo, entende-se que a pesquisa auxilia o processo de *Design* educacional, assim como, o processo de *Design* educacional auxilia a pesquisa. O desafio da pesquisa *Design* é capturar e transformar em explícito as decisões implícitas associadas ao processo *Design*, transformando-as em diretrizes direcionadas para os problemas educacionais (PLOMP, 2009, p. 17).

Entretanto, de que maneira as intervenções *Design*, podem contribuir para a construção da teoria? Com base na análise dos problemas no contexto da prática de ensino e utilizando as intervenções após um número de ciclos já terem sido realizados, os pesquisadores podem encontrar uma solução satisfatória para o problema identificado. Cada repetição ou ciclo é um passo no processo de fazer o conhecimento que incluirá uma reflexão sistemática dos aspectos teóricos da intervenção, resultando no final nos princípios design ou afirmações teóricas (PLOMP, 2009, pp. 17-18). Em outras palavras, no final o pesquisador poderá concluir com base numa proposição como a que segue:

Dentro do nosso contexto, se eu fizer < intervenção (baseada na teoria – abordagem inclusiva da história da ciência no ensino) > então eu espero < resultados pretendidos (aumento da motivação dos estudantes para aprendizagem de conteúdos científicos atuais e de como a ciência funciona) >.

¹² De acordo com Plomp (2009), uma característica chave estabelecida na pesquisa *Design* é a intervenção real no contexto educacional (característica intervencionista) combinado ao esforço em entender e melhorar as intervenções (processo de orientação), seguido da avaliação dos protótipos contribuindo para a construção da teoria (teoria orientação).

Esquemáticamente, nossa pesquisa se insere nos princípios de *design* segundo a formulação abaixo:

Dois aspectos são importantes nesse esquema:

- os resultados das intervenções indicado como Y_n , pois frequentemente as intervenções geram vários resultados, nesta pesquisa foram avaliados e analisados os resultados quanto aos aspectos relacionados à motivação dos estudantes envolvidos na pesquisa;
- a intervenção é apresentada como “entrada→ processo”, pois para o processo de criação é necessário se levar em consideração as entradas (materiais de ensino, o desenvolvimento do professor entre outros) necessárias para a funcionalidade do processo.

No final do processo os pesquisadores não tem apenas a disposição os resultados das intervenções, mas também uma reflexão sistemática e análise dos dados coletados durante esse processo cíclico, fornecendo uma compreensão do “como e porque” do funcionamento da intervenção no contexto particular em que foi desenvolvido (PLOMP, 2009, p. 18).

De acordo com o descrito acima, fica evidente que a simples observação da aprendizagem e da cognição como elas naturalmente ocorrem no mundo não é adequado. A educação é um campo aplicado, e os cientistas devem buscar resultados específicos, envolvendo os alunos na elaboração da ciência, por exemplo, criando comunidades *online*

para o desenvolvimento profissional, fazendo com que os alunos confrontem crenças preexistentes.

Dentro deste contexto, uma dessas ferramentas é a atualmente chamada Tecnologia de Informação e Comunicação que nesta pesquisa foi utilizada para subsidiar a elaboração da replicação virtual de experimento histórico na sequência didática aplicada junto a alunos do ensino médio. O número de pesquisas relacionadas à Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) na educação aumenta consideravelmente (SALES *et al.*, 2008, p. 3501), que será discutida sumariamente na próxima seção.

2.3 O Uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) no Ensino

Apresentaremos a seguir alguns aspectos destacados em pesquisas sobre o uso da Tecnologia de Informação e Comunicação no ensino, visando indicar em que medida ela amparou a elaboração da replicação virtual de experimentos históricos.

A Tecnologia de Informação e Comunicação é uma área de pesquisas conduzidas para a integração da tecnologia às salas de aula, com objetivo de apoiar o ensino e aprendizagem de ciências (HUPPERT *et al.*, 2002, p. 805; MIKROPOULOS *et al.*, 2003, p. 176). Segundo esse referencial, um elemento importante para promover a aprendizagem é um processo ativo de construção do educando (GREENO *et al.*, 1996, p. 17).

Assim, é importante destacar, não só em relação ao ensino de biologia, como em outras disciplinas científicas, que a familiarização do aluno com conceitos, práticas e pensamentos da comunidade científica, deve ser complementado por um currículo em educação científica que incentive a aprendizagem ativa. Dessa forma, permitindo que os

alunos tenham a oportunidade de construir seu próprio conhecimento, com o engajamento em atividades cognitivas (COLLINS *et al.*, 2003, p. 836).

Um conjunto de novas ferramentas de ensino tem sido desenvolvido, com uso de computadores, explorando simulações e visualizações de experimentos que desempenham um papel importante na construção visual ou representações mentais e, ainda na resolução de problemas, favorecendo uma participação mais ativa dos alunos no processo de aprendizagem (HUPPERT *et al.*, 2002; MIKROPOULOS *et al.*, 2003).

Essas novas ferramentas, de acordo com Mikropoulos e colaboradores (2003), são procedimentos, métodos e equipamentos utilizados para processar a informação e a comunicação, denominados de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) em ambientes de realidade virtual, utilizados em computadores, *tablets* ou *smartfones* (MIKROPOULOS *et al.*, 2003, p. 177).

Apesar de a Tecnologia de Informação e Comunicação ainda ser um desafio para educadores, pesquisadores, e instâncias governamentais, as reformas curriculares de países como a Austrália, com o apoio das pesquisas e propostas educacionais, têm introduzido discussões sobre o uso dessa Tecnologia nas aulas de ciências (PEAT & FERNANDEZ, 2000, p. 69).

Quanto à realidade brasileira, documentos oficiais indicam a necessidade de novas pesquisas visando fomentar subsídios para introduzir o uso da TIC no ensino de ciências nas escolas, como na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB)¹³ (BRASIL, 1996).

¹³ De acordo com a LDB, artigo 35, inciso IV, uma das finalidades do Ensino Médio é: [...] “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 1996).

Podemos citar, como exemplo de trabalho alinhado com Tecnologia de Informação e Comunicação, a pesquisa desenvolvida por Krajšek & Vilhar (2010). Os autores utilizaram uma animação por computador, mostrando eventos em nível molecular, e uma dramatização simulando um processo de difusão. Com os elementos históricos, como a descrição de Robert Brown (1773-1858) do movimento das partículas e a explicação de Albert Einstein (1879-1955) do fenômeno em nível molecular, ao longo da aula, os alunos foram incentivados a confrontar suas concepções prévias com aquelas adquiridas no final da aula. A simulação permitiu aprender por mudança conceitual e ainda avaliar criticamente os modelos científicos (KRAJŠEK & VILHAR, 2010).

Trabalhos como esse indicam o grande potencial do uso da Tecnologia de Informação e Comunicação, particularmente no ensino de biologia dentro do ensino médio. Os alunos estão menos interessados por assuntos relacionados às ciências e, além disso, apesar do aumento da produção de conhecimento científico, a compreensão pública da ciência parece ser mais baixa do que nunca (VELLE, 2002, p. 56). Essa realidade lançou um sinal de alerta sobre a comunidade científica, pois, além da baixa compreensão pública da ciência, recentemente muitos estudantes no ensino superior optam por uma carreira com melhor remuneração e status de um mundo comercial (VELLE, 2002, p. 56).

Em contraste com essa realidade, percebe-se que a vida pós-moderna tem uma dependência crescente de tecnologia e dos avanços das descobertas realizadas pelos cientistas. Portanto, é imprescindível a valorização do uso de tecnologias nas salas de aula e o apoio necessário para o trabalho subjacente à tecnologia, oferecendo aos estudantes o conhecimento necessário para compreender ciência e o mundo a sua volta (HUPPERT *et al.*, 2002, p. 805).

O contato dos alunos com a Tecnologia de Informação e Comunicação poderia contribuir para sua familiarização com o tema, promovendo, no longo prazo, uma maior compreensão pública a seu respeito.

Além disso, pacotes de aprendizagem utilizando informática e *web*, como experimentos virtuais ou exposições virtuais de estruturas anatômicas, podem oferecer uma variedade de oportunidades de aprendizagem, que vão desde o fornecimento de conteúdo não interativo, que serve como ilustração, até experiências altamente interativas de aprendizagem centradas no aluno (PEAT & FERNANDEZ, 2000, p. 71).

Dessa maneira, mesmo que apenas um pequeno número de alunos continue a trabalhar em uma área científica, ou seja, se torne um cientista, é muito importante que o modelo de ciência que possamos oferecer seja acessível, excitante e provocativo. As habilidades relacionadas ao raciocínio científico irão capacitá-los a se envolver com questões complexas, como, por exemplo, engenharia genética, tecnologias reprodutivas, o desenvolvimento de novas drogas (HUPPERT *et al.*, 2002, p. 806; VELLE, 2002, p. 56).

A Tecnologia de Informação e Comunicação pode oferecer ferramentas que tornem o trabalho do professor de ciências mais fácil e eficaz (VELLE, 2002, p. 56).

Por outro lado, questões éticas vêm balizando e normatizando o uso de organismos vivos na pesquisa e no ensino, em nosso país, o que vem acarretando implicações para as aulas práticas de laboratório escolar. As simulações promovidas com Tecnologia da Informação e Comunicação aparecem como uma alternativa nesse cenário (SHIM *et al.*, 2003, p. 71)¹⁴.

¹⁴ Atualmente, diversos trabalhos defendem o uso das TICs e dos computadores como recurso didático para o ensino de ciências (KAPA, 1999; PEAT & FERNANDEZ, 2000; SHIM *et al.*, 2003).

Interações na natureza, como presa e predador, por exemplo, como processos dinâmicos são muitas vezes representados em termos algébricos que dificultam a compreensão dos alunos. Assim, o uso de programas pode favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas ampliando o conhecimento e as habilidades para análise dos modelos ecológicos oferecendo uma visualização dos fatores envolvidos, proporcionando uma melhor compreensão para os alunos (LUTTERSCHMIDT & SCHAEFER, 1997).

Da mesma forma, a importância dada à compreensão e as vantagens das simulações de computador em análogos de natureza, auxiliando a compreensão dos modelos matemáticos, é discutida por Murphy com uso de simulações ilustradas por um programa de hereditariedade genética (MURPHY, 1986).

Um trabalho realizado por Kew-Cheol Shim e colaboradores (2003), chama a atenção para Realidade Virtual, tecnologia baseada em computador que recria ambientes diversos, como exemplo, participar de uma aula prática virtual no laboratório de ciências, aumentando as possibilidades de interatividade. Dessa forma, o potencial de simulações de realidade virtual no ensino da biologia é enorme, destacando-se a interatividade e engajamento dos alunos¹⁵ (SHIM *et al.*, 2003, p. 73).

Do mesmo modo, a partir dos resultados apresentados pelas pesquisas de Mikropoulos e colaboradores (2003) foi possível verificar o desenvolvimento e avaliação de um ambiente virtual de ensino para o ensino de biologia. Em particular, um ambiente sintético tridimensional, que permite interação em tempo real, com um ambiente em terceira dimensão (3D), artificial representando situações realistas ou não realistas. Essa tecnologia compreende uma poderosa ferramenta para modelagem, simulações e visualizações. O ponto-chave é a

¹⁵ A realidade virtual possibilita a construção de ambientes virtuais multissensoriais, sendo mais "imersiva" do que os materiais anteriores de aprendizagem, podendo assim, ter mais impacto sobre a aprendizagem dos alunos (SHIM *et al.*, 2003, p. 73).

possibilidade de viver experiências em que o usuário passa em lugares, fenômenos e situações em que sua presença física é impossível ou extremamente difícil. Esse trabalho com ambiente virtual altamente interativo envolve determinadas tarefas de aprendizagem para o apoio do ensino da célula vegetal e do processo de fotossíntese. O ambiente foi avaliado utilizando uma amostra de 37 professores em serviço e mostrou-se altamente eficaz tanto no desenvolvimento de conceitos, como no aspecto motivacional (MIKROPOULOS *et al.*, 2003).

Além disso, os programas de simulação viabilizam a realização de experimentos que só eram possíveis serem realizados em laboratórios muito bem equipados. David Dewhurst e colaboradores (1988) apresentaram resultados obtidos a partir de dois programas de simulação por computador, “Fisiologia do Nervo” e “Coração da Rã”, como alternativas práticas para o uso de animais em experiências. Os programas, que são altamente interativos, utilizam dados experimentais reais para gerar as simulações como formas de ondas nervosas de alta resolução, potenciais de ação compostos e contrações cardíacas, idênticos aos que normalmente seriam gravados em uma situação real. Os alunos, em vista disso, podiam trabalhar com os programas em seu próprio ritmo e fazer medições diretamente na tela do monitor, como se estivessem em uma experiência real com os animais utilizados.

Em outro estudo, Mauro Cherubini e colaboradores (2008) publicaram resultados de pesquisa com crianças em idade pré-escolar empregando o uso de simulação, em formato de jogo, através de experimentos com plantas e sementes relacionados especificamente a reprodução, crescimento e desenvolvimento. As simulações sobre crescimento e desenvolvimento vegetal poderiam sanar as dificuldades desenvolvidas pelas crianças que preferem mais aprender sobre animais ao invés de plantas, já que os experimentos reais com plantas produzem atividades com pouca interatividade e despertam pouco interesse nas crianças. Além disso, esses experimentos com simulação possibilitaram uma melhor forma de

trabalhar conceitos de classificação ou atribuição das características dos seres vivos, ou seja, ajudaria a resolver a confusão de termos que as crianças em idade pré-escolar possuem, como por exemplo, o que é um ser “vivo”, com conceitos como “animado” e “inanimado” e, ainda as dificuldades de compreensão com ciclos de vida dos grupos de plantas.

Além disso, as simulações destinadas ao ensino de ciências, construídos para computador são constituídos por um texto introdutório e tarefas para os alunos, e acompanhados com um manual de instruções e notas do tutor, ou seja, o professor faz a mediação entre o programa e os alunos, realçando a participação do professor no processo de aprendizagem. Ademais, esses programas podem fornecer uma alternativa realista para experimentos de laboratório convencionais com animais, criando um laboratório virtual com banco de dados que disponibiliza o material elaborado, permitindo além do seu uso direto em sala de aula, acesso posterior pelos alunos, dando continuidade no processo de ensino aprendizagem (DEWHURST *et al.*, 1988, p. 20).

Tecnologias baseadas em estratégias de investigação, as quais são centradas na participação ativa dos alunos, experimentos que não sejam meras receitas decoradas, mas o com uso do experimento segundo uma perspectiva de investigação são mais acessíveis e com maior potencial de fazer uma diferença positiva no desenvolvimento de um pensamento crítico e no ensino e na aprendizagem de ciências (MEANS *et al.*, 1993; SIVIN-KACHALA & BIALO, 2000). Dessa forma, não basta a produção de simulações virtuais que apenas mimetizem uma exposição aos alunos; as simulações trarão contribuição para o ensino se baseadas em estratégias que promovam a participação ativa dos alunos, como ocorre no modelo de ensino por resolução de problemas, por exemplo (BERLIN & WHITE, 1986; LEE, 1999; HARGAVE & KENTON, 2001).

Além disso, as simulações de computador tem o potencial de fazer um ensino mais interativo e autêntico, tornando o aprendizado de conceitos abstratos mais concretos (RAMASUNDARAM *et al.*, 2005, p. 23), permitindo aos alunos confrontar seus próprios conceitos prévios e trabalhar e receber *feedbacks* imediatos do material original e dos dados reais, além de tomar decisões sobre resolução de problemas de forma personalizada (LEE, 1999; HARGRAVE & KENTON, 2000; MOORE, 2007).

O uso das TICs também se destaca quanto à análise e avaliação de discurso entre os alunos, no momento da interação com uma simulação ou animação. Em relação à atividade discursiva mediada por computador, Marida Ergazakia & Vassiliki Zogza (2008) apresentam a possibilidade de análise da construção de argumentos, ou seja, reclamações, justificativas, desafios e operações epistêmicas e a contribuição e participação dos *softwares* de simulação por computador nesse processo (ERGAZAKI & ZOGZA, 2008).

O uso de Tecnologias de Informação e Comunicação pode transformar a aprendizagem, proporcionando maior acesso à informação, oferecendo aos professores e estudantes oportunidades para colaborar com colegas e especialistas, expressar e comunicar ideias e explorar tópicos de maneira que seriam difíceis de outra forma em um contexto de sala de aula (SCHACTER, 1999; SIVIN-KACHALA & BIALO, 2000; HONEY, 2001; SONGER, 2013). Contudo, as tecnologias educacionais têm sido mal integradas nas salas de aula (SONGER, 2013, p. 473) e muitas vezes são utilizadas de forma limitada para simplesmente manter praticas de ensinos tradicionais que apenas ilustram conteúdos trabalhados, embora sem interação ativa dos alunos (CUBAN, 2001, p. 68).

Assim a partir das simulações os professores podem atender às diferenças entre os alunos, observar de forma mais próxima à tomada de decisões sobre as etapas da atividade e verificar o nível de conhecimento de cada aluno (HENDERSON *et al.*, 2000, p. 218).

Finalmente, simulações de computador oferecem a oportunidade de recriar aspectos do mundo real que de outra forma seria muito complexo, demorado e até perigoso para fazer em uma convencional sala de aula (APKAN, 2002). Em um ambiente simulado, o tempo muda, e pode ser acelerado ou retardado, conceitos abstratos podem ser feitos como processos concretos e visíveis. Os professores podem focar a atenção dos alunos sobre os objetivos de aprendizagem enquanto os ambientes do mundo real são simplificados, a causalidade de eventos fica claramente explicada (JONG & JOOLINGEN, 1998, p. 186).

Ao transitarmos pelo mundo adquirimos uma série de informações e é, de acordo com elas, que nossa percepção de realidade altera-se com o tempo. Experimentos de percepção visual mostram que é possível mudar a percepção à medida que o indivíduo recebe novas informações. Com essa perspectiva, James M. Monaghan e John Clement, (1999) analisaram como estudantes interagem com uma simulação de computador sob percepção e desenvolvimento em um formato de predizer – observar – explicar. Com base nessas observações, sugeriram a hipótese de que a dissonância entre suas previsões incorretas e simulações apresentadas pelo computador, inicia-se assim a construção de novas formas de pensar sobre o tema abordado na simulação. Essas evidências foram baseadas em movimentos das mãos e outros indicadores sugerem que os estudantes estavam usando imagens dinâmicas em simulações mentais durante a participação do trabalho com a simulação (MONAGHAN & CLEMENT, 1999).

Outro artigo do pesquisador Matthew Kearney (2004), com o foco no o uso de predizer-observar-explicar em tarefas baseado em multimídia, realça a ideia de sua função auxiliando conversas de alunos em pequenos grupos favorecendo a aprendizagem. O estudo adotou uma perspectiva sócio-construtivista para analisar e interpretar as conversas dos alunos, focando na articulação dos alunos e justificativa das suas próprias concepções de

ciência, além do esclarecimento e de reflexão crítica sobre a visão dos seus parceiros, e a questão da negociação com o parceiro, durante a simulação. A pesquisa forneceu uma ilustração de como a tecnologia pode mediar o processo de aprendizagem, além de atuar como um instrumento de ensino eficiente e conveniente para extrair dos alunos concepções pré-instrucionais, atuando como suporte e facilitando as conversas reflexivas entre os alunos (KEARNEY, 2004).

Nos dois casos, os pesquisadores acreditam que a interação com uma simulação de computador pode facilitar simulações mentais apropriados para um estudante em situações-problemas (MONAGHAN & CLEMENT, 1999; KEARNEY, 2004). Além disso, o importante papel das simulações em promover simulações mentais promove o desenvolvimento das competências de pensamento que são importantes para ajudar os alunos mais jovens a compreender muitas relações complexas que existem no mundo natural e social (MAANI & MAHARAJ, 2004, p. 27).

A aprendizagem assistida por computador é outro conceito do uso das Tecnologias da Informação e Comunicação que merece destaque, incluindo experimentos simulados, tem um grande potencial para tratar de um problema complexo, como os alunos com baixas habilidades de raciocínio lidam com a aprendizagem de conceitos e princípios da ciência. O desempenho acadêmico dos alunos pode indicar o impacto potencial de um programa de simulação computacional, permitindo que os alunos com habilidades baixas de raciocínio possam lidar com sucesso com a aprendizagem de conceitos e princípios da ciência, que exigem altas habilidades cognitivas (HUPPERT *et al.*, 2002, p. 819).

Percebe-se que os estudos e as análises sobre a TIC no ensino de ciências estão em amplo desenvolvimento e atualmente atraem atenção de muitos pesquisadores ao redor do mundo. Embora diversas questões já tenham sido discutidas, outras muitas surgem e ainda

não foram respondidas até o momento. A literatura especializada apresenta muitos resultados e discussões importantíssimas para atender a demanda do uso das tecnologias no ensino de ciências. Smetana & Bell (2012) em um artigo de revisão sobre o panorama das pesquisas acerca do uso de simulações de computadores no ensino indicam a necessidade de mais pesquisas para mostrar de forma mais clara e explícita o uso das simulações de computador no ensino¹⁶.

Com base nessas considerações, este estudo promoveu a elaboração de uma animação em programa de computador sobre um experimento histórico como uma ferramenta integrada a sequência didática voltada ao uso de um episódio histórico como elemento de motivação para aprendizagem de conceitos científicos.

2.4 Motivação

O desafio de motivar os alunos para estudar os conteúdos de Biologia não é uma tarefa fácil, em todos os níveis de ensino, pesquisas realizadas nas últimas décadas constatarem que a motivação interfere consideravelmente no desempenho escolar dos alunos. A ausência de motivação acarreta falta de interesse, de esforço e de investimento por parte do aluno, trazendo sérias implicações, pois um aluno desmotivado não aprende tudo que pode e não desenvolve sua capacidade ao máximo (MARTINELLI & SASSI, 2010).

¹⁶ Algumas questões ainda precisam ser respondidas, como por exemplo: como os professores usando simulações de computador podem envolver efetivamente os alunos em autênticas práticas científicas? Como as simulações de computador podem ser usadas para introduzir os alunos a problemas semelhantes aos assumidos por pesquisadores na área? Como os professores podem usar efetivamente as simulações para envolver os alunos em níveis mais elevados de investigação? Como as instruções e sequência em que as simulações de computador são usadas podem impactar aprendizagem dos alunos? (SMETANA & BELL, 2012).

A própria definição de motivação ou o que motiva alguém aos estudos é um desafio¹⁷. Dessa forma, “*motivação*” ou “*motivo*” é o que faz alguém colocar-se em ação ou modificar seu curso (BZUNECK, 2001, 2004). Refere-se a um fator dinâmico da personalidade que existe em todos os seres humanos, causado por fatores internos e externos, determinando a direção, a intensidade e a persistência dos esforços que uma pessoa pode empregar para conquistar um objetivo (TOHIDI & JABBARI, 2012, p. 820).

O funcionamento da inteligência de acordo com Piaget & Fraise (1969), depende, dentre outros fatores, da afetividade que é entendida segundo Vygotsky como a energia que move as ações humanas, ou seja, sem afetividade não há interesse nem motivação (VYGOTSKY, 1998), pois, de forma geral, não se procura solucionar um problema que não tenha despertado o interesse. Portanto, para esses pensadores, a Motivação é o impulso interno que leva a agir em direção de algo, incluindo o processo de aprendizagem. Além disso, para Vygotsky (1998) o pensamento propriamente dito, entendido como uma das bases para a construção de conhecimento é gerado por intermédio da Motivação, isto é, por meio de nossos desejos e necessidades, nossos interesses e emoções.

Entretanto, a motivação, no contexto de ensino, é diferente da produzida em outras atividades humanas, pois está intimamente relacionada com o aprendizado dos estudantes, ou seja, com o trabalho mental realizado na execução de tarefas cognitivas, que envolvem a atenção, a concentração, o processamento, a elaboração e a integração da informação, o raciocínio e a resolução de problemas (BZUNECK, 2001, 2004; TOHIDI & JABBARI, 2012, p. 823).

¹⁷ Uma definição comum para motivação que pode ser aplicada a qualquer tipo de atividade humana, é fornecida pela origem etimológica da própria palavra, que vem do verbo *movere*, cujo tempo supino *motum* e o substantivo *motivum*, do latim tardio, originaram a palavra semanticamente aproximada, *motivo* (BZUNECK, 2001 e 2004).

Do ponto de vista da psicologia educacional, é preciso considerar o papel dos mediadores cognitivos, isto é, do modo como as pessoas constroem a situação, interpretam acontecimentos e organizam as informações a cerca de uma situação, levando-se em consideração estados afetivos internos e externos como parte do processo (PIAGET, 1987, p. 39). De acordo com a Teoria da Autodeterminação¹⁸, estamos nos referindo à motivação intrínseca e motivação extrínseca.

A motivação intrínseca é a realização de determinada tarefa, no caso da escola pelo aluno, pelo próprio prazer, desafio, curiosidade e interesse que a atividade lhes desperta. Alunos intrinsecamente motivados são pessoas que têm um completo envolvimento com a atividade realizada, alta concentração, além de serem persistentes e se desligarem do tempo pelo prazer proporcionado pela tarefa (RYAN & DECI, 2000).

Em ambiente escolar essa motivação facilita a aprendizagem e o desempenho dos alunos, que buscam sozinhos novidades e desafios sem a influência de qualquer fator externo, como recompensa, pressões ou ameaças. De acordo com a literatura, esses alunos têm facilidade na aprendizagem, pois se dedicam às atividades que melhoram suas habilidades, focam a atenção nas instruções dadas, buscam novas informações, organizam os conhecimentos adquiridos e procuram aplicá-los a outros contextos além de não desistirem da tarefa (RYAN & DECI, 2000; GOYA *et al.*, 2008).

Em contraste, e como fenômeno mais comum no contexto escolar, configura-se a motivação extrínseca. Definida como o cumprimento de determinada tarefa, esperando o recebimento de recompensas externas, atendendo a pressões de outras pessoas ou simplesmente para evidenciar habilidades. Alunos com esse tipo de motivação fazem as

¹⁸ Proponentes da Teoria da Autodeterminação: Ryan & Deci (2000) e Reeve *et al.*, (2004).

tarefas escolares para melhorar suas notas, receber recompensas e elogios e evitar punições (RYAN & DECI, 2000; GUIMARÃES & BORUCHOVITCH, 2004).

Nesse aspecto, de acordo com Tapia & Garcia-Celay (1996) o uso de prêmios e castigos não deve fazer parte do ambiente escolar, pois incentiva a finalização da tarefa e não a sua compreensão e a sua resolução por meio da lógica, do raciocínio e do emprego de estratégias, ainda sim, segundo Brophy (1983), o uso de recompensas deve estar associado à qualidade da atividade e não à quantidade ou ao fato de tê-la realizado.

Segundo Csikszentmihalyi (1992), a maior parte das atividades desenvolvidas em sociedade é movida por razões externas e, por isso, uma forma de conhecer a motivação do indivíduo é perguntar-lhe se a realizaria mesmo não sendo recompensado ou se não houvesse algum tipo de punição por não fazê-lo. Se a resposta for negativa, é porque a motivação para essa tarefa, nesse momento, é extrínseca.

Entretanto, os autores da Teoria da Autodeterminação, Reeve *et al.*, (2004) e Ryan & Deci (2000), criticam a dicotomia fechada entre motivação intrínseca e extrínseca, defendendo que, em qualquer ação intencional, existe uma tendência humana natural para internalizar regras, pressões e valores externos. Assim os autores propõem um *continuum*¹⁹ de internalização das regulações externas, no qual somente a desmotivação não se inclui, por representar ausência de intenção para agir. Esse *continuum* passa por quatro tipos de motivação extrínseca: regulação externa, introjetada, identificada e integrada (RYAN & DECI, 2000).

A primeira, a regulação externa, é aquela em que a pessoa simplesmente atende a controladores externos, como no caso de fazer uma tarefa por pressão, ou por mera

¹⁹ Segundo a Teoria da Autodeterminação, a autorregulação do comportamento segue um *continuum* com as várias possibilidades de motivação humana (RUFINI *et al.*, 2011, p. 2).

obediência, ou visando alguma recompensa, ou para evitar punições. É um tipo frágil de motivação, já que é controladora, com baixa possibilidade de manutenção e mudança, e desaparece após a retirada do estímulo externo.

Na regulação introjetada as pressões são internas ao indivíduo. A pessoa é motivada a agir para evitar sentimento de culpa, ansiedade ou para atender a instâncias ligadas à auto-estima. É uma regulação relativamente incerta no ajustamento do comportamento, porém é considerada melhor do que a externa, por não depender de pressões vindas de fora e manter-se por algum tempo (RYAN & DECI, 2000).

A regulação 'identificada consiste em a pessoa considerar certo comportamento como de importância pessoal, aceitando sua regulação como própria. Esse comportamento também obtém resultado externo, porém sugere maior autonomia e comprometimento e sua regulação é mais estável (RYAN & DECI, 2000).

A seguir, como tipo mais autônomo de motivação extrínseca vem à regulação integrada, que se caracteriza pelo comportamento assumido por escolha pessoal, com completa autonomia e sem coação, visto como algo pessoalmente importante. A regulação integrada é nível mais elevado do *continuum* da autodeterminação e está muito próxima da própria motivação intrínseca, a qual, porém, se distingue por encerrar o componente específico de interesse pela atividade, com componente afetivo, além da ocorrência de liberdade de escolha (RYAN & DECI, 2000).

Em contraposição, a desmotivação interfere de modo negativo na iniciativa e no engajamento dos alunos, resultando em baixos resultados de desempenho e de aprendizagem. Além disso, de acordo com Ryan & Weinstein (2009), pode-se considerar que, pelo menos em parte, as atividades escolares não são interessantes ou agradáveis de realizar, isto é, não mobilizam os processos intrapessoais para o envolvimento dos estudantes.

Nesse sentido, as estratégias de aprendizagem e de motivação devem caminhar juntamente, uma vez que alunos motivados, normalmente, escolhem as estratégias que melhor os auxiliem na realização de suas tarefas, favorecendo seu aprendizado investindo mais tempo, energia e recurso mental nas próximas demandas. Além disso, monitoram a escolha que fizeram e as trocam, quando sentem que não estão suprimindo as necessidades da tarefa e, assim, regulam a própria aprendizagem (BZUNECK, 2001).

Assim, com base em diferentes concepções de vários autores, Bzuneck (2004) considera que a forma mais eficaz de autorregulação é possuir tanto a motivação intrínseca quanto a extrínseca, mas guiadas de forma criteriosa pelo professor, pois a aprendizagem e até mesmo aspirações acadêmicas podem ser garantidas pela presença de ambas. Um aluno, por exemplo, interessado e dedicado, porém com medo do fracasso ao falar de assuntos que ainda não domina, ficará inibido para não prejudicar sua imagem no grupo (TAPIA & MONTEIRO, 2000).

O professor, dessa maneira, apresenta um papel fundamental, pois é responsável por fomentar entre os alunos um interesse verdadeiro e um entusiasmo pela aprendizagem e desempenho escolar, incentivando que as regulações finais do *continuum* da motivação extrínseca e intrínseca sejam alcançadas, por meio de *feedbacks*, não só do resultado da aprendizagem, mas do processo. Esses *feedbacks* são fundamentais, pois mostram aos alunos que suas falhas e fracassos não são decorrentes da falta de capacidade, mas sim, do emprego estratégias de aprendizagem desajustadas (LOURENÇO & PAIVA, 2010, p. 135).

De acordo com as considerações acima, percebe-se que a aprendizagem é influenciada pela inteligência, incentivo e motivação. Assim, os elementos fundamentais para manter as novas informações adquiridas e processadas pelo indivíduo são o estímulo, o impulso, o reforço e a resposta. Um indivíduo motivado possui um comportamento ativo e empenhado

no processo de aprendizagem e, desta forma, aprende melhor (LOURENÇO & PAIVA, 2010, p. 135). De acordo com Brophy (1983), os elogios servem como motivadores para os alunos buscarem e empregarem estratégias mais adequadas durante o processo de aprendizagem, levando-os a se preocuparem com todo o processo e não somente com o seu resultado.

A motivação, portanto, é essencial no processo de aprendizagem e suas estratégias. Entretanto, existem ainda outros fatores que contribuem para o uso efetivo como estratégias de aprendizagem, como, por exemplo, a capacidade de autorregulação emocional do aluno, tema que será o próximo tema abordado. A seguir, faremos uma breve discussão sobre emoções no ensino, pois além da análise dos aspectos motivacionais relativa à aplicação sequência didática, também é objetivo da presente pesquisa investigar aspectos das emoções situacionais durante a da intervenção.

2.4.1 Motivação e o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação

Atualmente as escolas reservam pouco espaço para atividades que despertam a motivação intrínseca do aluno. Essa realidade opõe-se a necessidade de uma aprendizagem que deve apoiar o engajamento ativo dos alunos com base na proposta de atividades que provoquem e despertem a curiosidade (WANG & REEVES, 2007, p. 171).

A relação entre tecnologia da informação e comunicação (TIC) e motivação dos alunos foi destacado no trabalho dos pesquisadores Lutterschmidt e Schaefer (1997) em trabalho com simulação de computador para a modelagem de oscilações predador-presa. Os pesquisadores sugeriram que o recurso utilizado, jogos e simulação, podem servir como excelente ferramenta para aumentar a aprendizagem cognitiva através da experiência de maior motivação. É importante também lembrar que a denominada Tecnologia de Realidade Virtual (TRV), presente no trabalho dos pesquisadores, que motiva e estimula, pode ser utilizada para

aumentar a compreensão dos alunos de certos eventos. Assim, a motivação pode ser particularmente eficaz para os tópicos e para os experimentos que mostram ser inadequados ou difíceis de serem realizados em ambientes de ensino tradicionais. A TRV concentra a aprendizagem e a motivação pessoal dos alunos em atividades práticas em um ambiente virtual, e isso pode ser muito útil para ajudá-los a compreender conceitos científicos de outra forma abstratos. Assim, várias experiências em biologia, podem ser realizadas através da simulação de realidade virtual (SHIM *et al.*, 2003).

A partir dos resultados apresentados pelas pesquisas de Mistler-Jackson & Songer (2000), as TICs com uso do ambiente de aprendizagem da bioinformática também motivam o interesse e a compreensão das práticas científicas e as formas de pensamento dos alunos. Conceitos que parecem abstratos para os alunos são trabalhados como algo do mundo real e, conseqüentemente mais próximo deles e concede aos alunos motivação para adquirir novos conhecimentos e, além disso, uma oportunidade de aplicar esses conhecimentos de forma mais ativa e participativa.

Como já apresentamos, a motivação faz parte de muitos trabalhos que adotam sua relação com as Tecnologias de Informação e Comunicação como objeto de investigação, assim como na pesquisa de Lutterschmidt & Schaefer (1997), que abordam a motivação como um fator importante para incentivar e melhorar a capacidade do aluno em teorizar (LUTTERSCHMIDT & SCHAEFER, 1997, p. 221). Um papel adicional de TIC na educação é facilitar a avaliação em ambas às esferas formativas e somativas, promovendo uma satisfação e motivação dos professores com melhor desenvolvimento profissional, oferecendo um ganho para o aluno em seu aprendizado de ciências, assim como o seu desempenho. Simulações e laboratórios virtuais ajudam a criar autênticas experiências, que muitas vezes não são possíveis no sistema escolar, e usá-los incentiva e motiva a aprendizagem, que é considerado

por alguns como a chave para o desenvolvimento do conhecimento profundo, flexível e transferível (PEAT & FERNANDEZ, 2000, p. 72).

Para melhor explorar esse enfoque na área motivacional, discutiremos um trabalho que colocou as crianças como cientistas globais do projeto, envolvendo os alunos no estudo da atmosfera através do uso de imagens atuais e de comunicação *on-line*.. Seis estudantes representando três níveis de motivação foram selecionados para participar e para ajudar a ilustrar como é a visão dos diferentes alunos sobre aprendizagem da ciência e do uso da tecnologia. Os resultados indicaram que os estudantes obtiveram ganhos significativos no conhecimento do conteúdo medido por avaliações escritas, e as entrevistas revelaram um alto nível de motivação dos alunos e satisfação com o projeto (MISTLER-JACKSON & SONGER, 2000, p. 460).

Foi criado, dessa forma, um ambiente de aprendizagem de forma agradável para investigar e aprender sobre suas próprias questões científicas. Mesmo com níveis diferentes de conhecimento e de motivação, quando os estudantes fazem uso do ambiente virtual podem encontrar uma atividade envolvente e motivadora, isso pode levar a uma eficácia, tais atitudes podem afetar a qualidade e a natureza dos entendimentos que irão desenvolver. Portanto, cuidadosamente projetados e bem orquestrados projetos de ciência em rede, tem o potencial para capacitar os alunos, assegurar aspectos motivacionais positivos e descobrir o que significa aprender e fazer ciência (MISTLER-JACKSON & SONGER, 2000, p. 460).

Além da motivação aos alunos, as TICs promovem uma mudança na motivação dos professores. Um estudo realizado por Mikropoulos e colaboradores (2003) avaliou um ambiente virtual para o ensino de biologia. Depois de ter seu primeiro contato com os ambientes virtuais, quase todos os professores estavam entusiasmados com a sua experiência. Nove deles acharam a experiência muito interessante, 25 interessante e apenas dois

indiferentes. Em relação à principal característica do ambiente de realidade virtual no processo de ensino, 17 professores informaram sobre a interação com os objetos virtuais, 11 sobre a livre navegação no espaço virtual e seis mencionaram as representações 3D de espaço e objetos (MIKROPOULOS *et al.*, 2003).

2.5 Emoção

O uso das estratégias de aprendizagem depende dos estados emocionais dos alunos e de como lidam com eles, já que esses estados também determinam o quanto de tempo, energia e recursos é investido no aprender. Alunos que percebem seus estados emocionais e os regulam, quando necessário, normalmente se sentem mais seguros, por se verem no controle das situações de sua vida acadêmica, diferentemente daqueles que nem sempre conseguem equilibrar as emoções. Portanto, as emoções não devem ser consideradas como um obstáculo à aprendizagem, mas sim parte integrante dela, apresentando um papel central no processo de aprendizagem (JOU & SPERB, 2006; RANDLER *et al.*, 2011, p. 360; BORTOLETTO & BORUCHOVITCH, 2013).

Dessa maneira, de acordo com Hargreaves (1998) ensinar é uma prática emocional²⁰, envolve tanto a compreensão como o trabalho emocional²¹. As emoções desempenham um

²⁰ "...prática que produz alterações esperadas ou inesperadas nos fluxos interior e exterior da experiência. ... A prática emocional torna as pessoas objetos problemáticos para si mesmas. A prática emocional irradia por todo o corpo da pessoa e fluxos da experiência, dando culminância emocional a pensamentos, sentimentos e ações" (DENZIN, N.: *On understanding emotion*. San Francisco: Jossey-Bass, 1984. p. 89).

²¹ "o trabalho requerido para induzir ou suprimir sentimentos com o fim de manter a expressão aparente do tipo de sentimento que produzirá o estado mental desejado em outros" (HOCHSCHILD, 1993, interpretado por HARGREAVES, 1998, p. 840). Hargreaves, entretanto, pensa que Hochschild superestima o lado negativo do fenômeno e o valor de troca do trabalho emocional (como no valor de proveito do sorriso de um vendedor) às expensas do valor de uso de tal trabalho (o que determinado trabalho cria e recria em uma pessoa e nos outros).

papel chave no crescimento profissional e pessoal de professores e aprendizagem dos alunos (DAY & LEITCH, 2001).

Assim percebe-se que o sucesso da aprendizagem está relacionado com interações sociais positivas entre alunos e professores resultando em processos de aprendizagem bem sucedidos na escola e, em contrapartida, o tédio, tem sido relacionado com problemas de atenção representando uma motivação intrínseca negativa (PEKRUN *et al.*, 2010).

Desse modo, o processo de aprendizagem não pode ser definido apenas como um processo de cognição, fatores adicionais como variáveis afetivas e sociais também precisam ser levadas em consideração (RANDLER, 2009, p. 3). Esta ideia é também enfatizada por Beauport (1998), quando afirma que, se a elaboração do processo racional contribuiu para o avanço da ciência, é de se esperar que a elaboração de nosso processo emocional contribua para o avanço humanístico (RÊGO & ROCHA, 2009, p. 143).

Contudo, as emoções não têm sido bem trabalhadas em sala de aula e o tema também tem sido negligenciado em pesquisas sobre educação no ensino de biologia (VEEN, VAN & LASKY, 2005).

No entanto, a relevância da investigação dos aspectos emocionais tem sido apontada por alguns autores. Hargreaves (1998), por exemplo, descreve a importância das políticas públicas incluírem as emoções nas reformas educacionais, uma vez que a aprendizagem, o ensino, e sua administração são atividades que envolvem grandes quantidades de trabalho emocional.

Em 2003, a revista *International Journal of Science Education* dedicou um volume especialmente ao tema afeto. Os editores argumentam que “*existe muito mais do que cognição em educação em ciências*” e que “*a cognição envolve afeto*”. Os artigos desse volume tratam de pesquisas sobre a inclinação (tendência vocacional) dos alunos para Ciências, processos

motivacionais de alunos, emoção de professores nas interações com alunos durante um curso, de atividades de Ciências como apoio em um programa de ensino e de suporte psicológico para alunos traumatizados (ALSOP & WATTS, 2003, pp. 1044-1045).

Teóricos da emoção e neurocientistas têm pesquisado emoções e suas relações com a cognição e com o comportamento, por décadas.

Nessa perspectiva, mais recentemente, vários autores abordam, por exemplo, aspectos emocionais das interações entre professores e alunos (HARGREAVES, 2000a; ZEMBYLAS, 2004); da satisfação no trabalho (SCOTT & DINHAM, 2003); da identidade profissional (VAN VEEN & LASKY, 2005; ZEMBYLAS, 2005); ou da carreira e permanência na profissão (HARGREAVES, 2000b). Outros focam na compreensão que os professores têm de suas emoções e o modo como as regulam (WINOGRAD, 2003; SUTTON, 2004). Todos reiteram a importância e a complexidade das relações entre emoções e o ensino.

Nesta pesquisa, não se pretendeu avançar o conhecimento sobre emoção em termos psicológicos. A investigação na presente pesquisa foi direcionada a emoções situacionais, segundo Randler e colegas (2011) no ambiente educacional são as emoções em sala de aula durante a intervenção didática, tais como o bem estar, o interesse e o tédio²², durante a realização de casa atividade durante a aplicação da SD.

²² Interesse é definido como uma relação entre o sujeito específico e o assunto, a qual inclui especificamente sua importância e utilidade (HIDI, 1990). O tédio é definido pela falta de componentes entre ação e interesse (CSIKSZENTMIHALYI & LEFEVRE, 1987).

Bem-estar é mais relacionado com um sentimento positivo subjetivo durante as aulas, enquanto interesse tem uma orientação mais cognitiva, e, finalmente, o tédio está relacionado com a falta de ação e interesse (RANDLER *et al.*, 2011).

2.6 Sequência Didática

Para construção da Sequência Didática criada nesta pesquisa foi utilizado referencial discutido por Martine Méheut & Dimitris Psillos (2004). Assim, conforme esse referencial, uma *Teaching-Learning-Sequence* (TLS) é tanto uma atividade de pesquisa intervencional quanto um produto, como um pacote de unidade do currículo tradicional, que inclui atividades de ensino-aprendizagem pesquisadas empiricamente e adaptados ao raciocínio do aluno. Às vezes são incluídas expectativas quanto às reações dos alunos (MEHÉUT & PSILLOS, 2004, p. 516). Assim, a presente pesquisa usa a nomenclatura Sequencia Didática para designar o termo *Teaching-Learning-Sequence*.

As pesquisas sobre as concepções de estudantes, as características do conteúdo científico específico, os pressupostos epistemológicos, perspectivas de aprendizagem, abordagens pedagógicas atuais e as características do contexto escolar devem ser ponderadas no desenvolvimento de uma TLS (MEHÉUT & PSILLOS, 2004, p. 516).

Mehéut (2005), desde a década de 1980, já discutia a concepção e implementação de currículos curtos, diferentemente das propostas de implementação de currículos seriais e anuais, com sequências por tópicos orientados para o ensino. Um modelo para simples visualização de um esquema para explicar melhor uma TLS foi proposto por Martine Mehéut & Dimitris Psillos (2004), é o losango didático, como apresentado na **Figura 1**, que dispõe dois eixos: o vertical, que representa a “dimensão epistêmica” (ou seja, como o conhecimento está relacionado com o mundo material); e o eixo horizontal, a "dimensão pedagógica" (isto é, as escolhas sobre os respectivos papéis a serem desempenhados pelo professor e pela turma) (MEHÉUT & PSILLOS, 2004, p. 517).

Figura 1. Losango didático. Fonte: Méheut & Psillos (2004, p. 517).

Na dimensão epistêmica, são explicitados os processos de elaboração, métodos e validação do conhecimento e sua significação com relação ao mundo real, em que são verificados se os objetivos propostos na elaboração da SD foram atingidos na sua aplicação e os efeitos que a aplicação da SD tem em relação ao ensino tradicional (centrado na memorização e repetição). Na dimensão pedagógica, são considerados os aspectos relativos ao papel da interação entre professor e aluno, alunos e alunos e a autonomia do educando no processo de aprendizagem (MEHÉUT, 2005, p. 196).

Dessa forma, a SD permite abordar as vivências, visando aos aspectos conceituais e procedimentais, fundamentais para a aprendizagem dos alunos, e até mesmo para o desenvolvimento de sua própria autonomia. Assim, é fundamental que os conteúdos trabalhados em sala contribuam para a formação de cidadãos conscientes, informados e capazes de transformar a sociedade.

A respeito do processo de elaboração das sequências didáticas, a preocupação deve estar voltada às questões como a concepção de ensino e de aprendizagem, situações problemas, atividades desenvolvidas, levando em consideração as concepções dos alunos, suas motivações e limitações. A outra etapa, a validação, será foco de estudo mais aprofundado no item seguinte (MEHEUT, 2005).

Uma das principais características das SD é a inclusão de forma gradual do aluno no processo de construção do conhecimento, com o objetivo de aproximar e relacionar a perspectiva do aluno ao conhecimento científico. Para esse processo são consideradas duas etapas na implementação: a elaboração e a validação (MÉHEUT, 2005).

Méheut (2005) centraliza em dois pontos de vista diferentes a validação de uma Sequencia Didática: o primeiro, externo ou comparativo, que está relacionado a uma validação externa ou comparativa, feita de uma forma geral, com o objetivo de avaliar os efeitos de uma SD com relação ao ensino tradicional, considerando questões relativas aos objetivos da SD proposta ou aos resultados obtidos a partir de sua aplicação, cujas experiências têm apresentado vários tipos de resultados: alguns contribuem para a caracterização, apreciação, avaliação e eficácia pedagógica global das sequências propostas; e o segundo, interno que está relacionado a uma validação interna de analisar os resultados a partir dos objetivos propostos e subsidiam informações sobre trajetórias cognitivas dos alunos e que podem ser úteis para pôr à prova as hipóteses feitas, quando a Sequência Didática foi elaborada, e contribuir para o aperfeiçoamento (MÉHEUT, 2005).

Isso pode ser feito de diversas formas, dentre elas: observar trajetórias de aprendizagem ao longo das situações propostas e também comparar as trajetórias de aprendizagem observadas com aquelas esperadas, o que permite, dessa forma, comparar as vias de aprendizagem que os estudantes realmente desenvolveram com as vias de

aprendizagens esperadas no momento da elaboração da Sequência Didática, o que “torna possível validar o projeto da sequência, observando o percurso de aprendizagem que os alunos realmente desenvolveram, e comparando estes percursos de aprendizagem reais com os esperados” (MÉHEUT, 2005, p. 200).

3 LAZZARO SPALLANZANI E A PESQUISA EXPERIMENTAL COM SERES VIVOS NO SÉCULO XVIII

O século XVIII foi cenário de grande desenvolvimento da pesquisa sobre os seres vivos, segundo duas tradições particulares. Por um lado, desenvolveu-se o trabalho dos naturalistas “descritivos” que, desde as viagens renascentistas ao Ocidente e Oriente, ocuparam-se com o inventário, nomeação e classificação de animais e plantas. Sistemas e métodos diferentes de classificação dos seres vivos foram propostos e adotados, fazendo uso de distintas nomenclaturas. Nas três últimas décadas do século, o sistema proposto em publicações iniciadas em 1735 pelo naturalista sueco Carl Linnaeus (1707-1778) passou a ser adotado mais universalmente, primeiro para as plantas, depois para os animais (PRESTES, 2003).

Por outro lado, desenvolveu-se a investigação dos filósofos naturais que, desde o século anterior, ocupavam-se com o estudo do funcionamento dos seres organizados. No século XVIII, esses estudiosos denominavam o modo pelo qual faziam seus estudos como “arte de observar e fazer experiências” (PRESTES, 2003, p. 27). Não raro, eles manifestavam o seu posicionamento face às duas tradições de pesquisa, autodenominando-se “observadores” ou “experimentadores”, para ressaltar as diferenças de objeto e de métodos de suas pesquisas, confrontados com aqueles utilizados pelos chamados “descritores” ou “nomencladores”.

O objeto de seu interesse era a “economia natural”, termo contemporâneo para referir a estudos que focalizavam a fisiologia dos seres vivos. Do ponto de vista temático, o estudo do funcionamento dos organismos, seja dos então chamados “animálculos das infusões” (microrganismos), seja de plantas e animais, foi fortemente marcado pelo interesse em

desvendar os diferentes processos de geração dos seres vivos, fenômeno que era tomado, naquele século, como um processo universal entre os seres vivos²³.

Do ponto de vista de seus métodos de investigação, filiavam-se à tradição experimental que se desenvolvia na Física, especialmente decorrente dos trabalhos de Isaac Newton (1643-1727). A arte de observar e fazer experiências com seres vivos tinha origem, ainda, em Francis Bacon (1561-1626) e sua concepção de experimento como uma ação voluntária, refletida, provocada para alterar o curso regular da natureza (RUDOLPH, 1991, p. 78). A partir de meados do século XVIII, o experimento com seres vivos tornou-se “uma técnica complexa”, cujo acesso ficou cada vez mais restrito a “sábios de profissão” (ROGER, 1962, p. 195).

Pode-se rastrear os principais expoentes dessa tradição de investigadores, mencionando-se, por exemplo, os italianos Marcelo Malpighi (1628-1694) e Francesco Redi (1626-1697), os franceses René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1767) e Jean-Antoine Nollet (1700-1770), os genebreses Charles Bonnet (1720-1793), Jean Senebier (1742-1809), Abraham Trembley (1710-1784), o suíço Albrecht von Haller (1708-1777), entre muitos outros.

Inserido nessa tradição, o filósofo natural italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799) teve um papel de destaque no desenvolvimento da História Natural no século XVIII (**Figura 2**). A sua filiação a essa tradição foi estabelecida não apenas pela relação epistolar mantida com seus contemporâneos, mas, especialmente, em virtude de fazer uso sistemático do

²³ Nessa época, utilizava-se o termo “geração” para referir tanto à reprodução propriamente dita de um organismo, quanto de suas partes, isto é, da regeneração (CARVALHO & PRESTES, 2012, p. 1).

procedimento experimental em suas investigações, ilustrando suas afinidades conceituais e metodológicas²⁴.

Para se ter uma ideia dessa filiação, alguns historiadores da ciência inventariaram e analisaram a composição da biblioteca particular de Spallanzani (PRANDI, 1951; DI PIETRO, 1979; BERETTA, 1999). Originalmente a biblioteca privada continha cerca de dois mil volumes, incluindo muitos periódicos acadêmicos, sobre diferentes temas, passando pela filosofia natural, medicina, física, matemática, química, geologia e mineralogia, assim como obras literárias e de direito, área que corresponde aos primeiros anos de seu estudo universitário, como será discutido adiante (PRANDI, 1951, pp. 280-295).

Figura 2. Lazzaro Spallanzani na idade adulta. Fonte: Ariatti & Mandrioli (1993).

²⁴ “A maior proximidade de Spallanzani aos naturalistas suíços e franceses do que aos italianos foi realçada por Mirko Grmek, para quem Spallanzani encontrou ‘espíritos mais conformes ao seu entre os eruditos de um país estrangeiro [no caso, a Suíça], de religião protestante e desprovidos do prestígio conferido pelas atividades universitárias’ (GRMEK, 1991, pp. 287-288). As relações científicas de Spallanzani com os suíços também foi analisada por Pericle Di Pietro (1982) e dos italianos em geral com os suíços em Bonaudi *et al.*, (1992)” (PRESTES, 2003, p. 28).

Spallanzani foi o primeiro professor a ocupar a cátedra de História Natural na Universidade de Pavia, criada no âmbito de reformas definidas pelo governo austríaco que então geria a Lombardia italiana (PRESTES, 2011). Com isso, ele foi um dos protagonistas da institucionalização dessa disciplina na época, contribuindo com a autonomia da pesquisa com seres vivos.

A produção acadêmica de Spallanzani é bastante volumosa. Está representada por notável coleção de artigos em periódicos de eruditos da época, bem como diversos livros publicados por ele próprio, além de algumas publicações póstumas. Diferentemente de muitos autores de sua época, que publicavam em latim, como Linnaeus, Spallanzani deixou um número expressivo de artigos e livros fazendo uso do italiano. A dimensão da difusão de sua obra pode ser estimada pelo fato de ter sido traduzido, contemporaneamente, para a língua universal da época, o francês, assim como para o alemão e inglês.

A produção bibliográfica de Spallanzani está representada ainda por mais de duas centenas de volumes de arquivos pessoais manuscritos (**Figura 3**), incluindo uma enorme correspondência com muitos estudiosos italianos e de outras partes da Europa. Possui ainda os seus diários de experiências e textos produzidos para as aulas dos cursos que lecionou nas Universidades de Reggio Emilia, de Modena e de Pavia.

Hoje, contudo, considera-se que Lazzaro Spallanzani representa mais a tensão entre as duas tradições de pesquisa do século XVIII (ABBRI, 1999; PRESTES, 2011). Além dos estudos experimentais, Spallanzani dedicou-se consideravelmente ao inventário do que se considerava na época os três reinos da natureza. Realizou uma dezena de viagens naturalísticas destinadas à coleta sistemática de minerais, plantas e animais, provendo duas coleções museológicas, um acervo próprio, mantido em sua casa na cidade natal de Scandiano, e o acervo do Museu de História Natural da Universidade de Pavia.

Como crítico constante dos nomencladores e das práticas mnemônicas dos naturalistas da escola lineana, nesse seu trabalho naturalístico fez uso bastante esporádico da nomenclatura de Linnaeus, preferindo adotar o modelo de descrição dos seres vivos usado pelo naturalista francês Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788). Buffon propunha a descrição ampla dos organismos, levando em consideração a totalidade das características anatômicas e morfológicas, incluindo ainda, entre outros aspectos, seus hábitos e comportamentos (PRESTES, 2003).

Como será discutido adiante neste capítulo, esse modo de identificar e descrever os seres vivos pode ser encontrado na sua obra sobre a geração de anfíbios, que foi tomada como objeto de estudo nesta pesquisa e como material histórico para a construção de sequência didática aplicada em sala de aula de biologia do ensino médio.

Assim, ainda que tenha empregado os seus maiores esforços à pesquisa sobre as funções dos organismos, Spallanzani não deixou de realizar grande quantidade de estudos sobre o que foi característico da História Natural do século XVIII, o inventário de minerais, plantas e animais. Acima de tudo, sua pesquisa estava fortemente inscrita na matriz daquela História Natural que não se restringia ao estudo de animais e plantas, mas incluía o terceiro reino, dos minerais. Após sua formatura na Universidade de Bolonha, Spallanzani iniciou

suas investigações exatamente pelas origem e distribuição de fósseis²⁵ e origem das fontes de água doce em montanhas²⁶ (PRESTES & JENSEN, 2009 e 2010). Ao longo de sua carreira, seguiu revisitando temas da hidrologia, da geologia, da mineralogia e da paleontologia (FARIA & PRESTES, 2010; PRESTES & FARIA, 2011). No âmbito da pesquisa experimental, além do tema da geração dos seres, investigou outras funções vitais principais, como a circulação, a digestão e a respiração. Estudou também tópicos mais específicos, como, entre outros, o sentido de orientação dos morcegos e o entorpecimento causado por peixes como o torpedo (JENSEN & PRESTES, 2011).

Nesta tese, foi selecionado como objeto de análise um dos principais livros de Spallanzani, voltado ao tema da reprodução em anfíbios, o *Della generazione di alcuni animali amfibi* (Sobre a geração de alguns animais anfíbios), de 1780. Antes de conhecer em maior detalhe essa sua obra, é importante conhecer mais um pouco da formação e obra do autor.

Lazzaro Spallanzani nasceu em 1729, em Scandiano, um vilarejo perto de Reggio Emilia, no Norte da Itália. Seu pai, Giovanni Nicola Francesco Spalanzani, advogado, casou-se com Lucia Ziliani, gerando uma família de oito filhos. Como filho primogênito, após a morte do pai, Spallanzani precisava ajudar no sustento da família. Contou com auxílio resultante das relações que estreitou com famílias da região que eram abastadas e eminentes em artes liberais, como pintura, direito e medicina (ARIATTI & MANDRIOLI, 1993, p. 101).

²⁵ Sobre o tema, Spallanzani apresentou na *Accademia degli Ipocondriati di Reggio Emilia*, em 27 de janeiro de 1758, o trabalho *Dissertazione sopra i corpi marino-montani*, publicado em *Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Parte seconda: Lezione. Volume primo. A cura di Pericle Di Pietro. Modena: Mucchi, 1994, pp. 197-204. Um excerto da *Dissertazione* foi traduzida ao português e publicada em Prestes & Jensen 2009 e 2010.

²⁶ Spallanzani publicou a respeito: Al valorosissimo Sig. Cavaliere Vallisneri [...] Lettere due dell'Abate Spallanzani [sopra un viaggio nell'Appennino Reggiano e al Lago Ventasso]. *Nuova Raccolta d'Opuscoli scientifici e filologici*. Del P. Calogerà. Venezia: Simone Occhi, 1762. Tomo IX, p. 271-298.

Entre elas, destaca-se a família de Antonio Vallisneri sênior (1661–1730)²⁷, cujo filho, Antonio Vallisneri Júnior²⁸ (1708-1777), forneceu proteção financeira e aconselhamento intelectual a Spallanzani.

A Fundação Vallisneri, criada após a morte do patriarca e gerida por outros membros da família, concedeu uma bolsa de estudo para que Spallanzani pudesse estudar no Seminário Colégio dos Jesuítas em Reggio Emilia, para onde o rapaz foi enviado aos 15 anos de idade. Antes disso, ele havia aprendido as primeiras letras em casa, com o pai e auxílio de um tutor.

Após o colégio, em 1749, com 20 anos, obteve outra bolsa, dessa vez concedida pelo bispado de Reggio Emilia, possibilitando que passasse a frequentar a Universidade de Bolonha. Inscreveu-se na Faculdade de Direito, seguindo a carreira do pai, conforme este desejava. No entanto, Spallanzani, estimulado pela comunidade acadêmica de Bolonha, logo percebeu que seu verdadeiro interesse estava no estudo da natureza. Ainda assim, seguiu o curso de Direito por três anos, quando foi transferido à Faculdade de Física-Matemática, em 1754²⁹.

Essa mudança do rumo profissional tomada por Spallanzani contou com estímulo e apoio externos, como o de Antonio Vallisneri junior, assim como de uma notória professora de Física em Bolonha, Laura Bassi (1711-1778)³⁰. Ao frequentar a casa de Laura Bassi³¹,

²⁷ Antonio Vallisneri (1661-1730), médico e naturalista italiano, trabalhou com Malpighi. Dedicou-se ao estudo do nascimento e do desenvolvimento de vários insetos e anfíbios (MONTALENTI, 1928, pp. 562-565).

²⁸ Vallisneri Júnior (1708-1770) foi professor da Universidade de Pádua e era filho do naturalista Antônio Vallisneri. Mantinha uma fundação que subsidiava os estudos de jovens talentosos. Spallanzani tinha uma bolsa de estudos dessa fundação e, depois de se formar, continuou sua correspondência com Vallisneri que durou mais de 20 anos (CASTELANI, 2001, pp. 23-28).

²⁹ Segundo a *Biografia inédita di L. Spallanzani ad opera Del fratello Niccoló* citada por Castellani, 2001, pp.12-13. Muitos comentadores denominam de Faculdade de Filosofia a que Spallanzani se matriculou em 1754.

³⁰ Laura Bassi era bem conhecida na Itália pelos estudos que realizou com base na física newtoniana, cuja introdução naquele país lhe é em grande parte atribuída. O convívio de Spallanzani com o círculo erudito que frequentava a casa de Laura Bassi certamente contribuiu para o despertar de interesse do jovem estudante para as ciências naturais (ARIATTI & MADRIOLI, 1993, p. 102).

³¹ Repete-se na historiografia um equívoco a respeito da relação familiar entre Spallanzani e Laura Bassi, muitas vezes apontada como sua prima. Segundo Di Pietro, os Bassi eram uma família natural da cidade natal de

Spallanzani teve contato com o ambiente acadêmico bolonhês, assistindo a discussões e experiências sobre os temas mais debatidos da física-matemática, notadamente, da física newtoniana. Assim, ao mesmo tempo em que adquiria uma cultura humanista no curso de Direito, Spallanzani obteve sólida formação em física experimental com Laura Bassi. Essa formação, sem dúvida, refletiu na escolha pela pesquisa experimental, quando decidiu-se pelo estudo da história natural.

Segundo Carlo Castellani, não há traços, na biografia de Lazzaro Spallanzani escrita pelo seu irmão Niccolò, de alguma manifestação precoce no jovem de uma vocação à ciência natural (CASTELLANI, 2001, p. 4). Segundo o testemunho do irmão, o que ele manifestou desde jovem foi uma paixão pela leitura, adquirindo muitos livros, mesmo quando ainda não contava com estabilidade financeira para tal (PRESTES, 2003, p. 171).

O interesse pela investigação dos seres vivos surgiu quando Spallanzani contava com 30 anos de idade, já depois de formado. Ele havia se mudado para Reggio Emilia em 1755, para lecionar no Colégio dos Jesuítas. Dois anos depois recebeu a cátedra de Física e Matemática na recém criada Universidade de Reggio Emilia. Morou em Reggio até 1762 e, nesse período, além de ter começado as suas pesquisas com os “animálculos das infusões”, também realizou sua primeira viagem naturalística.

Carlo Castellani (2001) considera o “ato de nascimento” do interesse de Lazzaro pela pesquisa biológica uma carta enviada a Vallisneri, com data de 03 de fevereiro de 1761. Nela, Spallanzani fez referência a obras de História Natural e à sua vontade de promover a repetição

Spallanzani, Scandiano, de modo que seu pai recomendou-lhe fazer contato com a professora Laura Verati Bassi assim que chegasse na Universidade de Bologna. Três anos depois que Lazzaro terminou a faculdade, uma de suas irmãs, Feliciano, casou-se com um sobrinho de Laura Bassi, só então efetivando o parentesco, não consanguíneo, portanto, entre os Bassi e os Spallanzani (Di PIETRO, 1979, pp. 18-20).

dos experimentos de John Turberville Needham (1713-1781) e de Buffon sobre os “animálculos das infusões” (**Figura 4**).

Figura 4. Microscópio Original usado por Lazzaro Spallanzani, conservado no *Musei Civici de Reggio Emilia*. Fonte: Prestes (2003, p. 288).

Parece ter sido no convívio com os padres jesuítas de Reggio Emilia, que Spallanzani adquiriu maior familiaridade com as práticas de observação ao microscópio, que aparecem consolidadas no livro que publicou em 1765, o *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei Signori di Needham, e Buffon* (Ensaio de observações microscópicas relativas ao sistema de geração proposto pelos senhores Needham e Buffon)^{32,33}.

³² Dedicado “À célèbre Academia de Ciência de Bolonha”, e um estudo escrito em latim, *De lapidibus ab aqua resilientibus dissertatio* (Dissertação acerca do ricochete de pedregulho sobre a água), dedicado à “venerada mestra”, Laura Bassi (PRESTES, 2003, p. 177).

³³ Spallanzani estava em contato com um grande número de estudiosos europeus, mas ele nunca conseguiu formar um grupo em torno dele, que desse continuidade e aprofundasse as pesquisas que iniciou. Segundo Maria Teresa Monti, pode ser considerada uma verdadeira exceção a isso, a sua pesquisa sobre regeneração animal, que despertou muitas críticas dos contemporâneos e levou Spallanzani a deslocar o seu compromisso com o

Essa prática esteve também presente na atividade didática de Spallanzani, que além da leitura de textos, segundo a tradição escolástica, contava com aulas enriquecidas por comentários e resultados de suas próprias observações e experiências, ensinando aos alunos uma maneira de observar a natureza, estimulando neles o “espírito de observação” (DI PIETRO, 1994, p. 9; PRESTES, 2007, p. 29).

Aos 33 anos de idade, em busca de ascensão profissional, conseguiu transferência para uma universidade maior prestígio, a Universidade de Modena. Como se tratava de um “feudo da igreja”, para obter ali uma cátedra, era preciso ascender na hierarquia da Igreja. Assim, em um período bem mais curto que o usual, em poucos meses, Spallanzani tornou-se sacerdote. Em Modena, além de ensinar Filosofia na Universidade, ele também lecionou Grego e Matemática no Colégio São Carlo.

O período de residência em Modena, até 1769, foi bastante produtivo para a pesquisa. Foi ali que publicou os resultados da sua pesquisa sobre infusórios, o *Saggio di osservazioni microscopiche*. Além de outros artigos menores, ali também publicou, em 1768, nova obra sobre a geração intitulada *Prodromo di un'Opera da imprimersi sopra le riproduzioni animali* (Projeto de uma obra a ser impressa sobre a reprodução animal) e um estudo sobre híbridos, *Invito a intraprendere sperienze, onde avere muletti nel popolo degl'insetti per tentar di sciogliere il gran problema della generazione* (Convite a empreender experiências por meio das quais obter híbridos entre os insetos para tentar desvendar o grande problema da geração), o qual foi publicado juntamente a trabalhos de outros três autores em livro intitulado *Memorie sopra i muli di varri autori* (Memórias sobre os híbridos segundo vários autores). Nesse mesmo ano, publicou *Dell'azione del cuore ne' vasi sanguini* (Sobre a ação do coração nos

“laboratório” para a criação de uma rede de interlocutores que lhe servissem de apoio. Segundo Monti, essa dissociação nítida entre política de difusão de seu trabalho e a atividade experimental foi única em sua carreira (MONTI, 2004).

vasos sanguíneos). No ano seguinte, publicou uma tradução do livro do naturalista genebrês Charles Bonnet para usar como guia de ensino aos alunos, *Contemplazione della natura del Signor Carlo Bonnet* (Contemplanção da natureza do Senhor Carlos Bonnet).

Em 1769, aos 40 anos de idade, Spallanzani obteve uma cátedra mais vantajosa na Universidade de Pavia, onde permaneceu lecionando até o final da sua vida, em 1799. Ele assumiu a recém criada disciplina de História Natural, para a qual foi indicado devido à fama alcançada por suas publicações na área, marcada como a de um experimentador perspicaz (PRESTES, 2011, p. 314).

Em 1776, publicou uma coletânea de trabalhos, *Opuscoli di fisica animale e vegetabile* (*Opúsculos de Física animal e vegetal*), contendo cinco estudos com observações e experiências realizadas sobre os animálculos das infusões, a natureza dos espermatozóides, o efeito de ar viciado em animais e vegetais, a “ressurreição” de rotíferos e tardígrados e a produção de mofo.

Em 1780, Spallanzani publicou um conjunto de trabalhos em três volumes, *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile* (*Dissertações de Física animal e vegetal*), contendo pesquisas sobre digestão e sobre geração de animais e vegetais. Nessa obra é que se encontra o *Della generazione di alcuni animali amfibi*, contendo os estudos de Spallanzani sobre a geração de sapos, rãs e salamandras, escolhido como objeto de estudo da presente tese. Esse estudo, que inclui análises do mecanismo da fertilização nesses animais e do papel do sêmen masculino, Spallanzani realizou diversos experimentos de fertilização artificial, como algumas tentativas de formar híbridos de espécies (e gêneros) diferentes, além do uso de estímulos físicos e químicos para induzir a fertilização. Desses experimentos é que foram selecionados alguns para constituírem objeto de replicação virtual em sequência didática para

alunos do ensino médio, conforme será discutido nos capítulos referentes à pesquisa empírica desta tese.

Além das obras acima mencionadas, Spallanzani publicou diversas outras, das quais destacam-se, os seis volumes das *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell' Appennino* (Viagens às Duas Sicílias e algumas partes do Apenino), entre 1792 e 1797. Nos últimos anos de sua vida, dedicou-se a estudos químicos, publicando *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling Professore a Jena sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell'aria comune* (Exame químico dos experimentos do Sr. Gottling, professor em Jena, sobre a luz do fósforo de Kunkel observada no ar comum), em 1796.

Também realizou estudos sobre os gases e a respiração de animais e plantas, falecendo, em 1799, antes de publicar os resultados. O livro *Memorie su la respirazione, Opera postuma* (Memória sobre a respiração, obra póstuma) foi publicado em 1803, pelo genebrês Jean Senebier (1742-1809).

Após essa visada panorâmica sobre a biografia científica de Spallanzani, a seção final deste capítulo contém uma análise sobre a sua já mencionada obra acerca da geração em anfíbios.

3.1 A Obra sobre a Geração de Anfíbios

O livro de Spallanzani sobre o modo de geração em sapos, rãs e salamandras tem que ser analisado no contexto das diferentes teorias de geração dos seres vivos partilhadas pelos estudiosos do século XVIII. Foram defendidas concepções teóricas divergentes sobre o assunto, caracterizando os sistemas da epigênese e do preformismo³⁴. A epigênese, de modo

³⁴ Essas duas teorias guardavam relação com uma questão controversa, sobre a geração espontânea ou não dos seres vivos. Na época utilizava-se o termo geração “unívoca” para a doutrina que explicava a origem dos seres

geral, era a concepção que considerava que os organismos eram formados gradualmente, depois da fecundação. A fecundação era explicada tanto por uma “influência” exercida pelo macho ou pela fêmea, quanto por uma mistura dos líquidos seminais de um e outro. Por sua vez, o preformismo fundamentava-se em que todas as partes e estrutura do organismo vivo já existem nos “germes” que lhes dão origem.

Entre os preformistas, alguns consideravam que os germes estavam nos “ovos” (óvulos) da fêmea, defendendo o “ovismo”, enquanto outros atribuíam a origem do novo ser aos “vermes espermáticos” (espermatozóides) do macho, defendendo a posição “animalculista”³⁵.

Qualquer publicação da época sobre o tema da geração fazia referência a essa filiação teórica, seja preformista, seja da epigênese. Alguns autores, como Spallanzani, foram um pouco mais além, no sentido de problematizar e realçar a própria controvérsia. Expondo os principais aspectos que caracterizavam a oposição entre os dois sistemas, assim Spallanzani iniciou o seu livro sobre a geração dos anfíbios:

[...] convém dar uma palavra acerca dos mais famosos sistemas sobre a geração dos animais. Estes podem ser reduzidos a dois; um que tenta explicar mecanicamente a formação dos seres animados; outro que os supõem já formados, e preexistentes, querendo que no ato da fecundação não façam outra coisa que se desenvolver mais, e se tornar visíveis. Este segundo sistema deu ocasião a dois partidos diferentes, sendo a opinião de alguns naturalistas que os seres animados preexistem na mãe e de outros que preexistem no pai. Todos sabem que o primeiro sistema que porta o nome de *epigênese* é antiquíssimo e tem sido defendido nestes últimos tempos pelo eloquente Sr. Buffon com as suas famosas *moléculas orgânicas*. Mas todos sabem também da forte oposição que este sistema tem encontrado (SPALLANZANI, 1978, p. 732)³⁶.

vivos a partir de germes ou progenitores semelhantes a eles. O oposto seria geração “equivoca”, em que a geração desses animalculos era espontânea (PRESTES & MARTINS, 2010, p. 81).

³⁵ Para os ovistas, o feto se encontrava no ovo e o encontro com o espermatozóide já é o futuro animal, o ovo forneceria apenas local propício e nutrição necessária ao desenvolvimento. O poder fecundo, alvo da disputa entre animalculistas e pre-formistas, não oferecia espaço aos epigenistas, segundo os quais o ponto decisivo para o desenvolvimento do feto seria a fecundação, ou seja, a mistura das sementes (GIORDAN, 1987).

³⁶ Esta tradução ao português foi realizada a partir do original italiano de Spallanzani por Prestes, 2003.

No *Generazione*, Spallanzani descreveu a fecundação externa em anfíbios. Ele fez as descrições de acordo com experiências e observações que ele próprio realizou: na fertilização originada pelo sêmen do macho esborrifado sobre os ovos após a cópula prolongada e expulsão dos ovos pela cloaca da fêmea³⁷. Na fecundação das salamandras existia um padrão diferente: o casal permanecia próximo, mas sem contato direto, até que o macho despejava o sêmen na água, próximo à cloaca da fêmea, que então descarregava os ovos. Através de suas detalhadas observações sobre a reprodução em pelo menos cinco espécies diferentes de anfíbios, Spallanzani concluiu que, apesar da ausência de uma verdadeira cópula nesses animais, o contato real entre ovos e o líquido seminal era fundamental para a fecundação.

Dentre as experiências que realizou, destacam-se aquelas em que vestiu os sapos machos com calções de tafetá, como fora tentado anteriormente por René Ferchault de Réaumur (1683-1767) e Jean-Antoine Nollet (1700-1770), em Paris. Como Spallanzani obteve ovos fertilizados nesse experimento, deduziu que os ovos expelidos pela fêmea não eram propriamente ovos, mas verdadeiros girinos preformados, cujo desenvolvimento foi apenas ativado pelo sêmen do macho. Spallanzani interpretou, portanto, os resultados obtidos com base no sistema da pré-formação (PRESTES, 2003, p. 237).

O livro sobre a geração de anfíbios está organizado em sete capítulos. Os cinco primeiros descrevem observações e experiências realizadas com cinco espécies particulares de anfíbios; o capítulo sexto contém 12 reflexões acerca dos resultados obtidos e o último capítulo refuta as críticas ao sistema da preexistência.

³⁷ Spallanzani dedicou-se a investigar o amplexo, ou abraço do macho sobre o dorso da fêmea, e observou que ele permanecia mesmo depois de mutilações severas que infligia aos animais, como amputação das pernas ou decapitação (PRESTES, 2003, p. 237).

Como em outras obras, Spallanzani não fez uso da nomenclatura lineana, mas referiu-se às espécies investigadas de acordo com suas denominações vulgares: rã verde (**Figura 5**), rã arborícola, sapo, sapo fétido e salamandra aquática³⁸.

Figura 5. *Rana kl. sculentata* (rã aquática verde). Fonte: MAZZEI; PINPINELLI & REGGIANTI. *Anfibians and reptiles of Europe*. Disponível em: <http://www.herp.it/index> acesso: julho de 2014.

Os cinco capítulos iniciais contêm uma estrutura semelhante, e será feita aqui uma descrição mais minuciosa apenas do primeiro capítulo, a título de exemplo³⁹.

O capítulo inicia com a descrição morfológica e anatômica mais geral da rã verde. Em seguida, Spallanzani descreveu mais particularmente os caracteres do dimorfismo sexual secundário⁴⁰. Ele ressaltou que essa não era a espécie que o naturalista August Johann Rösel

³⁸ Spallanzani investiga indivíduos de duas das três ordens taxonômicas em que os anfíbios são arranjados atualmente: Urodela (salamandras) e Anura (sapos, rãs e pererecas), deixando de lado a ordem Gymnophiona (cecílias ou cobras-cegas) (PRESTES, 2003, p. 238).

³⁹ Esta análise seguiu de perto a síntese do livro de Spallanzani em Prestes, 2003, incluindo, caso mencionado diferentemente, as traduções dos trechos originais de Spallanzani.

⁴⁰ Machos com duas bexigas membranosas na cabeça muito túmidas quando coacham e carnosidade no polegar das patas dianteiras mais sensíveis no período reprodutivo; fêmeas, com dorso e flancos cobertos por manchas negras raramente observadas nos machos (PRESTES, 2003).

von Rosenhof (1705-1759) havia denominado *Rana viridis aquática*⁴¹, pois a espécie não apresentava listas amarelo-douradas sobre o dorso como teria descrito o naturalista alemão, e também, possuía dimensões maiores – aproximadamente um terço maiores (PRESTES, 2003, p. 240).

Em seguida, procurou descrever os aspectos climáticos envolvidos na reprodução das rãs. Assim, segundo Spallanzani, na Lombardia, o período reprodutivo começava no mês de abril e, no mês de maio, era concluído “dependendo em parte do maior ou menor calor atmosférico, que a antecipa ou a retarda”. Também relatou suas observações de ovos imaturos, no outono e no inverno. Concluiu que os ovos imaturos encerrados nos ovários “são divididos em dois lobos e cada lobo por sua vez divide-se novamente em outros lobos menores, envoltos em uma membrana particular” (SPALLANZANI *apud* PRESTES, 2003 p. 241).

Spallanzani também examinou os pontos negros observados em ovários conforme fizeram Antonio Vallisneri sênior e outros naturalistas, considerando-os como sendo os primeiros rudimentos do girino dentro dos ovos. Spallanzani refutou tal concepção com base em experimento no qual removeu a membrana dos ovos das fêmeas, constatando que os pontos negros eram dessa membrana e não constituíam, portanto, os embriões.

Spallanzani descreveu a cópula (*accoppiamento*)⁴² dos sapos de acordo com o que havia sido feito anteriormente por Jan Swammerdam (1637-1680) e Rösel. O “macho passa as patas anteriores sob as axilas da fêmea, pressionando o peito até quase cruzar os dedos sob ele, tomando-a apertada e presa até que ela tenha descarregado todos os ovos”. A “duração

⁴¹As “rãs verdadeiras” pertencem à família *Ranidae*, que são encontrados na França e na Itália (ANDREONE & SINDACO, 1998, p. 71; MOURET, 2001, p. 29).

⁴² Spallanzani mantém o uso do termo “cópula” (*accoppiamento*), mesmo mostrando que o abraço nupcial é uma união de corpos sem penetração e voltado à fecundação externa. Algumas vezes, usa os termos alternativos “abraço” (*abbracciamento*) e “amplexo” (*amplessi*).

deste abraço tem uma relação direta com o calor atmosférico”⁴³ (4 a 5 dias sob forte calor/ 8 a 10 dias sob o frio).

Spallanzani também constatou, diferentemente de Antonio Vallisneri sênior, que as fêmeas copuladas podiam desovar ao serem colocadas em grandes vasos cheios d água. Mas ressaltou que Vallisneri havia acertado ao afirmar que as rãs fêmeas não desovam quando separadas dos machos (PRESTES, 2003, p. 241).

Em suas observações, Spallanzani constatou que os ovos⁴⁴ presentes nos ovidutos e ovários estavam envoltos por uma mucilagem viscosa e transparente, denominada de o “esperma das rãs”. Ele também descreveu detalhadamente a descida dos ovos pelos ovidutos⁴⁵.

Em seguida, descreveu experimentos realizados para constatar que a fecundação desses organismos ocorria fora do corpo da fêmea, no ambiente externo. Com isso, refutou Linaeus, que afirmara que os corpos vivos não realizam a fecundação ou a ativação do ovo fora do corpo da fêmea (PRESTES, 2003, p. 243).

Spallanzani observou que a fêmea em amplexo com o macho ficava agitada e saltava de um lado para o outro do vaso. Segundo o naturalista italiano, quando mergulhava e emergia da água, a fêmea liberava ovos em todo o tempo com o macho seguia abraçado a seu dorso.

⁴³ Spallanzani notou que a época de reprodução varia de uma espécie a outra e verificou que uma mesma espécie tem sua época reprodutiva antecipada ou retardada em função do calor. Também verificou que a duração da cópula está na “razão inversa do calor atmosférico” (GALGANO, 1962).

⁴⁴ Spallanzani usou o termo “ânus” para designar o que atualmente designamos de cloaca, uma câmara na extremidade dos intestinos das rãs.

⁴⁵ Segundo Spallanzani, no primeiro dia, todos os ovos estavam no ovário; nos dias seguintes, enquanto alguns permaneciam no ovário, outros eram encontrados nos ovidutos; no último dia, quase todos se encontravam no útero - excluindo alguns muito pequenos, que permaneciam no ovário (PRESTES, 2003, p. 243).

Spallanzani suspeitava ser um pênis o membro “inchado e obtuso”, que observou aproximando e afastando dos ovos expelidos do ânus da fêmea⁴⁶. Ainda assim, declarou não ter visto nenhum tipo de líquido seminal sair daquele membro, em razão de sua diafanidade na água. Foi então que teve a ideia de observar sete casais de rãs copuladas em vasos sem água. Ele notou que essa medida não alterava o comportamento dos machos. Mas conseguiu observar um inchaço do membro fálco dos machos e viu “espirrar um pequeno jato de líquido límpido que estendia sobre os ovos saídos do ânus da fêmea” (SPALLANZANI *apud* PRESTES, 2003, p. 244). Notou também que o macho liberava esse jato de líquido até o fim da postura de ovos pela fêmea.

Vi novamente o pequeno membro inchado perto do ânus do macho. Dessa vez vi brotar dele um pequeno jorro de líquido límpido, que se estendia sobre os ovos saídos do ânus da fêmea. De tempos em tempos, a fêmea parava de soltar os ovos e o macho imediatamente deixava de jogar o líquido sobre eles [...]. Os colocados em seguida na água, não tardaram a se desenvolver. Não tive dúvidas de que o líquido lançado pelo macho é o verdadeiro líquido seminal fecundante (SPALLANZANI, 1978, p. 664).

Spallanzani descreve então o experimento em usou os calções nos sapos machos, conforme sugestão que lhe foi feita em carta pelo abade Nollet. Nollet contou que havia realizado, juntamente como Réaumur, em Paris, muitas pesquisas sobre a existência do girino antes da fecundação e que havia colocado calções de tafetá nos machos, mas que não conseguiu observar algo que “anunciasse o ato de fecundação” (NOLLET *apud* PRESTES, 2003, p. 245).

⁴⁶ Os ovos de anfíbios são postos isolados ou agregados (em cordões gelatinosos ou em massa gelatinosa). Os ovos possuem uma única membrana embrionária que é a que envolve o saco vitelínico (POUGH *et al.*, 1998, p. 209). Spallanzani denominou núcleo ou massa central do ovo, a “substância esbranquiçada gelatinosa”, hoje chamada vitelo, e que era envolvida por uma membrana, hoje membrana vitelínica, cuja existência ele comprovou ao furar-lhe com uma agulha, vendo derramar-se o vitelo.

Para Spallanzani, porém, o fracasso dos “exímios filósofos” não o preocupava, pois a ideia dos pequenos calções, “ainda que aparentemente bizarra”, despertara-lhe profundo interesse e resolveu experimentá-la.

Assim, Spallanzani descreveu como refez o experimento de Nollet. Primeiro certificou-se de que os machos não desistem do amplexo mesmo usando aquela vestimenta estranha e encerrados em um vaso. Verificou então que os ovos que foram postos não se desenvolveram. Os calções de tafetá dos machos impediram que o sêmen masculino fosse aspergido sobre os ovos e dentro dos calções ele notou “muitas gotículas bem visíveis” (SPALLANZANI, 1978, p. 666).

Spallanzani seguiu realizando diversas observações sobre os ovos e seu desenvolvimento posterior, até as fases em que o girino podia ser observado, incluindo seus movimentos. Ao final, Spallanzani insistiu na defesa da tese ovista, afirmando que aqueles “glóbulos” postos pela fêmea não deviam ser denominados ovos, mas, sim, “girinos ou fetos de rã”. Para ele não se devia chamar de ovo um corpo que, ainda que tivesse a aparência de ovo, modelava-se em animal, “sem deixar despojo ou casca ou envoltório como fazem os viventes que nascem de um ovo” (SPALLANZANI, 1978, pp. 669-670).

Convencido de que os ovos eram girinos preformados, Spallanzani passou a descrever outros aspectos da “perfeitíssima identidade” dos ovos, antes e depois da fecundação. Segundo observações minuciosas, descreveu as semelhanças na natureza e no tamanho das esferas viscosas, a presença das duas membranas, a sua textura, posição, forma e cor, as manchas que possuem, a presença de uma substância semifluida em seu interior (PRESTES, 2003, p. 249). Para investigar esse conteúdo dos ovos, Spallanzani fez um furo na membrana com uma agulha, provocando uma abertura maior por onde aquela substância semifluída extravasava. Também experimentou colocar os ovos em álcool, vinagre e em água fervente,

notando que essas substâncias destruíam a membrana, provocando a liberação de algumas bolinhas endurecidas e de natureza homogênea. Spallanzani conjecturou que o envoltório, antes da fecundação, transparente e sutil, depois da fecundação forma a própria pele do girino. Assim, no estágio fetal, Spallanzani constatou o aumento e o desenvolvimento do glóbulo. E este, por conseguinte, adquiria formato de girino, não orbicular. Essas características, para Spallanzani, tornavam mais evidentes as singularidades entre os glóbulos fecundados e não fecundados. Em outras palavras, a existência do girino antes da fecundação.

Nos quatro capítulos subsequentes, destinados à descrição das observações e experimentos realizados nas outras espécies, Spallanzani acrescentou detalhes sobre as diferentes partes anatômicas observadas, sobre o comportamento dos machos e das fêmeas, sobre o tempo de descida dos ovos no corpo da fêmea, sobre os tipos de cordões de ovos em cada espécie. Continuou relatando as características do habitat de cada espécie, da diferenciação sexual e da época reprodutiva. Descreveu em alguns casos mais detalhadamente as formas de deslocamento e os sons emitidos por esses animais. Muitas dessas descrições foram acompanhadas de ilustrações.

Realizou diversas séries experimentais para investigar o papel da gelatina envolvente dos ovos no desenvolvimento do embrião. Num primeiro momento, investigou ovos totalmente sem gelatina. Posteriormente, trabalhou com ovos com parte da gelatina e com aqueles sem gelatina e âmnio. De acordo com Spallanzani, o desenvolvimento se deu apenas em ovos que mantiveram parte da gelatina.

Em algumas passagens, Spallanzani fez descrições dos procedimentos adotados para a manutenção dos animais nos vasos, observações essas “necessárias para a repetição de minhas tentativas”. São orientações sobre a origem, qualidade e temperatura da água dos vasos em que mantém os girinos, e os cuidados para não assustá-los com a presença do observador.

O capítulo sexto, como mencionado anteriormente, Spallanzani dedicou às reflexões sobre os resultados das observações e experimentos descritos nos capítulos anteriores. Essas análises foram enumeradas em 12 tópicos. A primeira é sobre o período reprodutivo dos anfíbios e análise acerca das variações de temperatura e altitude. A segunda reflexão recuperou a ideia de que os “corpúsculos redondos” dos anfíbios examinados deviam ser considerados “verdadeiros fetos”, e não ovos. A terceira reflexão compara os anfíbios a outros animais em relação aos cuidados pela prole⁴⁷.

Em sua quarta reflexão, Spallanzani fez referência à controvérsia entre Vallisneri e Jan Swammerdam (1637-1680) a respeito da função do amplexo. Vallisneri acreditava que o amplexo servia para pressionar a descida dos ovos nos ovários de uma fêmea. Enquanto Swammerdam, ao contrário, pensava que o amplexo impedia tal liberação. Spallanzani asseverou que este, como em muitos casos da Física, poderia ser resolvido somente à luz da experiência, como as que havia relatado nos capítulos precedentes⁴⁸.

O assunto da quinta reflexão foi à prolongada duração do amplexo. Spallanzani atribuiu a uma necessidade física como o fator determinante aos animais de sexos distintos procurarem-se no período do coito. Identificou a rivalidade entre os machos, e o medo de serem suplantados por seus rivais, como sendo a causa da obstinação em não abandonarem suas fêmeas. Na sexta reflexão, Spallanzani retomou o tema, discutindo os numerosos expedientes de que se serviu para separar um casal antes de terminada a ovipostura.

⁴⁷ Spallanzani percebeu que nos anfíbios os “fetos” eram deixados protegidos em águas calmas e com alimento, lentilha de pântano. A partir daí, procurou estabelecer relações de semelhança com diversos insetos, peixes e tartarugas (PRESTES, 2003, p. 269).

⁴⁸ Segundo Spallanzani, Swammerdam não havia percebido que apenas na rã arborícola o abraço é posterior à descida dos fetos ao útero, enquanto nas outras espécies era precedente; e, Vallisneri equivocara-se ao pensar na razão do desprendimento dos fetos dos ovários que este estivesse relacionado aos fortes vínculos estabelecidos. Assim, Spallanzani imaginou abrir as fêmeas no momento inicial do amplexo para conhecer a variada natureza na multiplicidade de suas operações (PRESTES, 2003, p. 270).

Na sétima reflexão discorreu sobre a trajetória dos ovos pelo corpo da fêmea. Spallanzani criticou a ideia de que os ovos passavam pela cavidade abdominal, como fora indicado por Jan Swammerdam (1637-1680). Fazendo menção aos seus diários de experimentos, em que havia registrado 2.027 dissecções de rãs e sapos, apenas três vezes encontrou ovos fora dos ovidutos das fêmeas. Assim, mostrou-se convencido de que os “fetos”, como nessa altura do livro passou a chamar os “ovos” (óvulos), realizavam uma travessia imediata partindo dos ovários aos ovidutos, sendo, aqueles casos encontrados no tórax ou no abdômen, meramente acidentais.

Outra crítica foi elaborada na oitava reflexão, mas agora em relação ao naturalista francês Demours que teria observado uma espécie cujos ovos da fêmea eram puxados de sua cloaca pelos dedos das patas do macho. Spallanzani afirmou jamais ter visualizado algo semelhante nas cinco espécies que estudou detalhadamente. Além disso, recomendou que Demours se certificasse, por meio de novas observações, se aqueles ovos estavam ou não fecundados.

Spallanzani destinou a nona reflexão ao tema da reprodução externa, indicando que essa descoberta refutava o que era até então uma lei considerada geral na natureza. Lembrou que antes dele a fecundação externa havia sido observada por Swammerdam e que Roesel observou-a em outros anfíbios. Spallanzani frizou, contudo, que ele a havia revelado em novas espécies: “eu mesmo tive o prazer de descobrir esta fecundação exterior em novas espécies de rãs e sapos; e pude ver claramente o líquido fecundante que saindo do macho caía sobre os fetos, depois de saídos do seio materno” (SPALLANZANI *apud* PRESTES, 2003, p. 271).

Em seguida, escreveu sobre outros tantos casos em que ocorria a fecundação externa, dentre eles, outra espécie de sapo descrita por Maria Sibila Merian (1647-1717) no Suriname, no final do século XVII. Mencionou também que, em concordância com a crença popular,

Buffon e Swammerdam diziam não existir cópula verdadeira entre os peixes, embora Albrecht von Haller (1708-1777) tenha afirmado a sua existência. Spallanzani optou por deixar a controvérsia em aberto por não dispor de meios para decidir sobre o problema. Ainda criticou o pensamento “bizarro” de Linnaeus, segundo o qual as fêmeas engoliam o sêmen do macho para fecundar seus ovos, indicando alguns experimentos simples com peixes chineses de aquário que poderiam elucidar a questão, uma vez que liberam esperma leitoso na água límpida, multiplicando-se o ano todo. Por fim, descreveu as “engenhosas” observações acerca da fecundação externa em abelhas feitas por John DeBrow, ratificadas por Giacomo F. Maraldi (1665-1729). Na décima reflexão, discutiu o caso particular da salamandra, em que a fecundação era interna.

Na décima primeira reflexão, retomou o tema do sistema da epigênese, considerando-o “derrubado” por sua descoberta da preexistência dos “fetos” nos anfíbios, bem como pelas observações de organismos microscópicos, relatadas nos *Opuscoli di fisica animale e vegetabile*. Esses estudos, segundo Spallanzani, combatiam as ideias de Buffon e Needham e, se fossem ampliados a outros grupos de animais (de sangue frio e quente), poderiam fornecer mais provas da “verdade da preexistência” do feto à fecundação (PRESTES, 2003, p. 273).

Na décima segunda e última reflexão, Spallanzani dedicou-se à crítica ao animalculismo. Tomou o caso exposto por Gauthier que, ao se deparar com vermes em uma bexiga no interior de sapos machos, considerou-os *atores da reprodução*. Spallanzani descreveu suas próprias observações realizadas em sapos dissecados nas quais encontrou verdadeiros vermes (parasitas) na bexiga urinária. Para sustentar que tais animálculos eram vermes propriamente, e não os vermes ou animálculos espermáticos enumerou diversos argumentos baseados em suas observações: 1) tais vermes eram também encontrados em fêmeas; 2) não foram encontrados em todas as rãs que se encontravam em amplexo; 3)

ocorrem em quantidade consideravelmente menor (cerca de 20 vermes) que os “fetos” nas fêmeas (mais de mil); 4) o número de vermes não diminui no macho após a fecundação; 5) nunca encontrou esses mesmos vermes junto aos “fetos”; 6) inexistência desses vermes nos machos que ele usou para realizar a fecundação artificial. Spallanzani atribuiu a interpretação equivocada de Gauthier à “pouca perícia” e o “pouco conhecimento” em relação às estruturas internas das rãs, equívocos esses que não poderiam ser admitidos, segundo ele, nem mesmo “aos mais principiantes em Anatomia comparada” (SPALLANZANI *apud* PRESTES, 2003, p. 274).

No sétimo e último capítulo da obra *Generazione*, Spallanzani expôs suas respostas a “objeções recentes” feitas ao preformismo por Pirri, na obra *Teoria della putredine (Teoria das coisas pútridas)*, na qual o autor se manifestou adepto do sistema de Buffon. Pirri havia criticado o que Spallanzani expôs sobre a reprodução de rãs no seu *Prodromo su le riproduzioni animali*, publicado em 1767. Considerando que Pirri fez as suas considerações sem ler o *Prodromo*, rebateu sua crítica quanto às limitações decorrentes do uso dos microscópios, afirmando que esse problema só ocorria devido a “pouca qualidade de tal maquina ou à inexperiência de quem a maneja” (SPALLANZANI *apud* PRESTES, 2003, p. 275). Argumentou que era por meio do microscópio que “todo dia se enriquecem de úteis descobertas a Historia Natural e a Física” (*Id.*). Acusou Pirri de ter elaborado suas críticas sem analisar bem o tema, sem proceder à leitura do livro de Roesel e sem conhecer a obra de Swammerdam a respeito dos anfíbios. O maior engano de Pirri, segundo Spallanzani, foi não entender que os girinos correspondiam a um estágio anterior das rãs, e com elas, formam um só animal, como haviam mostrado Roesel e Swammerdam, além de Vallisneri sênior. Spallanzani afirmou ter refeito observações, após a leitura do livro de Pirri, procurando

descrever a organização interna dos girinos e das rãs e estabelecer a identidade completa entre eles.

Com essas, entre outras, respostas às críticas feitas por um adepto da epigênese, Spallanzani encerrou o livro, considerando ter oferecido evidências de observação e experiências que sustentavam a teoria da preformação ovista.

No próximo capítulo, será apresentada a metodologia da pesquisa empírica, que constituiu a elaboração e validação de uma sequência didática para analisar e avaliar os aspectos motivacionais e emocionais intrínsecos a abordagem inclusiva da história da biologia no ensino básico, particularmente ao uso de replicação de experimentos clássicos, por meio das ferramentas tecnológicas de informação e comunicação.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

4.1 Objetivos

4.1.1 *Objetivo Geral*

A História da Ciência, como foi discutida no item **2.1**, é uma ferramenta muito útil para a didática das ciências, pois pode ser utilizada como estratégia facilitadora para a compreensão de conceitos, de modelos e teorias (MARTINS, 2007). Além disso, a História da Ciência, segundo Lilian Martins (1998), é um importante elemento motivador que contribui para tornar o ensino de ciência mais interessante (MARTINS, 1998, p. 18). Desse modo, considerando a escassez de trabalhos com essa proposta de avaliar os impactos sobre a motivação dos alunos que o uso da História da Biologia no ensino pode oferecer, o objetivo deste trabalho foi avaliar a motivação e o interesse dos alunos em relação a essa ferramenta, associado à realização de uma Sequência Didática com um elemento histórico.

Existem várias formas de abordagens inclusivas da História da Ciência no ensino (MARTINS, 1998). Neste estudo, foi utilizada a replicação de experimentos clássicos sobre reprodução animal no século XVIII. Foram selecionados alguns experimentos de Lazzaro Spallanzani (1729-1799) para serem replicados por meio de uma Sequência Didática (SD) desenvolvida conforme referencial discutido por Martine Méheut & Dimitris Psillos (2004). A História da Biologia fornece inúmeros exemplos pelos quais se pode promover discussão metacientífica com os alunos. Nesta pesquisa, foram selecionados os estudos experimentais sobre a reprodução dos seres vivos realizados por Lazzaro Spallanzani, no século XVIII. A escolha do tema deve-se ao fato dos experimentos de Spallanzani figurarem entre as primeiras iniciativas de sistematização dos métodos de observação e de experimentação com seres vivos

tendo sido desenvolvidas a partir da atividade de pesquisa dos naturalistas contemporâneos. Em 1876, F. Papillon, em obra destinada à *História da Filosofia moderna e suas relações com o desenvolvimento das ciências da natureza*, afirmou que “nenhum homem na História da Ciência levou tão longe quanto Spallanzani a arte de fazer experiências” (PAPILLON *apud* PRESTES, 2003, p. 14). A escolha dos experimentos, na obra de Spallanzani, foi feita em razão da necessidade de adequação do conteúdo à realidade do aluno por meio de experimentos que respondessem às necessidades da vida contemporânea. Com efeito, a reflexão e o debate favoreceram o desenvolvimento de meios para a interpretação de fatos naturais, a partir de métodos sistemáticos de observação e experimentação que oferecessem, além disso, a compreensão de procedimentos e equipamentos usados dentro da pesquisa científica.

A sequência desenvolvida possui quatro pequenos textos e animações feitas a partir de experimentos clássicos e foi aplicada para os alunos em um ambiente virtual, ou seja, os experimentos replicados não foram feitos de fato com animais no laboratório, mas sim, através da utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) cuja participação ativa dos alunos é admitida (VALENTE & ALMEIDA, 2005).

Assim, consideramos essa pesquisa um estudo focado na a resolução de um problema educacional, no caso, as dificuldades envolvidas no ensino tradicional de biologia para promover a motivação dos alunos, enfatizando a natureza prática das intervenções (PLOMP, 2009; SARMENTO *et al.*, 2013).

4.1.2 Objetivos Específicos

- Criar e validar uma Sequência Didática que contemple a História da Biologia e que envolva o uso de recursos relacionados à Tecnologia de Informação e Comunicação. Tal sequência requer o desenvolvimento de um aplicativo com animações que possibilitem a replicação dos experimentos clássicos de Spallanzani;
- Analisar e avaliar os aspectos relativos à motivação e à emoção dos alunos frente à aplicação dessa Sequência Didática por meio do uso de questionários já validados pela literatura: um de motivação (TUAN *et al.*, 2005), aplicado antes e após a realização da sequência como um todo - e outro, de emoção (RANDLER *et al.*, 2011), aplicado ao final de cada aula da Sequência Didática;
- Comparar os aspectos relativos às emoções entre os cinco momentos da SD com o questionário aplicado no final de cada momento da Sequência Didática.

4.2 As Escolas, os Alunos e as Turmas onde foram aplicadas a SD

A Sequência Didática foi aplicada em duas escolas da rede pública estadual de São Paulo, localizadas nas cidades de Cotia e de Carapicuíba. Para selecionarmos as escolas, consideramos o fato de estarem na periferia longe dos centros e dos olhares de políticas públicas e por abrangerem uma população bastante heterogênea: alunos com situação socioeconômica distinta, alguns com famílias estruturadas e de classe média, outros já no mercado de trabalho ou com filhos, alunos moradores em submoradias, inclusive favelas, comunidades escolares, nas quais são encontrados os mais graves problemas de desmotivação e desinteresse por parte dos alunos. Nessas escolas, como nas demais escolas da rede pública

estadual, o referencial do conteúdo está no currículo oficial do Estado de São Paulo que foi publicado em 2008 na *Proposta Curricular do Estado de São Paulo* (FINI, 2008). Segundo esse currículo, o estudo da reprodução é realizado no segundo bimestre em classes do terceiro ano, e, dessa forma, a aplicação da Sequência Didática foi realizada no segundo bimestre nas turmas do terceiro ano do Ensino Médio. A SD foi elaborada para abordar o tema da reprodução, utilizando como recurso didático a História da Biologia aplicada por meio do uso das TICs. Além de apresentar conteúdos científicos comumente relacionados ao estudo da reprodução dos seres vivos, em especial a de anfíbios, a replicação de experimentos clássicos relaciona também conceitos como tipos de reprodução, tipos de fecundação, tipos de desenvolvimento e elementos da anatomia do sistema reprodutor de anfíbios. No entanto, os aspectos da reprodução humana e da reprodução de angiospermas, embora presentes no currículo oficial, não são conceitos abordados nesta Sequência Didática. Somente participaram desta pesquisa os alunos cujos pais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO A).

4.2.1 E.E. Jardim Santa Ângela - Diretoria de Ensino de Carapicuíba

A E.E. Jardim Santa Ângela possui 17 salas de aula, sendo uma sala de informática vinculada ao programa governamental denominado “Acessa Escola”. Por ocasião da aplicação da SD, não encontramos monitores de alunos e verificamos que, além disso, poucos computadores funcionavam. A unidade escolar também possui uma quadra poliesportiva coberta. Observamos a ausência de laboratório. Não obstante, a biblioteca estava sendo usada como sala especial de recursos para alunos com necessidades especiais.

A escola é considerada como prioritária⁴⁹, pois, segundo a Coordenadoria da Secretaria Estadual da Educação, o percentual de alunos no nível de proficiência “abaixo do básico” em língua portuguesa e em matemática é elevado, com IDESP⁵⁰ do ensino médio com valor de 1,49. Essa escola funciona em três turnos: diurno, voltado para ensino médio; vespertino, direcionado ao ensino fundamental de ciclo II; e, o período noturno, à educação de jovens e adultos.

4.2.2 E.E. Natalino Fidêncio - Diretoria de Ensino de Carapicuíba

A E.E. Natalino Fidêncio possui 45 salas de aula, uma sala de informática do Programa “Acessa Escola”, uma quadra coberta e um laboratório de ciências com TV de 40 polegadas e biblioteca. A escola funciona em três turnos: período matutino no qual são ministradas aulas para alunos das séries finais do ensino fundamental; período vespertino, voltado para alunos das séries iniciais do ensino fundamental II. O ensino médio regular é oferecido no período noturno. A unidade é também considerada como prioritária, conforme as orientações da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. O IDESP do ensino médio apresentava o valor de 1,61.

⁴⁹ Para definir suas escolas prioritárias, a Secretaria considera, em cada escola, o percentual de alunos que teve desempenho “abaixo do básico” em uma das duas áreas; Português e Matemática. Essa análise é feita a partir do Saresp, exame realizado no final de cada um dos três ciclos de aprendizagem no qual as notas são classificadas em quatro níveis - abaixo do básico, básico, adequado e avançado (Fonte: Página da SEE em 15 de outubro de 2013).

⁵⁰ Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo é o indicador que avalia a qualidade das escolas estaduais paulistas em cada ciclo escolar e permite fixar metas anuais para o aprimoramento da qualidade da educação no Estado. Tanto no aspecto socioeconômico, como nos de infraestrutura e de aprendizagem, entre eles o desempenho no Saresp (Fonte: Página da SEE em 15 de outubro de 2013).

4.2.3 Caracterização dos alunos envolvidos na pesquisa

Os Questionários 1 e 2 desta pesquisa foram elaborados apenas para fazer uma caracterização prévia dos alunos envolvidos. O Questionário 1, caracteriza-se por coletar informações do grau de familiaridade do aluno com as TICs bem como sua utilização no ensino e nos estudos. Já o Questionário 2, foi concebido para obter informações sobre o contato dos alunos com a abordagem inclusiva da História da Biologia no ensino. Esses questionários são de perguntas fechadas, com respostas de sim e não, porém, em algumas perguntas, foram solicitados exemplos.

Depois de elaboradas, as questões foram submetidas a uma discussão e análise dos professores das disciplinas relacionadas à Sequência Didática, dos coordenadores pedagógicos e dos supervisores de ensino das unidades escolares envolvidas (profissionais com grande experiência em educação, alguns pós-graduandos, mestres e doutores). Esses questionários foram aplicados dois meses antes da execução da sequência de aulas. Os questionários (1 e 2) na íntegra estão presentes no APÊNDICE A desta tese.

4.2.3.1 Questionário 1 - O uso das TICs e o Ensino de Biologia

Esse questionário foi aplicado dois meses antes da aplicação da SD para um total de 225 alunos que participaram da posterior aplicação da SD - compreendendo três perguntas sobre a familiarização do aluno com as TICs. Para tentar evitar influência sobre as respostas, foi aplicado por professores de outras disciplinas já que o professor de biologia era, também, o pesquisador. Esses questionários foram aplicados somente antes para entender e para traçar um panorama da situação anterior à aplicação da SD. A fim de não comprometer os resultados, tais informações foram coletadas em momento livre de qualquer influência da

aplicação da Sequência Didática. Exemplos de perguntas: Você considera importante o uso das TICs no ensino de Biologia? Você usa TICs para estudar biologia? Se sim, quais TICs você prefere usar? As perguntas do questionário com respostas SIM ou NÃO tiveram como objetivo avaliar o número de alunos que declaram já ter tido contato com as TICs para estudar biologia. Além disso, outras duas perguntas foram utilizadas para direcionar os alunos a citar quais conteúdos de biologia tiveram sua aprendizagem facilitada com o uso da TICs e ainda os locais de acesso ao computador para estudar biologia.

De acordo com esse levantamento, observou-se que apenas 5% dos alunos não considera importante o uso das TICs no ensino e 11% não usam nenhuma TIC para estudar biologia (**Figura 6**). Dos 89% dos alunos que utilizam alguma TIC, 86% e 35%, usam o computador e *smartphones* para estudar biologia, respectivamente (**Figura 7**). Além disso, 26% e 24% dos alunos acham que o uso das TICs facilitaria o aprendizado nos assuntos de genética e de citologia, respectivamente (**Figura 8**); 42% dos alunos tem acesso ao computador somente em casa; 26% dos alunos tem acesso ao computador em casa e na escola para estudar biologia (**Figura 9**).

Figura 6. Distribuição das respostas de acordo com as perguntas 1 (P1): Você considera importante o uso das TICs no ensino de biologia? E pergunta 2 (P2): Você usa alguma TICs para estudar biologia?

P3

Figura 7. Distribuição de respostas de acordo com a pergunta 3 (P3): das TICs existentes indique as que você usa para estudar biologia?

P4

Figura 8. Distribuição de respostas de acordo com a pergunta 4 (P4): quais assuntos de biologia as TICs facilitaram seu aprendizado?

Nota: SV: ser vivo; NS: não souberam; NL: não lembram.

Figura 9. Distribuição de respostas de acordo com a pergunta (P5): dos alunos que tem acesso ao computador para estudar biologia, quais são os locais de acesso?

Com base na análise das cinco perguntas desse questionário, observa-se que a maioria dos alunos considera importante a utilização das TICs para estudar biologia. Além disso, os educandos acham relevante o uso das TICs no aprendizado de biologia, com destaque para os conteúdos de genética e citologia. O acesso desses conteúdos é feito em casa e na escola por grande parte dos alunos.

4.2.3.2 Questionário 2 – Abordagem inclusiva da História da Ciência e o Ensino de Biologia

Esse questionário possuía três perguntas e foi aplicado dois meses antes da Sequência Didática para um total de 225 alunos. A terceira pergunta fazia referência à importância da abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino e foi aplicada, também, três meses após a Sequência Didática.

A familiaridade do educando em relação a essa abordagem da História da Biologia foi verificada através das perguntas: Você já ouviu falar em História da Biologia? Você já

participou de alguma aula em que o professor utilizou abordagens históricas como estratégia para ensinar Biologia? A terceira pergunta (Você acha importante o uso da HB no ensino?) foi usada para avaliar a opinião do educando sobre a importância do uso da História da Biologia no ensino. Essa foi a única pergunta desse questionário aplicada novamente após a intervenção da Sequência Didática.

Conforme o levantamento das respostas desse questionário constatou-se que 69% dos alunos não tinham ouvido falar em História da Biologia antes da intervenção didática (**Figura 10**) e 92% dos alunos não participaram de nenhuma aula que utilizasse a História da Biologia enquanto estratégia pedagógica (**Figura 11**). Após a aplicação da Sequência Didática, houve uma mudança de opinião para questão “você considera importante o uso da História da Biologia no ensino de Biologia”, com 81% dos alunos considerando importante o uso da História da Biologia no ensino de Biologia (**Figura 12**).

P1

Figura 10. Distribuição de respostas de acordo com a pergunta (P1): Você já ouviu falar em História da Biologia?

P2

Figura 11. Distribuição das respostas de acordo com a pergunta 2 (P2): Você já participou de alguma aula em que o professor utilizou abordagens históricas como estratégia para ensinar Biologia?

P3

Figura 12. Distribuição das respostas dos alunos de acordo com a pergunta 3 (P3): você considera importante o uso da História da Biologia no ensino de Biologia? Esta pergunta foi realizada antes e depois a aplicação da Sequência Didática.

De acordo com as respostas desse questionário, verifica-se que a maioria dos alunos nunca ouviu falar e, tampouco, participou de aula com abordagem da História da Biologia como estratégia. Tais resultados estão de acordo com Martins (2007), que constatou que a simples consideração de elementos históricos na formação inicial de professores não garantem a inserção desses conhecimentos no ensino básico, e Silva (2006), que evidenciou a ausência

de História da Ciência na formação dos professores dificultando sua adequação para prática docente. Além disso, segundo Bittencourt (2013), na pesquisa acerca do tratamento dado a História da Biologia nos livros didáticos brasileiros recomendados pelo PNLEM – 2007, os resultados mostram que, embora presente na maioria dos livros, a abordagem histórica não aparece de forma adequada.

4.3 Aplicação da Sequência Didática (SD)

A SD, que compreende um total de oito aulas, é apresentada no APÊNDICE B. O detalhamento do quarto momento da SD é apresentado no APÊNDICE C. A sequência foi aplicada em duas aulas por dia, de 45 a 50 minutos cada, em duas salas, na Escola Jardim Santa Ângela (Cotia), e, em cinco salas de aulas, na Escola Professor Natalino Fidêncio (Carapicuíba) - no segundo semestre de 2013, totalizando duas semanas no mês de setembro.

Na Escola Estadual Professor Natalino Fidêncio, a Sequência Didática foi aplicada para um total de 165 alunos. Distribuídos da seguinte forma: 30 alunos, no 3º ano A; 38 alunos, no 3º ano B; 32 alunos, no 3º ano C; 35 alunos, no 3º ano D; e, 30 alunos, no 3º ano E. Na Escola Santa Ângela, porém, a SD foi aplicada para um total de 56 alunos: 26 alunos, no 3º ano A e 30 alunos, no 3º ano B, conforme **Tabela 2**.

Tabela 2. Números de alunos de acordo com as escolas onde a SD foi aplicada.

Escola	Número de alunos	Aplicação da SD	Período
Natalino Fidêncio	165	1º e 2ª semana	Noite
Santa Ângela	56	1ª semana	Manhã

Em diferentes momentos da Sequência Didática, através da replicação de experimentos históricos por meio de uma animação desenvolvida em *flash*⁵¹, foi possível apresentar aos alunos as etapas de uma sequência de experimento histórico realizado no século XVIII. Os alunos ficaram diante de uma tela de TV que reproduzia a imagem de uma animação que apresentava de forma caricaturizada⁵² o personagem histórico que convidava os alunos, através de balões de falas discursivas, para fazerem reflexões sobre hipóteses acerca de conceitos relacionados à reprodução conhecidos no século XVIII, e também, proporem a elaboração de experimentos e testá-las.

Na animação, o personagem também apresenta resultados parciais de experimentos para os quais há registros históricos que foram de fato planejados e executados. Isso viabiliza a confrontação de experimentos propostos pelos educandos com os ‘experimentos históricos’, criando assim, uma possibilidade de reflexão tanto sobre o desenvolvimento de determinada ‘sequência de experimentos’, assim como sobre a construção histórica do conhecimento científico que é objeto de ensino-aprendizagem.

Esclarecemos que as cenas da animação seguem a mesma sequência de experimentos feitos pelo personagem histórico, conforme discutido no capítulo 2 dos referenciais teóricos, e estão apresentadas no APÊNDICE D.

A aplicação da animação em si foi o elemento central da Sequência Didática. Foi conduzida pelo professor de biologia da escola (também pesquisador desse trabalho) e, em

⁵¹ Animações virtuais com fins didáticos também são denominadas de objeto de ensino-aprendizagem e geralmente se constituem em uma mídia para se veicular ideias, mensagens e conteúdos considerados importantes em termos de formação escolar. Fonte: www.labvirt.futuro.usp.br - acesso em outubro de 2012.

⁵² A caricatura aqui é entendida como o desenho no qual, certos traços físicos são acentuados ou distorcidos do personagem real, em formato de animação, no caso Lazzaro Spallanzani, foi criada usando imagens de Spallanzani construídas a partir de imagens do museu da Universidade de Pávia na Itália, Departamento de Biologia Animal pelo site: <http://www-3.unipv.it/webbio/baspalla.htm> - acesso janeiro de 2012. Preferimos o uso de caricatura, e não de uma imagem mais realista, pois evita efeitos indesejados a cerca da percepção do educando em relação à imagem real do personagem, pois o objetivo da SD concentra-se nos experimentos por ele realizado.

cada experimento havia um tempo entre as cenas para o aluno pensar, discutir em grupo e registrar seus protocolos de experimentos.

Antes e após a sequência como um todo, os alunos responderam ao questionário de motivação (Questionário 3) (TUAN *et al.*, 2005). O questionário proposto pelos autores visa medir a motivação dos estudantes para a aprendizagem das ciências e é constituído por seis categorias de perguntas que serão detalhadas no item 4.4.3 deste capítulo. Além disso, ao final de cada momento da SD os alunos responderam a um questionário de emoção (Questionário 4) (RANDLER *et al.*, 2011).

Este questionário é constituído de perguntas organizadas em três categorias: interesse, bem estar e tédio. Interesse é definido pelos autores como uma relação entre tema e o sujeito específico que inclui sua importância e utilidade (HIDI, 1990). Exemplo de pergunta: *eu achei o assunto importante; o assunto foi importante*. Já o bem-estar é relacionado com um sentimento subjetivo e positivo durante as aulas, exemplos: *a aula me agradou, eu fiquei satisfeito com a aula e eu gostei da aula*. Finalmente, o tédio está relacionado com a falta de ação e interesse, exemplos: *eu me senti entediado, hoje eu estava distraído com meus pensamentos e a aula foi sonolenta* (RANDLER *et al.*, 2011). Este questionário será detalhado no item 4.4.4 desta metodologia.

4.3.1 Validação da Sequência Didática

Foram realizados duas reuniões para validações prévias da SD nos Seminários de História da Biologia e Ensino, no laboratório de licenciatura (LabLic) do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, com pós-graduandos, professores, mestres e doutores em ensino de Ciências em um total de dez participantes. Na primeira reunião, foi discutida a estrutura da Sequência Didática com suas bases metodológicas e sua

exequibilidade diante da atual demanda de ensino de biologia e dos currículos, em especial o currículo da Secretária Estadual de Educação, pois a ideia inicial para aplicação da SD era na escola pública. Nessa validação, foi evidenciada uma preocupação com o tempo para aplicação da SD, dessa maneira, foi retirado um experimento reduzindo o tempo de execução de 10 horas (primeira versão) para 8 horas. Outra preocupação destacada pelo grupo foi quanto ao tamanho dos textos que serviriam de introdução do tema para trabalhar com a replicação dos experimentos. Por conseguinte, optou-se por textos com no máximo uma página. Esses textos foram utilizados nos momentos que antecederam a replicação dos experimentos clássicos e serviram para situar o aluno no momento histórico tanto no conhecimento sobre o tema reprodução, quanto aos métodos, materiais e instrumentos da época. Os textos estão apresentados no APÊNDICE E.

A segunda reunião de validação foi realizada para discussão e análise das animações para os experimentos virtuais da SD com a participação de sete integrantes do grupo de pesquisa. Nesse momento, foi discutida a relevância das animações por se tratar de um material que utiliza a História da Biologia e as TICs enquanto recursos capazes de motivar os alunos nas aulas de biologia. Nesse contexto, foi analisada a questão do tempo estimado para cada cena da animação, possibilitando ao estudante um tempo necessário entre as cenas da animação de cada experimento para construir seus modelos experimentais. Assim, a partir da discussão do grupo, foi programado um tempo de cinco a dez minutos no início e durante a apresentação da animação para que os alunos registrassem todas as suas ideias (desde a ideia inicial sobre qual experimento realizaria até a discussão dos resultados e propostas de soluções para os problemas encontrados pelo personagem histórico).

Quanto à análise das animações, foi discutida a proposta de ser interativa e foi ampliado o número de cenas de cada experimento para permitir um tempo maior a cada grupo

de aluno de maneira que fosse discutida e registrada suas hipóteses e/ou conclusões em cada cena do experimento. A forma de comunicação do personagem histórico também foi debatida e foi sugerida pelo grupo que o recurso gráfico das histórias em quadrinhos (HQ) com balões de fala fosse utilizado. Em relação às falas do personagem, foi concluído que não poderia conter textos grandes e que fossem bem diretos aos pontos de investigação do experimento, porém incitando sempre um lado de curiosidade e suspense para que o aluno se interessasse pelas demais cenas.

Além disso, foi questionada pelo grupo a possibilidade de não haver computadores disponíveis nas unidades de ensino. Discutiu-se, então, as duas possibilidades de aplicação da SD a com um computador por aluno devidamente orientado a dar os comandos para as cenas da animação com o experimento replicado; e a outra forma, com um televisor conectado a um computador no qual o professor daria início à sequência das animações. Decidiu-se então, que as animações da SD, com o uso de um computador conectado a uma TV com cabo *High Definition Multimedia Interface* (HDMI) para imagem em alta definição, fossem apresentadas para a classe toda. Dessa forma, dividindo as salas em grupos e oferecendo tempo necessário para discussão entre os integrantes, a elaboração das ideias e sugestões de experimentos para responder às perguntas e as hipóteses do personagem histórico em questão não comprometeriam o interesse e a participação dos alunos.

O pano de fundo da animação também foi discutido, pois aquele usado nas versões anteriores era um laboratório que sugeria a atividade de um botânico. Foi proposto que a alteração refletisse a atividade experimental do personagem histórico naquele momento específico, ou seja, com uma ênfase na experimentação animal.

Finalmente, uma terceira reunião de validação com os pares da unidade de ensino foi realizada para atender os princípios de *design* caracterizado por um estudo sistemático do

planejamento e da implementação e avaliação de intervenção didática inovadora. Um dos princípios de uma intervenção no formato DBR (*Design based reseacher*), discutido no capítulo teórico, é que seja um trabalho interdisciplinar. Assim, nas unidades de ensino onde foi aplicada a sequência didática, seis educadores participaram, dois deles com titulação de mestre, um mestrando e os outros três bacharéis e licenciados (professores das disciplinas de História, Língua Portuguesa e Arte). Foi discutido e analisado estratégias para a participação de outras disciplinas no contexto geral da SD. Além disso, foi sugerido e definido que as disciplinas poderiam contribuir nos seguintes aspectos: História - contextualização dos fatos históricos e sociais do século XVIII e elaboração de uma linha do tempo no primeiro momento da Sequência Didática; Língua Portuguesa - produção textual dos alunos, tanto na elaboração dos textos sobre as etapas dos experimentos como nos diários de bordo produzidos, em cada momento da SD e durante os experimentos replicados; Arte - criação e preparação de dramatização de um dos momentos da SD, com caracterização dos personagens e elaboração de roteiro para peça teatral.

4.4 Questionários 3 e 4

O Questionário 3, já validado pela literatura é o responsável pela maior fonte dados e é referente à motivação dos alunos antes e após a SD. O Questionário 4, também validado pela literatura foi utilizado por fornecer informações sobre as emoções dos alunos durante a aplicação da SD e nos seus diferentes momentos. Os questionários utilizados nesta pesquisa são todos com perguntas fechadas, em escala tipo Likert, com cinco opções detalhadas no item 4.4.3.

Os Questionários de motivação (3) e de emoção (4) foram traduzidos por membros do grupo de pesquisa [Seminários de História da Biologia e Ensino, no Laboratório de Licenciatura (LabLic) do Instituto de Biociências, da Universidade de São Paulo]. O Questionário de motivação (3) foi aplicado antes e depois da intervenção, objetivando-se confrontar informações a respeito do grau de motivação dos alunos nas aulas de biologia, antes e após a aplicação da SD.

O Questionário de emoções situacionais (4) foi aplicado durante a SD, ao final de cada um dos cinco momentos que a constituem. Com isso, além de coletarmos informações de emoções específicas em cada momento da SD, foi possível confrontar, comparar e avaliar quais momentos tiveram um impacto mais positivo nas emoções dos alunos envolvidos. É importante ressaltar que fizeram parte da amostra estudada e analisada nesta pesquisa somente os alunos que participaram de todas as etapas, ou seja, dos questionários pré, da aplicação da SD e questionários pós. Portanto, embora o número de alunos no início fosse de 225, a análise foi feita com 204 alunos. Os questionários 3 e 4 são apresentados no APÊNDICE F.

4.4.3 Questionários 3 - Motivação

A motivação é fundamental para o entendimento das atitudes, dos comportamentos, das aprendizagens, do desempenho, do sucesso ou do fracasso do aluno. O principal objetivo desta pesquisa bem como sua pergunta investigativa é respondido com a análise desses questionários. A Pergunta: a História da Biologia utilizada por meio de ferramentas tecnológicas (TICs) pode ser usada para motivar os alunos nas aulas de Biologia? Como essa pergunta de pesquisa refere-se à motivação, foi utilizado o questionário de motivação validado por Hsiao-Lin Tuan e colaboradores (2005). Esse questionário foi aplicado dois

meses antes da SD e três meses depois da SD para avaliar a motivação dos estudantes em relação à aprendizagem de ciências. Esse questionário de motivação não foi aplicado imediatamente após a realização da SD, pois se buscava avaliar a reação dos alunos em longo prazo. Após a intervenção didática, procurou-se evitar também um efeito de treinamento ao responderem os questionários. O questionário foi aplicado para um total de 225 alunos antes da SD e 204 alunos depois, visto que só serão objetos de análise 204 alunos para efeito de tratamento estatístico, e, portanto, apenas os que responderam antes e depois da SD.

O questionário de motivação contemplam 35 perguntas em escala tipo Likert com respostas que variam com cinco opções (DT: discordo totalmente; DP: discordo parcialmente; NTO: não tenho opinião sobre a afirmação; CP: concordo parcialmente e CT: concordo totalmente). Essas perguntas estão separadas em cinco categorias: (A) autoeficácia, (B) estratégias de aprendizagem ativa, (C) valor do aprendizado de biologia, (D) objetivo de desempenho, (E) objetivo de realização pessoal e (F) estímulo do ambiente de aprendizagem, descritas a seguir:

(A) Autoeficácia: refere-se à percepção do estudante de sua capacidade em realizar tarefas de aprendizagem (BANDURA, 1981, 1982, 1997; PAJARES, 1996). Quando os alunos tem alta autoeficácia, eles acreditam que são capazes de realizar tarefas de aprendizagem, quer sejam tarefas difíceis, ou fáceis. Exemplos de perguntas de autoeficácia: independente do conteúdo de Biologia ser difícil ou fácil, eu tenho certeza que consigo aprendê-lo; Eu não me sinto confiante para compreender conceitos difíceis de Biologia.

(B) Estratégias de aprendizagem ativa: representa o papel ativo que os estudantes tem em relação à utilização de uma variedade de estratégias para a construção de novos conhecimentos com base nas suas concepções prévias. Exemplos: quando eu aprendo novos

conceitos de Biologia, eu me esforço para compreendê-los; Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia eu relaciono com minhas experiências anteriores.

(C) O aprendizado de biologia: é proporcionar aos alunos o desenvolvimento de competências para resolução de problemas, a experiência de atividade investigativa, o estimular o próprio pensamento e encontrar a relevância da ciência com a vida diária. Se eles percebem esses valores importantes, eles serão motivados a aprender ciência. Exemplos: Eu penso que aprender Biologia é importante porque posso usá-la no meu dia a dia; Em Biologia, eu penso que é importante participar de atividades investigativas.

(D) Objetivo de desempenho: verifica se o objetivo do aluno na aprendizagem das ciências é para competir com outros alunos e chamar a atenção do professor. Exemplos: eu participo das aulas de Biologia para ter uma boa nota; Eu participo das aulas de Biologia para ter melhor desempenho que outros estudantes.

(E) Objetivo e realização pessoal: avalia se os alunos se sentem satisfeitos à medida que desenvolvem competências e o grau de realização pessoal durante a aprendizagem. Exemplos: durante as aulas de Biologia, eu me sinto mais realizado quando obtenho uma boa nota na prova; Durante uma aula de Biologia eu me sinto mais realizado quando sou capaz de resolver um problema difícil.

(F) Estímulo do ambiente de aprendizagem: estímulos, tais como, currículo, estratégias de ensino dos professores e interação, influenciam na motivação dos alunos. Exemplos: Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o conteúdo é empolgante e dinâmico; Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor usa diferentes estratégias de ensino (TUAN *et al.*, 2005). Essas perguntas são apenas um exemplo de como a análise estatística pode oferecer informações a respeito de como

estava a motivação dos alunos antes da aplicação da SD e quais impactos sofreram após a intervenção didática.

4.4.4. Questionário 4 – Emoções Situacionais

O Questionário 4 de emoções situacionais, conforme mencionado anteriormente, é constituído de perguntas organizadas em três categorias: interesse, bem-estar e tédio, e tem por objetivo captar as emoções e sensações do aluno durante a aplicação da SD em seus diferentes momentos. Sendo importante para responder a outra pergunta derivada da pergunta principal desta pesquisa, pois avaliou e analisou a própria SD, comparando os momentos que a constituem: Quais momentos da SD promoveram uma resposta mais positiva em relação às emoções situacionais dos alunos?

Esse questionário foi aplicado ao final de cada momento da SD e possibilitou uma análise precisa dos diferentes momentos com perguntas como, por exemplo: a aula me agradou ou eu me senti entediado, para ser respondido em escala tipo Likert, semelhante ao questionário de motivação. Essa análise permite refletir acerca dos momentos de maior aceitação da SD por parte dos alunos e, assim, direcionar trabalhos futuros.

É importante destacar que em reunião HTPC (hora de trabalho pedagógico coletivo) nas duas escolas, em momentos diferentes e com profissionais de cada unidade foi feita análise e validação dos professores das disciplinas relacionadas à SD, dos coordenadores pedagógicos e dos supervisores de ensino das unidades escolares envolvidas. Todos os profissionais envolvidos com amplo tempo de experiência em educação, entre eles alguns pós-graduandos, mestres e doutores, concluíram que as perguntas dos questionários seriam entendidas pelos alunos e ofereceriam informações à pesquisa.

4.5 Procedimentos para Análise dos Dados

A análise estatística e os gráficos foram gerados nos programas *SPSS 17* e *Excel 2010*, respectivamente. Nos questionários 1 e 2, as respostas dos alunos foram de livre escolha, ou seja, os alunos tinham que marcar as opções de interesse, assim, a estatística descritiva foi realizada para determinar a frequência de ocorrência dos estudantes que se encaixaram em determinada faixa do gabarito de resposta. Para os questionários 3 e 4 as respostas dos alunos a cada item da escala tipo Likert foram numeradas para a quantificação dos dados: “1-DT”, “2-DP”, “3-NTO”, “4-CP”, “5-CT”.

Para a comparação dos resultados do tanto do Questionário 3, como do Questionário 4, foi utilizada a metodologia de medidas repetidas não paramétrica, Teste de *Wilcoxon*. Esse teste é utilizado quando temos medições pareadas, ou seja, medidas no mesmo indivíduo (antes e depois) e leva em consideração a magnitude da diferença para cada par. O nível de significância considerado foi de 5%, ou seja, valores p superiores a 0,05 foram considerados não significativos.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentaremos a análise dos dados seguida da discussão dos resultados da parte empírica da pesquisa. Inicialmente faremos uma breve descrição dos dados oriundos do Questionário 3 (motivação). Em seguida, discutiremos os resultados oriundos do Questionário 4 (emoções situacionais) e alguns desdobramentos desta pesquisa.

5.1 Questionário 3

O Questionário 3 refere-se a avaliação da motivação dos alunos para a aprendizagem em ciências, conforme descrito anteriormente no item 4.4.3 da metodologia. Essa avaliação foi realizada antes e após a aplicação da sequência didática, esse questionário contempla 35 perguntas cujas respostas compreendem uma escala do tipo Likert que apresenta cinco opções; DT: discordo totalmente; DP: discordo parcialmente; NTO: não tenho opinião sobre a afirmação; CP: concordo parcialmente; CT: concordo totalmente.

As 35 perguntas estão agrupadas em seis categorias: (A) auto-eficácia (P1-P7), (B) estratégias de aprendizagem ativa (P8-P15), (C) valor do aprendizado de biologia (P16-P20), (D) objetivo de desempenho (P21-P24), (E) objetivo de realização pessoal (P25-P29) e (F) estímulo do ambiente de aprendizagem (P30-P35).

(A) AUTO- EFICÁCIA

P1. Independente de o conteúdo de Biologia ser difícil ou fácil, eu tenho certeza que consigo compreendê-lo.

Tabela 3. Distribuição das respostas “P1” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
ANTES	P1	DT	DP	NTO	CP	CT	Total
	DT	26	1	3	5	26	61
	DP	0	11	8	17	9	45
	NTO	4	5	6	14	5	34
	CP	2	12	10	5	3	32
	CT	3	3	9	6	11	32
	TOTAL	35	32	36	47	54	204

Tabela 4. Frequência de Ocorrência – P1.

P1	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	30%	17%	0,000
DP	22%	16%	
NTO	17%	18%	
CP	16%	23%	
CT	16%	26%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 3** mostra a distribuição das respostas antes e após a intervenção didática para a questão, (*independente de o conteúdo de biologia ser difícil ou fácil, eu tenho certeza que consigo compreendê-lo*). Ao analisarmos os resultados, sugere-se que após a intervenção didática houve mudança de opinião para essa questão, caracterizada por uma maior frequência de respostas de concordância, destacado com cor de fundo diferente (**p=0,000**) (**Tabela 4**).

P2. Eu não me sinto confiante para compreender conceitos difíceis de Biologia.

Tabela 5. Distribuição das respostas “P2” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
ANTES	P2	DT	DP	NTO	CP	CT	
	DT	12	6	6	6	7	37
	DP	5	11	6	11	3	36
	NTO	7	14	4	4	4	33
	CP	16	10	10	4	5	45
	CT	12	11	10	8	12	53
TOTAL	52	52	36	33	31	204	

Tabela 6. Frequência de Ocorrência - P2.

P2	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	18%	25%	0,001
DP	18%	25%	
NTO	16%	18%	
CP	22%	16%	
CT	26%	15%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 5** mostra a distribuição das respostas antes e após a intervenção didática para questão P2 (*Eu não me sinto confiante para compreender conceitos difíceis de Biologia*). De acordo com os resultados sugere-se que após a intervenção didática houve mudança de opinião para essa questão. Observou-se que 22% e 26% dos alunos haviam respondido que “concordavam parcialmente e totalmente” antes da intervenção. Após a intervenção grande parte passou a “discordar totalmente ou discordar parcialmente”, invertendo a opinião ($p=0,001$) (**Tabela 6**).

P3. Eu tenho certeza de que posso ir bem nas provas de Biologia.

Tabela 7. Distribuição das respostas “P3” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
ANTES	P3	DT	DP	NTO	CP	CT	
	DT	35	8	4	6	5	58
	DP	3	22	4	14	13	56
	NTO	1	1	9	12	15	38
	CP		2	3	15	17	37
	CT		1	4	5	5	15
TOTAL		39	34	24	52	55	204

Tabela 8. Frequência de Ocorrência - P3.

P3	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	28%	19%	0,000
DP	27%	17%	
NTO	19%	12%	
CP	18%	25%	
CT	7%	27%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 7** mostra a distribuição das respostas antes e após a intervenção didática para questão P3 (*Eu tenho certeza de que posso ir bem nas provas de Biologia*). A **Tabela 8** mostra que a maioria dos alunos (28% e 27%) havia respondido que “discordo totalmente e discordo parcialmente”, respectivamente antes da intervenção e após a intervenção sugere-se uma mudança na a opinião dos alunos, já que a grande maioria passou a “concordar totalmente ou concordar parcialmente”, invertendo a opinião (**p=0,000**).

P4. Não importa o quanto eu me esforce, eu não consigo aprender Biologia.

Tabela 9. Distribuição das respostas “P4” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
ANTES	P4	DT	DP	NTO	CP	CT	
	DT	25	7	3	5	2	42
	DP	7	17	9	5	1	39
	NTO	5	12	10	9	7	43
	CP	8	8	10	5	10	41
	CT	11	9	7	7	5	39
TOTAL		56	53	39	31	25	204

Tabela 10. Frequência de Ocorrência - P4.

P4	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	21%	27%	0,002
DP	19%	26%	
NTO	21%	19%	
CP	20%	15%	
CT	19%	12%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 9** mostra a distribuição das respostas antes e após a intervenção didática para questão P4 (*não importa o quanto eu me esforce, eu não consigo aprender biologia*). Conforme os resultados sugere-se, que após a intervenção, a maioria dos alunos passou a “discordar totalmente ou parcialmente” com essa questão (**p=0,002**) (**Tabela 10**).

P5. Quando as atividades de Biologia são muito difíceis, eu desisto ou apenas faço as partes fáceis.

Tabela 11. Distribuição das respostas “P5” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
ANTES	P5	DT	DP	NTO	CP	CT	
	DT	20	4	2	3	7	36
	DP	7	11	8	5	2	33
	NTO	4	7	9	8	7	35
	CP	7	7	11	7	11	43
	CT	12	11	9	12	13	57
	TOTAL	50	40	39	35	40	204

Tabela 12. Frequência de Ocorrência - P5.

P5	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	18%	25%	0,004
DP	16%	20%	
NTO	17%	19%	
CP	21%	17%	
CT	28%	20%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 11** mostra a distribuição das respostas antes e após a intervenção didática para questão P5. De acordo com os resultados (**Tabela 12**) verifica-se que talvez possa existir mudança de opinião para a P5 (*Quando as atividades de Biologia são muito difíceis, eu desisto ou apenas faço as partes fáceis*) após a intervenção ($p=0,004$), 28% dos alunos havia respondido que “concordavam totalmente” antes da intervenção. Após a intervenção grande parte dos alunos passou a “discordar totalmente (25%) ou discordar parcialmente (20%)”, invertendo a opinião.

P6. Durante as atividades de Biologia, eu prefiro perguntar a resposta para outras pessoas ao invés de pensar por mim mesmo.

Tabela 13. Distribuição das respostas “P6” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P6	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT		40				40
	DP			42			42
	NTO		1		37		38
	CP		2	1	8	32	43
	CT		7				34
TOTAL			50	43	45	32	34
							204

Tabela 14. Frequência de Ocorrência – P6.

P6	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	20%	25%	0,000
DP	21%	21%	
NTO	19%	22%	
CP	21%	16%	
CT	20%	17%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 13** mostra a distribuição das respostas antes e após a intervenção didática para questão P6. Os resultados sugerem mudança de opinião para a P6 (*Durante as atividades de Biologia, eu prefiro perguntar a resposta para outras pessoas ao invés de pensar por mim mesmo*) após a intervenção (**$p=0,000$**). Nota-se que as respostas dos alunos estão bem distribuídas antes da intervenção, e após, a maioria dos alunos passou a “discordar totalmente ou parcialmente” (25% e 21%) (**Tabela 14**).

P7. Quando eu acho o conteúdo de Biologia difícil, eu nem tento aprendê-lo.

Tabela 15. Distribuição das respostas “P7” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P7	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT		29				29
	DP			36			36
	NTO				34		34
	CP				2	43	45
	CT		7	3	5		45 60
	TOTAL		36	39	41	43	45 204

Tabela 16. Frequência de Ocorrência – P7.

P7	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	14%	18%	0,000
DP	18%	19%	
NTO	17%	20%	
CP	22%	21%	
CT	29%	22%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 15** mostra a distribuição das respostas antes e após a intervenção didática para questão P7. De acordo com os resultados sugere-se mudança de opinião para a P7 (*Quando eu acho o conteúdo de Biologia difícil, eu nem tento aprendê-lo*) após a intervenção ($p=0,000$). As respostas estavam mais concentradas em “concordar totalmente” e após a intervenção as respostas ficaram distribuídas (**Tabela 16**).

Conforme a análise desse conjunto de respostas sobre auto-eficácia, observa-se que houve uma mudança de opinião estatisticamente significativa em todas as perguntas, em relação à percepção dos alunos de sua capacidade de realizar tarefas de aprendizagem, após a intervenção didática. Esses resultados sugerem uma alteração no padrão de respostas relacionadas à categoria motivacional “auto-eficácia”, o que responde uma de nossas perguntas de pesquisa, pois evidenciam que após a aplicação da sequência didática, com a abordagem inclusiva da História da Biologia por meio das TICs, os alunos ficaram mais motivados.

No contexto escolar, a auto-eficácia, de acordo com Bandura (1997), é definida como a percepção do aluno acerca de suas capacidades para aprender ou concretizar comportamentos escolares em um domínio específico. Além disso, acredita-se que a auto-eficácia influencie o desempenho acadêmico e seja influenciada por ele, com implicações no desenvolvimento do aluno como um todo (BANDURA & SCHUNK, 1981). Pajares & Schunk (2001) argumentam que uma alta auto-eficácia estabelece um elevado nível de motivação que se traduz em maior esforço, em persistência perante as dificuldades e obstáculos, em propósitos mais condizentes com o aprender e com o interesse em cumprir as metas.

Nesta perspectiva, um estudo conduzido por Martinelli & Sassi (2010), com o objetivo de investigar as relações entre a motivação e as crenças de auto-eficácia em 141 estudantes do ensino fundamental de uma escola da rede pública de São Paulo, revelou uma correlação

positiva entre a auto-eficácia e a motivação intrínseca, evidenciando que a auto-eficácia influencia o desempenho acadêmico. Ou seja, a autoeficácia possui uma correlação acadêmica com a motivação intrínseca e consequentemente com o desempenho acadêmico.

Assim, percebe-se que os dados produzidos nesta primeira categoria estão de acordo com os resultados obtidos por Chapel (2004) em um estudo realizado com alunos do ensino médio em uma escola em Ann Arbor, Michigan (EUA). Essa pesquisa concluiu que a abordagem inclusiva da História da Ciência pode ser utilizada como ferramenta motivacional na escola de ensino médio. Conforme dados analisados por este grupo de perguntas relacionadas à autoeficácia, pode-se sugerir que essa abordagem da História da Biologia promove um ganho alto-eficácia e consequentemente um ganho de motivação intrínseca.

(B) APRENDIZAGEM ATIVA

P8. Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu me esforço para compreendê-lo.

Tabela 17. Distribuição das respostas “P8” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
		P8	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	31	10	6	6		53
	DP	3	9	11	17	14	54
	NTO		9	13	9	9	40
	CP		4	9	15	8	36
	CT		4	6	6	5	21
TOTAL		34	36	45	53	36	204

Tabela 18. Frequência de Ocorrência. – P8.

P8	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	26%	17%	0,000
DP	26%	18%	
NTO	20%	22%	
CP	18%	26%	
CT	10%	18%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 17** mostra a distribuição de respostas para pergunta 8, antes e depois da intervenção. De acordo com os resultados sugere-se mudança de opinião para a P8 (*Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu me esforço para compreendê-lo*) após a intervenção (**p=0,000**). As respostas estavam mais concentradas em “discordar totalmente” e após a intervenção as respostas passaram a ter mais concordância (**Tabela 18**).

P9. Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu os relaciono com minhas experiências anteriores.

Tabela 19. Distribuição das respostas “P9” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P9	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	30	5	7		3	45
	DP	3	13	4	17	10	47
	NTO		9	10	12	10	41
	CP		5	9	13	10	37
	CT		4	8	9	13	34
	TOTAL	33	36	38	51	46	204

Tabela 20. Frequência de Ocorrência – P9.

P9	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	22%	16%	0,000
DP	23%	18%	
NTO	20%	19%	
CP	18%	25%	
CT	17%	23%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 19** mostra a distribuição de respostas para pergunta 9, antes e depois da intervenção. De acordo com a **Tabela 20**, sugere-se mudança de opinião para a P9 (*Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu os relaciono com minhas experiências anteriores*) após a intervenção (**p=0,000**). Os resultados mostram que as respostas estavam mais

concentradas em “discordância” e após a intervenção as respostas passaram a ter mais concordância.

P10. Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro meios relevantes que possam me ajudar.

Tabela 21. Distribuição das respostas “P10” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P10	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	30	5	5		2	42
	DP	4	12	3	14	8	41
	NTO	5	9	11	10	9	44
	CP	2	8	8	16	11	45
	CT		4	8	9	11	32
TOTAL		41	38	35	49	41	204

Tabela 22. Frequência de Ocorrência – P10.

P10	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	21%	20%	0,187
DP	20%	19%	
NTO	22%	17%	
CP	22%	24%	
CT	16%	20%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 21** mostra a distribuição de respostas para pergunta 10, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,187$) na opinião dos alunos para a P10 (*Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro meios relevantes que possam me ajudar*), antes e depois da intervenção (**Tabela 22**).

P11. Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro discutir com o professor ou outros colegas para facilitar minha compreensão.

Tabela 23. Distribuição das respostas “P11” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
ANTES	P11	DT	DP	NTO	CP	CT	
	DT	25	1	3		3	32
	DP	1	8	3	12	11	35
	NTO		6	12	7	14	39
	CP	3	7	8	19	17	54
	CT	2	8	9	13	12	44
	TOTAL	31	30	35	51	57	204

Tabela 24. Frequência de Ocorrência – P11.

P11	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	16%	15%	0,163
DP	17%	15%	
NTO	19%	17%	
CP	26%	25%	
CT	22%	28%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 23** mostra a distribuição de respostas para pergunta 11, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,163$) na opinião dos alunos para a P11 (*Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro discutir com o professor ou outros colegas para facilitar minha compreensão*), antes e depois da intervenção (**Tabela 24**).

P12. Durante o processo de aprendizagem, eu tento fazer conexões entre os conceitos que aprendo.

Tabela 25. Distribuição das respostas “P12” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS				
	P12	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	24	1	3		3
	DP	2	8	4	11	12
	NTO		10	12	6	10
	CP		7	9	17	12
	CT	3	9	11	13	17
	TOTAL	29	35	39	47	54
						204

Tabela 26. Frequência de Ocorrência – P12.

P12	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	15%	14%	
DP	18%	17%	
NTO	19%	19%	0,551
CP	22%	23%	
CT	26%	26%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 25** mostra a distribuição de respostas para pergunta 12, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,551$) na opinião dos alunos para a P12 (*Durante o processo de aprendizagem, eu tento fazer conexões entre os conceitos que aprendo*), antes e depois da intervenção (**Tabela 26**).

P13. Quando eu cometo um erro, eu tento descobrir o porquê.

Tabela 27. Distribuição das respostas “P13” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS				
	P13	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	24	1	3		3
	DP	2	5	4	11	11
	NTO		8	12	8	10
	CP		9	9	20	13
	CT	1	7	13	13	17
	TOTAL	27	30	41	52	54
						204

Tabela 28. Frequência de Ocorrência – P13.

P13	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	15%	13%	0,393
DP	16%	15%	
NTO	19%	20%	
CP	25%	25%	
CT	25%	26%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 27** mostra a distribuição de respostas para pergunta 13, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,393$) na opinião dos alunos para a P13 (*Quando eu cometo um erro, eu tento descobrir o porquê*), antes e depois da intervenção (**Tabela 28**).

P14. Quando encontro conceitos de Biologia que eu não compreendo, ainda assim, me esforço para aprendê-los.

Tabela 29. Distribuição das respostas “P14” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P14	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	30	11	5	5	6	57
	DP	2	7	9	15	15	48
	NTO		5	9	6	10	30
	CP		4	9	13	9	35
	CT		8	6	10	10	34
TOTAL		32	35	38	49	50	204

Tabela 30. Frequência de Ocorrência – P14.

P14	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	28%	16%	0,000
DP	24%	17%	
NTO	15%	19%	
CP	17%	24%	
CT	17%	25%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 29** mostra a distribuição de respostas para pergunta 14, antes e depois da intervenção. Verificamos que talvez possa existir mudança de opinião para a P14 (*Quando encontro conceitos de Biologia que eu não compreendo, ainda assim, me esforço para aprendê-los*) após a intervenção ($p=0,000$). De acordo com a **Tabela 30** as respostas estavam mais concentradas em “discordar totalmente/parcialmente” e após a intervenção as respostas passaram a ter mais concordância total ou parcial.

P15. Quando novos conceitos que eu aprendo entram em conflito com meus conhecimentos anteriores, eu tento compreender o porquê.

Tabela 31. Distribuição das respostas “P15” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P15	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	6	7	7	4	8	32
	DP	4	3	4	7	15	33
	NTO	8	7	7	17	18	57
	CP	8	6	7	6	7	34
	CT	4	11	10	7	16	48
TOTAL		30	34	35	41	64	204

Tabela 32. Frequência de Ocorrência – P15.

P15	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	16%	15%	0,177
DP	16%	17%	
NTO	28%	17%	
CP	17%	20%	
CT	24%	31%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 31** mostra a distribuição de respostas para pergunta 15, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,177$) na opinião dos alunos para a P15 (*Quando novos conceitos que eu aprendo entram em conflito com meus*

conhecimentos anteriores, eu tento compreender o porquê), antes e depois da intervenção (Tabela 32).

De acordo com Hsiao-Lin Tuan e colaboradores (2005), estratégias de aprendizagem ativa podem ser definidas como uma categoria motivacional que representa o papel ativo dos estudantes em relação à utilização de uma variedade de estratégias para a construção de novos conhecimentos, com base nas suas concepções prévias. Ao analisarmos esses dados, percebe-se que apenas três perguntas do grupo tiveram mudança estatisticamente significativa nas respostas quando analisadas antes e depois da intervenção. A pergunta 9 na qual foi evidenciada mudança estatisticamente significativa (*Quando eu aprendo conceitos de Biologia, eu relaciono com minhas experiências anteriores*), caracteriza bem a própria definição desse grupo de perguntas, pois mostra que os alunos passaram a confrontar mais suas concepções prévias com os conhecimentos novos. Além disso, a pergunta 14 (*Quando eu encontro conceitos de Biologia que eu não compreendo, ainda assim, me esforço para aprendê-los*), apresenta mais uma evidência de um aumento na motivação intrínseca dos alunos após participarem da intervenção. Esse dado confirma uma concepção teórica de Deci (1975) em seu livro intitulado “*Intrinsic Motivation*” que afirma que as pessoas para serem intrinsecamente motivadas, necessitam se sentir competentes e autodeterminadas (DECI & RYAN, 2000; RYAN & DECI, 2000). Além disso, verifica-se, também diferença estatisticamente significativa em itens relacionados a esforço pessoal (P8 e P14), e a busca de relação não com fontes externas, mas com conhecimento que próprio indivíduo já tem (P9).

(C) APRENDIZADO DE BIOLOGIA

P16. Eu penso que aprender Biologia é importante porque eu posso usá-la no meu dia a dia.

Tabela 33. Distribuição das respostas “P16” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
ANTES	P16	DT	DP	NTO	CP	CT	
	DT	8	9	7	7	8	39
	DP	5	4	6	12	11	38
	NTO	6	5	8	12	8	39
	CP	10	6	10	7	9	42
	CT	4	12	11	7	12	46
TOTAL		33	36	42	45	48	204

Tabela 34. Frequência de Ocorrência - P16.

P16	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	19%	16%	0,539
DP	19%	18%	
NTO	19%	21%	
CP	21%	22%	
CT	23%	24%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 33** mostra a distribuição de respostas para pergunta 16, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,539$) na opinião dos alunos para a P16 (*Eu penso que aprender Biologia é importante porque eu posso usá-la no meu dia a dia*), antes e depois da intervenção (**Tabela 34**).

P17. Eu penso que aprender Biologia é importante porque estimula meu raciocínio.

Tabela 35. Distribuição das respostas “P17” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
ANTES	P17	DT	DP	NTO	CP	CT	
	DT	7	7	7	4	7	32
	DP	4	4	5	12	12	37
	NTO	7	4	2	11	11	35
	CP	10	9	9	12	12	52
	CT	7	12	10	7	12	48
TOTAL		35	36	33	46	54	204

Tabela 36. Frequência de Ocorrência – P17.

P17	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	16%	17%	0,918
DP	18%	18%	
NTO	17%	16%	
CP	25%	23%	
CT	24%	26%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 35** mostra a distribuição de respostas para pergunta 17, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,918$) na opinião dos alunos para a P17 (*Eu penso que aprender Biologia é importante porque estimula meu raciocínio*), antes e depois da intervenção (**Tabela 36**).

P18. Em Biologia, eu penso que é importante aprender a resolver problemas.

Tabela 37. Distribuição das respostas “P18” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P18	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	6	7	9	5	8	35
	DP	2	3	5	12	11	33
	NTO	6	4	2	14	12	38
	CP	7	8	9	12	12	48
	CT	3	12	14	8	13	50
TOTAL		24	34	39	51	56	204

Tabela 38. Frequência de Ocorrência – P18.

P18	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	17%	12%	0,290
DP	16%	17%	
NTO	19%	19%	
CP	24%	25%	
CT	25%	27%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 37** mostra a distribuição de respostas para pergunta 18, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,290$) na opinião dos alunos para a P18 (*Em Biologia, eu penso que é importante aprender a resolver problemas*), antes e depois da intervenção (**Tabela 38**).

P19. Em Biologia, eu penso que é importante participar de atividades investigativas.

Tabela 39. Distribuição das respostas “P19” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P19	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	7	7	10	5	9	38
	DP	2	5	6	12	16	41
	NTO	8	4	2	13	16	43
	CP	6	8	9	8	13	44
	CT	2	9	11	5	11	38
	TOTAL	25	33	38	43	65	204

Tabela 40. Frequência de Ocorrência – P19.

P19	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	19%	12%	0,005
DP	20%	16%	
NTO	21%	19%	
CP	22%	21%	
CT	19%	32%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 39** mostra a distribuição de respostas para pergunta 19, antes e depois da intervenção. Esses resultados sugerem que Houve mudança de opinião para a P19 (*Em Biologia, eu penso que é importante participar de atividades investigativas*) após a intervenção (**$p=0,005$**). Conforme a **Tabela 40** a maior parte dos alunos passou a ter uma resposta de concordância após a intervenção (21% e 32%).

P20. É importante ter a oportunidade de satisfazer minha própria curiosidade quando estou aprendendo Biologia

Tabela 41. Distribuição das respostas “P20” para o período antes e depois da intervenção didática.

	P20	DEPOIS					
		DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	8	7	9	5	8	37
	DP	2	7	5	12	14	40
	NTO	11	4	2	13	12	42
	CP	7	6	8	8	10	39
	CT	4	11	13	7	11	46
	TOTAL	32	35	37	45	55	204

Tabela 42. Frequência de Ocorrência – P20.

P20	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	18%	16%	0,245
DP	20%	17%	
NTO	21%	18%	
CP	19%	22%	
CT	23%	27%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 41** mostra a distribuição de respostas para pergunta 20, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,245$) na opinião dos alunos para a P20 (*É importante ter a oportunidade de satisfazer minha própria curiosidade quando estou aprendendo Biologia*), antes e depois da intervenção (**Tabela 42**).

A categoria de perguntas relacionadas ao valor do aprendizado de Biologia, conforme Hsiao-Lin Tuan (2005) tem o objetivo de comparar as respostas dos alunos quanto à motivação para resolução de problemas, a experiência de atividade investigativa e estimular o próprio pensamento, além de encontrar a relevância da ciência com a vida diária. Ao perceberem a importância desses valores, os alunos serão motivados a aprender ciência. Dessa maneira, os dados provenientes desta categoria de perguntas após a intervenção didática evidenciaram uma mudança de posicionamento estatisticamente significativa, apenas para a

pergunta 19 (sobre a importância atribuída em participar de atividades investigativas). Os alunos atribuem valor alto a importância de aprender biologia tanto antes quanto depois, isso pode ser por mera ‘convenção social’ – aluno seguiria ‘esquema’ de não negar importância de disciplina escolar quando questionado sobre tal. De forma os itens do questionário aplicado não foram muito informativos a respeito dessa ‘categoria motivacional’.

(D) OBJETIVO DE DESEMPENHO

P21. Eu participo das aulas de Biologia para ter uma boa nota.

Tabela 43. Distribuição das respostas “P21” para o período antes e depois da intervenção didática.

	DEPOIS					
	P21	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	32				32
	DP		34	1		35
	NTO	5		34		39
	CP	1			43	44
	CT	1	3			50
	TOTAL	39	37	35	43	50
						204

Tabela 44. Frequência de Ocorrência – P21.

P21	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	16%	19%	
DP	17%	18%	
NTO	19%	17%	0,004
CP	22%	21%	
CT	26%	25%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 43** mostra a distribuição de respostas para pergunta 21, antes e depois da intervenção. De acordo com a **Tabela 44**, sugere-se que houve mudança de opinião para a P21 (*Eu participo das aulas de Biologia para ter uma boa nota*) após a intervenção ($p=0,004$).

P22. Eu participo das aulas de Biologia para ter melhor desempenho que outros estudantes.

Tabela 45. Distribuição das respostas “P22” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P22	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	32	1				33
	DP		33			1	34
	NTO	4		33		1	38
	CP	1		2	39		42
	CT	4	9	4	2	38	57
TOTAL		41	43	39	41	40	204

Tabela 46. Frequência de Ocorrência - P22.

P22	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	16%	20%	
DP	17%	21%	
NTO	19%	19%	0,000
CP	21%	20%	
CT	28%	20%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 45** mostra a distribuição de respostas para pergunta 22, antes e depois da intervenção. Nesta questão (*Eu participo das aulas de Biologia para ter melhor desempenho que outros estudantes*) houve mudança de opinião após a intervenção ($p=0,000$). A maioria das opiniões passou de concordância para discordância total (**Tabela 46**).

P23. Eu participo das aulas de Biologia para que outros estudantes pensem que eu sou inteligente.

Tabela 47. Distribuição das respostas “P23” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P23	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	31	1			1	33
	DP	3	36		1	1	41
	NTO	4		35	1	9	49
	CP	1	2	4	35		42
	CT	1	6	6	1	25	39
TOTAL		40	45	45	38	36	204

Tabela 48. Frequência de Ocorrência – P23.

P23	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	16%	20%	0,060
DP	20%	22%	
NTO	24%	22%	
CP	21%	19%	
CT	19%	18%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 47** mostra a distribuição de respostas para pergunta 23, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,060$) na opinião dos alunos para a P23 (*Eu participo das aulas de Biologia para que outros estudantes pensem que eu sou inteligente*), antes e depois da intervenção (**Tabela 48**).

P24. Eu participo das aulas de Biologia para que o professor preste atenção em mim.

Tabela 49. Distribuição das respostas “P24” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS					
		P23	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT		64				64
	DP			53			53
	NTO				35		35
	CP		1		1	26	7
	CT						17
	TOTAL		65	53	36	26	24

Tabela 50. Frequência de Ocorrência – P24.

P24	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	31%	32%	0,248
DP	26%	26%	
NTO	17%	18%	
CP	17%	13%	
CT	8%	12%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 49** mostra a distribuição de respostas para pergunta 24, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,248$) na opinião dos

alunos para a P24 (*Eu participo das aulas de Biologia para que o professor preste atenção em mim*), antes e depois da intervenção (**Tabela 50**).

Esta categoria composta por quatro perguntas verifica se o objetivo do aluno na aprendizagem das ciências é competir com outros alunos e chamar a atenção do professor, relacionando-se com a motivação extrínseca. Essa motivação é definida como o cumprimento de determinada tarefa esperando o recebimento de recompensas externas. No contexto escolar, pode ser para melhorar notas, receber recompensas, elogios e evitar punições (RYAN & DECI, 2000; GUIMARÃES, 2003).

Nesta perspectiva, nossos resultados constataram que houve uma redução estatisticamente significativa da motivação extrínseca em duas das quatro perguntas da categoria, e consequente aumento da motivação intrínseca, (a qual foi discutida previamente na categoria de auto-eficácia) após a intervenção. No entanto, conforme a literatura especializada não há um consenso sobre essa relação, pois segundo os estudos de Deci, pode haver uma interferência negativa na motivação intrínseca quando se decide pelo uso de recompensas externas, incentivando a motivação extrínseca (DECI, 1971; DECI & CASCIO, 1972). Em contrapartida, outros estudos como o de Amabile e colaboradores (1994) e Martinelli & Bartholomeu (2007), sugerem que um tipo de motivação não necessariamente interfere sobre a outra, funcionando como constructos independentes. Dessa maneira percebe-se que os estudos sobre a relação entre motivação intrínseca e extrínseca ainda são bastante controversos.

(E) OBJETIVO E REALIZAÇÃO PESSOAL

P25. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando obtenho uma boa nota na prova.

Tabela 51. Distribuição das respostas “P25” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P25	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	51			3	54	
	DP		46		1	47	
	NTO			35		35	
	CP	2		3	26	7	38
	CT		3		7	20	30
	TOTAL	53	49	38	37	27	204

Tabela 52. Frequência de Ocorrência – P25.

P25	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	26%	26%	
DP	23%	24%	
NTO	17%	19%	0,476
CP	19%	18%	
CT	15%	13%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 51** mostra a distribuição de respostas para pergunta 25, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,476$) na opinião dos alunos para a P25 (*Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando obtenho uma boa nota na prova*), antes e depois da intervenção (**Tabela 52**).

P26. Eu me sinto mais realizado quando me sinto confiante sobre o conteúdo de uma aula de Biologia.

Tabela 53. Distribuição das respostas “P26” para o período antes e depois da intervenção didática.

		DEPOIS				
	P26	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	32		3	8	43
	DP		33		10	43
	NTO	5		35	4	44
	CP	1		4	25	38
	CT		4		10	36
	TOTAL	38	37	42	47	204

Tabela 54. Frequência de Ocorrência – P26.

P26	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	21%	19%	
DP	21%	18%	
NTO	22%	21%	0,039
CP	19%	23%	
CT	18%	20%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 53** mostra a distribuição de respostas para pergunta 26, antes e depois da intervenção. Para essa pergunta, (*Eu me sinto mais realizado quando me sinto confiante sobre o conteúdo de uma aula de Biologia*) verificamos que existe mudança de opinião após a intervenção ($p=0,039$). A maior parte dos alunos passou a ter uma resposta de concordância após a intervenção (**Tabela 54**).

P27. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando sou capaz de solucionar um problema difícil.

Tabela 55. Distribuição das respostas “P27” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P27	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	25		1	8	5	39
	DP		28			13	41
	NTO	3		29	3	3	38
	CP	2		5	25	11	43
	CT	1	4	4	9	25	43
TOTAL		31	32	39	45	57	204

Tabela 56. Frequência de Ocorrência – P27.

P27	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	19%	15%	0,006
DP	20%	16%	
NTO	19%	19%	
CP	21%	22%	
CT	21%	28%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 55** mostra a distribuição de respostas para pergunta 27, antes e depois da intervenção. Sugere-se que existe mudança de opinião para a P27 (*Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando sou capaz de solucionar um problema difícil*) após a intervenção ($p=0,006$) de acordo com a **Tabela 56**, a maior parte passou a ter uma resposta de concordância após a intervenção.

P28. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando o professor aceita minhas ideias.

Tabela 57. Distribuição das respostas “P28” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
P28		DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	19		2	10	5	36
	DP		25			13	38
	NTO	2	1	28	5	6	42
	CP	2		5	25	11	43
	CT	1	4	5	9	26	45
TOTAL		24	30	40	49	61	204

Tabela 58. Frequência de Ocorrência – P28.

P28	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	18%	12%	
DP	19%	15%	
NTO	21%	20%	0,001
CP	21%	24%	
CT	22%	30%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 57** mostra a distribuição de respostas para pergunta 28, antes e depois da intervenção. De acordo com a **Tabela 58**, sugere-se que houve mudança de opinião para a P28 (*Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando o professor aceita minhas ideias*) após a intervenção ($p=0,001$). A maior parte dos alunos passou a ter uma resposta de concordância após a intervenção (24% e 30%).

P29. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando outros estudantes aceitam minhas ideias.

Tabela 59. Distribuição das respostas “P29” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P29	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	21		2	10	6	39
	DP	4	25	1		10	40
	NTO	6	1	28	5	3	43
	CP	5	1	3	25	11	45
	CT	6	5	5	6	15	37
	TOTAL	42	32	39	46	45	204

Tabela 60. Frequência de Ocorrência – P29.

P29	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	19%	21%	0,412
DP	20%	16%	
NTO	21%	19%	
CP	22%	23%	
CT	18%	22%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 59** mostra a distribuição de respostas para pergunta 29, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,476$) na opinião dos alunos para a P29 (*Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando outros estudantes aceitam minhas ideias*), antes e depois da intervenção (**Tabela 60**).

A categoria de perguntas relacionadas aos objetivos de realização pessoal avalia a motivação dos alunos quanto à satisfação à medida que desenvolvem competências e o grau de realização pessoal durante a aprendizagem. As três perguntas: *Eu me sinto realizado quando me sinto confiante sobre o conteúdo de uma aula de Biologia; durante a aula de biologia, eu me sinto realizado quando sou capaz de solucionar um problema difícil e durante a aula de biologia, eu me sinto mais realizado quando o professor aceita minhas*

ideias; podem ser discutidas tanto no contexto de motivação intrínseca como extrínseca, pois a realização do aluno pelo reconhecimento do professor representa uma regulação externa de motivação, conseqüentemente, motivação extrínseca. Entretanto, a realização do aluno quanto a sentir-se confiante sobre o conteúdo e quanto a ser capaz de realizar um problema difícil é reconhecida como motivação intrínseca. É importante valorizar que para categoria de perguntas quanto à realização pessoal, observou-se uma alteração positiva depois no item relacionado à auto-confiança (P26 e P27) e interação com o professor (P28).

O uso da replicação dos experimentos históricos por meio das TICs, para a elaboração e execução dos experimentos virtuais, contribuiu para a organização de uma situação desafiadora, equilibrando habilidades atuais e conhecimentos adquiridos, durante a replicação do experimento, devido à flexibilidade de escolha dos caminhos para a solução da investigação, assim, sugere-se que neste contexto proporcione também auto-confiança (P26). Dessa forma, os dados obtidos corroboram com a literatura especializada, pois o contexto socioambiental tem um papel crucial, podendo nutrir ou prejudicar esses recursos motivacionais internos (RYAN & DECI, 2000; BZUNECK & GUIMARÃES, 2010), que nesta pesquisa identificamos como relacionados, entre outros fatores à auto-confiança. Resultado que além de evidenciar um ganho de confiança do aluno também levanta a importância para o próximo item discutido.

(F) ESTIMULO DO AMBIENTE

P30. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o conteúdo é empolgante e dinâmico.

Tabela 61. Distribuição das respostas “P30” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P30	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	26		2	8	6	42
	DP		31			12	43
	NTO	3	1	31	3	16	54
	CP			3	25	10	38
	CT	1	2		9	15	27
TOTAL		30	34	36	45	59	204

Tabela 62. Frequência de Ocorrência – P30.

P30	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	21%	15%	0,000
DP	21%	17%	
NTO	26%	18%	
CP	19%	22%	
CT	13%	29%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 61** mostra a distribuição de respostas para pergunta 30, antes e depois da intervenção. De acordo com a **Tabela 62**, sugere-se que houve mudança de opinião para a P30 (*Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o conteúdo é empolgante e dinâmico*) após a intervenção (**$p=0,000$**), as respostas dos alunos, que estavam mais concentradas em “discordar totalmente/parcialmente” e após a intervenção as respostas passaram a ter mais concordância total ou parcial.

P31. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor usa diferentes estratégias de ensino.

Tabela 63. Distribuição das respostas “P31” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
		P31	DT	DP	NTO	CP	CT
ANTES	DT	26	2	3	8	5	44
	DP		33	2	1	9	45
	NTO	3	1	28	2	8	42
	CP		1	5	24	6	36
	CT	1	2	6	9	19	37
TOTAL		30	39	44	44	47	204

Tabela 64. Frequência de Ocorrência - P31.

P31	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	22%	15%	0,001
DP	22%	19%	
NTO	21%	22%	
CP	18%	22%	
CT	18%	23%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 63** mostra a distribuição de respostas para pergunta 31, antes e depois da intervenção. Conforme a **Tabela 64**, verificamos que talvez possa existir mudança de opinião para a P31 (*Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor usa diferentes estratégias de ensino*) após a intervenção (**p=0,001**). As respostas estavam mais concentradas em “discordar totalmente/parcialmente” e após a intervenção as respostas passaram a ter mais concordância total ou parcial.

P32. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor não me pressiona muito.

Tabela 65. Distribuição das respostas “P32” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
P32		DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	27	1	6	5	4	43
	DP		31	4	1	6	42
	NTO	6	8	32	4	9	59
	CP	1	1	10	20	3	35
	CT	7	1	9	3	5	25
TOTAL		41	42	61	33	27	204

Tabela 66. Frequência de Ocorrência – P32.

P32	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	21%	20%	0,615
DP	21%	21%	
NTO	29%	30%	
CP	17%	16%	
CT	12%	13%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 65** mostra a distribuição de respostas para pergunta 32, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,615$) na opinião dos alunos para a P32 (*Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor não me pressiona muito*), antes e depois da intervenção (**Tabela 66**).

P33. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor presta atenção em mim.

Tabela 67. Distribuição das respostas “P33” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P33	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	26	1	3	4	5	39
	DP		30	3	1	4	38
	NTO	6	8	33	6	9	62
	CP	1	1	9	19	2	32
	CT	8	2	10	5	8	33
TOTAL		41	42	58	35	28	204

Tabela 68. Frequência de Ocorrência – P33.

P33	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	19%	20%	0,517
DP	19%	21%	
NTO	30%	28%	
CP	16%	17%	
CT	16%	14%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 67** mostra a distribuição de respostas para pergunta 33, antes e depois da intervenção. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,517$) na opinião dos alunos para a P33 (*Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor presta atenção em mim*), antes e depois da intervenção (**Tabela 68**).

P34. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque é desafiadora.

Tabela 69. Distribuição das respostas “P34” para o período antes e depois da intervenção didática.

	P34	DEPOIS					
		DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	23	1	2	7	8	41
	DP		29	4	1	10	44
	NTO	1	1	21	8	7	38
	CP	1	1	3	24	13	42
	CT	5	3	9	7	15	39
	TOTAL	30	35	39	47	53	204

Tabela 70. Frequência de Ocorrência – P34.

P34	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	20%	15%	0,006
DP	22%	17%	
NTO	19%	19%	
CP	21%	23%	
CT	19%	26%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 69** mostra a distribuição de respostas para pergunta 34, antes e depois da intervenção. Os resultados sugerem mudança de opinião para a P34 (*Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque é desafiadora*) após a intervenção ($p=0,006$). A **Tabela 70** mostra a frequência das respostas dos alunos, que estavam mais concentradas em “discordar totalmente/parcialmente” e após a intervenção as respostas passaram a ter mais concordância total ou parcial.

P35. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque é desafiadora.

Tabela 71. Distribuição das respostas “P35” para o período antes e depois da intervenção didática.

DEPOIS							
	P35	DT	DP	NTO	CP	CT	
ANTES	DT	17	1	5	11	9	43
	DP		20	4	3	16	43
	NTO	1	1	21	8	8	39
	CP	1	1	3	24	12	41
	CT	3	2	10	9	14	38
TOTAL		22	25	43	55	59	204

Tabela 72. Frequência de Ocorrência – P35.

P35	ANTES	DEPOIS	P-valor
DT	21%	11%	0,000
DP	21%	12%	
NTO	19%	21%	
CP	20%	27%	
CT	19%	29%	

Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A **Tabela 71** mostra a distribuição de respostas para pergunta 35, antes e depois da intervenção. De acordo com a **Tabela 72**, sugere-se que existe mudança de opinião para a P35 (Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque é desafiadora) após a intervenção ($p=0,000$). As respostas estavam mais concentradas em “discordar totalmente/parcialmente” e após a intervenção as respostas passaram a ter mais concordância total ou parcial.

A categoria estímulo do ambiente e aprendizagem compreende os vários estímulos que influenciam na motivação dos alunos, tais como currículo, estratégias de ensino e interação do professor. A partir da análise dos dados, verifica-se que nas respostas dadas após a intervenção didática, os alunos apresentaram mais respostas indicativas de considerar como elementos para sua motivação, o fato do conteúdo ser empolgante, o uso de diferentes

estratégias de ensino, o desafio e os debates nas aulas de biologia. Aqui se observa as respostas ‘depois’ diferentes em relação as ‘antes’ nos itens do questionário não relacionados à interação com professor, mas nos itens que se referem a conteúdos trabalhados (P30), desafios propostos (P34) e estratégias utilizadas (P31 e P35).

Conforme a literatura especializada, o uso de replicação de experimentos históricos no ensino desenvolve habilidades e conhecimentos sobre a prática e trabalho dos cientistas em laboratório. Assim, os estudantes podem ter uma ideia do que os cientistas fazem e da produção do conhecimento científico (HÖTTECKE, 2000). Chang (2011), em outro trabalho enfatiza que a replicação dos experimentos históricos também estimula os sentidos dos alunos de admiração sobre a natureza e seu entusiasmo a cerca da ciência. As respostas a esse item indicam que os alunos poderiam estar influenciados pela vivencia de um ambiente de sala de aula mais estimulante em relação ao que manifestaram nas respostas ‘antes’ da intervenção.

Na **Tabela 73** está representado o resumo dos valores de “p” obtidos ao se comparar as respostas antes e depois com o uso dos questionários de motivação de acordo com as categorias (A) auto-eficácia, (B) estratégias de aprendizagem ativa, (C) valor do aprendizado de biologia, (D) objetivo de desempenho, (E) objetivo de realização pessoal e (F) estímulo do ambiente de aprendizagem.

Tabela 73. Resumo dos resultados dos questionários de motivação por categorias de perguntas.

Categorias	Perguntas	P-valor
AUTO EFICÁCIA (A)	1. Independente de o conteúdo de Biologia ser difícil ou fácil, eu tenho certeza que consigo compreendê-lo.	0,000
	2. Eu não me sinto confiante para compreender conceitos difíceis de Biologia.	0,001
	3. Eu tenho certeza de que posso ir bem nas provas de Biologia.	0,000
	4. Não importa o quanto eu me esforce, eu não consigo aprender Biologia.	0,002
	5. Quando as atividades de Biologia são muito difíceis, eu desisto ou apenas faço as partes fáceis.	0,004
	6. Durante as atividades de Biologia, eu prefiro perguntar a resposta para outras pessoas ao invés de pensar por mim mesmo.	0,000
	7. Quando eu acho o conteúdo de Biologia difícil, eu nem tento aprendê-lo.	0,000
APRENDIZAGEM ATIVA (B)	8. Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu me esforço para compreendê-lo.	0,000
	9. Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu os relaciono com minhas experiências anteriores.	0,000
	10. Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro meios relevantes que possam me ajudar.	0,187
	11. Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro discutir com o professor ou outros colegas para facilitar minha compreensão.	0,163
	12. Durante o processo de aprendizagem, eu tento fazer conexões entre os conceitos que aprendo.	0,551
	13. Quando eu cometo um erro, eu tento descobrir o porquê.	0,393
	14. Quando encontro conceitos de Biologia que eu não compreendo, ainda assim, me esforço para aprendê-los.	0,000
APRENDIZADO DE BIOLOGIA (C)	15. Quando novos conceitos que eu aprendo entram em conflito com meus conhecimentos anteriores, eu tento compreender o porque.	0,177
	16. Eu penso que aprender Biologia é importante porque eu posso usá-la no meu dia a dia.	0,539
	17. Eu penso que aprender Biologia é importante porque estimula meu raciocínio.	0,918
	18. Em Biologia, eu penso que é importante aprender a resolver problemas.	0,290
	19. Em Biologia, eu penso que é importante participar de atividades investigativas.	0,005
OBJETIVO DE DESEMPENHO (D)	20. É importante ter a oportunidade de satisfazer minha própria curiosidade quando estou aprendendo Biologia.	0,245
	21. Eu participo das aulas de Biologia para ter uma boa nota.	0,004
	22. Eu participo das aulas de Biologia para ter melhor desempenho que outros estudantes.	0,000
	23. Eu participo das aulas de Biologia para que outros estudantes pensem que eu sou inteligente.	0,060
OBJETIVO E REALIZAÇÃO PESSOAL (E)	24. Eu participo das aulas de Biologia para que o professor preste atenção em mim.	0,248
	25. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando obtenho uma boa nota na prova.	0,476
	26. Eu me sinto mais realizado quando me sinto confiante sobre o conteúdo de uma aula de Biologia.	0,039
	27. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando sou capaz de solucionar um problema difícil.	0,006
	28. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando o professor aceita minhas ideias.	0,001
ESTÍMULO DO AMBIENTE (F)	29. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando outros estudantes aceitam minhas ideias.	0,412
	30. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o conteúdo é empolgante e dinâmico.	0,000
	31. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor usa diferentes estratégias de ensino.	0,001
	32. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor não me pressiona muito.	0,615
	33. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor presta atenção em mim.	0,571
	34. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque é desafiadora.	0,006
	35. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque os alunos participam de debates.	0,000

Ao analisarmos os dados de forma resumida (**Tabela 73**), constamos mudanças no padrão de respostas dos alunos indicando opiniões diferentes antes e depois sugerindo uma motivação positiva para todos os itens de auto-eficácia, três itens de aprendizagem ativa, um item no aprendizado de biologia, dois itens no objetivo de desempenho, três itens no objetivo de realização pessoal e três itens no estímulo de ambiente. Dentro deste contexto de análise, podemos inferir e indicar algumas implicações.

Ao admitirmos que os alunos sejam influenciados por suas vivências escolares para responderem aos itens dos questionários, as respostas ‘antes’ indicariam a influência de uma vivência anterior à intervenção didática aqui descrita. E as respostas ‘depois’ seriam manifestações influenciadas pelas vivências dos estudantes no período entre a repetição da realização dos questionários, a repetição da aplicação de um mesmo questionário. Este período pôde ter induzido as diferenças nas respostas dos alunos, o que é conhecido como o efeito das questões de um pré-teste que podem influenciar nos resultados de um pós-teste. Além disso, ainda não são claras outras vivências que os estudantes devem ter tido no período e que podem explicar as diferenças nos resultados obtidos, levando-se isso em conta, acreditamos que uma experiência importante que os alunos vivenciaram nesse período foi a realização da sequência de ensino-aprendizagem aqui apresentada. Dessa forma, observamos que deve ser objeto de investigações futuras nos certificarmos se a realização da sequência de aulas aqui apresentada poderia ter tido influência direta nos resultados aqui descritos e, caso isso seja evidenciado, permanece uma questão intrigante entender como a sequência de aulas propostas promoveria tal efeito.

5.2 Questionário 4

Este questionário refere-se à avaliação das emoções situacionais (emoções sensíveis à mudança) dos alunos ao final de cada momento da aplicação da Sequência Didática. Apresenta perguntas organizadas em três categorias: bem estar, interesse e tédio. O bem-estar é relacionado com um sentimento subjetivo e positivo durante as aulas; interesse é definido como uma relação entre tema e o sujeito específico que inclui sua importância e utilidade; e o tédio está relacionado com a falta de ação e interesse, conforme descrito anteriormente no item 4.4.4 da metodologia.

Dessa forma, os resultados a seguir estão representados por uma tabela dividida em três: **Tabelas 74a** (bem estar), **74b** (interesse) e **74c** (tédio), com o resumo das comparações entre todos os momentos da Sequência Didática entre si. Entretanto, somente os dados estatisticamente significativos foram detalhados e, assim, esses dados da análise estatística comparativa entre os momentos e a distribuição das frequências das respostas seguem em figuras organizadas por grupos de perguntas constituídos pelas respectivas categorias. As respostas desse questionário também obedeceram à escala tipo Likert.

Tabela 74a. Resumo das informações de comparação da categoria Bem Estar entre todos os momentos da Sequência Didática, para o Questionário 4.

Questões	Momentos	P valor
(BE-1) A aula me agradou	M1 X M2	0,001
	M1 X M3	0,047
	M1 X M4	0,014
	M1 X M5	0,129
	M2 X M3	0,208
	M2 X M4	0,073
	M2 X M5	0,002
	M3 X M4	0,059
	M3 X M5	0,028
	M4 X M5	0,008
(BE-2) Eu fiquei satisfeito (a) com a aula	M1 X M2	0,000
	M1 X M3	0,002
	M1 X M4	0,003
	M1 X M5	0,005
	M2 X M3	0,217
	M2 X M4	0,212
	M2 X M5	0,028
	M3 X M4	0,817
	M3 X M5	0,716
	M4 X M5	0,755
(BE-3) Eu gostei da aula	M1 X M2	0,346
	M1 X M3	0,012
	M1 X M4	0,000
	M1 X M5	0,935
	M2 X M3	0,000
	M2 X M4	0,002
	M2 X M5	0,523
	M3 X M4	0,018
	M3 X M5	0,000
	M4 X M5	0,0001

A **Tabela 74a** mostra resumo das comparações entre as respostas dos alunos após participarem de cada momento da Sequência Didática quanto à categoria bem estar do

questionário de emoções situacionais e a diferença estatística entre elas. A seguir serão apresentadas as figuras das distribuições das respostas entre os momentos que tiveram diferença estatisticamente significativa.

B-E_1. A aula me agradou - M1 x M2.

Figura 13. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou. M1 x M2 ($p=0,010$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_1. A aula me agradou - M1 x M3

Figura 14. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M1 x M3 ($p=0,047$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_1. A aula me agradou - M1 x M4

Figura 15. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M1 x M4 ($p=0,014$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_1. A aula me agradou - M2 x M5

Figura 16. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M2 x M5 ($p=0,002$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_1. A aula me agradou - M3 x M5.

Figura 17. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M3 x M5 ($p=0,028$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_1. A aula me agradou - M4 x M5.

Figura 18. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_1. A aula me agradou M4 x M5 ($p=0,008$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

Os dados da análise estatística comparativa da primeira pergunta “A aula me agradou”, entre os momentos e a distribuição das frequências das respostas indicaram que: as os momentos 2, 3 e 4 foram os que apresentaram respostas mais positivas em relação aos momentos 1 e 5, conforme distribuição evidenciada nas **Figuras 13 a 18**. A seguir serão apresentadas as figuras com a distribuição das respostas referentes a segunda pergunta.

B-E_2. Eu fiquei satisfeito (a) com a aula - M1 X M3.

Figura 19. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_2. Eu fiquei satisfeito com a aula M1 x M3 ($p=0,002$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_2. Eu fiquei satisfeito (a) com a aula - M1 X M4.

Figura 20. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_2. Eu fiquei satisfeito com a aula M1 x M4 ($p=0,003$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_2. Eu fiquei satisfeito (a) com a aula - M1 X M5.

Figura 21. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_2. Eu fiquei satisfeito com a aula M1 x M5 ($p=0,005$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A segunda pergunta “*Fiquei satisfeito com a aula*”, apresenta a distribuição das frequências das respostas estatisticamente significativas, que indicam que os momentos 2, 3, 4, e 5, obtiveram respostas mais positivas do que o momento 1, conforme **Figuras 19, 20 e 21**.

A seguir serão apresentadas as distribuição das respostas referentes a terceira pergunta de acordo com as figuras.

B-E_3. Eu gostei da aula - M1 X M3.

Figura 22. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M1 x M3 ($p=0,012$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_3. Eu gostei da aula - M1 X M4.

Figura 23. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M1 x M4 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_3. Eu gostei da aula - M2 X M4.

Figura 24. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M2 x M4 ($p=0,002$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_3. Eu gostei da aula - M3 X M4.

Figura 25. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M3 x M4 ($p=0,018$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

B-E_3. Eu gostei da aula - M4 X M5.

Figura 26. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria B-E_3. Eu gostei da aula M4 x M5 ($p=0,001$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

Os dados da análise estatística comparativa e da distribuição da frequência das respostas da terceira pergunta “*Eu gostei da aula*”, sugerem novamente que os momentos 3 e 4 foram melhores avaliados quando comparados ao momento 1, 2 e 5 conforme as **Figuras 22 a 26**.

Ao analisarmos as três perguntas da categoria bem estar, observamos diferenças estatisticamente significativas em algumas comparações. Na avaliação das respostas dos alunos nas quais houve diferença estatisticamente significativa, concluímos que os dados sugerem uma sensação de bem estar, mais positiva em relação aos momentos 4 e 3 e menos positiva em relação ao momento 1.

Tabela 74b. Resumo das informações de comparação da categoria Interesse entre todos os momentos da Sequência Didática, para o Questionário 4.

Questões	Momentos	P valor
(I-1) EU achei o assunto importante. O assunto foi importante.	M1 X M2	0,000
	M1 X M3	0,005
	M1 X M4	0,006
	M1 X M5	0,005
	M2 X M3	0,217
	M2 X M4	0,212
	M2 X M5	0,028
	M3 X M4	0,817
	M3 X M5	0,716
	M4 X M5	0,755
(I-2) As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim.	M1 X M2	0,082
	M1 X M3	0,001
	M1 X M4	0,001
	M1 X M5	0,002
	M2 X M3	0,076
	M2 X M4	0,013
	M2 X M5	0,174
	M3 X M4	0,532
	M3 X M5	0,596
	M4 X M5	0,280
(I-3) Eu quero aprender mais sobre o assunto.	M1 X M2	0,034
	M1 X M3	0,064
	M1 X M4	0,000
	M1 X M5	0,974
	M2 X M3	0,421
	M2 X M4	0,015
	M2 X M5	0,153
	M3 X M4	0,331
	M3 X M5	0,063
	M4 X M5	0,330

A **Tabela 74b** apresenta os dados referentes à categoria interesse do Questionário 4 de emoções situacionais, com a comparação das respostas dos alunos após participarem de cada momento da Sequência Didática, comparando os momentos entre si, destacando aquelas comparações, nas quais, houve diferença estatisticamente significativa. A seguir, apresentaremos as figuras da distribuição das respostas dos alunos da comparação entre os momentos em que a diferença foi estatisticamente significativa.

II. Eu achei o assunto importante. O assunto foi importante - M1XM2.

Figura 27. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M2 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

II. Eu achei o assunto importante. O assunto foi importante - M1 X M3.

Figura 28. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M3 ($p=0,005$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

II. Eu achei o assunto importante. O assunto foi importante - M1 X M4.

Figura 29. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M4 ($p=0,006$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

I1. Eu achei o assunto importante. O assunto foi importante - M1 X M5.

Figura 30. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. O assunto foi importante M1 x M5 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

I1. Eu achei o assunto importante. O assunto foi importante - M2 X M5.

Figura 31. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_1. o assunto foi importante M2x M5 ($p=0,028$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

Os dados da análise estatística comparativa entre os momentos e a distribuição das frequências das respostas quanto à primeira pergunta da categoria Interesse “*Eu achei esse assunto importante. O assunto foi importante*”, representadas pelas **Figuras 27 a 31**, indicam que o momento 1 apresentou avaliação menos positiva em relação aos demais momentos da Sequência Didática. Na sequência, apresentaremos os gráficos da distribuição das respostas dos alunos com as diferenças estatisticamente significativas em relação a segunda pergunta da categoria Interesse.

I2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim - M1 X M3.

Figura 32. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim M1x M3 ($p=0,001$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

I2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim - M1 X M4.

Figura 33. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim. M1 x M4 ($p=0,001$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

I2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim - M1 X M5.

Figura 34. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim. M1x M5 ($p=0,002$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

I2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim - M2XM4.

Figura 35. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim. M2 x M4 ($p=0,013$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

Na segunda pergunta “*As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim*”, a comparação da distribuição das frequências da análise estatística comparativa representadas nas Figuras 32 a 35, sugerem que os momentos 2, 3, 4 e 5 receberam uma avaliação mais positiva do que o momento 1. Em seguida, apresentaremos as figuras referentes a terceira pergunta da categoria interesse, com a distribuição das frequências das respostas dos alunos nas comparações em que houve diferença estatisticamente significativa.

I3. Eu quero aprender mais sobre o assunto - M1XM2.

Figura 36. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_3. Eu quero aprender mais sobre o assunto. M1x M2 ($p=0,034$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

I3. Eu quero aprender mais sobre o assunto - M2 x M4.

Figura 37. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_3. Eu quero aprender mais sobre o assunto. M2 x M4 ($p=0,015$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

I3. Eu quero aprender mais sobre o assunto - M1 X M4.

Figura 38. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria I_3. Eu quero aprender mais sobre o assunto. M1x M4 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A terceira pergunta “*Eu quero aprender mais sobre o assunto*”, após análise comparativa das distribuições das frequências (**Figuras 36, 37 e 38**), indica que o momento 4 foi o avaliado mais positivamente quando comparado aos demais.

Conforme análise estatística das respostas dos alunos das três perguntas desse Questionário 4, quanto ao interesse, podemos sugerir que esse momento, foi o que apresentou maior destaque em relação as respostas positivas dos alunos, enquanto que para o momento 1, mostrou menor interesse quando comparado com os demais momentos da Sequência Didática.

Tabela 74c. Resumo das informações de comparação da categoria Tédio entre todos os momentos da Sequência Didática, para o Questionário 4.

Questões	Momentos	P valor
(T-1) Eu me senti entediado (a).	M1 X M3	0,082
	M1 X M3	0,001
	M1 X M4	0,000
	M1 X M5	0,002
	M2 X M3	0,076
	M2 X M4	0,015
	M2 X M5	0,174
	M3 X M4	0,532
	M3 X M5	0,063
	M4 X M5	0,330
(T-2) (Hoje) Eu estava distraído (a) com os meus pensamentos.	M1 X M2	0,217
	M1 X M3	0,090
	M1 X M4	0,325
	M1 X M5	0,974
	M2 X M3	0,421
	M2 X M4	0,845
	M2 X M5	0,153
	M3 X M4	0,331
	M3 X M5	0,000
	M4 X M5	0,000
(T-3) A aula foi sonolenta.	M1 X M2	0,251
	M1 X M3	0,000
	M1 X M4	0,000
	M1 X M5	0,000
	M2 X M3	0,000
	M2 X M4	0,001
	M2 X M5	0,026
	M3 X M4	0,209
	M3 X M5	0,013
	M4 X M5	0,289

A **Tabela 74c** mostra os dados referentes à categoria Tédio do Questionário 4 de emoções situacionais após análise estatística comparativa entre os momentos e a distribuição das frequências das respostas dos alunos. As comparações com diferenças estatisticamente significativas são apresentadas por meio de figuras. Inicialmente, apresentaremos as figuras da distribuição das respostas com relação à primeira pergunta da categoria Tédio.

T1. Eu me senti entediada (a) - M1 X M3.

Figura 39. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediado (a). M1 x M3 ($p=0,001$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T1. Eu me senti entediado (a) - M1 X M4.

Figura 40. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediado (a). M1 x M4 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T1. Eu me senti entediada (a) - M1 X M5.

Figura 41. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediada (a). M1x M5 ($p=0,002$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T1. Eu me senti entediado (a) - M2 X M4.

Figura 42. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_1. Eu me senti entediado (a). M2 x M4 ($p=0,015$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

Na pergunta 1: “*Eu me senti entediado*”, com relação aos momentos em que houve diferença estatisticamente significativa, a distribuição das frequências das respostas representadas (**Figuras 39, 40, 41 e 42**), podemos sugerir que o momento 4 foi melhor avaliado, ou seja, menos entediante. Além disso, os momentos 3, 4 e 5 foram os que receberam melhores avaliações quando comparados com o momento 1. A seguir, apresentaremos a distribuição das respostas dos alunos em relação às comparações entre os momentos, com diferença estatisticamente significativa da segunda pergunta da categoria Tédio.

T2. (Hoje) Eu estava distraído (a) com os meus pensamentos - M3 X M5.

Figura 43. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_2. (Hoje) Eu estava distraído (a) com meus pensamentos. M3 x M5 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T2. (Hoje) Eu estava distraído (a) com os meus pensamentos - M4 X M5.

Figura 44. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_2. (Hoje) Eu estava distraído (a) com meus pensamentos. M4 x M5 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

A análise estatística comparativa entre os momentos e a distribuição das frequências da segunda pergunta: “(Hoje) *Eu estava distraído com meus pensamentos*”, de modo geral, não apresenta diferença estatisticamente significativa robusta na distribuição das respostas (**Figuras 43 e 44**) apenas que os momento 3 e 4 indicam respostas mais positivas quando comparados ao momento 5. Finalmente, apresentaremos as distribuições das frequências das respostas dos alunos com significância estatística das comparações entre os momentos com relação a terceira pergunta da categoria Tédio.

T3. A aula foi sonolenta - M1 X M3.

Figura 45. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M1 x M3 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T3. A aula foi sonolenta - M1 X M4 .

Figura 46. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M1 x M3 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T3. A aula foi sonolenta - M1 X M5.

Figura 47. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M1 X M5 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T3. A aula foi sonolenta - M2 X M3.

Figura 48. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M2 X M3 ($p=0,000$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T3. A aula foi sonolenta - M2 X M4.

Figura 49. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M2 X M4 ($p=0,001$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T3. A aula foi sonolenta - M2 X M5.

Figura 50. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M2 X M5 ($p=0,026$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

T3. A aula foi sonolenta - M3 X M5.

Figura 51. Distribuição das Respostas dos alunos da categoria T_3. A aula foi sonolenta. M3 X M5 ($p=0,013$). Os dados foram comparados pelo teste *Wilcoxon*. Nível de significância, $p < 0,05$.

Na análise estatística comparativa entre o momento e a distribuição das frequências das respostas (**Figuras 45, 46, 47, 48, 49, 50 e 51**) da terceira pergunta: “*A aula foi sonolenta*”, é possível sugerir que os momentos 1 e 2 foram indicados de forma menos positivos, quando comparados aos demais, por outro lado, o momento 3 obteve respostas mais positivas. De acordo com a análise das respostas da categoria Tédio desse questionário, sugere-se que o momento 4 e 3 foram os momentos que obtiveram a melhor avaliação, ou seja, que menos foram indicados como entediantes, por outro lado, o momento 1 foi considerado o que mais provoca tédio, quando comparado com os demais momentos da Sequência Didática.

O Questionário 4 possibilita tanto uma análise de comparação dos momentos entre si, como também, uma interpretação da distribuição de respostas positivas ou negativas em relação as emoções situacionais em cada momento da Sequência Didática. Assim, ao analisar essas categorias de perguntas, pode se sugerir que as emoções situacionais consideradas para esta pesquisa, interesse, bem estar e tédio indicadas pelas respostas dos alunos no Questionário 4 ao final de cada momento, foram emoções situacionais positivas. Entretanto, verifica-se um predomínio de emoções positivas no quarto momento em comparação com os demais.

Admite-se que os alunos podem ter sido influenciados pelos equipamentos, computador, televisor para rodar as animações, câmera e microfone para captação do áudio e, esse fato pode ter contribuído para as respostas indicarem emoções situacionais positivas. Por isso, as emoções situacionais também devem ser objeto de investigações futuras para nos certificarmos se a realização da sequência de aulas com abordagem histórica aqui apresentada poderia ter tido influência direta nos resultados aqui descritos. E, caso isso seja evidenciado,

permanece outra questão intrigante, se realmente houve aprendizagem, como foi essa relação de emoções situacionais e o processo ensino-aprendizagem.

No contexto de ensino, a História da Ciência possui várias estratégias, conforme discutido por Matthews (1994), como leituras, replicação de experimentos históricos, ensaios, projetos individuais e em grupo, leitura e interpretação de artigos originais e dramatização dos debates e episódios históricos (MATTHEWS, 1994).

Na discussão do Questionário 3, apresentamos, segundo alguns dados estatisticamente significativos, que a História da Biologia possibilitou um ganho da motivação intrínseca dos estudantes que participaram da investigação. No Questionário 4, fizemos algumas comparações de estratégias possíveis das abordagens da História da Biologia no ensino presentes nesta pesquisa. Ou seja, comparar o uso propriamente dito da replicação histórica dos experimentos por meio das TICs, presente no quarto momento, com os demais momentos: o primeiro, constituído por leitura e interpretação de textos que abordam e introduzem o tema histórico; o segundo, constituído pela visualização de instrumentos de observação do passado dentro de um gabinete de pesquisa, feito em animação e apresentado com o uso das TICs, além de textos; o terceiro formado por uma animação de uma conversa fictícia apresentado com o uso das TICs, e um texto; e o quinto momento, representado por sistematização e leitura de texto.

Alguns estudos enfatizam a importância da investigação das emoções em situações de aprendizagem para melhor entendimento do seu papel em sala de aula, que por sua vez, tem sido muito negligenciada na pesquisa a cerca do ensino de biologia (GLÄSER-ZIKUDA *et al.*, 2005). Outro estudo realizado por Randler (2009) mostrou que os alunos que manifestaram maior interesse e bem estar obtiveram melhor desempenho acadêmico, em contrapartida, os alunos que manifestaram maior tédio e ansiedade obtiveram piores desempenhos, em um teste

realizado. Assim, percebe-se que o interesse motivacional pode ser potencialmente usado para fornecer a base para um modelo motivacional, como fonte de motivação para varias atividades de aprendizagem usadas pelos professores (PALMER, 2009).

A influência do tédio também foi avaliada por Pekrun e colaboradores (2010). Esta pesquisa, que analisou estudantes em cinco estudos diferentes, concluiu que os alunos apresentaram uma conexão negativa com o tédio em todas as apreciações relativas à realização de atividades pedagógicas. Além disso, esse estudo relacionou o tédio a problemas de atenção e consequente diminuição da motivação intrínseca, evidenciando assim, os efeitos negativos do tédio sobre o desempenho acadêmico (PEKRUN *et al.*, 2010).

Os resultados apresentados pelo Questionário 4 sugerem uma notável diferença entre as emoções situacionais positivas e negativas em todos os momentos da Sequência Didática. De acordo com nosso estudo, as emoções situacionais relacionadas ao interesse e bem estar tiveram um destaque positivo, quando comparadas as emoções situacionais relacionadas ao tédio. Isso sugere, segundo a literatura especializada, que essas emoções são indicadores de maior desempenho e aprendizagem dos alunos.

Seguindo a análise dos resultados, essas comparações dos momentos da Sequência Didática foram realizadas, com o objetivo de investigar e avaliar a abordagem inclusiva de experimentos históricos e comparar com as estratégias da abordagem inclusiva da Historia da Biologia dentro da intervenção construída e às emoções situacionais coletadas pelos questionários.

A comparação do momento 4 com o momento 1 foi a que apresentou maior diferença estatisticamente significativa. Ou seja, no momento 4, as respostas dos alunos indicaram aumento do interesse, bem estar e redução do tédio.

O momento 4 apresentou aumento estatisticamente significativo em duas perguntas, quando comparado ao momento 2, uma relacionada ao bem estar: *eu gostei da aula*; e a outra relacionada ao interesse: *as informações sobre esse assunto proporcionaram alguma coisa para mim*. Além disso, apresentou uma redução estatisticamente significativa, do tédio em duas perguntas: *eu me sinto entediado*; *a aula foi sonolenta*. Já para o momento 4 e 3 não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa.

Ao compararmos o momento 4 com o momento 5, verificamos um aumento estatisticamente significativo do bem estar no momento 4 em duas perguntas: *a aula me agradou*; *eu gostei da aula*. Ademais, verificamos também uma redução estatisticamente significativa do tédio do momento 4 em comparação com o 5.

Na conclusão da análise comparativa, a abordagem inclusiva da História da Ciências com e replicação virtual dos experimentos clássicos por meio das TICs, mostrou indicadores melhores de emoções situacionais quando comparado com as outras estratégias de outras abordagens da História da Biologia nos momentos 1, 2 e 5. Entretanto, com relação ao momento 3, não houve diferença estatisticamente significativa.

Os dados provenientes do Questionário 4 permite inferirmos que os alunos participantes desta pesquisa tiveram indicadores de emoções situacionais: interesse, bem estar e tédio, melhores nos momentos da intervenção, os quais envolviam experimentos, do que quando comparados aos momentos que necessitariam de leitura de textos para realização das atividades. Porém, o momento 3 que era constituído de uma história em quadrinhos, na qual a sequência de imagens foi apresentada no aplicativo com o uso das TICs, e a leitura de um texto para fomentar o debate, para os alunos construírem o discurso para as falas dos personagens históricos, não se tratava de replicação de experimentos não apresentando diferença estatisticamente significativa com o 4.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa levantou evidências sobre os efeitos decorrentes da abordagem inclusiva de episódios da História da Biologia na motivação e emoção dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Explorar a replicação dos experimentos históricos por meio de Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino médio mostrou-se um recurso pedagógico favorável para motivar os alunos e, além disso, para investigar esses recursos como na promoção da motivação.

Conforme princípios de *Design Based Research*, o material didático produzido para a sequência didática aplicada na presente pesquisa servirá como exemplo, aberto e sujeito a aprimoramentos, que pode tanto ser aplicado em novos ciclos de prototipagem em outros ambientes escolares, como pode balizar a construção de outras sequências didáticas com enfoque histórico do ensino da ciência.

Ao fornecer dados empíricos sobre motivação e emoção, analisados estatisticamente e provenientes de questionários validados pela literatura de referência, sobre a utilização de episódios da História da Ciência no Ensino Médio por meio das TICs, esta pesquisa amplia a pouca base de dados empíricos existentes atualmente dentro dessa linha de pesquisa, carência particularmente sentida na área de ensino e história da biologia.

Muitos trabalhos indicam a História da Ciência como uma ferramenta importante para o ensino de ciências, mas trabalhos empíricos envolvendo experimentos históricos e história da biologia que avaliam por métodos quantitativos a motivação e sensações situacionais como interesse, bem estar e tédio, são escassos.

A pesquisa realizada promoveu um estudo de um episódio histórico da História da Biologia, sobre Lazzaro Spallanzani e a sua investigação sobre a reprodução de anfíbios. Esse

estudo proporcionou a elaboração de um material em formato de um aplicativo que pode servir de ponto de partida para qualquer professor, em qualquer local, que sinta motivado a desenvolver trabalho semelhante em sala de aula, bem como para seus próprios estudantes. Além disso, como se trata de um primeiro ciclo de prototipagem da pesquisa, pode ser aprimorado e adaptado a outras condições para facilitar o seu uso, como por exemplo, para a utilização em *tablets* ou *smartfones*.

A Sequência Didática produzida e aplicada permitiu enfrentar alguns dos desafios da utilização da História da Ciência no ensino. Direcionada em uma concepção de motivação e emoção, mas sem perder o foco no ensino-aprendizagem guiado pela participação ativa dos estudantes, ela forneceu evidências de que a abordagem histórica é motivadora e, conseqüentemente facilitadora da aprendizagem. A Sequência Didática também promoveu e permitiu a discussão de aspectos científicos da construção do conhecimento científico.

Quanto à aplicação da Sequência Didática e o modo como foi conduzida, foi possível também estabelecer algumas considerações que podem orientar investigações e práticas didáticas futuras semelhantes.

É importante ressaltar que a realidade baseada apenas na aula expositiva, no giz e lousa, pode e deve começar a ser alterada com outros recursos, como por exemplo, a abordagem inclusiva da História da Biologia ou mesmo da tecnologia, pois podem agregar-se ao trabalho do professor no processo de ensino e aprendizagem.

A abordagem dos experimentos deve deixar de ser apenas uma forma de apresentação de uma receita pronta de um protocolo a ser seguido pelo aluno; é necessária uma atividade experimental significativa, que possibilite ao aluno participar ativamente no processo e, deve ser investigativa e relacionada às aulas teóricas, ou seja, o estimular o próprio pensamento e encontrar a relevância da ciência com a vida diária.

Dessa forma, aulas com a estratégia da experimentação convencional ou mesmo a replicação de experimentos clássicos, desde que guiada pela participação ativa do estudante no processo, associada ao uso de tecnologias, pode ajudar a melhorar a motivação e interesse do aluno.

Assim, conforme Neves e Boruchovitch (2004) acrescentam e relatam que tendo em vista que a motivação do aluno é um dos principais determinantes do êxito e da qualidade da aprendizagem, investigar a motivação dos alunos, constitui-se um tema importante para a prática educacional.

Contudo, não se pode defender que a abordagem inclusiva da História da Biologia e das TICs sejam os únicos fatores a influenciar o desempenho e nem que sejam os fatores mais importantes para a motivação. Porém, são estratégias que podem ser utilizadas juntas, ou separadas, como possíveis recursos complementares para contribuir para motivação dos alunos.

É necessário que futuras investigações sejam conduzidas, aplicando a escala em amostras maiores e conforme princípios da *Design based research*, bem como de que pesquisas voltadas para o exame dos questionários de motivação e emoções, à luz de novas análises fatoriais exploratórias e confirmatórias. Não há dúvida de que medidas que consigam captar mais sensivelmente a complexidade e a coexistência das diferentes formas de motivação e emoção para aprender são necessárias e desejáveis, sobretudo para estudantes na educação básica. A ampliação de estudos empregando a abordagem inclusiva da História da Biologia no ensino, bem como das TICs, será promissora no que se refere às possibilidades de identificação de suas potencialidades para diagnóstico, intervenção e utilização no contexto escolar.

Quanto à importância desse estudo vale ressaltar que a replicação de experimentos clássicos foi inicialmente desenvolvida como uma ferramenta por meio das TICs de pesquisa sobre aspectos motivacionais direcionadas ao contexto educacional. Os resultados desta pesquisa se caracterizaram como uma análise preliminar e embora tenha demonstrado qualidades psicométricas satisfatórias das orientações motivacionais dos alunos no contexto escolar, seria bastante pertinente a ampliação do mesmo para que os dados da análise exploratória pudessem ser confirmados por meio de outros estudos. Também se destaca a necessidade de outras evidências de validade com outros instrumentos, como por exemplo, a relação entre motivação e o aprendizado.

Além disso, por se tratar de uma preocupação muito presente no contexto escolar, pesquisas nesta área deveriam ser intensificadas para que se pudesse conhecer melhor o perfil dos alunos e suas orientações motivacionais proporcionando um ensino que pudesse se aproximar mais do aluno com vistas a melhorar o aprendizado dos mesmos. Contudo, o recorte definido para nosso objeto de análise e perguntas de pesquisa se aproximou, porém excluiu algumas possibilidades promissoras de investigações futuras.

Podem ser pontuados alguns desdobramentos esperados desta pesquisa. O primeiro caminho é a possibilidade aprofundar essa relação entre História da Biologia e Tecnologias de Informação e Comunicação, ampliando as utilizações deste recurso em outros caminhos da História da Biologia no ensino, como também aprimorar a própria interatividade do material, como por exemplo, desenvolver um material que seja totalmente independente do professor, com interação total do aluno e registro individualizado.

O segundo é estudar a dinâmica em sala de aula, ou seja, uma vez evidenciado um ganho de motivação, se faz necessário relacionar a participação do aluno no processo e se houve aprendizagem efetivamente.

Consideramos também, a adesão dos alunos em participar da investigação nas das escolas, poucos alunos desistiram durante o desenvolvimento do projeto, o engajamento no momento dos experimentos foi algo que surpreendeu e, isso tem ainda mais valor pelo fato de que a avaliação da atividade não seria utilizada para a nota dos alunos e, além disso, essa participação merece ainda destaca por se tratar de escolas públicas de periferia, com altos índices de criminalidade, abandono escolar e com alunos com baixa autoestima e poucas perspectivas, com vulnerabilidade social grande, em que os alunos vivem com o tráfico de drogas como opção e com a única maneira de encontrarem realização e deixar o bairro onde vivem. Solução que é possível somente para alguns.

Os desafios, considerações e conquistas descritas acima não configuravam regras prescritas, e nem poderiam, dada a complexidade de fatores envolvidos em um contexto real de sala de aula, buscamos destacar alguns resultados tentando contribuir para as pesquisas que promovem a abordagem inclusiva da história da ciência no ensino, apesar disso, um último relato positivo que vale a pena ser destacado, pois nem de longe passou pelos objetivos da pesquisa foi a participação de dois alunos, um de cada escola, que apresentavam deficiência auditiva de grau severo, ou seja, não ouvem nada e dependem de um profissional tradutor de libras (linguagem brasileira de sinais) para comunicação. O relato emocionante da mãe de um deles que procurou o pesquisador para agradecer, pois conforme o seu depoimento, o aluno nunca tivera experiência real de aprender conceitos de disciplinas das ciências naturais, pois além de serem tratados sempre de forma abstrata, o profissional de libras por não possui formação específica, muitas vezes não consegue explicar para o aluno aquele conceito mais complexos. O caminho escolhido com o uso das imagens, em forma de animações e ainda replicando experimento, possibilitou a inserção desses alunos na aula e permitiu a participação ativa deles e não apenas sua inclusão social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBRI, F. Per una biografia di Spallanzani. In: W. BERNARDI; P. MANZINI (Eds.); *Il cerchio della vita: materiali di ricerca del Centro Studi Lazzaro Spallanzani di Scandiano sulla storia della scienza del Settecento*. p. 69–73, 1999. Firenze: Olschki.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. A research-informed instructional unit to teach the Nature of Science to pre-service teachers. *Science & Education*, v. 18, p. 1177–1192, 2009.

AKKER, J. VAN DEN. Principles and methods of development research. In: J. VAN DEN AKKER; N. NIEVEEN; R. M. BRANCH; K. L. GUSTAFSON; T. PLOMP (Eds.); *The Design methodology and developmental research in education and training*. p.1–14, 1999. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education*, v. 13, p. 179–195, 2004.

ALLCHIN, D. Teaching science lawlessly. In: P. Heering; D. Osewold (Eds.); *Constructing scientific understanding through contextual teaching*. p.13–31, 2007. Berlin: Frank & Timme.

ALLCHIN, D.; ANTHONY, E.; BRISTOL, J.; *et al.* History of science-With labs. *Science & Education*, v. 8, p. 619–632, 1999.

ALSOP, S.; WATTS, M. Science education and affect. *Int. J. Sci. Educ. Special issue: affect*, v. 25, n. 9, p. 1043–1047, 2003.

AMABILE, T. M.; HILL, K. G.; HENNESSEY, B. A.; TIGHE, E. M. The work preference inventory assessing intrinsic and extrinsic motivational orientations. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 6, n. 5, p. 950–967, 1994.

APKAN, J. Which comes first: Computer simulation of dissection or a traditional laboratory practical method of dissection. *Electronic Journal of Science Education*, v. 6, n. 4, p. 1–40, 2002.

ARIATTI, A.; MANDRIOLI, P. Lazzaro Spallanzani: a blow against spontaneous generation. *Aerobiologia*, v. 9, p. 101–107, 1993.

ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. *Recherches en didactique mathématiques*, v. 9, p. 281–308, 1988.

BANDURA, A. Self-referent thought: A developmental analysis of self-efficacy. In: H. Flavell; L. Ross (Eds.); *Social Cognitive Development: Frontiers and Possible Futures*, 1981. New York: Cambridge University Press.

- BANDURA, A. Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, v. 37, p. 122–147, 1982.
- BANDURA, A. *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman, 1997.
- BANDURA, A.; SCHUNK, D. H. Cultivating competence, self-efficacy, and intrinsic interest through proximal self-motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 41, p. 586–598, 1981.
- BANNAN-RITLAND, B. The Role of Design in Research: The Integrative Learning Design Framework. *Educational Researcher*, v. 32, n. 1, p. 21–24, 2003.
- BARAB, S.; SQUIRE, K. Journal of the Learning Design-Based Research : Putting a Stake in the Ground. *The Journal of The Learning Sciences*, v. 13, n. 1, p. 1–14, 2004.
- BAUMGARTNER, E.; BELL, P.; BROPH, S.; et al. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003.
- BEAUPORT, E. *Inteligência emocional: as três faces da mente*. Brasília, DF: Teosófica, 1998.
- BERETTA, M. Nota sulla biblioteca di Spallanzani. In: W. BERNARDI; P. MANZINI (Eds.); *Il cerchio della vita: materiali di ricerca del Centro Studi Lazzaro Spallanzani di Scandiano sulla storia della scienza del Settecento*. p.75–81, 1999. Firenze: Olschki.
- BERLIN, D.; WHITE, A. Computer simulations and the transition from concrete manipulation of objects to abstract thinking in elementary school mathematics. *School Science and Mathematics*, v. 86, n. 6, p. 468–479, 1986.
- BITTENCOURT, F. *O tratamento dado à História da Biologia nos livros didáticos brasileiros recomendados pelo PNLEM-2007: análise das contribuições de Gregor Mendel*. São Paulo, 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto Interunidades da Universidade de São Paulo.
- BONAUDI, F. *et al.* Quelques aspects des relations scientifiques entre Genève et l'Italie du XVIème Siècle à nos jours. *Archives des Sciences*, v. 45, n. 3, p. 279–295, 1992.
- BORTOLETTO, D.; BORUCHOVITCH, E. Learning Strategies and Emotional Regulation of Pedagogy Students. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, v. 23, n. 55, p. 235–242, 2013.
- BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (9394/96)*. Brasília: MEC, 1996.
- BRASIL. Lei no 11.794, de 8 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do § 1o do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2007-2010/2008/Lei/L11794.h. , 2008.

BROPHY, J. Conceptualizing Student motivation. *Educational Psychologist*, v. 18, n. 3, p. 200–215, 1983.

BROWN, A. L. Design Experiments: Theoretical and Methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of Learning Sciences*, v. 2, p. 141–178, 1992.

BZUNECK, J. A. *A motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea*. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2001.

BZUNECK, J. A. A motivação do aluno: Aspectos introdutórios. In: E. Boruchovitch; J. A. Bzuneck (Eds.); *Motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea*. p.09–36, 2004. Petrópolis, RJ: Editora Vozes.

BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. A promoção da autonomia como estratégia motivacional na escola: uma análise teórica e empírica. In: E. J. Boruchovitch; A. Bzuneck; S. E. R. Guimarães (Eds.); *Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo*. p.43–70, 2010. Petrópolis RJ: Editora Vozes.

CACHAPUZ, A.; GIL-PERZ, D.; CARVALHO, A. M. P. DE; VILCHES, A. *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, E. C.; PRESTES, M. E. B. Lazzaro Spallanzani e a geração espontânea: os experimentos e a controvérsia. *Revista da Biologia*, v. 9, n. 2, p. 1–6, 2012.

CASTELANI, C. *Un itinerario culturale: Lazzaro Spallanzani*. Firenze: Olschki, 2001.

CHANG, H. How Historical Experiments Can Improve Scientific Knowledge and Science Education: The Cases of Boiling Water and Electrochemistry. *Science & Education*, v. 20, p. 317–341, 2011.

CHAPEL, F. M. *The use of the history of science as a motivational tool in middle school science*. Ann Harbor, 2004. Tese (Doctor of Education) - Fielding Graduate Institute.

CHEN, S. Development of an Instrument to Assess Views on Nature of Science and Attitudes Toward Teaching Science. *Science Education*, v. 90, n. 5, p. 803–819, 2006.

CHERUBINI, M.; GASH, H.; MCCLOUGHLIN, T. The DigitalSeed: an interactive toy for investigating plants. *Journal of Biological Education*, v. 42, n. 3, p. 123–129, 2008.

COLLINS, A. Toward a Design Science of Education. In: E. Scanlon; T. O'Shea (Eds.); *New directions in Educational Technology*, 1992. New York: Springer-Verlag.

COLLINS, A. The Changing Infrastructure of Education Research. In: E. Lagermam; L. Shulman (Eds.); *Issues in Education Research: Problems and Possibilities*, 1999. San Francisco: Jossey-Bass.

COLLINS, F.; GREEN, E.; GUTTMACHER, A.; GUYER, M. A vision for the future of genomics research. *Nature*, v. 422, n. 24, p. 835–847, 2003.

CSIKSZENTMIHALYI, M. *A psicologia da felicidade*. São Paulo: Saraiva, 1992.

CSIKSZENTMIHALYI, M.; LEFEVRE, J. The experience of work and leisure. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 56, p. 815–822, 1987.

CUBAN, L. *Oversold and underused: Computers in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2001.

DAY, C.; LEITCH, R. Teachers' and teacher educators' lives: the role of emotion. *Teaching and Teacher Education*, v. 17, p. 403–415, 2001.

DECI, E. L. Effects of externally mediated rewards on intrinsic motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 18, p. 105–115, 1971.

DECI, E. L. *Intrinsic motivation*. New York: Plenum, 1975.

DECI, E. L.; CASCIO, W. F. Changes in intrinsic motivation as a function of negative feedback and threats. *Presented at the meeting of the Eastern Psychological Association, Boston*, 1972.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. The 'what?' and 'why?' of goal pursuits: Human needs and self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, v. 11, n. 4, p. 227–268, 2000.

DEVONS, S.; HARTMANN, L. A history-of-physics laboratory. *Physics Today*, v. 23, n. 2, p. 44–49, 1970.

DEWHURST, D. G.; BROWN, G. J.; MEEHAN, A. S. Computer simulations - an alternative to the use of animals in teaching? *Journal of Biological Education*, v. 22, n. 1, p. 19–22, 1988.

DI PIETRO, P. Lazzaro Spallanzani. Modena: Aedes Muratoriana. *Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi – Biblioteca Nuova Serie*, 43, 1979.

DI PIETRO, P. Rapporti tra Lazzaro Spallanzani e gli scienziati svizzeri. In: G. MONTALENTI; P. ROSSI (Eds.); *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento*, p.213–225, 1982. Firenze: Olschki.

DI PIETRO, P. *La Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani. Parte terza, Scritti letterari*. Modena: Mucchi, 1994.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: C. C. SILVA (Ed.); *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. p.3–21, 2006. São Paulo: Editora Livraria da Física.

ERGAZAKI, M.; ZOGZA, V. Exploring lake ecology in a computer-supported learning environment. *Journal of Biological Education*, v. 42, n. 2, p. 90–94, 2008.

FARIA, F. F. DE A.; PRESTES, M. E. B. Discussões de Lazzaro Spallanzani sobre a origem e constituição dos fósseis. *Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 1, p. 73–96, 2010.

FINI, M. I. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia*. São Paulo: Secretaria da Educação, 2008.

FORATO, T. C. DE M.; MARTINS, R. DE A.; PIETROCOLA, M. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: L. O. Q. PEDUZZI; A. F. P. MARTINS; J. M. H. FERREIRA (Eds.); *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. p.123–154, 2012. Natal: EDUFERN.

FREY, D. D.; DYM, C. L. Validation of design methods: Lessons from medicine. *Research in Engineering Design*, v. 17, p. 45-57, 2006.

GALGANO, M. La biologia sessuale degli anfibii e le osservazioni di Spallanzani. *Atti del Simposio Internazionale di Biologia Sperimentale, Celebrazioni Spallanzaniane (Regio E. - Pavia, 2-7 maggio 1959)*. p. 278–297, 1962. Reggio Emilia: Tecnostampa.

GIL - PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma Imagem Não-deformada do Trabalho Científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.

GIORDAN, A. *Historie de la biologie*. Paries: Lavoisier, 1987.

GLÄSER-ZIKUDA, M.; FUS, S.; LAUKENMANN, M.; METZ, K.; RANDLER, C. Promoting Students' Emotions and Achievement – Conception and Evaluation of the ECOLE Approach. *Learning and Instruction*, v. 15, p. 481–495, 2005.

GOYA, A.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. Crenças de eficácia de professores e motivação de adolescentes para aprender física. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 12, n. 2, p. 51–67, 2008.

GREENO, J. G.; COLLINS, A. M.; RESNICK, L. B. Cognition and learning. In: R. C. Calfee (Ed.); *Handbook of Educational Psychology*, 1996. New York: Macmillan Library Reference.

GRMEK, M. D. L'apport des correspondants genevois de Spallanzani a la methodologie experimentale. *Gesnerus: Revue Trimestrielle publiee par la Societe d'Histoire de la Medecine et des Sciences Naturelles*, v. 48, p. 287–306, 1991.

GUIMARÃES, S. E. R.; BORUCHOVITCH, E. O estilo motivacional do professor e a motivação intrínseca dos estudantes: uma perspectiva da teoria da autodeterminação. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 17, n. 2, p. 143–150, 2004.

GUIMARÃES, S. E. R. *Avaliação do estilo motivacional do professor: adaptação e validação de um instrumento*. Campinas, 2003. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, UNICAMP.

HARGAVE, C. P.; KENTON, J. M. Pre-Instructional Simulations: Implications for Science classroom teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, v. 19, n. 1, p. 47–58, 2001.

HARGREAVES, A. *Os professores em tempo de mudança*. Alfragide, Portugal: McGraw-Hill, 1998.

HARGREAVES, A. Mixed emotions: teachers' perceptions of their interactions with students. *Teaching and Teacher Education*, v. 16, p. 811–826, 2000a.

HARGREAVES, A. Educational change takes ages: Life, career and generational factors in teachers' emotional responses to educational change. *Teaching and Teacher Education*, v. 16, n. 8, p. 811–826, 2000b.

HEERING, P. Getting shocks: Teaching secondary school physics through history. *Science & Education*, v. 9, p. 363–373, 2000.

HENDERSON, L.; ESHET, Y.; KLEMES, J. Under the microscope: Factors influencing student outcomes in a computer integrated classroom. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, v. 19, n. 3, p. 211–236, 2000.

HIDI, S. Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, v. 60, p. 549–571, 1990.

HODDESON, L. H. Pilot experience of teaching a history of physics laboratory. *American Journal of Physics*, v. 39, p. 924–928, 1971.

HONEY, M. *Benefits of educational technology - Testimony and Statement for the Record of Margaret Honey*. Washington, DC: Education Development Center, 2001.

HÖTTECKE, D. How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. *Science & Education*, v. 9, p. 343–362, 2000.

HUPPERT, J.; LOMASK, S.; LAZAROWITZ, R. Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 8, p. 803–821, 2002.

JENSEN, G. M.; PRESTES, M. E. B. As pesquisas de Lazzaro Spallanzani sobre o fenômeno de entorpecimento e dor causado pelos torpedos. *Filosofia e História da Biologia*, v. 6, n. 2, p. 227–250, 2011.

JONG, T. DE; JOOLINGEN, W. VAN. Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, v. 68, n. 2, p. 179–201, 1998.

JOU, G. I.; SPERB, T. M. A metacognição como estratégia reguladora da aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 19, n. 2, p. 177–189, 2006.

KAPA, E. Problem Solving, Planning ability and Sharing Processes There are several reasons why VR should be regarded useful with LOGO. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 15, p. 73–84, 1999.

KEARNEY, M. Classroom Use of Multimedia-Supported Predict–Observe–Explain Tasks in a Social Constructivist Learning Environment. *Research in Science Education*, v. 34, p. 427–453, 2004.

KRAGH, H. *Introdução à historiografia da ciência*. Porto: Porto, 2001.

KRAJŠEK, S. S.; VILHAR, B. Active teaching of diffusion through history of science, computer animation and role playing. *Journal of Biological Education*, v. 44, n. 3, p. 116–122, 2010.

LEDERMAN, N. G. “Students” and “teachers’ conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, p. 331–359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: past, present and future. In: S. ABELL; N. LEDERMAN (Eds.); *Handbook of research on science education*. p.831–880, 2007. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

LEE, J. Effectiveness of computer-based instructional simulation: a meta-analysis. *International Journal of Instructional Media*, v. 26, n. 1, p. 71–85, 1999.

LOURENÇO, A.; PAIVA, M. DE. A motivação escolar eo processo de aprendizagem. *Ciências e Cognição*, v. 15, n. 2, p. 132–141, 2010.

LUTTERSCHMIDT, W.; SCHAEFER, J. A computer simulation for demonstrating and modelling predatorprey oscillations. *Journal of Biological Education*, v. 31, n. 3, p. 221–227, 1997.

MAANI, K. E.; MAHARAJ, V. Links between systems thinking and complex decision making. *Systems Dynamics Review*, v. 20, n. 1, p. 21–48, 2004.

MARTINELLI, S. C.; BARTHOLOMEU, D. Escala de motivação escolar: uma medida de motivação extrínseca e intrínseca. *Avaliação Psicológica*, v. 6, n. 1, p. 21–31, 2007.

MARTINELLI, S.; SASSI, A. G. Relações entre autoeficácia e motivação acadêmica. *Psicologia: ciência e profissão*, v. 30, n. 43, p. 780–791, 2010.

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, I. Explicações, representações visuais e retórica na sala de aula de Ciências. In: E. F. MORTIMER; A. L. B. SMOLKA (Eds.); *Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. p.139–150, 2001. Belo Horizonte: Autêntica.

MARTINS, L. A. C. P. A História da Ciência e o Ensino da Biologia. *Ciência & Ensino*, n. 5, p. 18–21, 1998.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, v. 9, p. 3–5, 1990.

MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: the role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.

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.

MATTHEWS, M. R.; GAULD, C.; STINNER, A. The pendulum: Its place in science, culture and pedagogy. *Science & Education*, v. 13, p. 261–277, 2004.

MCCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The Nature of Science in Science Education: an introduction. *Science & Education*, v. 7, p. 511–532, 1998.

MEANS, B.; BLANDO, J.; OLSON, K.; *et al.* *Using technology to support education reform*. Washington, DC: Department of Education, Office of Educational Research and Improvement, 1993.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: K. BOERSMA; M. GOEDHART; O. DE JONG; H. EIJKELHOF (Eds.); *Research and the quality of science education*. p.195–207, 2005. Dordrecht: Springer.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 5, p. 515–535, 2004.

MIKROPOULOS, T. A.; KATSIKIS, A.; NIKOLOU, E.; TSAKALIS, P. Virtual environments in biology teaching. *Journal of Biological Education*, v. 37, n. 4, p. 176–181, 2003.

MISTLER-JACKSON, M.; SONGER, N. B. Student Motivation and Internet Technology: Are Students Empowered to Learn Science? *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 5, p. 459–479, 2000.

MONAGHAN, J.; CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 9, p. 931–944, 1999.

MONTALENTI, G. *Lazzaro Spallanzani*. Milano: Casa Editrice Giacomo Agnelli, 1928.

MONTI, M. T. Le “réseau” de Spallanzani: circulation de théories, procédures et specimens. *History and Philosophy of the Life Sciences*, v. 26, n. 2, p. 137–155, 2004.

MOORE, S. L. David H. Rose, Anne Meyer, Teaching Every Student in the Digital Age: Universal Design for Learning. *Educational Technology Research and Development*, v. 55, n. 5, p. 521–525, 2007.

MOURET, H. *L'élevage des amphibiens*. Paris: Philippe Gérard, 2001.

MURPHY, P. J. Computer simulations in biological education: analogues or models? *Journal of Biological Education*, v. 20, n. 3, p. 201–206, 1986.

NEVES, E. R. C.; BORUCHOVITCH, E. A Motivação de Alunos no Contexto da Progressão Continuada. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 20, n. 1, p. 77–85, 2004.

OKI, M. C. M. O Ensino de História da Química: Contribuindo para a Compreensão da Natureza da Ciência. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 1, p. 67–88, 2008.

PAJARES, F. Self-efficacy beliefs in academic settings. *Review of Educational Research*, v. 66, p. 543–578, 1996.

PAJARES, F.; SCHUNK, D. H. Self-beliefs and school success: Self-efficacy, self-concept and school achievement. In: R. E. Rayner (Ed.); *Perception*. p.239–266, 2001. London: Ablexpublishing.

PALMER, D. H. Student interest generated during an inquiry skills lesson. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 2, p. 147–165, 2009.

PEAT, M.; FERNANDEZ, A. The role of information technology in biology education: an Australian perspective. *Journal of Biological Education*, v. 34, n. 2, p. 69–73, 2000.

PEKRUN, R.; GOETZ, T.; DANIELS, L. M.; STUPNISKY, R. H.; PERRY, R. P. Boredom in achievement settings: Exploring control–value antecedents and performance outcomes of a neglected emotion. *Journal of Educational Psychology*, v. 102, n. 3, p. 531–549, 2010.

PETERS, E. E. Developing Content Knowledge in Students Through Explicit Teaching of the Nature of Science: Influences of Goal Setting and Self Monitoring. *Science & Education*, v. 21, n. 6, p. 881–898, 2012.

PIAGET, J. *O nascimento da inteligência na criança*. 4. ed ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

PIAGET, J.; FRAISSE, P. *Tratado de psicologia experimental: motivação, emoção e personalidade*. Rio de Janeiro: Florense, 1969.

PIETROCOLA, M. A História e a Epistemologia no Ensino de Ciências: dos processos aos modelos de realidade na Educação Científica. In: A. M. R. Andrade (Ed.); *Ciência em Perspectiva. Estudos, Ensaio e Debates*. p.133–149, 2003. Rio de Janeiro: MAST/SBHC.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: T. Plomp; N. Nieveen (Eds.); *An introduction to educational design research. Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007*. p. 9–35, 2009. Enschede: Axis Media-ontwerpers.

POUGH, F. H. *et al. Herpetology*. London: Prentice Hall, 1998.

PRANDI, D. *Bibliografia di Lazzaro Spallanzani*. Firenze: Sansoni Antiquariato, 1951.

PRESTES, M. E. B. *A biologia experimental de Lazzaro Spallanzani (1729-1799)*. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

PRESTES, M. E. B. Parâmetros Metodológicos da Pesquisa de Lazzaro Spallanzani. *Circumscribere*, v. 2, p. 26–33, 2007.

PRESTES, M. E. B. Lazzaro Spallanzani ea criação da disciplina de História Natural na Universidade de Pavia, em 1769. *Filosofia e História da Biologia*, v. 6, n. 2, p. 313–342, 2011.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução: A importância da História da Ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 1–16, 2009.

PRESTES, M. E. B.; FARIA, F. F. DE A. Lazzaro Spallanzani and fossils: from a naturalist s travel observations to the teaching of natural history. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 18, p. 1005–1020, 2011.

PRESTES, M. E. B.; JENSEN, G. M. Lazzaro Spallanzani e o debate sobre a ocorrência de fósseis de organismos marinhos sobre as montanhas. *Boletim de História e Filosofia da Biologia*, v. 3, p. 4–8, 2009.

PRESTES, M. E. B.; JENSEN, G. M. Lazzaro Spallanzani e o debate sobre a ocorrência de fósseis de organismos marinhos sobre as montanhas (2). *Boletim de História e Filosofia da Biologia*, v. 4, p. 6–9, 2010.

PRESTES, M. E. B.; MARTINS, L. A. C. P. História da Biologia no Ensino: Needham, Spallanzani e a geração espontânea. In: A. M. de A. CALDEIRA; E. S. N. N. de ARAUJO (Eds.); *Introdução à didática da biologia*. p. 80–91, 2010. São Paulo: Escrituras.

RAMASUNDARAM, V.; GRUNWALD, S.; MANGEOT, A.; COMERFORD, N. B.; BLISS, C. M. Development of an environmental virtual field laboratory. *Computers & Education*, v. 45, n. 1, p. 21–34, 2005.

RANDLER, C. ASSOCIATION BETWEEN EMOTIONAL VARIABLES AND SCHOOL ACHIEVEMENT. *International Journal of Instruction*, v. 2, n. 2, p. 3–10, 2009.

RANDLER, C.; HUMMEL, E.; GLASER-ZIKUDA, M.; *et al.* Reliability and Validation of a Short Scale to Measure Situational Emotions in Science Education. *International Journal of Environmental & and Science Education*, v. 6, n. 4, p. 359–370, 2011.

RATCLIFF, M. Le diathème, un outil d'interpretation pour l'histoire des sciences? *Archives des Sciences*, v. 45, n. 3, p. 351–369, 1992.

REEVE, J.; DECI, E. L.; RYAN, R. M. Self-determination theory. A dialectical framework for understand sociocultural influences on student motivation. In: D. M. McInerney; S. Van Etten (Eds.); *Big theories revisited*. p. 31–60, 2004. Connecticut: Information Age Publishing.

RÊGO, C. C. DE A. B.; ROCHA, N. Avaliando a educação emocional: subsídios para um repensar da sala de aula. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 17, n. 62, p. 135–152, 2009.

REID, D. V.; HODSON, D. *Ciência para todos en secundaria*. Madrid: Narcea, 1993.

REIS, P. Uma Iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula. *Revista Interações*, n. 4, p. 64–107, 2006.

RIESS, F. History of physics in science teacher training in Oldenburg. *Science & Education*, v. 9, p. 399–402, 2000.

ROGER, J. *Les sciences de la vie dans la pensée française aux XVIIIe siècle*. Paris: Seghers, 1962.

RUDOLPH, G. La physiologie de Haller. *Dix-Huitième Siècle*, v. 23, p. 75–84, 1991.

RUFINI, S. É.; BZUNECK, J. A.; OLIVEIRA, K. L. DE. Estudo de validação de uma medida de avaliação da motivação para alunos do ensino fundamental. *Psico- USF*, v. 16, n. 1, p. 1–9, 2011.

RYAN, R.; DECI, E. Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, v. 25, p. 54–67, 2000.

RYAN, R. M.; WEINSTEIN, N. Undermining quality teaching and learning. A self-determination theory perspective on high- stakes testing. *Theory and Research in Education*, v. 7, n. 2, p. 224–233, 2009.

SALES, G. L.; VASCONCELOS, F. H. L.; FILHO, J. A. DE C.; PEQUENO, M. C. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, v. 30, n. 3, p. 3501–13, 2008.

SARMENTO, A. C. DE H.; MUNIZ, C. R. R.; SILVA, N. R. DA; *et al.* Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 19, n. 3, p. 573–598, 2013. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, campus de Bauru.

SCHACTER, J. *The impact of education technology on student achievement: What the most current research has to say*. Santa Monica, CA: Milken Exchange on Education Technology, 1999.

SCOTT, C.; DINHAM, S. The development of scales to measure teacher and school executive occupational satisfaction. *Journal of Educational Administration*, v. 41, n. 1, p. 74–86, 2003.

SHIM, K.-C.; PARK, J.-S.; KIM, H.-S.; *et al.* Application of virtual reality technology in biology education. *Journal of Biological Education*, v. 37, n. 2, p. 71–74, 2003.

SILVA, C. C. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. DE A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 1, p. 53–65, 2003.

SILVA, T. T. DA. *Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva*. São Paulo, 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto Interunidades da Universidade de São Paulo.

SIVIN-KACHALA, J.; BIALO, E. *2000 research report on the effectiveness of technology in schools*. 2000.

SMETANA, L. K.; BELL, R. L. Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 9, p. 1337–1370, 2012.

SONGER, N. B. Digital Resources Cognitive Tools: A Discussion of Learning Science with Technology. In: S. K. Abell; N. G. Lederma (Eds.); *Handbook of Research on Science Education*. p. 471–491, 2013. New York: Focal Press.

SPALLANZANI, Lazzaro. *Dissertationi due dell'Abate Spallanzani. Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei Signori di Needham, e Buffon. De Lapidibus ab aqua resilientibus Dissertatio*. Modena: Eridi Bart. Soliani, 1765.

- Reedição: Opere scelte di Lazzaro Spallanzani. A cura di Carlo Castellani. Torino: Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1978. p. 277-352

SUTTON, R. Emotional regulation goals and strategies of teachers. *Social Psychology of Education*, n. 7, p. 379–398, 2004.

TAPIA, J. A.; GARCIA-CELAY, I. M. Motivação e aprendizagem escolar. In: C. Coll; J. Palácios; A. Marchesi (Eds.); *Desenvolvimento psicológico e educação: Psicologia da Educação*. p.161–175, 1996. Porto Alegre: Artes Médicas.

TAPIA, J. A.; MONTEIRO, I. Orientação motivacional e estratégias motivadoras na aprendizagem escolar. In: C. Coll; J. Palácios; Á. Marchesi (Eds.); *Desenvolvimento psicológico e educação: Psicologia e Educação*. p. 177–192, 2000. Porto Alegre: Artes Médicas.

TOHIDI, H.; JABBARI, M. M. The effects of motivation in education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 31, p. 820–824, 2012.

TUAN, H.-L.; CHIN, C.-C.; SHIEH, S.-H. The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, v. 27, n. 6, p. 639–654, 2005.

VACCARI, E. Lazzaro Spallanzani (1729-1799) : un naturaliste italien du dix-huitième siècle et sa contribution aux sciences de la terre. *Travaux du comité français d'histoire de la géologie*, p. 1–8, 1996.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, F. J. *Fundamentação Teórica sobre a informática na educação no Brasil. Ser Professor Universitário* - Data de publicação no site: 28/03/2005 <http://www.serprofessoruniversitario.pro.br/ler.php?modulo=18&texto=1087-> acesso em 11/10/08

VANVEEN, K.; LASKY, S. Emotions as lens to explore teacher identity no change: Different theoretical approaches. *Editorial. Teaching and Teacher Education*, n. 21, p. 895–898, 2005.

VELLE, L. B. LA. “Virtual” teaching, real learning? *Journal of Biological Education*, v. 36, n. 2, p. 56–57, 2002.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WANG, F.; HANNAFIN, M. J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Education Technology Research and Development*, v. 53, n. 4, p. 5–23, 2005.

WANG, S.-K.; REEVES, T. C. The effects of a web-based learning environment on student motivation in a high school earth science course. *Educational Technology Research and Development*, v. 55, n. 2, p. 169–192, 2007.

WHITAKER, M. A. History and Quasi-history in Physics Education. *Physics Education*, v. 14, p. 108–112 / 239–242, 1979.

WINOGRAD, K. The functions of teacher emotions: the good, the bad and the ugly. *Teachers College Record*, v. 105, n. 9, p. 1641–1673, 2003.

ZEMBYLAS, M. Emotion metaphors and emotional labor in science teaching. *Science Education*, n. 88, p. 301–324, 2004.

ZEMBYLAS, M. Discursive practices, genealogies, and emotional rules: A poststructuralist view on emotion and identity in teaching. *Teaching and Teacher Education*, n. 21, p. 935–948, 2005.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS 1 e 2

Questionário 1- Familiarização com o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação

Pergunta 1 - Você considera importante o uso de TICs no ensino de biologia?

Pergunta 2 - Você usa alguma TICs para estudar biologia?

Pergunta 3 - Das TICs existentes indique as que você usa para estudar biologia?

Pergunta 4 - Quais assuntos de biologia as TICs facilitaram seu aprendizado?

Pergunta 5 - Dos que tem acesso ao computador para estudar biologia, quais são os locais de acesso?

Questionário 2 - Familiarização com a abordagem inclusiva da História da Biologia.

Pergunta 1- Você já ouviu falar em HB?

Pergunta 2 - Você já participou de alguma aula que o professor utilizou com abordagens históricas como estratégia para ensinar Biologia?

Pergunta 3 - Você considera importante o uso da HB no ensino de Biologia.

APÊNDICE B

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Experimentos de Lazzaro Spallanzani sobre reprodução animal

Público-alvo: Estudantes do 3º ano do Ensino Médio, da Rede Estadual de Educação **Tempo**

estimado: 8 aulas consecutivas, de 50 minutos/cada.

Duração: 4 dias.

Competências: Os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) dos variados níveis de ensino e uma diversidade de outros documentos oficiais referentes à educação no Brasil, como por exemplo, o Currículo Oficial do Estado de São Paulo, tem colocado - em consonância com uma disposição mundial - a necessidade de centrar o ensino e aprendizagem no desenvolvimento de competências e habilidades por parte do aluno, em lugar de centrá-lo no conteúdo conceitual. Assim, direcionamos o foco do processo de ensino e aprendizagem para o desenvolvimento de competências e habilidades e ressaltamos que essas necessitam ser vistas, em si, como objetivos de ensino. Desse modo, destacamos as competências⁵³ do Grupo III trabalhadas nas atividades da Sequência Didática e analisadas *à posteriori*:: Competências de compreensão, implicando o uso de esquemas operatórios.

As competências relativas a esse Grupo III devem ser analisadas em duas perspectivas. Primeiro, estão presentes e são mesmo essenciais às competências cognitivas ou às operações mentais. Porém, quando referidas a eles, têm um lugar de meio ou condição, mas não de fim. Ou seja, atuam de modo a possibilitar realizações via esquemas procedimentais ou leituras via esquemas de representação. Como Grupo III, estes esquemas ou competências

⁵³ Competências e Habilidades em conformidade com o currículo oficial do Estado de São Paulo. SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia*. Coordenadora Maria Inês Fini. São Paulo: 2008

expressam-se de modo consciente e permitem compreensões próprias a este nível de elaboração cognitiva. Por essa razão possibilitam, por suas coordenações, planejamento e escolha de estratégias para resolver problemas ou realizar tarefas pouco prováveis, ou mesmo impossíveis nos níveis anteriores. Referem-se, assim, a operações mentais mais complexas, que envolvem pensamento proposicional ou combinatório, graças ao qual o raciocínio pode ser agora hipotético-dedutivo.

Habilidades:

- Analisar objetos, fatos, acontecimentos, situações, com base em princípios, padrões e valores.
- Aplicar relações já estabelecidas anteriormente ou conhecimentos já construídos a contextos e situações diferentes; aplicar princípios a novas situações, para tomar decisões, solucionar problemas e fazer prognósticos.
- Avaliar, isto é, emitir julgamentos de valor referentes a acontecimentos, decisões, situações, avaliar grandezas, objetos e textos.
- Criticar, analisar e julgar (com base em padrões e valores) opiniões, textos, situações, resultados de experiências, soluções para situações-problema, diferentes posições assumidas diante de uma situação.
- Explicar causas e efeitos de uma determinada sequência de acontecimentos.
- Apresentar conclusões a respeito de ideias, textos, acontecimentos, situações.
- Levantar suposições sobre as causas e efeitos de fenômenos e acontecimentos.
- Fazer prognósticos com base em dados já obtidos sobre transformações em objetos, situações, acontecimentos e fenômenos.

- Fazer generalizações (indutivas) a partir de leis ou de relações descobertas ou estabelecidas em situações diferentes, isto é, estender de alguns para todos os casos semelhantes.
- Fazer generalizações (construtivas) fundamentadas ou referentes às operações do sujeito, com produção de novas formas e de novos conteúdos.
- Justificar acontecimentos, resultados de experiências, opiniões, interpretações e decisões.

Objetivo geral:

A partir da replicação de experimentos clássicos, uma das diversas aplicações da história da ciência no ensino, fomentar reflexão e discussão sobre temas relativos à reprodução, reprodução de anfíbios, desenvolvimento embrionário e aspectos da natureza da ciência.

Objetivos específicos:

Ao concluir a aplicação da sequência didática, após leituras, reflexão e experiências, esperamos que o aluno alcance aspectos da natureza da ciência e alguns conceitos importantes ao desenvolvimento de competências e habilidades:

- Conceitos relativos à reprodução, tipos, nomenclatura anatômica, mecanismos e princípios do início do desenvolvimento embrionário (conceitos gerais do processo ontogenético pré-natal).
- As controvérsias no âmbito das ciências da natureza sempre foram comuns, logo a natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidades.
- A influência da cultura e das teorias sobre as observações e experiências.
- A participação do contexto sociocultural de cada época na atividade científica.
- Teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir de experiências.

- A construção do conhecimento científico é baseada fortemente na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo, mas não inteiramente, ou seja, embora as teorias científicas não sejam provadas definitivamente, são conclusões importantes, a partir de um trabalho especializado, que exige muito investimento, recorrente a experimentos, muito estudos teórico e uma fundamentação bastante rigorosa.

Proposta da Sequência Didática:

Nesta sequência didática os conceitos de reprodução relacionam aspectos da reprodução de anfíbios cotejando, sempre que possível outros grupos de animais. Destacam-se os seguintes temas: tipos de reprodução, anatomia, mecanismos físicos e fisiológicos da reprodução e conceitos do início do desenvolvimento embrionário, que são trabalhados em episódios históricos com a replicação dos experimentos clássicos em simulação virtual feitos em *Adobe® Flash® Player software* que permite exibir conteúdo e aplicativos interativos. Assim, com a utilização de imagens ilustrativas e/ou animações, busca-se tornar o aluno partícipe da ação, do desenvolvimento e implementação do experimento, motivando-o a assumir o papel do experimentador.

Além disso, aspectos da natureza da ciência também são tratados tanto com a replicação dos experimentos, como pela leitura, discussão dos textos, debate em grupo e com a participação dos alunos na elaboração de um roteiro para peça de teatro. Os textos incluem roteiro para leitura e questões que pretendem ser provocativas e reflexivas para a construção de discursos argumentativos.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DAS AULAS

PRIMEIRO MOMENTO: As teorias da reprodução

DURAÇÃO – 01 aula de 50 minutos

Apresentação e introdução do tema do curso. Para inserir a reprodução de anfíbios no contexto da sequência didática, foi escolhido um episódio para promover uma reflexão sobre reprodução, que já no século XVIII já era tomada como um processo essencial para a perpetuação da vida no planeta, uma vez que pesquisas no século XVIII indicavam a reprodução como um tema universal entre os seres vivos. Dada sua grande importância na época (também nos dias atuais) e a necessidade de apresentar uma visão geral da história da ciência como construída no contexto de cada época, este tema merece um tratamento histórico- contemplativo dos diversos níveis de entendimento do processo de reprodução concebidos ao longo de tempo.

Atividade examinando a situação-problema: “Concepções ao longo do tempo sobre reprodução”, no qual os alunos conhecerão alguns instrumentos de observação usados nas pesquisas em seres vivos no passado e com o auxílio de textos elaborarão suposições a respeito de como os pesquisadores desenvolviam suas pesquisas na época.

HABILIDADES – Analisar objetos, fatos, acontecimentos, situações, com base em princípios, padrões e valores; avaliar, isto é, emitir julgamentos de valor referentes a acontecimentos, decisões, situações, avaliar grandezas, objetos e textos; apresentar conclusões a respeito de ideias, textos, acontecimentos, situações.

OBJETIVOS – Introdução ao tema Reprodução: Aplicação da importância dos estudos sobre reprodução a outras situações relativas às dificuldades dos naturalistas experimentadores;

ESTRATÉGIAS – Para iniciar o primeiro momento, o professor dividirá a sala em 4 grupos com 5 ou 6 alunos em cada grupo, entregará o material de apoio, texto 1⁵⁴ (dividido em duas partes com um tratamento histórico do tema reprodução). Em seguida, apresenta cenário 1 feito com animações em *Adobe® Flash®* que poderá ser apresentado em projetor de multimídia ou em computadores da sala de informática, no qual, ao passar o *cursor* pela imagem, a animação possibilita uma interação com o aluno e aproxima-se permitindo uma visão detalhada do instrumento de observação usado nas experiências sobre reprodução, esse tratamento histórico contemplando diversos níveis de entendimento do processo de reprodução concebidos ao longo de tempo associado as animações permitirá envolver e provocar o aluno para os próximos momentos da sequência didática.

A seguir, a proposta da elaboração de uma linha cronológica para que os alunos coloquem numa sequência cronológica os filósofos e naturalistas, presentes no texto 1, suas pesquisas sobre reprodução e, além disso, contextualizar com outros episódios e personagens da história que os alunos deverão pesquisar para próxima aula. O cartaz (em cartolina) deverá ser concluído pelos alunos na aula seguinte. Inicialmente, haverá apenas a apresentação dos naturalistas que estudaram o tema reprodução. Para, o fechamento da atividade, que será na aula seguinte, os alunos deverão pesquisar em livros de história, internet e outras fontes, fatos e personagens históricos que serão incluídos na linha cronológica a fim de contextualizar e perceber a ciência como atividade humana - construída ao longo da história e sujeita às influências culturais de diversos povos e época.

Cada grupo, além da linha do tempo, deverá refletir sobre hipóteses dos naturalistas, instrumentos de observação disponíveis, bem como, conhecimento da época para escrever

⁵⁴ Todos os textos, imagens e ilustrações (em construção) que serão utilizados pelos alunos na Sequência Didática segue anexo no final do relatório.

modelos explicativos a respeito das dificuldades enfrentadas pelos naturalistas ao desenvolverem suas pesquisas e como eles dirimiram suas questões com o conhecimento e instrumentos existentes à época.

Em todos os momentos, os alunos deverão fazer anotações de todos os processos envolvidos nas atividades em “diários de bordo”, que junto com outras fontes serão objetos de análise.

MATERIAL – Cenário 01; animações com imagens ilustrativas dos instrumentos utilizados; texto 01e 02; orientações; cartolina; computador com data show.

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
1) As teorias da reprodução	Apresentação	5 min
	Preparação da sala e leitura dos textos	10 min
	Interação dos alunos com as animações	20 min
	Planejamento da linha cronológica e conclusões parciais	15 min

SEGUNDO MOMENTO: Introdução ao uso da História da Biologia**DURAÇÃO** – 01 aula de 50 minutos

Com o desenvolvimento de situações problematizadoras e desafiadoras levantadas através da leitura, reflexão e discussões de textos, o segundo momento tem propósito de tornar explícito e motivar para proposta de trabalhar com o a Historia da Biologia. Assim como, com a abordagem inclusiva de experimentos clássicos e trabalhar com a replicação virtual de alguns experimentos de Lázaro Spallanzani, destacando sua importância para o ensino da Biologia com o desenvolvimento de competências – indicadas em vários documentos oficiais do Brasil (PCNs, e currículo oficial do Estado de São Paulo). Além disso, com esta atividade é possível conferir importância necessária aos aspectos que os alunos apresentam dificuldades sobre da Natureza da Ciência; buscar a compreensão da Natureza da Ciência (NdC) na escola de Ensino Médio como um pré-requisito fundamental para compreender o processo gradativo de construção do conhecimento.

Dessa forma, permitir uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos e suas limitações. Evitando assim, que o aluno tenha uma compreensão do desenvolvimento da ciência como linear, rígida, exata e infalível ignorando o caráter tentativo e a incerteza.

HABILIDADES – Criticar, analisar e julgar (com base em padrões e valores) opiniões, textos, situações, resultados de experiências, soluções para situações-problema, diferentes posições assumidas diante de uma situação;

OBJETIVO – Criticar a aprendizagem descontextualizada, oferecendo um recurso para trabalhar com situações problematizadoras e desafiadoras com a abordagem inclusiva da História da Biologia. Analisar o uso da replicação de experimentos clássicos de Lazzaro Spallanzani e seu contexto histórico, para compreensão de aspectos importantes da natureza

da ciência como: a natureza não fornece evidências suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidade, os critérios aceitos para a construção do conhecimento científico mudam de época para época e de cultura para cultura.

ESTRATÉGIAS – O professor organizará a sala em 4 grupos com 5 ou 6 alunos para a leitura, reflexão e discussão de textos sobre a História da Biologia no ensino médio. Os estudantes organizados em grupos, com a seguinte disposição: dois grupos para leitura do texto 3 (História da Biologia no Ensino) e texto 4 (Dados biográficos de Lazzaro Spallanzani); e os outros dois grupos os textos 3 e 5 (A pesquisa experimental sobre seres vivos no século XVIII). Assim, cada grupo fará a leitura de um texto sobre as aplicações da História da Biologia no ensino e o outro sobre a História da Biologia propriamente dita.

Com isso cada participante trabalhará aspectos da História da Biologia importantes para ensino médio, bem como, experimentará a impressão produzida por um texto de História da Biologia. Após a discussão, cada grupo apresentará uma síntese, ou seja, uma sistematização da discussão do grupo sobre a importância da História da Biologia para a formação em nível médio e suas percepções.

Com opiniões dos participantes do grupo e uma análise crítica dos textos será realizada uma discussão geral com toda a turma com mediação do professor o qual organizará tópicos centrais favorecendo a discussão de com questões como: a História da Biologia pode contribuir para a formação do aluno de ensino médio? Por que é importante conhecer o processo da construção do conhecimento? A História da Biologia é feita de grandes gênios que tiveram grandes ideias para resolver os problemas da sociedade da época? Se os gênios sempre existiram, por que atualmente é mais difícil encontrarmos um? Ao retratarmos erros e interpretações alternativas da História da Biologia, isso poderia ameaçar a legitimidade do

resultado final? Ao ler o texto 3 (História da Biologia no Ensino) é possível identificar algum aspecto da natureza da ciência nos outros textos?

Estabelecemos assim, a História da Biologia como um dispositivo didático útil para tornar o ensino e a compreensão mais interessante além de facilitar a própria aprendizagem das Ciências.

MATERIAL – Texto 3 (Impactos da abordagem inclusiva da da História da Biologia no Ensino); texto 04 (Dados biográficos de Lazzaro Spallanzani); texto 5 (Pesquisa experimental em seres vivos no século XVII)

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
2) Introdução a abordagem inclusiva da História da Biologia	Sistematização e conclusão da aula 1	10 min
	Preparação da sala e leitura dos textos	10 min
	Reflexão e elaboração da síntese com análise crítica	10 min
	Discussão final e sistematização	15 min

TERCEIRO MOMENTO: As duas tradições de pesquisa no século XVIII**DURAÇÃO** – 01 aulas de 50 minutos

Introduzindo o cenário sobre a investigação científica do século XVIII e o método desenvolvido por Lazzaro Spallanzani através do gênero discursivo história em quadrinhos (HQ) acerca de duas fortes tradições de pesquisa dos seres vivos da época, os chamados naturalistas “descritivos” e os “filósofos naturais”, “observadores” ou ainda “experimentadores”. Este momento constitui a elaboração de uma conversa para as cenas de uma história em quadrinhos feitas em animação virtual em *Adobe® Flash® Player* simulando um encontro fictício entre Lazzaro Spallanzani e Carolus Linneaus (1707-1778) a respeito das duas tradições de pesquisa praticadas no século XVIII. As animações consistem apenas na sequência de imagens entre o fictício encontro dos dois personagens históricos como lacunas. Após leitura e discussão do texto, os alunos serão provocados a criar uma conversa entre os dois personagens, preenchendo as lacunas presentes na animação, na qual, cada um defende sua posição frente às duas tradições de pesquisa, de um lado os naturalistas “descritivos” e do outro os “filósofos naturais”.

HABILIDADES – Emitir julgamentos de valor referentes a acontecimentos, decisões, situações, avaliar grandezas, objetos e textos; criticar, analisar e julgar (com base em padrões e valores) opiniões, textos, situações, resultados de experiências, soluções para situações-problema, diferentes posições assumidas diante de uma situação.

OBJETIVO – Apresentar a atividade de Spallanzani refletindo a tensão entre as duas tradições e sua posição crítica da formalização decorrente da nomeação e classificação dos seres vivos, praticada quase unanimemente pelos naturalistas descritores europeus. Assim como se tornou um autor importante para a História da Biologia, sua inserção na comunidade de investigadores e seu contato frequente com naturalistas de fama reconhecida.

- Levantar modelos explicativos dos alunos para a origem das duas tradições na época.
- Trabalhar os motivos que levaram o século XVIII ser caracterizado por proporcionar uma revolução na História Natural.
- Analisar os princípios que estruturam as afinidades conceituais e metodológicas com a comunidade de naturalistas observadores ou experimentadores. Contextualizando a pesquisa experimental de Lazzaro Spallanzani a tradição dos experimentadores e reconhecer seu método sistemático de observação e experimentação.

ESTRATÉGIAS – Durante a leitura do texto o professor fará uma sondagem dos modelos explicativos dos estudantes acerca da origem das duas tradições, analisando o que norteou a investigação científica no século XVIII e a pesquisa experimental de Lazzaro Spallanzani (leitura prévia sugerida em aula anterior).

O professor apresentará o cenário “Revoluções na História Natural no século XVIII” (Cenário 2), mediante apresentador de multimídia com uma sequência de imagens em animação feita no *Adobe® Flash® Player* e impresso para cada dupla. As animações são constituídas de imagens dos personagens (caricaturas de Lazzaro Spallanzani e Carolus Linneaus) escolhidos para representarem as duas tradições de pesquisa. O uso do gênero discursivo história em quadrinhos (HQ) favorece aos alunos a construção das falas dos personagens, permitindo-lhes a elaboração de uma discussão fictícia em que cada personagem defenda os princípios metodológicos da tradição de pesquisa em questão e, também, ideias ou sugestões de experiências para solucionar problemas da Biologia, além da troca de informações sobre descobertas e publicações.

Ao ler os texto e propor modelos explicativos os alunos poderão refletir sobre origem das duas frentes, além disso, despertar o interesse sobre a pesquisa experimental de Lazzaro Spallanzani e seu enorme empenho à pesquisa sobre as funções dos organismos.

A discussão para elaboração das falas dos personagens poderá ser feita com 6 ou 5 alunos por grupo, embora a produção escrita deverá ser dupla, pois indicará concepções mais singulares dos alunos sobre as bases que fundamentam as duas fortes tradições de pesquisa no século XVIII. Neste momento, é muito importante o desenvolvimento de uma compreensão maior acerca das atividades de pesquisa de Spallanzani e seu enorme empenho à pesquisa sobre as funções dos organismos, para contextualizar e justificar e motivar os alunos para o próximo momento.

Em seguida, cada dupla, após desenvolver um diálogo em HQ, apresentará seu produto final, com discussão e reflexão sobre as bases metodológicas de cada uma das duas tradições e as características da pesquisa experimental de Lazzaro Spallanzani. Características que fizeram com que ele tivesse uma aproximação e identificação com os filósofos observadores ou experimentadores.

Com base nos princípios metodológicos de cada tradição de pesquisa, os alunos organizados em grupos (4 integrantes) tentarão recriar os gabinetes de pesquisa feitos no século XVIII. Serão desafiados a pensar como os personagens históricos e recriar gabinetes de pesquisa. Com formato simples, apenas um esboço de desenho do gabinete usado por um naturalista descritivo e outro por um filósofo observador. Para isso, os alunos poderão usar como modelos imagem de gabinete oferecida pelo professor no aplicativo.

Para aproveitar mais a discussão em relação à sistemática e classificação, como finalização do momento, que será na aula seguinte, os alunos deverão em tarefa de casa, ou na sala de informática da escola (disponível em todas as escolas estaduais, através do programa ACESSA Escola do Estado de São Paulo) pesquisar as principais espécies de anfíbios. Presentes na Europa e América do Sul para comparação e elaboração de um gabinete com espécies da América do Sul com imagens de jornais ou revistas. Na sistematização e conclusão o

professor apresentará uma imagem do gabinete de pesquisa elaborado por Spallanzani (cenário 3).

MATERIAL – Texto 5 (Pesquisa experimental em seres vivos no século XVIII); cenário 2 (ilustrações com animações em forma de caricatura de dois representantes das duas tradições de pesquisa para confecção da HQ). Sala de informática (acessa escola); computador com data show; cenário 3 (ilustrações de gabinetes do século XVIII).

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
3) As duas tradições de pesquisas no século XVIII	Leitura e sondagem dos modelos explicativos dos alunos	10 min
	Apresentação do cenário “Revoluções na História Natural no século XVIII”	10 min
	Discussão em grupo e elaboração das falas dos personagens em dupla	20 min
	Elaboração dos esboços dos gabinetes de pesquisa.	10 min

QUARTO MOMENTO: Replicação de experimentos clássicos (animação virtual dos experimentos)

DURAÇÃO – 05 aulas de 50 minutos

HABILIDADES – Explicar causas e efeitos de uma determinada sequência de acontecimentos; levantar suposições sobre as causas e efeitos de fenômenos e acontecimentos.

OBJETIVO – Esperamos com simulação virtual de experimentos clássicos alcançar os mesmos efeitos proporcionados ao recriar experimentos clássicos do passado, permitindo ao aluno: compreender que as teorias são importantes para a construção do conhecimento científico, embora, não sejam elaboradas unicamente a partir de experimentos; entender que os cientistas formulam hipóteses, constroem modelos e admitem implicitamente certos pressupostos que influenciam a observação dos experimentos; compreender que a construção da ciência sofre influência de fatores não científicos; perceber que a pesquisa, experimentação nas ciências da natureza não fornece dados que permitam uma única interpretação; compreender os processos envolvidos na reprodução de anfíbios; relacionar conceitos anatômicos de algumas espécies de anfíbios com a reprodução humana.

ESTRATÉGIAS – O professor organizará a turma em grupos com 5 ou 6 alunos e introduzirá o tema: experimentos clássicos em animações de forma virtual a fim de desenvolver competências relacionadas à compreensão, implicando o uso de esquemas operatórios, imaginação, criatividade, além de tratar de alguns aspectos da natureza da ciência. Este momento é uma oportunidade de ressaltar a ciência como uma atividade humana e que vem sendo construída ao longo da história e sujeita a influências culturais de diversos povos e época. As animações feitas em *Adobe® Flash®* permitirão uma interação do aluno, pois são constituídas por sequência de imagens projetadas por um apresentador de multimídia e que dependem da pressão no *mouse* do computador (*click*) para aparecer a próxima imagem.

Assim, o professor deverá conversar com os alunos antes da atividade incitando-os a pensarem como o pesquisador para decidirem uma forma de fazer um experimento visando encontrar as respostas buscadas por Spallanzani na época e com os recursos disponíveis. Por exemplo, na atividade 2 sobre a fecundação externa, o professor levantará perguntas desafiadoras; – qual era a hipótese de Spallanzani sobre a fecundação? Se o aluno fosse Spallanzani, que tipo de experimento faria para testar sua hipótese? Quais eram os caminhos possíveis de acordo com os recursos da época?

Dessa forma, o aluno é desafiado a montar um protocolo de experimento, somente o protocolo, o experimento será apenas virtual analisando imagens de animações, para responder todas as questões. Em seguida, o aluno terá a oportunidade de interagir com a animação comparando o experimento proposto por ele ao experimento realizado por Spallanzani e, ainda confrontar e discutir os resultados obtidos por Spallanzani.

As imagens das animações sobre as experiências serão fornecidas para o aluno, no final do experimento, de forma impressa aos mesmos grupos organizados de alunos para que depois da atividade possam refletir e pensar em como responder críticas de outros pesquisadores, ou seja, os alunos deverão imaginar possíveis críticas que poderiam ser indicadas aos métodos de investigação do pesquisador.

Em termos de atividade lúdica, os alunos serão incentivados a assumir o lugar do experimentador e suas hipóteses, definindo procedimentos para testá-las, além de refletir sobre as conclusões e como responder possíveis críticas de outros naturalistas da época. As animações serão apresentadas em três etapas distintas para cada experimento: a) etapa para desenvolvimento das hipóteses, com o questionamento do experimentador na época e que desejava verificar através de experimentação; b) os procedimentos conhecidos e existentes no

século XVIII para testar suas hipóteses; c) a análise dos resultados com a conclusão de cada experimento.

O professor apresentará o experimento concluído somente no final de cada atividade para discutir com os grupos as semelhanças e diferenças entre os modelos propostos pelos alunos e aquele realizado por Lazzaro Spallanzani. Cabe ao educador ficar atento para que o aluno não tenha contato com as imagens do experimento antes da realização da atividade para que, ao final, possam confrontar as hipóteses, os procedimentos e as conclusões de cada grupo com o realizado, no século XVIII, pelo experimentador.

Cada grupo deverá fazer anotações de todas as etapas do experimento virtual, desenvolvido por ele, em um *diário de bordo*, assim como suas conclusões, angústias, dúvidas e expectativas em relação a cada experimento. O *diário de bordo* será utilizado pelos grupos para elaboração de um relatório final do experimento⁵⁵.

MATERIAL – cenário 5 (experimentos sobre tipos de fecundação: “fecundação externa”); cenário 6 (experimento sobre o papel do sêmen na reprodução: “Capacidade fecundante do líquido seminal masculino”); cenário 7 (experimento sobre o papel do sêmen na reprodução: “Calções de tafetá”); cenário 8 (Observação do desenvolvimento dos girinos: “Desenvolvimento dos ovos”); computador com “data show”.

⁵⁵ Os termos e conceitos que aparecem na transcrição dos experimentos fazem parte da obra original e são utilizados para que as expressões da época sejam respeitadas e se evite certos anacronismos que prejudicam a compreensão do contexto epistêmico da época. Assim, os conceitos anatômicos atuais deverão sempre ser mencionados pelo professor durante as atividades, porém, respeitando a epistemologia importante para a metodologia de pesquisa em História da Ciência.

Atividade 1 – Experimentos sobre tipos de fecundação: “fecundação externa”

DURAÇÃO – 01 aula de 50 minutos

DESCRIÇÃO – Esta atividade de simulação virtual de experimento diz respeito à série de experiências feitas por Lazzaro Spallanzani para verificar a fecundação externa, a qual, Spallanzani refutou Lineu, a partir de seu *Artedi Ichthyologia*, “em nenhum objeto da natureza, em nenhum corpo vivo se realiza a fecundação ou a ativação do ovo fora do corpo materno”. As experiências permitem que Spallanzani conteste, também, Federico Menzio, professor de Leipzig, a respeito do “sentimento paradoxal”, no qual o líquido seminal seria liberado no momento em que o macho abraça a fêmea, pela extremidade dos dedos penetrando-a pelo peito. O trecho a seguir narra o relato de seus experimentos:

“Ainda que tivesse feito muitas provas para ver se nascem os ovos retirados, ora dos ovários, ora dos ovidutos, ora do útero, durante a cópula do macho com a fêmea, direi com toda franqueza que nenhuma teve bom êxito. Fazendo deste, como todos veem, um ponto de extrema importância, refiz as tentativas sem me cansar. Encontro nos meus diários ter aberto, em vários momentos, 156 rãs fêmeas copuladas com o macho, sem que seus ovos tenham nascido, não obstante os tenha colocado imediatamente na água, depois de removê-los do corpo materno, enquanto os que haviam saído espontaneamente pelo ânus³ da fêmea coberta pelo macho, não tardaram em se desenvolver e nascer, diferentemente daqueles experimentados por mim, que depois de alguns dias sempre apodreciam e estragavam. Fiz mais. A descarga dos ovos da fêmea, até que termine inteiramente, dura quase uma hora. Eu então estripava a fêmea nesse período e o resíduo de ovos, que permanecia no útero, colocava na mesma água em que estavam os que haviam saído espontaneamente do corpo materno; mas enquanto destes apareciam girinos, daqueles não aparecia mais que uma podridão nauseante. Resultava então dos referidos fatos esta verdade incontestável, qual seja, que a fecundação do ovo em nossa rã não sucede dentro dela, mas fora.”

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
4)Atividade1 Experimentos sobre tipos de fecundação: “fecundação externa”	Sistematização fechamento da aula anterior com apresentação dos gabinetes	10 min
	Apresentação da proposta dos experimentos com simulação virtual	10 min
	Discussão em grupo das hipóteses de Spallanzani.	10 min
	Elaboração do protocolo de experimento virtual para responder as questões levantadas e testar suas hipóteses.	10 min
	Interação com a animação, análise dos resultados, comparação com o experimento, conclusões, discussão.	10 min

Atividade 2 – Experimento sobre o papel do sêmen na reprodução: “Capacidade fecundante do líquido seminal masculino”

DURAÇÃO – 01 aula de 50 minutos

DESCRIÇÃO – A segunda simulação virtual de experimentos faz alusão a uma série de experiências acerca do papel do sêmen na reprodução. Spallanzani coloca rãs copuladas em vasos com água. Narra inicialmente ter observado que a fêmea fica agitada e saltando de um lado para o outro do vaso, mergulhando e emergindo da água, ao passo que libera os ovos, em todo o tempo com o macho abraçado a seu dorso. Spallanzani suspeitava que um membro “inchado e obtuso” que aproximava e afastava dos ovos mais próximos à cloaca da fêmea poderia ser um pênis. Porém não observava sair nada que, segundo ele, poderia ser explicado pela pouca quantidade ou por sua “diafanidade invisível na água”. Observa novamente em sete casais de rãs copuladas, porém, em vasos com ausência de água. Confirma que o comportamento dos machos permanece inalterado, e novamente o pênis inchado aparece e, de modo surpreendente, vê “espirrar um pequeno jato de líquido límpido que estendia sobre os ovos saídos do ânus da fêmea”. Spallanzani faz anotações do momento em que o macho libera o jato de líquido, simultaneamente e prosseguindo até o fim da postura de ovos pela fêmea. Associa como contraprova obtida, o transporte ovos borrifados de líquido masculino, que se desenvolviam. Toma sobre si, a comprovação da capacidade fecundante do líquido seminal masculino.

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
5)Atividade 2 “Capacidade fecundante do líquido seminal masculino”	Apresentação do tema do experimento a ser replicado virtualmente	5 min
	Discussão em grupo das hipóteses de Spallanzani.	10 min
	Elaboração do protocolo para experimento virtual com objetivo de responder as questões levantadas e testar suas hipóteses.	15 min
	Interação com a animação e análise dos resultados, comparando com o experimento, conclusões, discussão.	20 min

Atividade 4 Experimento sobre o papel do sêmen na reprodução: “Calções de tafetá”

DURAÇÃO – 01 aula de 50 minutos

DESCRIÇÃO – Nesta atividade é simulado o experimento realizado por Spallanzani utilizando os calções de tafetá, refazendo procedimento já feito por outros experimentadores, os Srs. Réamur e Nollet. Os quais afirmaram terem feito muitas pesquisas sobre o assunto, acompanhado com zelo e paciência e nunca terem visto algo que anunciasse o ato de fecundação.

O erro dos dois filósofos que Spallanzani mencionava como “exímios filósofos”, não o preocupava, porém a ideia dos pequenos calções “ainda que aparentemente bizarra” despertou o interesse em fazê-la, e descreveu seus resultados:

“encontrei que os machos vestidos com aquela estranha vestimenta não desistem no estro venéreo de recorrer aos amplexos (*amplessi*) com a fêmea e de exercitar o quanto possam a obra da geração, ainda que encerrados num vaso. O êxito destes abraços (*abbracciamenti*) correspondeu ao esperado. Os ovos nascidos não se desenvolveram por não terem sido aspergidos pelo esperma masculino, impedido pelos pequenos calções, dentro dos quais encontrei muitas vezes gotículas bem visíveis”.

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
6)Atividade 3 “Calções de tafetá”	Apresentação do tema do experimento a ser replicado virtualmente	5 min
	Discussão em grupo das hipóteses de Spallanzani.	10 min
	Elaboração do protocolo para experimento virtual com objetivo de responder as questões levantadas e testar suas hipóteses.	15 min
	Interação com a animação e análise dos resultados, comparando com o experimento, conclusões, discussão.	20 min

Atividade 4 Observação do desenvolvimento dos girinos: “Desenvolvimento dos ovos”.

DURAÇÃO – 01 aula de 50 minutos

DESCRIÇÃO – Na última atividade de simulação virtual de experimentos destinamos a atividade para observação do desenvolvimento dos girinos para explorar conceitos gerais desenvolvimento embrionário, ou seja, apenas do processo ontogenético pré-natal e, além disso, também o conceito de pré-existência, defendido por Spallanzani.

Assim, Spallanzani afirmava que já conhecia o local e como ocorre a fecundação, portanto, observar e examinar os ovos até o nascimento do animal era o que faltava. Em vista disso, fez as descrições de duas massas esféricas de ovos envolvidos em uma matéria mucilaginosa esbranquiçada. Realizou testes para verificar a existência de duas membranas circulares por meio de uma agulha, deixando vaziar um líquido transparente como a água. Observou duas cores no ovo arredondado de superfície lisa, um hemisfério enegrecido (atualmente denominado pólo animal) e a do outro, esbranquiçada (atualmente denominado pólo vegetativo).

Spallanzani descreveu o desenvolvimento dos ovos, sendo um primeiro aumento de tamanho, porém, permanecendo a forma arredondada. Em seguida, passa por outro aumento conferindo uma forma mais alongada concomitante com escurecimento no hemisfério esbranquiçado, enquanto o hemisfério enegrecido entra num pequeno sulco longitudinal com duas saliências no fim estendidas em linha reta sobre todo comprimento do ovo. Spallanzani antecipou sua interpretação, antes mesmo de descrever as próximas modificações, “contrariamente ao que acredita a maioria dos naturalistas”, não são ovos, “mas verdadeiros girinos”. Spallanzani relatou suas conclusões:

“O pequeno sulco e as saliências não deixando de adquirir ulterior alongamento, conferem ao suposto ovo uma forma pontiaguda; dilata-se um pouco o hemisfério

esbranquiçado escurecido e encurva-se o outro, enegrecido. Não se tarda muito a perceber que a parte pontiaguda é a cauda do girino e que o restante é o corpo. E, na verdade, além de o ovo tomar a figura de girino, a parte oposta à pontiaguda, ou seja, à cauda, adquire a feição de cabeça, em cuja parte anterior se reconhece os olhos, ainda que fechados; avistam-se as duas proeminências, ou pequenos botões, de que se serve para aderir-se aos corpos lisos quando está cansado de nadar; distinguem-se ainda o princípio da abertura da boca e, por último, os rudimentos das pequenas brânquias”.

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
7) Atividade 4 “Desenvolvimento dos ovos”	Apresentação do tema do experimento a ser replicado virtualmente	5 min
	Discussão em grupo das hipóteses de Spallanzani.	10 min
	Elaboração do protocolo para experimento virtual com objetivo de responder as questões levantadas e testar suas hipóteses.	15 min
	Interação com a animação e análise dos resultados, comparando com o experimento, conclusões, discussão.	20 min

QUINTO MOMENTO: Sistematização**DURAÇÃO** – 01 aulas de 50 minutos

A conclusão final reserva espaço para a sistematização e reflexão a partir dos resultados obtidos e discutidos através da replicação dos experimentos clássicos (virtualmente). Além da sistematização, o momento é destinado à reflexão acerca da metodologia utilizada, isto é, o aluno é encorajado a analisar a abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino.

Visamos o reconhecimento e a formalização, no decurso da utilização da simulação virtual de experimentos clássicos, enquanto uma ferramenta relevante com a finalidade de mostrar por meio de episódios históricos o processo gradativo e lento da construção do conhecimento. Assim, a ciência possa ser desmitificada e que permita ao aluno uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos e suas limitações.

A reflexão e discussão serão acompanhadas da elaboração de uma análise crítica com respeito às etapas da SD. Desse modo, serão enfatizados os aspectos nos quais os alunos mostraram domínio, ou mesmo dificuldades, ressaltando aqueles pretendidos para o desenvolvimento das competências e habilidades, além dos aspectos da natureza da ciência.

Sistematizar a partir da discussão dos resultados dos experimentos, a compreensão cientificamente aceita dos princípios pesquisados e apresentar, formalmente, as conclusões e conceitos respeitando os instrumentos e meios de investigação da época. Logo, será sugerido como produto final, a construção de um roteiro de uma peça teatral com o intuito de possibilitar, ainda mais a reflexão sobre alguns aspectos da natureza da ciência (NdC), fazendo menção aos debates sobre preexistência e de modo consequente, a interdisciplinaridade incluindo disciplinas como Língua Portuguesa, História e Artes.

HABILIDADES – Aplicar relações já estabelecidas anteriormente ou conhecimentos já construídos a contextos e situações diferentes; aplicar princípios a novas situações, para tomar decisões, solucionar problemas e fazer prognósticos; apresentar conclusões a respeito de ideias, textos, acontecimentos, situações

OBJETIVOS – Avaliar a aprendizagem dos alunos quanto aos aspectos relacionados à reprodução, anatomia e embriologia, também, aspectos da natureza da ciência que se procurou estabelecer no curso. Além disso, a construção de argumentação, compreensão das relações entre teoria, observação, interpretação.

Analisar a forma dos alunos interpretarem e refletirem de modo crítico sobre os textos e, também, de elaborarem soluções para os problemas enfrentados durante as atividades de replicação de experimentos clássicos em ambiente virtual.

Promover a interdisciplinaridade com outras áreas, como por exemplo, a História, Artes, Filosofia, Língua Portuguesa e Sociologia, além de uma interação com o material estudado durante o curso.

Estimular a expressão da criatividade dos alunos com produções culturais referentes ao assunto trabalhado no curso.

ESTRATÉGIAS – A aula final é destinada para sistematização e finalização, o professor motivará o aluno para a reflexão e análise crítica de todas as etapas da SD, estabelecendo como prioridade a questão da utilização de experimentos clássicos na contribuição para o desenvolvimento de competências e habilidades. O aluno será desafiado a lembrar dos conceitos trabalhados durante as atividades e relacioná-los com cada experimento.

Além disso, destacar a importância de conhecê-los e cotejando com os atuais. Dar-se-á ênfase aos aspectos positivos e negativos do curso, discutindo a respeito dos aspectos da natureza da

ciência trabalhados e, quanto à alfabetização (letramento) científica e formação cidadã, segue-se uma avaliação de caráter formativo.

Posteriormente, o professor dividirá a sala em dois grupos para que estes desenvolvam uma dramatização (roteiro), promovendo uma reflexão sobre alguns aspectos da NdC, fazendo menção aos debates sobre a preexistência. Assim, um grupo defenderá os epigenistas e, o outro, os pré-formistas. Portanto, serão fornecidos novamente o texto 1 e o texto 2 (As teorias da reprodução).

O professor solicitará aos educandos a leitura analítica de suas próprias produções durante o curso e seus *diários de bordo*. Os textos expositivo-argumentativos produzidos pelos alunos sobre as teorias de preexistência serão analisados e discutidos pelo professor em sala de aula, sendo adaptados para uma peça de teatro. Esta dramatização será apresentada para a escola em momento oportuno, ou seja, uma feira cultural, por exemplo.

MATERIAL-Diários de bordo contendo anotações sobre os experimentos recriados, bem como textos produzidos pelos alunos; textos 1 e 2 (teorias da reprodução).

QUADRO SINTÉTICO

O quadro sintético abaixo mostra a o plano de aula elaborado, junto como a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
8) Sistematização	Reflexão e análise crítica de todas as etapas da SD	10 min
	Elaboração de texto dos alunos referente à análise crítica da SD.	10 min
	Leitura dos <i>diários de bordo</i> e dos textos sobre as teorias da reprodução.	10 min
	Finalização com a elaboração de um roteiro para peça de teatro em relação aos debates de preexistência.	20 min

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

BESSON, U.; BORGHI, L.; De AMBROSIS, A.; MASCHERETTI, P. A Three Dimensional Approach and Open Source Structure for the Design and Experimentation of Teaching-Learning Sequences: The case of friction. *International Journal of Science Education*, p. 1-25, 2009.

MAYR, E. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Tradução Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005

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

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 5, p. 515-652, 2004

MÉHEUT, M.; Teaching-Learning Sequences tools for learning and/or research. Pp. 209-220, in: BOERSMA, Kerst *et al.* (eds.). *Research and the quality of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2005

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Unesp, 2005

PAULA, R. C. O. O uso de experimentos históricos no ensino da física: integrando as dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula. Brasília, 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física da Universidade de Brasília.

PRESTES, M. E. B. História da Ciência no ensino de ciências: repetição de experimentos históricos em sala de aula. São Paulo: Acervo- TV Escola, 2009.

PRESTES, M. E. B. *A Biologia Experimental de Lazzaro Spallanzani (1729-1799)*. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia*. Coordenadora Maria Inês Fini. São Paulo: 2008.

SPALLANZANI, Lazzaro. *Della generazione di alcuni animali anfibii*. In: *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile*. Modena: Società Tipografica, 1780. V. 2.
Tradução parcial [*De la generación de algunos animales anfibios; De la fecundación artificial obtenida em algunos animales*. Trad.Fernando Barranco Díaz. Buenos Aires: Emecé, 1945.

APENDICE C

Exemplo das Animações: Replicação de Experimento Clássico – quarto momento da SD – “Calções de Táfeta”.

A animação virtual de experimentos clássicos compreende cenas com o personagem histórico com falas em balões, não foi realizado o experimento em si, por ser virtual trata-se de telas com textos, e foi concebida visando alcançar os mesmos efeitos proporcionados ao recriar experimentos clássicos do passado (CHANG, 2011, p. 321, ALLCHIN, 2004). A replicação do experimento foi realizada segundo referencial teórico de Hasok Chang (2011) e está na categoria de replicação física de experimentos históricos conforme proposto esse e discutido no capítulo 2 dos referenciais teóricos.

A SD possui cinco momentos com os seguintes títulos; primeiro momento – as teorias da reprodução que compreende leitura de textos impressos e análise dos instrumentos de observação e pesquisa usados no passado em formato de um gabinete com imagens no aplicativo segundo momento – introdução da História da Biologia no ensino, inclui leitura e interpretação de textos impressos; terceiro momento – as duas tradições de pesquisa no século XVIII, constitui análise de texto e imagens no aplicativo de uma história em quadrinhos para o aluno criar as falas de dois personagens; quarto momento – replicação dos experimentos clássicos, com cenas do personagem histórico no aplicativo para o aluno recriar os passos da elaboração e construção dos experimentos; quinto momento – a sistematização e conclusão.

Aplicação da SD em sala de aula, com descrição das atividades (replicação do experimento clássico – quarto momento da SD).

Em termos metodológicos, a questão de pesquisa foi respondida por meio de investigação colaborativa, na qual o pesquisador responsável por esta pesquisa e professores investigadores da unidade escolar, informados pela literatura, planejaram e esta intervenção.

Um ponto a considerar é busca por rigor e qualidade no grupo colaborativo. Desde o início do projeto e discussão das pessoas que participariam diretamente da aplicação da SD, os professores tinham clareza de que responder a critérios de rigorosos da pesquisa acadêmica seria uma importante meta, dada a desconfiança da academia em relação à qualidade das pesquisas intimamente relacionadas a prática pedagógica realizada pelos próprios atores da própria pesquisa.

Assim, o quarto momento da Sequência Didática ocorreu após algumas leituras, discussões e debates a cerca de aspectos históricos e do panorama de pesquisa sobre reprodução no século XVIII. O professor da disciplina de biologia acompanhado de dois professores da unidade escolar, que também é o autor desta pesquisa, organizou a turma em grupos com 5 ou 6 alunos e apresentou a primeira cena do aplicativo no seu quarto momento e terceiro experimento. Nos intervalos de cada cena os grupos de alunos tiveram um tempo suficiente para discutir elaborar hipóteses, responder perguntas sobre o experimento e registrar nos seus diários de bordo.

Nos quadros a seguir apresentamos a tela inicial das animações e exemplo de um dos momentos da replicação de um experimento presente no quarto momento da sequência didática (Sequência Didática na íntegra presente no **APÊNDICE B**). No primeiro quadro aparece a tela inicial do aplicativo com as opções de experimentos e uma animação sobre os instrumentos de observação, em seguida o momento foi selecionado para exemplificar de

forma sintética as animações, pois apresenta um dos experimentos selecionados para o estudo com o título – “calções de tafetá”. O terceiro momento da SD foi escolhido como exemplo, pois se trata do uso da estratégia: replicação de experimentos clássicos e é representativo do aplicativo usado na SD. Além disso, ressalta o tipo de pesquisa que esta pretende contemplar, ou seja, uma pesquisa sobre sequência didática com avaliação de parâmetros motivacionais do estudante relacionados ao uso da história da ciência por meio de um aplicativo.

Figura 1. Tela inicial das animações e com a seleção de todas as atividades e experimentos presentes no quarto momento da sequência didática.

Na primeira cena o personagem histórico em formato de animação com caricatura apresenta a situação problema – as experiências feitas por Réaumur e Noller - com calções de tafetá que não obtiveram sucesso, pois não conseguiram observar nada que anunciasse a fecundação. Em seguida, na próxima cena o personagem provoca os alunos a elaborarem e registrarem suas hipóteses com perguntas: Por que será que os investigadores não conseguiram observar nada que anunciasse a fecundação? Será que os machos usando os calções de tafetá desistirão de abraço ou do amplexo?

Figura 2. Primeira tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 3. Segunda tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Na terceira cena o personagem apresenta a sua ideia de refazer o experimento e já na sequência, na quarta cena mostra os sapos machos em amplexo com as fêmeas. Na quinta cena apresenta os sapos em amplexo mesmo usando o que ele chamou de vestimenta estranha e faz novas perguntas: Será que vamos encontrar algo dentro do calção do macho? Será que os “ovos” liberados pela fêmea enquanto os machos usavam os calções vão desenvolver?

Figura 4. Terceira tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 5. Quarta tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 6. Quinta tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Com essas atividades, esperou-se que os alunos fossem remetidos ao passado, particularmente no século XVIII e assumisse a papel do experimentador, e que isso possibilitasse um nível de envolvimento e engajamento maior do que quando comparado às aulas tradicionais, ou seja, que houvesse uma mudança na motivação dos alunos após a participação da aplicação da SD quando comparado com o momento inicial, na qual, se encontrava os alunos.

Em seguida, na sexta cena a imagem mostra o personagem com o calção na mão e observando o líquido esbranquiçado que ficou no calção. Já o destino dos “ovos” que foram liberados no momento em que o macho usava o calção é apresentado na sétima cena com a descrição do que aconteceu, o apodrecimento deles. Na última cena do experimento o

personagem histórico volta com o calção nas mãos e questiona mais uma vez os alunos e propõe que façam os registros de suas conclusões sobre o experimento: Vocês observaram essas pequenas gotículas? O que vocês acham que é isso? Será que tem algum papel na fecundação? Sem contato com o líquido q ficou no calção os ovos não desenvolveram e apodreceram, vocês sabem o porquê

Figura 7. Sexta tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 8. Sétima tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 9. Oitava tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Como o quarto momento foi conduzido

Este momento foi uma oportunidade de ressaltar a ciência como uma atividade humana e que vem sendo construída ao longo da história e sujeita a influências culturais de diversos povos e época. Os experimentos clássicos em animação virtual propiciam o desenvolvimento de competências relacionadas à compreensão, implicando o uso de esquemas operatórios, imaginação, criatividade, além de tratar de alguns aspectos da natureza da ciência. Embora nesta pesquisa não se pretenda analisar aspectos da natureza da ciência, pode se observar claramente na replicação de experimentos clássicos por extensão alguns presentes na SD e particularmente relevantes para a educação científica básica e amplamente discutida em pesquisas anteriores (KOURANY, 1998; GOOD *et al.*, 2000; SCHWARTZ & LEDERMAN, 2002; CHEN, 2006).

Alguns dos aspectos da natureza da ciência abordados durante a aplicação da SD podem ser destacados na replicação de experimentos históricos. Por exemplo, variação do conhecimento científico - por um lado, o conhecimento científico é durável e não é facilmente alterado. Por outro lado, todo o conhecimento científico está sujeito à mudança. Novos conhecimentos podem surgir por refinação dos conhecimentos antigos de acordo com uma nova evidência ou interpretação dos dados a partir de uma nova visão do mundo.

Quanto à natureza da observação - as observações podem ser afetadas pela antecipação dos observadores e preconceitos.

Em relação aos métodos científicos - não existe um método científico universal. Cientistas aplicam vários métodos para realizar suas pesquisas.

Hipóteses, leis e teorias - uma hipótese é geralmente usada para representar uma teoria imatura. A lei é usada para expressar o que foi observado e prever o que ainda não foi

observado. Basicamente a teoria é definida como uma explicação de fenômenos e associadas a leis.

Sobre a Imaginação - a imaginação é uma fonte de inovação. Os cientistas usam a imaginação, juntamente com lógica e conhecimento prévio, para gerar novos conhecimentos científicos.

Validação do conhecimento científico - esse problema se concentra em como uma teoria é aceita pela comunidade científica. Em princípio, o mérito de uma teoria é avaliado com base em resultados empíricos.

Objetividade e subjetividade na ciência - o conhecimento científico tem base empírica. Porém, as crenças pessoais, valores, intuição, julgamento, criatividade, oportunidade e psicologia desempenham um papel nas atividades científicas. Além disso, a ciência e os cientistas são influenciados pela sociedade, cultura e pela disciplina em que estão envolvidos. Esta subjetividade pode ser refletida em suas observações e interpretações.

As animações feitas *Adobe® Flash®* (APÊNDICE D) foram constituídas por sequência de imagens que dependem da pressão no *mouse* do computador (*click*) para aparecer a próxima imagem. O aplicativo com as animações foi elaborado e construído para ser usado tanto pelo aluno individualmente com o computador, como também no coletivo com um apresentador de multimídia ou um computador conectado à uma televisão de alta definição (para não comprometer a qualidade das imagens). Portanto, como o objeto de estudo e investigação desta pesquisa é a abordagem inclusiva da História da biologia no ensino, e o aplicativo representa uma ferramenta para isso e por motivo da indisponibilidade de um computador por aluno a aplicação foi feita em grupo e com um computador conectado a uma televisão. O Assim, o professor conversou com os alunos antes da atividade incitando-os a pensarem como o pesquisador para decidirem uma forma de fazer um experimento visando

encontrar as respostas buscadas por Spallanzani na época e com os recursos disponíveis. Por exemplo, na atividade 2 sobre a fecundação externa, o professor levantou perguntas desafiadoras; – qual era a hipótese de Spallanzani sobre a fecundação? Se o aluno fosse Spallanzani, que tipo de experimento faria para testar sua hipótese? Quais eram os caminhos possíveis de acordo com os recursos da época?

Dessa forma, o aluno é desafiado a montar um protocolo de experimento, somente o protocolo, o experimento será apenas virtual analisando imagens de animações, para responder todas as questões. Em seguida, o aluno teve a oportunidade de interagir com a animação comparando o experimento proposto por ele ao experimento realizado por Spallanzani e, ainda confrontar e discutir os resultados obtidos por Spallanzani.

As imagens das animações sobre as experiências foram fornecidas para o aluno, em etapas, para que alunos pudessem refletir e pensar em como responder com criatividade e imaginação cada etapa do experimento desde a sua hipótese inicial.

Assim, tornou-se possível provocar o aluno a pensar sobre possíveis críticas de outros pesquisadores, ou seja, os alunos deveriam imaginar críticas que poderiam ser indicadas aos métodos de investigação do pesquisador. Em termos de atividade lúdica, os alunos foram incentivados a assumir o lugar do experimentador e suas hipóteses, definindo procedimentos para testá-las, além de refletir sobre as conclusões e como responder possíveis críticas de outros naturalistas da época.

O professor apresentou o experimento concluído somente no final de cada atividade para discutir com os grupos as semelhanças e diferenças entre os modelos propostos pelos alunos e aquele realizado por Lazzaro Spallanzani. Coube ao educador ficar atento para que o aluno não tenha tido contato com as imagens do experimento antes da realização da atividade para que, o aluno refletisse e com o uso da sua criatividade propusesse soluções

experimentais para os problemas de investigação do personagem histórico e, ao final, possam confrontar as hipóteses, os procedimentos e as conclusões de cada grupo com o realizado, no século XVIII, pelo experimentador.

Cada grupo fez anotações de todas as etapas do experimento virtual, desenvolvido por ele, em um *diário de bordo*, assim como suas conclusões, angústias, dúvidas e expectativas em relação a cada experimento. O *diário de bordo* foi utilizado pelos grupos para elaboração de um relatório final do experimento.

Todas as animações foram construídas buscando-se promover a reflexão dos alunos sobre o tema reprodução e experimentação no século XVIII, e possuem uma propriedade provocativa, para que o aluno assuma o papel do investigador em questão, levantando polêmicas e conduzindo o aluno a refletir sobre os temas tratados. Pois na replicação dos experimentos históricos por extensão, como se refere esta pesquisa, o aluno passa por todas as etapas da construção de um experimento e, porém, é estimulado a pensar e refletir com o conhecimento existente na época. Todas as animações são experimentos sobre reprodução animal realizado por Lázaro Spallanzani no século XVIII em forma de caricaturas, com representação de fala do personagem levantando perguntas para que o aluno proponha caminhos através da experimentação para respondê-las. Assim, a animação do personagem interage e provoca os estudantes a pensarem, refletirem e discutirem os experimentos.

Além disso, o uso das animações possibilitou trabalhar algumas habilidades importantes para o desenvolvimento do aluno; a descrição – observação dos cenários, dos instrumentos de pesquisa do século XVIII bem como características dos experimentos feitos no passado; investigação – o aluno é provocado a criar e propor experimentos para conseguir responder aos questionamentos do personagem histórico; explicação – utilizar os conceitos desvendados durante o experimento para explicar o que foi observado na atividade;

generalização – utilizar os fenômenos estudados nos experimentos para explicar outros fenômenos, por exemplo, a fecundação interna.

Foram desenvolvidas diferentes animações para a sequência didática, visando torná-las interessante para o aluno de ensino médio, como uma alternativa para as aulas tradicionais. O escopo era envolver o aluno com o conteúdo, provocando-o para tomar para si os problemas levantados, tornando-o partícipe do processo.

As animações foram elaboradas seguindo um roteiro que descreve a sequência das cenas, disposição dos objetos (materiais usados no laboratório), e o roteiro experimental. O roteiro das animações foi desenvolvido a partir da leitura da obra do Spallanzani, buscando-se construir um material didático procurando evitar distorções ou anacronismos (a Sequência Didática na íntegra está presente no APÊNDICE B desta tese).

APÊNDICE D

SEQUÊNCIA DE TODAS ANIMAÇÕES DA SD

Versão final das animações da sequência didática. As imagens a seguir foram obtidas a partir de animações elaboradas em programa *Adobe® Flash®* e utilizadas na aplicação da sequência didática. A sequência das animações apresentada segue a mesma empregada durante as aulas.

Figura 1. Primeira tela da animação, seleção de atividades e/ou experimentos.

Figura 2. Primeira tela da atividade “Instrumentos de Observação e Pesquisa”. Primeiro instrumento de observação: Microscópio simples de Antoni van Leeuwenhoek. Fonte: http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estoria2_st.html. Acesso: 09/2012

Figura 3. Segunda tela da atividade “Instrumentos de Observação e Pesquisa”. Segundo instrumento de observação: Microscópio simples de Lyonnet. Fonte: http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estoria2_st.html. Acesso: 09/2012.

Figura 4. Terceira tela da atividade “Instrumentos de Observação e Pesquisa”. Terceiro instrumento de observação: Microscópio simples publicado em *The Micrographia illustrata* de George Adams Serior. Fonte: http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estoria2_st.html. Acesso: 09/2012.

Figura 5. Quarta tela da atividade “Instrumentos de Observação e Pesquisa”. Quarto instrumento de observação: Microscópios compostos: *Instituto e Museo di Storia della Scienza*. Fonte: http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estoria2_st.html. Acesso: 09/2012.

Figura 6. Quinta tela da atividade “Instrumentos de Observação e Pesquisa”. Quinto instrumento de observação: Microscópio aquático simples: *Instituto e Museo della Scienza*. Fonte: http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estoria2_st.html. Acesso: 09/2012.

Figura 7. Sexta tela da atividade “Instrumentos de Observação e Pesquisa”. Sexto instrumento de observação: Microscópio simples de Pieter van Musschenbroek (1692 – 1761). Fonte: http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estoria2_st.html. Acesso: 09/2012.

Figura 8. Primeira tela da atividade “Instrumentos de Observação e Pesquisa”. Primeiro instrumento de observação: Microscópio simples botânico publicado *The Micrographia illustrata*. Fonte: http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estoria2_st.html. Acesso: 09/2012.

Figura 9. Primeira tela da atividade: “Encontro fictício entre Lazzaro Spalanzani e Lineu”.

Figura 10. Segunda tela da atividade: “Encontro fictício entre Lazzaro Spalanzani e Lineu”.

Figura 11. Terceira tela da atividade: “Encontro fictício entre Lazzaro Spallanzani e Lineu”.

Figura 12. Quarta tela da atividade: “Encontro fictício entre Lazzaro Spallanzani e Lineu”.

Figura 13. Quinta tela da atividade: “Encontro fictício entre Lazzaro Spallanzani e Lineu”.

Figura 14. Sexta tela da atividade: “Encontro fictício entre Lazzaro Spallanzani e Lineu”.

Figura 15. Sétima tela da atividade: “Encontro fictício entre Lazzaro Spallanzani e Lineu”

Figura 16. Primeira tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa”.

Figura 17. Segunda tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa”

Figura 18. Terceira tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa”.

Figura 19. Quarta tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa”.

Figura 20. Quinta tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa”.

Figura 21. Sexta tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa".

Figura 22. Sétima tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa".

Figura 23. Oitava tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa".

Figura 24. Nona tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução: Fecundação externa".

Figura 25. Primeira tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa”.

Figura 26. Segunda tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa”.

Figura 27. Terceira tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa”.

Figura 28. Quarta tela da atividade: “Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa”.

Figura 29. Quinta tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa".

Figura 30. Sexta tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa".

Figura 31. Sétima tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa".

Figura 32. Oitava tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa".

Figura 33. Nona tela da atividade: "Experimentos sobre tipo de reprodução II: Fecundação externa".

Figura 34. Primeira tela da atividade: "Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá".

Figura 35. Segunda tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 36. Terceira tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 37. Quarta tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 38. Quinta tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 39. Sexta tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 40. Sétima tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 41. Oitava tela da atividade: “Experimentos sobre reprodução animal: Calções de Tafetá”.

Figura 42. Primeira tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 43. Segunda tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovo”.

Figura 44. Terceira tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 45. Quarta tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 46. Quinta tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 47. Sexta tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 48. Sétima tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 49. Oitava tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 50. Nona tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 51. Décima tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 52. Décima primeira tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 53. Décima segunda tela da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

Figura 54. Décima terceira da atividade: “Desenvolvimento dos ovos”.

APÊNDICE E

Textos de Apoio para os Alunos

Texto 1 – As teorias de reprodução - Parte I

No século XVIII a reprodução já era tomada como um processo universal dos seres vivos, conforme as pesquisas de Lazzaro Spallanzani (1729-1799). A discussão do tema é relevante para a compreensão da reprodução como elemento essencial para a perpetuação da vida no planeta. Por essa razão, o assunto merece um tratamento histórico que visa contemplar diversos níveis de entendimento do processo de reprodução concebidos ao longo de tempo.

Começando pelos sábios gregos que já falavam em teorias epigenistas, nas quais o processo de geração ocorria por intermédio do pai e da mãe, ao entenderem a reprodução como sinônimo de dupla semente. Entretanto, a participação de um ou de outro, segundo cada autor, sofre mudanças. Assim, este fato deu origem aos diversos modelos epigenistas.

Hipócrates (460-377 a.C.) acreditava que o feto era o resultado de duas sementes, uma masculina e outra, feminina. Estas sementes seriam formadas por um extrato de todas as partes do corpo, essencialmente do cérebro, que descia pelo canal da medula espinhal e combinava-se em uma matriz (local onde se formaria um novo indivíduo). Para o filósofo, havia também uma participação especial do espírito nesta fabricação que favorecia a transposição daquele extrato através da respiração materna, pela alternância de ar quente e frio, fazendo nascer a vida.

Aristóteles (384-322 a. C) ampliou o sistema de pensamento sobre a geração. O pensador acompanhava parcialmente as ideias epigenistas. Para ele, o homem e a mulher desempenhavam papéis singulares na reprodução. Assim, o ser masculino consistia em um princípio do movimento e da geração, ao passo que o feminino traduzia-se no princípio da

matéria. O sêmen tinha como função principiar o processo da geração. Por outro lado, a fêmea que também desenvolvia uma espécie de sêmen, denominada *mênstruos*, tinha por fim levar a matéria para o desenvolvimento de sua potência. Contrariando aquilo que defendera Hipócrates, na concepção aristotélica não havia a mistura dos líquidos do macho e da fêmea. O sêmen do macho era considerado de grau superior ao da fêmea, pois possuía a alma sensitiva capaz de dar origem a forma; a fêmea possuía apenas a alma vegetativa que fornecia a matéria-prima para o desenvolvimento.

Na biologia aristotélica a evolução do seres tem uma dimensão ontogenética, que se inicia com a união de duas partes diferente, porém complementares, que não precisam necessariamente pertencer a organismos diferentes. Um ser animado (portanto animal portaria a alma vegetal, responsável pelo crescimento vegetativo, a alma sensitiva, responsável pela vida de relação. O sêmen feminino (*menstruum*), composto de substância viva, serviria de matéria prima para o desenvolvimento do embrião. O sêmen masculino disporia da faculdade de despertar o desenvolvimento do embrião, infundindo-lhe a alma sensitiva.

Para Aristóteles, existia uma diferença básica entre os animais. Existiriam aqueles que só podem ser produzidos por reprodução, enquanto organismos mais simples, como mosquitos e até mesmo rãs, apareceriam espontaneamente, a partir da conjunção de uma série de fatores predisponentes à geração. Estes incluiriam, invariavelmente, a água e o ar, além de outros fatores que teriam o poder de materializar o calor vital, típico dos animais.

Nos vegetais, surgidos também por geração espontânea, Aristóteles não distinguia qualquer forma de sexo diferenciado. O mistério da geração dos seres admitia uma aproximação analógica com a criação artística. Por isso, ‘a geração espontânea’ tem significado totalmente diferente em Aristóteles e em Louis Pasteur (1822-1895), por exemplo. Para o primeiro, é inconcebível o aparecimento de um único organismo gerado de forma

independente. A geração espontânea daria origem a um grupo de organismo, por exemplo, as águas podres, em certas épocas do ano, geram levas de mosquitos e de rãs.

A reprodução sexual, na biologia aristotélica, é atributo constitutivo (ou seja, não eventual) apenas dos animais, que conseguem transmitir suas *animas* através de princípios complementares, de origem vegetativa e sensitiva. Seres simples não necessitariam da reprodução, sendo o ambiente o principal responsável por sua aparição periódica. Isto define o que entendemos por “concepção aristotélica de reprodução”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERY, M. A. *et al.* *Para compreender a ciência*. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1988

BIZZO, N. M. V. *Meninos do Brasil: Ideias sobre reprodução, eugenia e cidadania na escola*. São Paulo, 1994. Tese (Livre Docencia) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. *Historie de la biologie*. Paries: Lavoisier, 1987.

SLONGO, I. I. P; DELIZOICOV, D. *REPRODUÇÃO HUMANA: abordagem histórica na formação dos professores de Biologia*. Contrapontos, v. 3, n. 3, p. 435-447, Itajaí, set./dez. 2003

PIVETEAU, J. (Org.). *Oeuvres philosophiques de Buffon*. Paris: Presses Universitaires de France, 1954.

RADL, E. M. *Historia de las teorías biológicas*. Madrid: Alianza, 1988. 2v.

Texto 2 – As teorias de reprodução - Parte II

Para alguns filósofos o contato era necessário para ativar o desenvolvimento do embrião pré-existente na parte feminina. Outros filósofos, no entanto, acreditavam na ocorrência de uma interação entre as partes masculina e feminina durante a fecundação, sendo o embrião uma estrutura inteiramente inédita imprevisível. Estabelecia-se o debate entre os epigenéticos e os pré-formistas. Estes últimos estavam divididos em dois grupos: os animaculistas acreditavam que o embrião viajasse na partícula sexual masculina.

A crítica aos animalculistas partia do próprio Carolus Linnaeus (1707-1778), para quem era absurdo pensar que os espermatozoide – aqueles “vermiculos” –pudesse carregar embriões prontos, por cinco razões:

Em primeiro lugar seriam desprovidos de movimento, exceto quando tem contato como “calor feminino”. Em segundo lugar, para efetuar toda a metamorfose até o indivíduo adulto são necessários anexos embrionários presentes nos óvulos, e não no espermatozoide. Em terceiro lugar o principio de geração deveria ser único, aplicando-se tanto para os animais como para os vegetais, e já não havia duvida de que a semente brotava da parte feminina da flor. Em quarto lugar, seria absurdo considerar a existência de tantos embriões disponíveis quantos “vermiculos”, um verdadeiro desperdício. Por fim, a anatomia dos anexos embrionários mostrava muito claramente o envolvimento do embrião já existente no óvulo.

Além disso, existiam provas experimentais contra a préformação. A mula, produto do cruzamento do cavalo com o jumento, é um híbrido sem semelhança com a mãe ou com o pai, portanto não poderia provir de embrião pré-formado e sim do contato sexual.

“Reprodução sexual” para Lineu, significava a impossibilidade de gerar um novo ser sozinho, sem a ajuda de outro indivíduo de sexo oposto. Não havia implícita a ideia de contribuição balanceada dos sexos, nem mesmo entre os epigenéticos. Linneu considerava apenas a reprodução sexual: a ausência do sexo, como encontro de duas essências complementares – a masculina e a feminina - impedia a reprodução. Nesta concepção, o oposto de reprodução sexual seria *não reprodução*.

A ideia aceita hoje, próxima dos epigenéticos, conseguia reunir provas contra os pré-formacionistas com facilidade. Os pré-formistas, por outro lado, reuniam muitas evidências para sustentar suas teses, algumas delas derivadas dos mais recentes avanços do conhecimento da época. Os animálculos, como eram chamados os micro-organismos, deveriam possuir micro-órgãos, como estômago pulmões etc.

Por muito tempo, os espermatozoides descritos por Leewenhoek foram tomados como parasitas microscópicos, provavelmente pela semelhança com vermes finos e longos. Caso houvesse um real contato entre esses filamentos e o óvulo seria de se esperar restos de alguma marca como prova. Lineu apontava para a cicatrícula da semente como prova de penetração do pólen no óvulo, a marca exatamente do local por onde o espermatozoide ganhara o interior do óvulo.

Para Lazzaro Spallanzani (1729–1799), convicto ovista e um dos maiores defensores da essência parasitária dos espermatozoides do homem e dos animais, tais corpúsculos pareciam não dispor de nenhuma função na reprodução.

Para Georges Buffon (1707-1788), que analisou várias amostras de sêmen, os animálculos contidos nesse líquido passariam por metamorfose, perdendo sua calda e assumindo diversas formas, correspondentes provavelmente aos diversos contaminantes de suas amostras. Acreditava que os animálculos presentes no sêmen passariam por vários

estágios de desenvolvimento e que eles não teriam nenhuma função, pelo menos direta na fecundação.

As primeiras décadas do século XIX testemunharam um número alto de observações microscópicas e, com o advento das lentes acromáticas as informações e análises estavam lançadas as bases tecnológicas para a teoria celular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIZZO, N. M. V. Meninos do Brasil: *Ideias sobre reprodução, eugenia e cidadania na escola*. São Paulo, 1994. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. *Historie de la biologie*. Paries: Lavoisier, 1987.

PIVETEAU, J. (Org.). *Oeuvres philosophiques de Buffon*. Paris: Presses Universitaires de France, 1954

SLONGO, I. I. P; DELIZOICOV, D. *REPRODUÇÃO HUMANA: abordagem histórica na formação dos professores de Biologia*. Contrapontos, v. 3, n. 3, p. 435-447, Itajaí, set./dez. 2003

JACOB, F. *A lógica da vida: uma história da hereditariedade*. Tradução Ângela Loureiro de Souza. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1983.

Texto 3 – História da Biologia no Ensino Médio

Hoje se considera que um indivíduo cientificamente alfabetizado é capaz de participar na tomada de decisões sobre assuntos que se relacionam com a ciência e tecnologia. Para tanto ele precisa ser municiado não apenas dos conteúdos científicos, mas dos raciocínios e métodos empregados pela ciência. Essa perspectiva gerou uma nova demanda junto à educação científica. Além dos conteúdos, a educação científica tem que promover novas competências que dizem respeito ao conhecimento *meta-científico*, ou *sobre* a ciência.

Nas últimas décadas a História da Ciência vem ganhando espaço nos livros-texto de todos os níveis. Michael Matthews, um importante pesquisador na área, afirma que o motivo é “à crise do ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula, bem como, de modo assustador, pelos índices elevados de analfabetismo em ciências”.

Com vista a resolver esta crise, países como Inglaterra e os Estados Unidos executaram novos programas educacionais. Projetos que, entre outras indicações, reuniram propostas visando o envolvimento de História, da Filosofia e da Sociologia no ensino de ciências nos cursos de ensino fundamental e médio.

Embora, para Mathews, não se deve simplesmente incluir como mais um item do conteúdo programático, mas sim tratar-se de uma fértil e ampla junção dos temas históricos, filosóficos e sociológicos que participam da construção da ciência. Iniciativa bastante útil, segundo Mathews, pois a História e Filosofia e Sociologia da Ciência podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade. Além disso, promovendo aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e entendimento mais integral da matéria científica,

isto é, apresentando uma solução para aquele problema frequentemente apontado pelos alunos, acerca da falta de significação, presente em muitas salas de aulas de ciências.

Do mesmo modo, a crise levou Estados Unidos e vários países na Europa, na década de 80, a reformularem suas diretrizes educacionais. Países em desenvolvimento seguiram na mesma direção, pois este tornou-se um fator condicionante para o envio de verbas do Banco Mundial. Inserido neste contexto, os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) no Brasil estabeleceram algumas regras que deram ênfase na interdisciplinaridade, ligação com o cotidiano, desenvolvimento de competências (como, por exemplo, a compreensão de textos, gráficos, tabelas) e o aprendizado de conteúdos importantes para o exercício da cidadania e para o trabalho.

Como consequência da “reformulação” da educação brasileira, houve a preocupação em aproximar a História da Ciência e o ensino de Ciências aos que os Parâmetros Curriculares Nacionais consideram como diretrizes para a abordagem inclusiva da História da Ciência:

[...] na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação [3, p. 229].

Porém, podemos destacar alguns aspectos do material de História da Ciência no Brasil, segundo o pesquisador e historiador da ciência Roberto de Andrade Martins: a visão que a história da ciência nos apresenta não costuma aparecer nos livros didáticos. Os resultados os quais a ciência chegou e as teorias e conceitos que utilizamos são valorizados nos livros didáticos, contudo, não costumamos encontrar outros aspectos da natureza da ciência, por exemplo, como as teorias e conceitos se desenvolveram, como os cientistas trabalham ou se as ideias aceitas hoje em dia eram aceitas no passado, ou ainda, quais

relações entre ciência, filosofia e religião e qual é a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época.

A História da Ciência não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas, e mesmo com a indicação dos PCNs para sua utilização, algumas barreiras para sua plena efetivação ainda devem ser superadas: carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a História da Ciência; a falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino; e equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e sua abordagem inclusiva na educação.

Tanto para Matthews como para Roberto Martins, a História da Ciência, de forma adequada, auxilia os alunos no processo de mudança conceitual. O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade. Essa humanização quebra o paradigma de que “a ciência é algo atemporal, que surge de forma mágica e que está à parte de outras atividades humanas”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. A research-informed instructional unit to teach the Nature of Science to pre-service teachers. *Science & Education*, v. 18, p. 1177-1192, 2009.

MATTHEWS M. R. História e Ensino de Ciências: A tendência Atual de Reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 12, p. 164-214, n. 3. 1995.

Ministério da Educação, *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio - Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. (MEC/SEMTEC, Brasília, 1999).

Texto 4 – Dados Biográficos de Lázaro Spallanzani

Lazzaro Spallanzani nasceu em 12 de janeiro de 1729, em Scandiano, um vilarejo do Apenino reggiano, no Norte da Itália. Seu pai, Giovanni Nicola Francesco Spalanzani, era advogado, casou-se com Lucia Ziliani e tiveram oito filhos. Lazzaro como o primogênito, começou a ajudar no sustento da família, mantendo relações com personalidades eminentes em artes liberais como pintura, direito e medicina.

Aos 15 anos, foi para o Seminário Colégio dos Jesuítas de Reggio Emilia onde realizou seus estudos básicos com uma bolsa de estudo concedida pela Fundação Vallisneri; teve outra bolsa concedida aos 20 anos pelo bispado de Reggio para frequentar a Faculdade de Direito em Bolonha. Após três anos, abandonou o curso e passa à Faculdade de Física-Matemática em 1754.

A mudança do rumo profissional tomada por Spallanzani foi influenciada por Laura Bassi (1711-1778) e Antonio Vallisneri Júnior⁵⁶ (1708-1777). Ao frequentar a casa de Laura teve contato com o ambiente científico bolonhês, assistido a discussões e experiências sobre os temas mais debatidos no momento, recebendo assim a base de sua cultura científica. Spallanzani recebe também uma forte influência de Vallisneri, vinte anos mais velho, que fornece além de aconselhamento intelectual, proteção financeira.

Segundo o testemunho do irmão Niccoló, que escreveu uma biografia do irmão, Lazzaro era um apaixonado pela leitura e somente discutia com outros após muitas e novas

⁵⁶ Vallisneri Júnior (1708-1770) foi professor da Universidade de Pádua e era filho do naturalista Antônio Vallisneri. Mantinha uma fundação que subsidiava os estudos de jovens talentosos. Spallanzani tinha uma bolsa de estudos dessa fundação e, depois de se formar continuou amigo de Vallisneri. A troca de correspondência durou mais de 20 anos. Ver Carlo Castellani, em *Opere scelte di L. Spallanzani*, pp 23-28.

observações para assegurar seu ponto de vista, o que caracterizou o método de investigação de Spallanzani.

Por volta dos 30 anos de idade, o interesse pela investigação dos seres vivos surgiu devido às práticas de observação ao microscópio, no convívio com os padres jesuítas de Reggio Emilia no período de 1755 a 1762. Aos 33 anos de idade Spallanzani é ordenado sacerdote e ingressa na Universidade de Modena e no Colégio São Carlo, instituições que constituíam um feudo da igreja.

Carlo Castellani considera o “ato de nascimento” do interesse de Lazzaro pela pesquisa biológica a carta enviada a Vallisneri, com data de 03 de fevereiro de 1761. Esta faz a primeira referência a uma obra de História Natural e a vontade de promover uma investigação nesse campo. Ainda, segundo Castellani, o ingresso de Spallanzani na área biológica ocorreu no momento em que inicia a repetição dos experimentos de Needham com infusórios e culmina com a publicação dos seus resultados na obra o *Saggio*, em 1765.

A atividade profissional de Spallanzani sempre esteve relacionada com a docência. Durante os oito anos passados em Reggio Emilia, passa do ensino secundário ao ensino universitário. Dois anos depois, recebeu a cátedra de Física e Matemática da Universidade de Reggio Emilia. Nesse período, começa suas pesquisas em História Natural e, também, realiza sua primeira viagem naturalística. Aos 34 anos, em busca de ascensão profissional, consegue transferência para um “feudo da igreja” em Modena, no Colégio São Carlo, esse período dura seis anos.

Em Modena, publica os resultados em importante trabalho sobre o assunto intitulado *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei Signori di Needham e Buffon* (*Ensaio de observações microscópicas relativas ao sistema de geração proposto pelos senhores Needham e Buffon*), 1765.

Em 1768, publica seus resultados no *Prodromo di un'Opera da imprimersi sopra le riproduzioni animali* (*Projeto de uma obra a ser impressa sobre a reprodução animal*) e um estudos sobre híbridos, *Invito a intraprendere sperienze, onde avere muletti nel popolo degl'insetti per tentar di sciogliere il gran problema della generazione* (*Convite a empreender experiências por meio das quais obter híbridos entre os insetos para tentar desvendar o grande problema da geração*), ao qual reúne trabalhos de vários autores e publica com o título *Memorie sopra i muli di varri autori* (*Memórias sobre os híbridos segundo vários autores*).

Aos 40 anos, em 1769, é contratado pela Universidade de Pavia, onde permanece até o final da sua vida em 1799. Em Pávia, assumiu a disciplina de História Natural devido a sua fama estabelecida na Europa como experimentador perspicaz. Em 1776, publicou uma coletânea de trabalhos, *Opuscoli di fisica animale e vegetabile* (*Opúsculos de Física animal e vegetal*), contendo 5 estudos sobre observações e experiências: sobre os animálculos das infusões; natureza dos espermatozóides; efeito de ar viciado em animais e vegetais; “ressurreição” de rotíferos e tardígrados e produção de mofo.

Em 1780, Spallanzani publica um conjunto de trabalhos em 3 volumes, *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile* (*Dissertações de Física animal e vegetal*), contendo pesquisas sobre digestão e sobre geração de animais e vegetais. Nesta obra se encontram os principais estudos de Spallanzani: sobre a geração de sapos e rãs; sobre o mecanismo da fertilização; o papel do sêmen; o controle da fecundação em sapos usando calções no macho; a inseminação artificial; a tentativa de formar híbridos de espécies (e gêneros) diferentes; uso de estímulos físicos e químicos para tentar produzir fertilização artificial.

Nos últimos anos de sua vida, Spallanzani dedica-se a uma série de pesquisas sobre gases e sobre a respiração de animais e plantas. A última publicação é *Chimico esame degli*

esperimenti del Sig. Gottling Professore a Jena (Exame químico dos experimentos do Sr. Gottling, professor em Jena), em 1796.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PRESTES, M. E. B. *A Biologia Experimental de Lazzaro Spallanzani (1729-1799)*. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

PRANDI, D. *Bibliografia di Lazzaro Spallanzani*. Firenze: Sansoni Antiquariato, 1951.

Texto 5 - A pesquisa experimental em seres vivos no século XVIII

O século XVIII é cenário de um desenvolvimento revolucionário na História Natural. O nascimento de duas fortes tradições de pesquisa dos seres vivos. Os naturalistas “descritivos”, aplicados com o catálogo dos seres vivos, cuja diversidade ampliará muito em decorrência das coletas realizadas em expedições por várias regiões do planeta, em especial, no Novo Mundo. E os chamados “filósofos naturais”, “observadores”, ou ainda, “experimentadores”, ocupados com a “arte de observar e fazer experiências”, dedicados ao estudo do funcionamento dos seres organizados.

O posicionamento face às duas tradições de pesquisa da História Natural era comum entre os investigadores. Os observadores, em especial, ressaltavam as diferenças do método de suas pesquisas, confrontando aquele utilizado pelos descritores. Muitos observadores recusavam sistemas e métodos de classificação dos seres vivos e uso comum da nomenclatura. Somente nas três últimas décadas do século XVIII é que as duas tradições se entrosaram, logo após a reforma da nomenclatura ser aceita pelos observadores.

No século XVIII, com essa divisão os que se ocupavam com o estudo dos seres vivos, os “naturalistas” exerciam atividades na chamada História Natural, ramo do conhecimento q

se ocupava com vegetais, animais e minerais. Naquela época, o crescente número de espécies conhecidas pelos europeus naturalistas a buscarem uma organização nova dos três reinos da natureza, como foi o caso do Lineu.

Lineu pretendia elaborar um sistema de classificação que fosse realmente novo. Pretendia organizar os seres de um modo que ao mesmo tempo facilitasse a descrição e unificasse os nomes muito diversamente atribuídos na época aos diferentes tipos conhecidos como de animais, plantas e minerais. Assim, ele não foi o primeiro a classificar, por acreditar que as classificações disponíveis na época eram difíceis de serem usadas e muito distintas entre si, queria propor um sistema padrão que atingisse um uso universal.

Um aspecto importante é o contexto em que se constrói a ciência de cada época, assim, não podemos descuidar ou abandonar a inserção particular de cada pesquisador na comunidade da ciência praticada. Lazzaro Spallanzani (1729-1799) tem um papel importante no próprio desenvolvimento da História Natural, que não só começava a institucionalizar-se, como também adquirir autonomia de disciplina acadêmica.

A pesquisa experimental em seres vivos de Lazzaro Spallanzani incide a tensão entre as duas tradições. A partir do surgimento do interesse pelos estudos dos seres vivos, destinava-se à coleta sistemática de minerais, plantas e animais, provendo seu acervo próprio. Contudo, era crítico da formalização consequente da classificação e nomeação executada pela maior parte dos descritores europeus.

De modo paralelo, Spallanzani emprega enorme dedicação à pesquisa sobre as funções dos organismos, mais perto desta comunidade de observadores, da qual parece ter mais afinidades conceituais e metodológicas. O princípio de seu fundamento metodológico era a observação e experimentação sistemáticas. Assim, encara uma extensa variedade de temas no campo de ação das funções dos seres vivos (reprodução, circulação, respiração, digestão,

sentido de orientação dos morcegos). A reprodução merecia um olhar minucioso, pois a pesquisa de Spallanzani, já indicava entre os naturalistas do século XVIII, a reprodução tomada como um processo universal entre os seres vivos.

Outro aspecto singular de Spallanzani é o fato de ter se dedicado também ao catálogo da natureza, percorrendo também frentes antagônicas. Desse modo, fazia uso da nomenclatura de Lineu, por sua praticidade, porém criticava firmemente as práticas mnemônicas dos naturalistas da escola lineana. Critica os sistemas de classificação e adotava o modelo de descrição de Buffon, maior adversário de Lineu, cuja descrição mais ampla leva em consideração um maior número de circunstâncias procedentes do estudo do hábito.

O tema reprodução no século XVIII é também uma causa de contenda entre frentes que defendiam concepções contrárias, os sistemas de epigenismo e do preformismo, aclarados pela História da Ciência e esquecidos no século XIX. No século XVIII o termo reprodução ainda não existia, portanto os experimentadores que estudavam o processo pelo qual os seres vivos se reproduzem usavam o termo “geração”.

Uma das frentes antagônicas, a epigênese, baseia-se na formação gradual dos organismos, continuamente do próprio processo relativo à reprodução, depois da fecundação. A fecundação era explicada tanto por uma “influência” exercida pelo macho ou pela fêmea, quanto por uma mistura dos líquidos seminais de um e outro. Por outro lado, o preformismo fundamenta-se em que todas as partes e estrutura do organismo vivo já existem nos “germes” que lhes dão origem. Considerava-se que os germes estavam nos “ovos” (óvulos) da fêmea e nos “vermes espermáticos” (espermatozóides) do macho. Os termos “óvulos e espermatozoides” não existiam na época, em vista disso é que aparecem os termos ovos e vermes espermáticos, subdivididos em duas disposições, o ovismo e o animalculismo.

Praticamente toda publicação da época abordava o assunto da controvérsia entre preformismo e epigênese, assim, Spallanzani descreve a oposição em sua obra *Della generazione di alcuni animali anfibi* (Geração de Alguns Animais Anfíbios), de 1780:

“... convém dar uma palavra acerca dos mais famosos sistemas sobre a geração dos animais. Estes podem ser reduzidos a dois; um que tenta explicar mecanicamente a formação dos seres animados; outro que os supõem já formados, e preexistentes, querendo que no ato da fecundação não façam outra coisa que se desenvolver mais, e se tornar visíveis. Este segundo sistema deu ocasião a dois partidos diferentes, sendo a opinião de alguns naturalistas que os seres animados preexistem na mãe e de outros que preexistem no pai. Todos sabem que o primeiro sistema que porta o nome de *epigênese* é antiquíssimo e tem sido defendido nestes últimos tempos pelo eloquente Sr. Buffon (1707-1788) com as suas famosas *moléculas orgânicas*. Mas todos sabem também da forte oposição que este sistema tem encontrado.

Desenho de 1781 para armário do Museu de História Natural da Universidade de Pavia, usado para ilustrar os gabinetes de pesquisa para o segundo momento da Sequência Didática.

Fonte: Prestes (2003).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GRMEK, M. D. *L'introduction de l'expérience quantitative dans les sciences biologiques*. Paris: Université de Paris, 1962.

PRESTES, M. E. B. *A Biologia Experimental de Lazzaro Spallanzani (1729-1799)*. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

PRESTES, M. E. B. Methodological parameters of the research of Lazzaro Spallanzani / Parâmetros metodológicos da pesquisa de Lazzaro Spallanzani. *Circumscribere, International Journal for the History of Science* v.2, p. 34-41 / 26-33, 2007.

PRESTES, M. E. B.; OLIVEIRA, P.; JENSEN, G. M. As origens da classificação de plantas de Carl Von Linné. *Filosofia e Historia da Biologia*, v. 4, p. 101-137, 2009.

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIOS 3 e 4

QUESTIONÁRIO 3 - MOTIVAÇÃO

Programa de Pós-Graduação Genética e Biologia Evolutiva

Instituto de Biociências - IB-USP

Pesquisador: Miler Rodrigo Pereira

Este questionário contém afirmações sobre sua motivação ao participar das aulas de Biologia. Será pedido para você expressar sua opinião sobre cada afirmação. Não existe um "certo" ou "errado", o que importa é a sua opinião. Pense sobre como cada afirmação descreve melhor sua motivação em participar nas aulas de Biologia.

Faça um círculo no número correspondente a:

1. Se você discorda totalmente da afirmação (DT)
2. Se você discorda parcialmente da afirmação (DP)
3. Se você não tem opinião sobre a afirmação (NTO)
4. Se você concorda parcialmente com a afirmação (CP)
5. Se você concorda totalmente com a afirmação (CT)

Preste atenção para responder todas as questões. Se você mudar de ideia sobre uma resposta, apenas faça um "X" nela e circule outra.

Algumas afirmações são muito parecidas entre si. Não se prenda a isso. Simplesmente dê a sua opinião sobre todas as afirmações.

Nome completo: _____ Sexo (F/M): ____ / ____ /2013

A. Auto eficácia	DT	DP	NTO	CP	CT
1. Independente de o conteúdo de Biologia ser difícil ou fácil, eu tenho certeza que consigo compreendê-lo.	1	2	3	4	5
2. Eu não me sinto confiante para compreender conceitos difíceis de Biologia.	1	2	3	4	5
3. Eu tenho certeza de que posso ir bem nas provas de Biologia.	1	2	3	4	5
4. Não importa o quanto eu me esforce, eu não consigo aprender Biologia.	1	2	3	4	5
5. Quando as atividades de Biologia são muito difíceis, eu desisto ou apenas faço as partes fáceis.	1	2	3	4	5
6. Durante as atividades de Biologia, eu prefiro perguntar a resposta para outras pessoas ao invés de pensar por mim mesmo.	1	2	3	4	5
7. Quando eu acho o conteúdo de Biologia difícil, eu nem tento aprendê-lo.	1	2	3	4	5
B. Estratégias de aprendizagem ativa	DT	DP	NTO	CP	CT
8. Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu me esforço para compreendê-lo.	1	2	3	4	5
9. Quando eu aprendo novos conceitos de Biologia, eu os relaciono com minhas experiências anteriores.	1	2	3	4	5
10. Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro meios relevantes que possam me ajudar.	1	2	3	4	5
11. Quando eu não compreendo um conceito de Biologia, eu procuro discutir com o professor ou outros colegas para facilitar minha compreensão.	1	2	3	4	5
12. Durante o processo de aprendizagem, eu tento fazer conexões entre os conceitos que aprendo.	1	2	3	4	5
13. Quando eu cometo um erro, eu tento descobrir o porquê.	1	2	3	4	5
14. Quando encontro conceitos de Biologia que eu não compreendo, ainda assim, me esforço para aprendê-los.	1	2	3	4	5
15. Quando novos conceitos que eu aprendo entram em conflito com meus conhecimentos anteriores, eu tento compreender o porquê.	1	2	3	4	5
C. Valor do aprendizado de Biologia	DT	DP	NTO	CP	CT
16. Eu penso que aprender Biologia é importante porque eu posso usá-la no meu dia a dia.	1	2	3	4	5
17. Eu penso que aprender Biologia é importante porque estimula meu raciocínio.	1	2	3	4	5
18. Em Biologia, eu penso que é importante aprender a resolver problemas.	1	2	3	4	5
19. Em Biologia, eu penso que é importante participar de atividades investigativas.	1	2	3	4	5
20. É importante ter a oportunidade de satisfazer minha própria curiosidade quando estou aprendendo Biologia.	1	2	3	4	5
D. Objetivo de desempenho	DT	DP	NTO	CP	CT
21. Eu participo das aulas de Biologia para ter uma boa nota.	1	2	3	4	5
22. Eu participo das aulas de Biologia para ter melhor desempenho que outros estudantes.	1	2	3	4	5
23. Eu participo das aulas de Biologia para que outros estudantes pensem que eu sou inteligente.	1	2	3	4	5
24. Eu participo das aulas de Biologia para que o professor preste atenção em mim.	1	2	3	4	5

E. Objetivo de realização pessoal	DT	DP	NTD	CP	CT
25. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando obtenho uma boa nota na prova.	1	2	3	4	5
26. Eu me sinto mais realizado quando me sinto confiante sobre o conteúdo de uma aula de Biologia.	1	2	3	4	5
27. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando sou capaz de solucionar um problema difícil.	1	2	3	4	5
28. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando o professor aceita minhas ideias.	1	2	3	4	5
29. Durante uma aula de Biologia, eu me sinto mais realizado quando outros estudantes aceitam minhas ideias.	1	2	3	4	5
F. Estímulo do ambiente de aprendizagem	DT	DP	NTD	CP	CT
30. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o conteúdo é empolgante e dinâmico.	1	2	3	4	5
31. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor usa diferentes estratégias de ensino.	1	2	3	4	5
32. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor não me pressiona muito.	1	2	3	4	5
33. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque o professor presta atenção em mim.	1	2	3	4	5
34. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque é desafiadora.	1	2	3	4	5
35. Eu me sinto motivado a participar da aula de Biologia porque os alunos participam de debates.	1	2	3	4	5
Traduzido por João Paulo F. T. de Araujo, Davi M. Gonçalves e Thiago Del Corso de Hsiao-Lin Tuan et al. (2005): The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning, International Journal of Science Education, 27:6, 639-654.					

QUESTIONÁRIO 4 – EMOÇÕES SITUACIONAIS

Programa de Pós-Graduação Genética e Biologia Evolutiva Instituto de Biociências

Pesquisador: Miler Rodrigo Pereira

Este questionário contém afirmações sobre suas emoções durante as aulas de Biologia. Será pedido para você expressar sua opinião sobre cada afirmação. Não existe um "certo" ou "errado", o que importa é a sua opinião. Pense sobre como cada afirmação descreve melhor sua motivação em participar nas aulas de Biologia.

Faça um círculo no número correspondente a:

1. Se você discorda totalmente da afirmação (DT)
2. Se você discorda parcialmente da afirmação (DP)
3. Se você não tem opinião sobre a afirmação (NTO)
4. Se você concorda parcialmente com a afirmação (CP)
5. Se você concorda totalmente com a afirmação (CT)

Preste atenção para responder todas as questões. Se você mudar de ideia sobre uma resposta, apenas faça um "X" nela e circule outra. Algumas afirmações são muito parecidas entre si. Não se prenda a isso. Simplesmente dê a sua opinião sobre todas as afirmações.

Nome completo: _____ Sexo (F/M): ____ / ____ / 2013

	DT	DP	NTO	CP	CT
B-E_1. A aula me agradou.	1	2	3	4	5
I_1. Eu achei o assunto importante. O assunto foi importante.	1	2	3	4	5
T_1. Eu me senti entediada(a).	1	2	3	4	5
B-E_2. Eu fiquei satisfeito(a) com a aula.	1	2	3	4	5
T_2. (Hoje) Eu estava distraído(a) com os meus pensamentos.	1	2	3	4	5
B-E_3. Eu gostei da aula.	1	2	3	4	5
I_2. As informações sobre esse assunto proporcionam alguma coisa para mim.	1	2	3	4	5
I_3. Eu quero aprender mais sobre o assunto.	1	2	3	4	5
T_3. A aula foi sonolenta.	1	2	3	4	5

Traduzido por Rosa Andréa Lopes de Souza de Christoph Randler et al. (2011): Reliability and validation of a short scale

to measuresituational emotions in science education, International Journal of Environmental & Science Education, 6:4, 359-370

ANEXO A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Concordo em participar, como voluntário (a), de uma pesquisa que será realizada pelo biólogo Miler Rodrigo Pereira RG 24172639-6, doutorando do programa de pós-graduação em Ciências Biológicas (Biologia Genética) da Universidade de São Paulo.

Esta pesquisa tem a finalidade de desenvolver aspectos da didática das ciências e da historiografia das histórias das ciências tratando de aspectos epistemológicos. Este trabalho será desenvolvido em dois níveis distintos: teórico e empírico. A parte empírica será constituída da elaboração, aplicação e análise de uma sequência didática voltada para o ensino médio.

Esta atividade não é obrigatória e, caso não queira participar, isso em nada afetará o tratamento que você recebe nesta instituição.

Ao decidir aceitar participar deste estudo, tomei conhecimento de que:

- Caso não me sinta à vontade com alguma questão da sessão, estou ciente de que posso deixar de respondê-la, sem que isso implique em qualquer prejuízo.
- Estou livre para desistir da participação em qualquer momento desta pesquisa.
- Sei que as informações que eu fornecerei poderão, mais tarde, serem utilizadas para trabalhos científicos e, que fui informado que a minha identificação será mantida sob sigilo.
- Não há nenhum risco significativo para mim em participar deste estudo.
- A minha participação neste estudo é inteiramente voluntária, não tendo sofrido nenhuma forma de pressão para isso.
- Não haverá despesas por minha parte.

Considerando as observações acima:

Eu, _____, estou ciente que a minha participação neste trabalho poderá abrir um espaço para que eu expresse minhas opiniões e percepções sobre o assunto pesquisado, que poderão ser úteis para um maior conhecimento sobre o tema e para a expansão de estudos nesta área.

E caso tiver que contatar o pesquisador Miler Rodrigo Pereira e/ou sua orientadora Profa. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes, para qualquer tipo de explicação, sei o endereço que devo recorrer, sendo este: Rua do Matão, 277, sala 317ª. Cidade Universitária, CEP: 05508-090 - São Paulo, SP – Brasil, e-mails: miler@ib.usp.br e eprestes@ib.usp.br.

Eu recebi uma cópia deste termo e a possibilidade de lê-lo.

São Paulo, de de 2013.

Assinatura do voluntário

Assinatura do Pesquisador
Responsável