



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

ELISA VAZ BORGES SILVA

**O ENSINO ORGANIZADO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO  
TEÓRICO: O CONCEITO DE TRANSMISSÃO GÊNICA NA GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

GOIÂNIA

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

**1. Identificação do material bibliográfico**

Dissertação     Tese     Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

**Exemplos:** Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

**2. Nome completo do autor**

ELISA VAZ BORGES SILVA

**3. Título do trabalho**

O ensino organizado para o desenvolvimento do pensamento teórico: o conceito de transmissão gênica na graduação em Ciências Biológicas

**4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar**, Professora do Magistério Superior, em 05/02/2025, às 09:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elisa Vaz Borges Silva**, Discente, em 05/02/2025, às 10:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0) informando o código verificador **5143339** e o código CRC **56F65DC7**.

Referência: Processo nº 23070.056819/2024-89

SEI nº 5143339



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

ELISA VAZ BORGES SILVA

**O ENSINO ORGANIZADO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO  
TEÓRICO: O CONCEITO DE TRANSMISSÃO GÊNICA NA GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Tese apresentada ao Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás, da Pró-reitoria de Pós-graduação, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Educação em Ciências e Matemática, na área de concentração de Qualificação de Professores de Ciências e Matemática, sob orientação da Profª. Dra. Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar.

GOIÂNIA

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

SILVA, ELISA VAZ BORGES  
O ENSINO ORGANIZADO PARA O DESENVOLVIMENTO DO  
PENSAMENTO TEÓRICO: O CONCEITO DE TRANSMISSÃO GÊNICA  
NA GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS [manuscrito] / ELISA  
VAZ BORGES SILVA. - 2024.  
CCXXXVIII, 238 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Pró-reitoria de  
Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em Educação em  
Ciências e Matemática, Goiânia, 2024.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, abreviaturas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. conhecimento biológico. 2. ensino desenvolvimental. 3. trabalho pedagógico-didático na Educação Superior. I. Echalar, Adda Daniela Lima Figueiredo, orient. II. Título.

CDU 37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

### ATA DE DEFESA DE TESE

Ata da sessão de Defesa de Tese de ELISA VAZ BORGES SILVA, que confere o título de Doutora em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, na área de concentração em **Qualificação de Professores de Ciências e Matemática**.

Ao/s **16 dias do mês de dezembro de 2024**, a partir das **14 horas**, no Anfiteatro do Instituto de Ciências Biológicas (ICB II) UFG/Campus Samambaia, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada "O ensino organizado para o desenvolvimento do pensamento teórico: o conceito de transmissão gênica na graduação em Ciências Biológicas". Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Professora Doutora ADDA DANIELA LIMA FIGUEIREDO ECHALAR - UFG com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor LEANDRO JORGE COELHO - UFG, membro titular interno; Professora Doutora NATALIA CARVALHAES DE OLIVEIRA - IF Goiano, membro titular interno; Professora Doutora SANDRA VALÉRIA LIMONTA - UFG, membro titular externo; Professora Doutora RAQUEL APARECIDA MARRA DA MADEIRA FREITAS - PUC Goiás, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo(a) Professora Doutora ADDA DANIELA LIMA FIGUEIREDO ECHALAR, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

#### TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas, Usuário Externo**, em 16/12/2024, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, Professora do Magistério Superior**, em 16/12/2024, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandra Valeria Limonta, Professor do Magistério Superior**, em 16/12/2024, às 20:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Jorge Coelho, Professor do Magistério Superior**, em 16/12/2024, às 23:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Natalia Carvalhaes de Oliveira, Usuário Externo**, em 17/12/2024, às 08:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5044861** e o código CRC **77E7A470**.

## AGRADECIMENTOS

### **A Deus...**

Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.

Cl. 3:23

Tudo o que fizer, faça de todo o coração como para o Senhor e não para os homens. Pv. 16:3

Graças te dou Senhor de todo o meu coração, contarei todas as suas maravilhas. Sl. 9:1

Minha eterna gratidão, primeiramente, a Deus. Esses três versículos traduzem bem este momento que estou vivendo. Desde o primeiro pensamento em fazer o processo seletivo para o doutorado, consagrei meus planos a Deus, me dediquei de todo o meu coração e, hoje, posso agradecer a Deus, que me abençoou e me guiou até aqui. Meu coração transborda de gratidão.

### **À minha família...**

Ao meu bem, Wellington Candido Silva, “Tom”, amor da minha vida, que suportou cada crise, cada fase, sendo sempre o meu porto seguro, a minha paz. Em meio a tantos barulhos de medos, angústias, inseguranças e incertezas, tudo era silenciado com um simples abraço seu, ao deitar em seu ombro e ouvir você dizer “vai dar tudo certo”. Te amo, meu primeiro, único e verdadeiro amor.

Aos meus filhos lindos que amo, Milena e Heitor Borges Silva, que entenderam todas as minhas ausências. Eu consigo ver em seus olhos orgulhosos que estou realizando bem a minha missão. Vocês dois deixaram os momentos difíceis mais leves, e me enchem de coragem para nunca desistir dos meus sonhos.

Aos meus pais, Valdir Francisco Borges, meu companheiro de todas aventuras, e Celina Rosa Vaz Borges, a mulher mais inspiradora e do maior coração do mundo, obrigada por me prepararem no caminho; sem vocês, eu não teria chegado até aqui. Eu sou feliz em saber que estou deixando vocês orgulhosos.

Aos meus irmãos, Max Leandro Borges, Bianka Vaz Borges e Viviane Vaz Borges Araújo, minha equipe de apoio, a melhor que existe. Obrigada por cada mensagem, por tantas orações. Na maior parte das vezes, tudo o que eu precisava era de um simples ouvir, e vocês, com amor e paciência, sempre estavam lá. Vocês são a prova de que o amor e o apoio de uma família tornam qualquer desafio mais leve. Obrigada, de todo o coração.

Aos meus sogros Valmir da Silva e Lizanete Cândida Silva e cunhados (Bimael Pereira Duarte, Sérgio Borges Martins de Araújo, Luciana Barbosa Vieira Borges, Luciano Cândido Silva, Elaine Cândida Silva, Dayana Soares de Freitas Silva e Dauglis Oliveira), muito obrigada por toda a compreensão, torcida e apoio incondicional ao longo dessa caminhada. Obrigada, de coração, por fazerem parte da minha história.

À minha afilhada linda Anne Carolynne Barbosa Borges, que contribuiu diretamente com meus estudos, sou profundamente grata por tudo o que você representa para mim. Aos meus sobrinhos lindos, Max Leandro Barbosa Borges, João Vitor Borges Martins, Eduardo e Leonardo Ezri Borges Araújo, Lara Antonella e Yasmin Soares Silva, meus eternos manés; vocês trazem alegria, inspiração e força para minha vida, e cada conquista minha carrega também o amor que sinto por vocês.

#### **Aos meus amigos...**

À minha amiga, professora e orientadora, Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, uma mulher incrivelmente inspiradora. Durante toda a minha trajetória entre mestrado e doutorado, tive o privilégio de ter a melhor orientadora, a mais atenciosa e cuidadosa em tantos detalhes. Obrigada por acreditar em mim. Você me ajudou a superar cada dificuldade. Com todo o carinho e admiração, minha eterna gratidão.

À minha amiga, irmã e parceira de todas as horas, Regiane Machado de Sousa Pinheiro, aquela que revira os olhinhos, mas que eu conheço a sua doçura até mesmo nos momentos de firmeza; “juntas nós somos excelentes”. A minha gratidão não cabe em palavras. Aos amigos, pares de pesquisa, Cleirianne Rodrigues de Abreu Lopes e Iury Kesley Marques de Oliveira Martins, sou profundamente grata por cada instante que compartilhamos e por todo o incentivo, parceria e inspiração que recebi de vocês. Aos meus irmãos de pesquisa (filharAdda), juntos enfrentamos desafios, celebramos conquistas e aprendemos uns com os outros.

Aos pesquisadores do *KADJÓT* - Grupo interinstitucional de estudos e pesquisas as relações entre Tecnologias e Educação. Em especial, à professora Dra. Joana Peixoto pelos ricos ensinamentos.

Aos membros da banca, Profa. Dra. Sandra Valéria Limonta Rosa, Profa. Dra. Raquel Marra Madeira Freitas, Prof. Dr. Leandro Jorge Coelho, Profa. Dra. Natalia Carvalhaes de Oliveira, e Prof. Dr. Jhonny David Echalar, por terem aceitado carinhosamente o convite. Sou grata pelo tempo, dedicação e cuidado que vocês dispensaram ao avaliar e discutir o trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFG, por cada aula, orientação e oportunidade de aprendizado ao longo desta jornada. Em especial ao Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov, que contribuiu com a construção do plano de ensino utilizado no experimento didático formativo.

À CAPES pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

O meu muito obrigada a todos que de alguma maneira contribuíram para que eu pudesse escrever mais um capítulo da minha história, e que capítulo, intenso, lindo e emocionante.

SILVA, Elisa Vaz Borges. **O Ensino organizado para o desenvolvimento do pensamento teórico: o conceito de transmissão gênica na graduação em Ciências Biológicas.** 2024. 238 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2024.

## RESUMO

O trabalho pedagógico-didático na Educação Superior deve objetivar promover o processo de formação do pensamento teórico dos estudantes, como base para a formação tanto intelectual quanto profissional, que superem a lógica formal, técnica e instrumental da sociedade do capital. Partindo desta premissa, a tese aqui apresentada investigou a formação do pensamento teórico de estudantes do curso de Ciências Biológicas e buscou responder à seguinte questão: de que modo, na Educação Superior, ações de estudo fundamentadas na teoria do ensino desenvolvimental possibilitam compreender o processo de desenvolvimento do pensamento teórico em estudantes de Ciências Biológicas, a partir do conceito de transmissão gênica? O estudo é pautado nos princípios da Teoria Histórico-Cultural e da Teoria do Ensino Desenvolvimental. O método de investigação que fundamenta esta pesquisa é o materialismo histórico-dialético. Na compreensão dos processos de investigação da Biologia enquanto ciência única, objetivamos explicitar a aprendizagem e o pensamento teórico de estudantes de Ciências Biológicas sobre o conceito de transmissão gênica a partir do trabalho pedagógico-didático fundamentado em pressupostos do ensino desenvolvimental. A pesquisa contou com a compreensão do que já se discute sobre a temática nas pesquisas acadêmicas, por meio de um estudo exploratório, com a análise de 28 trabalhos, sendo 10 teses e 18 dissertações publicadas entre os anos de 2008 e 2022. O segundo momento da investigação foi uma pesquisa empírica – a realização de um experimento didático-formativo com graduandos de licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, em um componente curricular optativo e comum a ambos os cursos, denominado “Tópicos em Biologia II: Temas Variados”, com subtítulo “Afinal, somos apenas códigos genéticos?”. Foram realizados dezesseis encontros, organizados em três unidades temáticas: 1 - Transmissão gênica - unidade que expressa a totalidade do conhecimento biológico; 2 - Rede conceitual da transmissão gênica e 3 - Gene, organismo e ambiente. Os sujeitos que participaram da pesquisa são seis estudantes: cinco do bacharelado e um da licenciatura. A investigação conclui que a organização do trabalho pedagógico-didático na Educação Superior, para o conceito de transmissão gênica, sob os fundamentos do ensino desenvolvimental, promoveu saltos qualitativos na compreensão da Biologia enquanto ciência, bem como no desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas.

**Palavras-chave:** conhecimento biológico; ensino desenvolvimental; trabalho pedagógico-didático na Educação Superior.

## ABSTRACT

Pedagogical-didactic work in higher education should aim to promote the process of forming students' theoretical thinking, as a basis for both intellectual and professional training, which goes beyond the formal, technical and instrumental logic of capitalist society. Based on this premise, the thesis presented here investigated the formation of theoretical thinking in students of Biological Sciences and sought to answer the following question: in what way, in higher education, do study actions based on the theory of developmental teaching make it possible to understand the process of development of theoretical thinking in Biological Sciences students, based on the concept of gene transmission? The study is based on the principles of Historical-Cultural Theory and Developmental Teaching Theory. The research method that underlies this research is historical-dialectical materialism. In understanding the research processes of Biology as a unique science, we aim to explain the learning and theoretical thinking of Biological Sciences students about the concept of gene transmission based on pedagogical-didactic work based on assumptions of developmental teaching. The research involved understanding what is already being discussed on the subject in academic research, through an exploratory study, with the analysis of 28 works, 10 theses and 18 dissertations published between 2008 and 2022. The second stage of the investigation was an empirical research – carrying out a didactic-training experiment with undergraduate and undergraduate students in Biological Sciences at the Federal University of Goiás, in an optional curricular component common to both courses, called “Topics in Biology II: Various Themes”, with the subtitle “After all, are we just genetic codes?”. Sixteen meetings were held, organized into three thematic units: 1 - Gene transmission - a unit that expresses the totality of biological knowledge; 2 - Conceptual network of gene transmission; and 3 - Gene, organism, and environment. The subjects who participated in the research are six students: five from the bachelor's degree and one from the undergraduate degree. The research concludes that the organization of pedagogical-didactic work in Higher Education, for the concept of gene transmission, under the foundations of developmental teaching, promoted qualitative leaps in the understanding of Biology as a science, as well as in the development of theoretical thinking of Biological Sciences students.

**Keywords:** biological knowledge; developmental teaching; pedagogical-didactic work in Higher Education.

## **LISTA DE SIGLAS**

**BDTD** - Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

**CBB** - Bacharelado em Ciências Biológicas

**IBICT** - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

**ICB** - Instituto de Ciências Biológicas

**IES** - Instituição de Ensino Superior

**LCBio/UFG** - Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás

**MCTI** - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

**OCDE** – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

**PHC**- Pedagogia Histórico-Crítica

**PPC** - Projeto Pedagógico de Curso

**PPG** - Programa de Pós-graduação

**SD** - Sequência didática

**SISU** - Sistema de Seleção Unificado

**TCLE** - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**TRABEDUC**- Grupo de estudos e pesquisas Trabalho Docente e Educação Escolar

**UFG** - Universidade Federal de Goiás

**UNESCO** – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e Cultura

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Publicações que discutem Teoria Histórico-Cultural, Ensino Desenvolvimental, formação do pensamento teórico e o conhecimento biológico.....	52
Figura 2 - Modelação da relação universal da Biologia.....	94
Figura 3 - Representação da Relação universal da transmissão gênica.....	99
Figura 4 - Ambiente virtual do componente optativo.....	110
Figura 5 - Mural: "Transmissão em memórias".....	122
Figura 6 - Registro no quadro de conceitos espontâneos sobre a rede conceitual da transmissão gênica.....	126
Figura 7 - Registro no quadro sobre as análises dos textos.....	129
Figura 8 - Cartões - Como os povos antigos pensavam e explicavam sobre a transmissão?..	130
Figura 9 - Versão 1 das modelações dos grupos. A - Grupo 1. B - Grupo 2.....	140
Figura 10 - Versão 2 das modelações dos grupos. A - Grupo 1. B – Grupo 2.....	142
Figura 11 - Versão final da modelação no coletivo da turma.....	144
Figura 12 - Modelação do conceito de transmissão gênica. A - Grupo 1. B – Grupo 2.....	147
Figura 13 - A - Estudantes em grupo realizando uma modelação da divisão celular. B - Modelação produzida em coletivo pelos estudantes.....	148
Figura 14 - Modelação final da transmissão gênica - Bateson.....	149
Figura 15 - Modelação final da transmissão gênica - Elisa.....	149
Figura 16 - Modelação final da transmissão gênica - Rosalind.....	150
Figura 17 - Modelação final da transmissão gênica - Mendel.....	151
Figura 18 - Modelação final da transmissão gênica - Edith.....	151
Figura 19 - Modelação final da transmissão gênica - Morgan.....	152
Figura 20 - Por que as ervilhas?.....	155
Figura 21 - Estudantes em grupo realizando a tarefa de estudo - A caixa de ovos de Mendel.....	156
Figura 22 - Estudantes em grupo realizando a atividade - Construindo um ambiente.....	161
Figura 23 - Simulador de flutuações populacionais.....	164
Figura 24 - Estudantes em visita na EMBRAPA.....	166

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Busca com descritores.....	46
Quadro 2 - Matriz de coleta e análise de dados.....	46
Quadro 3 - Teses e Dissertações que contemplam as temáticas em estudo. “Teoria Histórico-Cultural”; “Ciências da Natureza”; “Pensamento teórico/conceitual”; “Conceito”. D – Dissertação; T – Tese.....	48
Quadro 4 - Teses e Dissertações, que contemplam as temáticas e constituem nosso campo de estudo. D – Dissertação; T – Tese.....	51
Quadro 5 - Síntese do movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica.....	96
Quadro 6 - Estruturação e organização do experimento didático-formativo.....	115

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da produção acadêmica por regiões geográficas do país.....	53
Tabela 2 - Principais palavras-chave presentes nas teses e dissertações analisadas.....	54
Tabela 3 - A área temática e a etapa de ensino das pesquisas analisadas.....	55
Tabela 4 - Autores mais citados nas pesquisas analisadas.....	57

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 O movimento do desenvolvimento do objeto de pesquisa.....	14
1.2 Estrutura da tese.....	18
<b>2 TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL, ENSINO DESENVOLVIMENTAL E AS PESQUISAS ACADÊMICAS: FUNDAMENTOS, CONTEXTOS E TENDÊNCIAS....</b>	<b>20</b>
2.1 Ensino, aprendizagem e o desenvolvimento para a Teoria Histórico-Cultural.....	21
2.1.1 Relação mediada entre sujeito e mundo – perspectivas do desenvolvimento.....	24
2.2 Ensino Desenvolvimental - ensino e o desenvolvimento do pensamento.....	30
2.3 A atividade de estudo como base para a organização do trabalho pedagógico-didático e da formação do pensamento teórico.....	33
2.4 A organização do trabalho pedagógico-didático no contexto do experimento didático-formativo.....	37
2.5 Relações entre a produção acadêmica e o objeto de pesquisa: concepções e perspectivas	44
2.5.1 Análises e caracterização da produção acadêmica pesquisada.....	52
2.5.2 Focos temáticos e discussões políticas – aproximações do objeto de estudo.....	61
<b>3 EDUCAÇÃO SUPERIOR E CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: HISTORICIDADE E FUNDAMENTOS.....</b>	<b>66</b>
3.1 Educação Superior no Brasil: contextos da formação profissional da área de Ciências Biológicas.....	70
3.1.1 A formação da “identidade profissional”- A personalidade (ser social) do/a Professor/a de Biologia e do Biólogo.....	73
3.2 Biologia: uma ciência em movimento.....	79
3.3 O movimento lógico-histórico da transmissão gênica: um tema estruturante da Biologia.....	95
3.4 A licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas no ICB/UFG.....	100
<b>4 O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO TEÓRICO DOS ESTUDANTES DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: O ENSINO ORGANIZADO NA PERSPECTIVA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL.....</b>	<b>108</b>
4.1 Planejamento e estruturação do experimento didático-formativo.....	109
4.2 As ações de estudo e o conceito de transmissão gênica: o caráter das ações.....	114
4.3 O processo de organização do trabalho pedagógico-didático para o desenvolvimento do pensamento teórico na Educação Superior: contribuições, limites e superações.....	118
4.3.1 Abstração substantiva - a relação universal do conceito de transmissão gênica.....	120
4.3.2 Modelação da relação geral e transformação do modelo.....	139
4.3.3 Generalização substantiva.....	154
4.3.4 A formação do conceito de transmissão gênica e o desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas.....	168
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>180</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>186</b>
<b>APÊNDICE A – Palavras-chaves das teses e dissertações que constituíram o corpus da pesquisa na revisão de literatura.....</b>	<b>197</b>
<b>APÊNDICE B - Comparativo das disciplinas da Matriz Curricular dos cursos de Ciências Biológicas - UFG.....</b>	<b>198</b>

<b>APÊNDICE C - Plano de ensino.....</b>	<b>200</b>
<b>APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido.....</b>	<b>206</b>
<b>APÊNDICE E - Questionário de diagnose socioeconômico.....</b>	<b>209</b>
<b>APÊNDICE F - Textos.....</b>	<b>213</b>
<b>APÊNDICE G - a tarefa final.....</b>	<b>230</b>
<b>APÊNDICE H - formulário para registro dos dados do experimento.....</b>	<b>231</b>

## INTRODUÇÃO

Devemos decidir em que tipo de mundo queremos viver e, em seguida, tentar gerenciar os processos de mudança da melhor maneira possível para aproximar-nos desse objetivo (Lewontin; Levins, 2022, p. 301).

Os estudos de uma tese de doutorado exigem muita responsabilidade, não somente para com o meu trabalho docente, mas com toda a Educação em sua generalidade, pois refletem uma parte de sua realidade e, conseqüentemente, reivindicam processos de transformações. Ser professora e pesquisadora me desafia a buscar os caminhos de mudança da melhor maneira possível para aproximar-nos da Educação que desejamos.

Durante meu curso de licenciatura em Ciências Biológicas, que iniciei no ano de 1998 na Universidade Estadual de Goiás (UEG), a paixão que tinha pela docência sempre crescia. Ainda na graduação já comecei a lecionar em pequenas escolas, iniciando assim minha tão sonhada trajetória de ser professora. Pouco depois de formada, em 2004, fui aprovada no concurso da rede Estadual da Educação de Goiás.

Com o passar do tempo, surgiram, com a minha atuação docente, inquietações sobre minha formação e meu trabalho. Busquei dar continuidade ao meu processo formativo com o Mestrado em Educação e Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Goiás (UFG), no ano de 2018, no qual discuti o movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica, no qual foram explicitados os contextos históricos e filosóficos que perpassam seu processo de construção, e como tal compreensão contribui para que os professores de Biologia entendam a ciência que lecionam. O movimento do desenvolvimento do conceito ao longo do tempo e do espaço evidenciou que suas relações conceituais, ontológicas, histórico-sociais e epistemológicas estruturam a Biologia enquanto ciência.

A investigação indicou que a Teoria Histórico-Cultural e a Teoria do Ensino Desenvolvimental, representam possibilidades contra-hegemônicas para o processo de ensino e aprendizagem, no qual a organização do trabalho pedagógico-didático por meio de ações, operações e tarefas podem viabilizar o pensamento com e por conceito. Findado o mestrado, fiquei ainda com a necessidade de materializar esta proposta didática junto a professores e estudantes de Ciências Biológicas.

No movimento da pesquisa de mestrado, me emocionei ao perceber o quanto eu fazia parte desta investigação. Ao estudar sobre a formação do pensamento conceitual de professores de Biologia, entendi como meus estudos contribuem para a minha transformação

e da minha atividade profissional, com a superação de algumas dificuldades e com o despertar de uma nova forma de olhar, pensar e ensinar a ciência.

A partir das reflexões sobre os resultados obtidos na pesquisa de mestrado, surgiu a primeira motivação de ingressar no curso de doutorado com a finalidade de dar continuidade nestes estudos. A pesquisa inicial do doutorado se propôs compreender como essas teorias podem contribuir para o processo de formação de professores da área de Biologia, a partir da aprendizagem do conceito teórico de transmissão gênica. Todavia, a transmissão gênica é um conceito estruturante da Biologia, e seu processo de apropriação conceitual possibilita olhar e atuar sobre a realidade, seja na atuação com a pesquisa da Biologia em si, quanto na Educação escolar.

No ano de 2020, retornei minhas atividades na Rede Estadual de Educação de Goiás, pois tinha finalizado minha licença para capacitação. Assim que ingressei no doutorado, o mundo foi surpreendido com a pandemia do covid-19, causada pelo coronavírus (SARS-CoV-2), afetando todos os setores dos países, como a saúde, a economia e a educação. Com a medida de segurança do isolamento social e a quarentena, a fim de evitar a contaminação no território nacional, as rotinas de estudo e pesquisa foram comprometidas, mas muitos conhecimentos foram construídos nesse processo.

Entre os anos de 2020 e 2022, cursei as disciplinas do doutorado de modo remoto e segui com minhas atividades de docente. Ao terminar o “pedágio” da licença de mestrado, consegui licença para o doutorado e, em 2022, realizei o estágio docência, em virtude da condição de bolsista, participando juntamente com a professora, na disciplina “Tópicos em Biologia II: Temas Variados - O ensino da Biologia pensado biológica e pedagogicamente”. Esse momento foi de fundamental importância para pensar nos modos de organizar o ensino com base na teoria do Ensino Desenvolvimental. Ao participar de todo processo de construção da disciplina, desde o desenvolvimento do plano de ensino, a escolha dos textos, a elaboração das atividades de estudo, o meu objeto desta pesquisa foi se constituindo de forma mais clara. As discussões e a experiência compartilhadas com as professoras da disciplina contribuíram ainda mais com o desenvolvimento da minha pesquisa.

As discussões no grupo de pesquisa Kadjót (Grupo Interinstitucional de estudos e pesquisas sobre as relações entre tecnologias e educação) sobre usos e apropriações, bem como as reuniões de orientação, geraram novas questões para a minha pesquisa: como se daria o processo de apropriação do movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica por estudantes de Ciências Biológicas? Como são pensadas as disciplinas da área de Ciências Biológicas - licenciatura e bacharelado? Como ocorre a apropriação do conceito de

transmissão gênica, dentro da genética ou, ainda, nos estudos da Biologia enquanto Ciência? A formação do pensamento teórico pode ser pensada da mesma forma, tanto para estudantes do bacharelado como da licenciatura? E, pensando a formação na Educação Superior fundamentada no ensino desenvolvimental, de forma metodológica, sócio-histórica e filosófica, como se dão os processos que envolvem a organização do trabalho pedagógico-didático?

Nesse contexto, foram se constituindo os motivos para pesquisar sobre o desenvolvimento do pensamento teórico de graduandos em Ciências Biológicas, a partir da organização do trabalho pedagógico-didático sobre o conceito de transmissão gênica.

### **1.1 O movimento do desenvolvimento do objeto de pesquisa**

Nesta pesquisa, o objeto de estudo está articulado na interseção entre a formação do pensamento teórico na Educação Superior, no curso de Ciências Biológicas e a organização do trabalho pedagógico-didático, a partir dos fundamentos do Ensino Desenvolvimental, no processo de apropriação e formação do conceito de transmissão gênica por estudantes da Educação Superior.

No intuito de compreender a essência do objeto de estudo, buscaremos ir além do aparente, por meio da compreensão da relação totalidade-particularidade que perpassa o fenômeno estudado. Para esse fim, a tese está fundamentada no Materialismo Histórico-Dialético, enquanto método de investigação, análise e exposição da pesquisa. Assim, apoia-se em teóricos como Engels (1976), Kopnin (1978), Marx e Engels (2007), Marx (2008) e Kosik (2011). Para o aporte teórico psicopedagógico, nos pautamos na base materialista da Teoria Histórico-Cultural, com os estudos de Vygotsky<sup>1</sup> (1991; 2001; 2010; 2009), nas discussões didática da Teoria do Ensino Desenvolvimental, (Davydov, 1988; 1997/2017) e nos processos de investigação da Biologia enquanto uma ciência única, com Lewontin e Levins (1985; 2022), Lewontin (2001; 2002), Mayr (1998; 2004; 2011) e Nascimento Júnior (2010).

Em uma perspectiva dialética em relação ao conhecimento, o desenvolvimento do pensamento teórico se constitui no processo reflexivo da atividade historicamente formada

---

<sup>1</sup> Os nomes dos autores Vygotsky e Davydov apresentam diversas nomenclaturas, devido às traduções realizadas no decorrer do acesso às suas obras. A forma de grafar a referência aos autores pode divergir portanto segundo a tradução e a editora. Nesta investigação, optou-se pelo uso da grafia de Vygotsky e Davydov. Porém, quando estes autores forem citados nos textos que estiverem servindo de referencial, a grafia utilizada nas versões traduzidas será preservada de acordo com versão referenciada.

pela sociedade. Esse desenvolvimento é um processo de reflexão da realidade que permite o conhecimento de um conteúdo em sua totalidade, em seus aspectos universal e singular (Davydov, 1988). A formação do pensamento teórico a partir do desenvolvimento do pensamento conceitual possibilita revelar as relações e contradições dos objetos do conhecimento a fim de agir mentalmente com os conceitos em diferentes situações, mediante sínteses e generalizações, para chegar ao concreto pensado (Libâneo; Freitas, 2013; Libâneo, 2016).

As relações entre desenvolvimento do pensamento teórico e o ensino apontam perspectivas de transformação subjetiva e psíquica, que podem levar a outras formas de relação do sujeito com a realidade, constituindo as formas universais do desenvolvimento mental dos estudantes. Essa relação se expressa na mediação entre os indivíduos, orientando a apropriação das riquezas da cultura material, produzidas historicamente pela humanidade (Davydov, 1988).

O processo de apropriação do conhecimento revela as relações essenciais entre a experiência individual e a experiência social, possibilitando ao indivíduo a reprodução, em sua própria atividade, das capacidades humanas formadas historicamente (Davydov, 1988). Assim, para que o ensino possa se constituir como instrumento que possibilite a transformação dos indivíduos, o que está relacionado à sua organização tem uma grande relevância didático-metodológica, a partir do ponto de vista das particularidades do desenvolvimento psíquico dos estudantes (Davydov, 1988). Pensar essa perspectiva para a Educação Superior exige uma organização didático-metodológica que considere o desenvolvimento psíquico dos estudantes e representa uma significativa ruptura com o ensino tradicional.

O papel da Educação Superior deve ser compreendido como um “espaço de investigação, discussão e difusão de projetos e modelos de organização da vida social, tendo por norte a garantia dos direitos sociais” (Dourado, 2002, p. 246). Para o autor, na sociedade do capital, o papel de construção do conhecimento científico e da formação transformadora tem perdido espaço nessa etapa de ensino para a função de adotar o mercado como referência de sua produção e gestão do mundo globalizado. A Educação Superior, no Brasil, está fortemente marcada por arranjos institucionais diversos, permeada por embates desde a sua institucionalização, o que acarretou uma implementação tardia da organização acadêmica por meio da criação de universidades.

Tal perspectiva aponta para a necessidade de análise e compreensão de um projeto de Educação Superior pautado por um padrão unitário de qualidade social, efetivado por meio da

indissociabilidade entre o ensino, a pesquisa e a extensão, e pela efetivação de um sistema nacional de educação que articule projetos e políticas para a área. A construção da Educação Superior deve ser entendida como espaço de formação coletiva, implicando o alargamento dos seus horizontes como espaço de desenvolvimento e transformação (Dourado, 2002).

Diante desse contexto, considerando o processo de desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes, os sujeitos envolvidos na presente pesquisa serão os estudantes de licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas. A graduação em Ciências Biológicas, no Brasil, está entrelaçada com a história social, política e econômica do país, refletindo as transformações sociais e as necessidades da sociedade brasileira ao longo do tempo. A trajetória das ciências biológicas reflete não apenas o desenvolvimento de uma disciplina científica, mas também as interações entre ciência, sociedade e política (Bizzo, 2008).

Desde a colonização, houve uma interação entre práticas de ensino, exploração da biodiversidade e as demandas sociais, que foram moldando o campo das ciências biológicas. A partir do século XIX, o Brasil começou a institucionalizar a pesquisa e o ensino das ciências, com a criação de instituições de Educação Superior e a inclusão de disciplinas científicas nos currículos. A criação de universidades e faculdades, durante o século XX, especialmente após a década de 1930, foi um marco importante, permitindo que os cursos de Ciências Biológicas se consolidassem (Bizzo, 2008). A formação de professores de Biologia e de biólogos, no Brasil, é demarcada por diferentes processos históricos, como sua origem no curso de História Natural, por um ensino com ênfase aos conteúdos específicos do bacharelado e, posteriormente, pelo ensino nas licenciaturas curtas (Pereira, 2022).

Os cursos de Ciências Naturais, instituídos em 1931, que abrangiam aspectos de Biologia, Geografia e Ciências Físicas, visavam formar professores para a educação básica, e a ênfase era em uma formação geral que incluía a Biologia. A partir da década de 1960, os cursos de Ciências Biológicas começaram a se consolidar como uma área específica de formação acadêmica, com foco em disciplinas como zoologia, botânica, microbiologia e ecologia. A criação de instituições de Educação Superior em diversas regiões do Brasil contribuiu para a expansão dos cursos, permitindo uma formação mais diversificada (Uliana, 2012).

A Biologia, enquanto ciência única, não existia inconstitucionalmente, e não surgiu em um momento específico. Sua identidade foi se construindo ao longo do tempo, com contribuições de muitos cientistas e pensadores da história da humanidade. A Biologia “teve início com o estudo das formas das plantas e dos animais, e considerava-se que as funções das partes dos organismos eram intimamente relacionadas com suas formas” (Lewontin, 2002, p.

83). Suas raízes remontam aos antigos gregos. Nesse sentido, a obra de Aristóteles foi uma premissa muito respeitável da ciência da Biologia, em particular para sua metodologia e seus princípios. Poucos estudos adicionais interessantes que pudessem contribuir com essa Ciência foram realizados, no período helênico, por Galeno e sua escola, fazendo com que a Biologia permanecesse mais ou menos adormecida até o século XVI (Mayr, 2004).

Em uma perspectiva conceitual, o processo de constituição dos conhecimentos científicos que compõem a Biologia é organizado por categorias, que se identificam como temas estruturantes, e sintetizam suas principais áreas, constituindo os elementos nucleares da Biologia. Por meio de uma análise histórica e filosófica, são destacados os seguintes temas: organização, equilíbrio, transmissão, variação e interação (Nascimento Júnior, 2010).

Como recorte para esta tese, o processo de apropriação do conhecimento científico analisado terá como ênfase a organização de ensino sobre o conceito de transmissão gênica que foi identificado na pesquisa anterior de mestrado como um conceito integrador, nuclear e estruturante da Biologia (Silva, 2020). Para a autora, o conceito de transmissão gênica, na especificidade do conhecimento biológico, constitui uma rede conceitual que é integrada à herança de características comuns a uma determinada espécie, às possíveis reações e estruturas moleculares e organizações que determinam o mecanismo de transmissão dos genes e aos fatores evolutivos e ecológicos que interagem com este processo.

Diante do exposto, o objeto de estudo desta tese se constitui no desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas (licenciatura e bacharelado) a partir da organização do trabalho pedagógico-didático do conceito de transmissão gênica na perspectiva do ensino desenvolvimental. Para isso, nos colocamos a problematizar: de que modo as ações de estudo, pautadas na teoria do ensino desenvolvimental, possibilitam compreender o processo de desenvolvimento do pensamento teórico em estudantes de Ciências Biológicas, a partir do conceito de transmissão gênica? Tal questionamento nos suscita explicitar o processo de desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas, a partir da organização do trabalho pedagógico-didático fundamentado nos pressupostos pedagógicos e didáticos do ensino desenvolvimental, no contexto de um experimento didático-formativo.

O percurso da pesquisa se efetivou, inicialmente, com uma revisão de literatura de modo a entender o que há de trabalhos sobre essa temática, ponderar sobre o que já foi produzido, conhecer e compreender melhor sobre o campo em estudo, e ter um maior alcance nas análises dos dados. Por sua vez, em um outro momento, foi realizada a pesquisa de

campo, no contexto de um experimento didático-formativo para investigar o processo de ensino e aprendizagem.

O experimento emergiu como alternativa relevante para esta pesquisa científica em tela, permitindo “apreender de forma mais explícita as relações entre os processos socioculturais, as mudanças nas funções psíquicas superiores e sua relação com contextos concretos e vida e de ensino-aprendizagem” (Freitas; Libâneo, 2022, p. 16). O experimento realizado nesta pesquisa buscou articular dialeticamente as discussões entre o movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica e o pensamento por e com conceito, objetivando um ensino que promova o desenvolvimento humano na formação de profissionais que lidam com o conhecimento biológico.

Desta forma, a tese defendida nesta pesquisa é que a organização do trabalho pedagógico-didático na Educação Superior, sob os pressupostos pedagógicos e didáticos do ensino desenvolvimental, possibilita a constituição das bases necessárias para o desenvolvimento do pensamento teórico de estudantes de Ciências Biológicas.

## **1.2 Estrutura da tese**

No processo de apropriação do conhecimento, as ações que estabelecem os nexos entre o singular e universal fundamentam a compreensão do objeto, pois transformam o objeto idealizado, evidenciando suas relações internas (Davydov, 1988). No movimento do pensamento que vai do singular para o particular e deste para o universal, “o conhecimento assume caráter realmente universal e procura produzir a verdade em toda a concreticidade e objetividade do conteúdo desta” (Kopnin, 1978, p. 153).

Esta tese se constitui nas sínteses, análises e relações de cinco seções. A primeira seção, é a Introdução, na qual foi apresentada a contextualização da pesquisa. Na segunda seção, intitulada “Teoria Histórico-Cultural, Ensino Desenvolvimental e as pesquisas acadêmicas: fundamentos, contextos e tendências”, inicialmente apresentamos a fundamentação teórica dos estudos que fundamentam esta pesquisa, realizando um movimento de compreensão das relações entre as teorias. Em seguida, a seção buscou conhecer a realidade concreta da produção acadêmica a partir do objeto de pesquisa. Para tal, foi realizado um levantamento bibliográfico no site da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Na terceira seção, “Educação Superior e curso de Ciências Biológicas: historicidade e fundamentos”, apresentamos uma contextualização da Educação Superior no Brasil, com especificidade na formação profissional da área de Ciências Biológicas (bacharelado e licenciatura), e a perspectiva histórica da fundamentação da Biologia enquanto Ciência, e do desenvolvimento lógico-histórico do conhecimento biológico - a transmissão gênica. Na quarta seção, “O desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas: o ensino organizado na perspectiva do Ensino Desenvolvimental”, buscamos o desvelar das relações entre o planejamento, as ações de estudo e o desenvolvimento do experimento didático-formativo para pensar nos indícios de formação do pensamento teórico dos graduandos. Posteriormente a seção objetivou explicitar o processo de síntese e análise do desenvolvimento do pensamento teórico do conceito de transmissão gênica no contexto do Ensino Desenvolvimental. Finalizamos a discussão com a problematização das concepções e suas relações com as atuais políticas públicas. Na quinta seção, “Considerações finais”, os objetivos e o problema de pesquisa são revisitados, reforçando a relevância da organização do trabalho pedagógico-didático pautado na Teoria Histórico-Cultural no Ensino Desenvolvimental, na formação do pensamento conceitual e no processo de desenvolvimento do pensamento teórico, da Biologia e na especificidade do conceito de transmissão gênica.

## 2 TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL, ENSINO DESENVOLVIMENTAL E AS PESQUISAS ACADÊMICAS: FUNDAMENTOS, CONTEXTOS E TENDÊNCIAS

O reconhecimento da historicidade da Ciência e de seu método constitui-se um passo fundamental para instrumentar a análise crítica de um empreendimento largamente produzido, difundido e consumido nos dias atuais (Andery *et al.*, 1996, p. 446).

O objeto de estudo de toda ciência tem um período constitutivo em seu processo histórico, que, em essência, é contínuo e formativo de sua visão específica do mundo material. Nesse processo, estabelece-se a forma teórica e as relações desse objeto. O estudo da historicidade é um importante caminho na relação entre o conhecimento do movimento histórico de desenvolvimento de um conceito científico e a capacidade de reflexão crítica sobre este (Davydov, 1988). Para Vygotsky (2001), a análise histórica se torna a chave para a compreensão lógica do conhecimento científico.

Compreender a organização psicológica do movimento do pensamento no sentido da verdade objetiva é um caminho para a correlação entre o histórico e o lógico, que reflete não só a história do próprio objeto como também a história do seu conhecimento. No processo de movimento do pensamento, da criação do conhecimento científico, a unidade entre o lógico e o histórico é essencial, sendo que

o histórico atua como objeto do pensamento, o reflexo do histórico, como conteúdo. O pensamento visa à reprodução do processo histórico real em toda a sua objetividade; complexidade e contrariedade. O lógico é o meio através do qual o pensamento realiza essa tarefa, mas é o reflexo do histórico em forma teórica (Kopnin, 1978, p. 190).

O estudo do movimento lógico e histórico de um conhecimento científico é um dos princípios para reconhecer sua relevância como objeto de ensino (Kopnin, 1978). Para o autor, a unidade entre o lógico e o histórico é um importante princípio para compreensão do processo de construção e transformação do objeto, de seu surgimento e desenvolvimento. Assim, o conhecimento da essência do objeto se torna compreensível a partir de sua historicidade.

Em uma perspectiva dialética, “o próprio objeto é a totalidade dos diversos aspectos, propriedades e relações” (Kopnin, 1978, p. 321). Logo, na busca por compreender o objeto de estudo desta tese, faz-se necessário explicitar os referenciais teóricos e epistemológicos que a fundamentam, possibilitando problematizações e reflexões sobre este mesmo objeto na relação com o que já identificamos e compreendemos na primeira seção.

Ciente que a realidade e a essência do fenômeno não se dão imediatamente, é necessário fazer um amplo movimento do pensamento, visto que

O real é um todo estruturado que se desenvolve e se cria, o conhecimento de fatos ou conjuntos de fatos da realidade vem a ser conhecimento do lugar que eles ocupam na totalidade do próprio real [...] o todo se cria na interação das partes (Kosik, 2011, p. 50).

Nesta seção, discutiremos, inicialmente, o movimento de compreensão das relações entre a Teoria Histórico-Cultural, a Teoria do Ensino Desenvolvimental e a Teoria da Atividade, enquanto aporte teórico que fundamenta o processo de ensino e aprendizagem, as perspectivas do desenvolvimento e a atividade de estudo como base para a organização do trabalho pedagógico-didático para a formação do pensamento teórico. Em seguida, apresentamos um panorama de trabalhos que versam sobre as relações entre Ciências da Natureza, a formação do pensamento teórico e o estudo de um conceito científico a partir da perspectiva histórico-cultural e do Ensino Desenvolvimental.

## **2.1 Ensino, aprendizagem e o desenvolvimento para a Teoria Histórico-Cultural**

Lev Semyonovich Vygotsky (1896 - 1934) nasceu em 17 de novembro de 1896, e era filho de uma família judaica da Bielorrússia. Concluiu seus estudos iniciais aos 17 anos e foi para Moscou, para a Faculdade de Medicina da Universidade Imperial, mas optou pelo curso de Direito. Estudou História, Filosofia e, mesmo na faculdade, iniciou seus estudos em Psicologia. Ao retornar para Gomel, em 1917 assumiu diferentes funções na área da educação e em diversas atividades culturais, no mesmo período da revolução socialista. Lecionou Literatura Russa, Psicologia Geral, Infantil e Pedagogia nos Cursos de Pedagogia (Prestes; Tunes; Nascimento, 2017).

Ainda segundo os mesmos autores, ele apresentou suas principais ideias relacionadas a Psicologia no II Congresso de Psiconeurologia em 1924, o que impressionou a todos os participantes. Neste congresso, conheceu Romanovitch Luria (1902-1977), com quem desenvolveu vários estudos. Suas atividades culturais, de ensino e pesquisa no instituto de formação de professores de Gomel renderam-lhe, em 1924, um convite para compor um grupo de pesquisadores do Instituto de Psicologia de Moscou. Ao longo de sua vida, Vygotsky escreveu aproximadamente 200 trabalhos científicos. Iniciou sua carreira como professor de literatura e muitos dos seus artigos tratavam de problemas da prática educacional. Trabalhou

juntamente com Luria e Aleksei Nikolaevitch Leontiev (1903-1979) como líder intelectual na Troika - Instituto de Psicologia.

Durante a formação da chamada Escola de Vygotsky, em 1920, foram realizadas diversas pesquisas por um grupo de psicólogos e pedagogos: Luria, Leontiev, Vasily Vasilyevich Davydov (1930-1998), Daniil Borisovich Elkonin (1904-1984), Piotr Yakovlevich Galperin (1902-1988), entre outros. O contexto de formulação dessas pesquisas, no período de 1921, era marcado pelas crises sociais da revolução socialista na Rússia, pela guerra civil e pelas ações que levaram à constituição do regime comunista no país. É diante desta realidade que surge a necessidade de reflexão sobre o papel da Educação, da escola, da ciência, da pedagogia e da didática frente à construção de uma nova sociedade. As pesquisas desse grupo formaram a base teórica da Psicologia Histórico-Cultural, com estudos sobre a origem e desenvolvimento do psiquismo, processos intelectuais, emoções, consciência, atividade humana, linguagem, desenvolvimento humano e aprendizagem (Libâneo; Freitas, 2006; Prestes; Tunes; Nascimento, 2017).

No Brasil, esses estudos chegaram a partir da segunda metade de 1970. Grupos de estudos sobre a obra de Vygotsky se formaram na década de 1980, e os trabalhos e pesquisas sobre a teoria se intensificaram a partir da segunda metade dos anos 1990. A perspectiva histórico-cultural da educação apresenta ideias que superam a visão de ser humano, conhecimento, ensino e aprendizagem difundidos pela psicologia tradicional (Libâneo, 2004; Libâneo; Freitas, 2006).

Para Vygotsky, (2001, p. 149) é fundamental que, ao se reconhecer o caráter histórico do pensamento, “devemos estender a essa forma de comportamento todas as teses metodológicas que o materialismo histórico estabelece para todos os fenômenos históricos na sociedade humana”. O autor argumenta que o processo de desenvolvimento do pensamento humano resulta do movimento dialético entre as funções psicológicas elementares e as funções psíquicas superiores. O desenvolvimento do indivíduo se concretiza em suas experiências socioculturais, e não é uma simples continuação, mas ocorre uma transformação do biológico para o histórico-social (Vygotsky, 2001).

Hedegaard (2002, p. 202) afirma que “Vygotsky não nega o desenvolvimento biológico, no entanto, o desenvolvimento biológico humano é formado e concretizado através do desenvolvimento social e histórico”. Nesse sentido, a Teoria Histórico-Cultural estabelece análises sobre o ensino e aprendizagem e o desenvolvimento do indivíduo, que se realizam socioculturalmente no qual uma precisa do outro para se constituir, se reconhecer e formar sua identidade.

## O aspecto cultural da Teoria Histórico-Cultural envolve a

os meios socialmente estruturados pelos quais a sociedade organiza os tipos de tarefas que a criança<sup>2</sup> em crescimento enfrenta, e os tipos de instrumentos, tanto mentais como físicos, de que a criança pequena dispõe para dominar aquelas tarefas (Luria, 2010, p. 26).

A linguagem é um dos instrumentos da humanidade que tem um papel essencial na organização e desenvolvimento dos processos de pensamento e da consciência humana. Já o elemento histórico da Teoria Histórico-Cultural se apresenta em unidade com o cultural, sendo que os instrumentos que os seres humanos usam para dominar seu ambiente e seu próprio comportamento são transformados ao longo de sua história social (Luria, 2010).

Vygotsky (1998), investigando sobre a origem da formação e desenvolvimento dos processos psíquicos superiores do ser humano, estudou a formação social da mente. Seus estudos objetivaram apreender as características do comportamento humano e elaborar hipóteses de como essas características se formaram ao longo da história humana e de como se desenvolvem durante a vida de um indivíduo.

Os estudos de Vygotsky tiveram grandes impactos sobre as investigações acerca dos processos de ensino e aprendizagem de conteúdos escolares. Algumas premissas da Teoria Histórico-Cultural incentivaram o uso da pesquisa experimental no processo de ensino e aprendizagem, e a realização de novas investigações em relação ao desenvolvimento e a aprendizagem, apresentando aproximações com a didática. Essas premissas evidenciam a estreita relação entre a produção de conhecimento da Teoria Histórico-Cultural e o campo do ensino (Sforni, 2015).

Para as autoras Rosa e Sylvio (2016), existem alguns pressupostos que colocam a Teoria Histórico-Cultural como uma epistemologia psicológica do ensino: são conceitos e conhecimentos da teoria, como a lei genética geral do desenvolvimento dos processos psíquicos superiores, a Zona de Desenvolvimento Próximo a mediação, e

(...) a constatação de que a educação escolar desempenha um papel de grande importância no processo de desenvolvimento psicológico. Considera-se que tal princípio sustenta a continuidade das pesquisas da psicologia histórico-cultural sobre a relação entre aprendizagem e desenvolvimento (Rosa; Sylvio, 2016, p. 421).

---

<sup>2</sup> O contexto das pesquisas de Davydov e Vygotsky teve como foco o desenvolvimento mental em crianças. Contudo, essas pesquisas que se fundamentam nesse contexto e nos pressupostos das teorias entendem que podem também ser pensadas e problematizadas para os processos de formação do adulto na formação da Educação Superior, uma vez que “são teorias com grandes possibilidades de ajudar a compreender melhor o trabalho de professor e, em consequência, sua formação profissional” (Libâneo, 2004, p. 141).

O conceito de *zona blijaichego razvitia*, desenvolvido por Vygotsky, é um dos mais difundidos, sendo traduzido mais comumente como “zona de desenvolvimento proximal ou imediato”. Contudo, esses termos não consideram a ação colaborativa de outra pessoa, ou a relevância de um ensino que pode ou não possibilitar o desenvolvimento. A tradução que mais se aproxima do termo russo é zona de desenvolvimento iminente, cuja característica essencial, em suas palavras, é a das possibilidades de desenvolvimento (Prestes, 2010). O adjetivo blijaichego significa, por sua vez, "próximo" no grau superlativo sintético absoluto.

O conceito Zona de Desenvolvimento Próximo é bastante utilizado em estudos sobre ensino e aprendizagem em muitas áreas do conhecimento, fornecendo uma perspectiva para compreender a relação entre aprendizagem e desenvolvimento humano (Chaiklin, 2011). Corroborando com a autora, a presente tese utilizará o termo Zona de Desenvolvimento Próximo, por ser uma “expressão de maior familiaridade para o público de pesquisadores, estudantes e professores brasileiros, que, ao mesmo tempo, não conduz a compreensões equivocadas do conceito vinculadas a um suposto imediatismo/ obrigatoriedade ou nível potencial de desenvolvimento” (Chaiklin, 2011, p. 659).

Em busca de uma organização do trabalho pedagógico-didático que se adianta ao desenvolvimento, apresentamos aqui a compreensão de alguns dos conhecimentos engendrados pela Teoria Histórico-Cultural, como a mediação, a formação de conceitos, as funções psíquicas superiores e a Zona de Desenvolvimento Próximo.

### **2.1.1 Relação mediada entre sujeito e mundo – perspectivas do desenvolvimento**

O ser humano estabelece relações com a natureza, age sobre ela e, por meio do trabalho, a transforma criando para si as suas condições de existência, ou seja, o trabalho medeia a relação entre humano e natureza. A base e a essência do pensamento humano são constituídos nessa modificação da natureza por ele mesmo, visto que o pensamento racional só é possível ao ser humano. O modo pelo qual produzem seus meios de vida os diferencia dos animais, sendo que o desenvolvimento psicológico do ser humano é histórico e sua história se constitui de finalidades (Engels, 1976).

Para Vygotsky (1991) o trabalho tem um papel central na atividade e no desenvolvimento humano. Tal fato representa um elemento importante para seus estudos e para a interpretação das funções psíquicas superiores do sujeito, pautando os métodos de experimentação e análise da Teoria Histórico-Cultural. O autor utiliza os estudos de Marx e Engels sobre o trabalho humano e o uso de instrumentos como os meios pelos quais este

transforma a natureza e a si mesmo. A interação do indivíduo com o meio é uma questão importante para Teoria Histórico-Cultural no que diz respeito ao processo de apropriação de conhecimento. A relação sujeito e mundo é uma relação mediada, e os sistemas simbólicos são elementos essenciais nessa relação, sendo o desenvolvimento psicológico e cultural afetado pelo uso dos signos e pelas interações sociais (Vygotsky, 1991; 2009).

O “instrumento” se refere às ferramentas, sistemas desenvolvidos pelo ser humano para controlar e transformar a natureza externa, já os signos são sistemas simbólicos e psicológicos desenvolvidos pelo indivíduo que regulam e transformam a natureza interna ou psicológica de outros ou de si mesmo. Os signos podem influenciar as relações humanas e sua ação num contexto sociocultural. Instrumento e signo são elementos mediadores entre a realidade e o sujeito e se constituem em unidade dialética, e mesmo com características particulares são indissociáveis (Vygotsky, 1991; 2009).

A operação com signos, ou a criação e o uso dos símbolos permitem ao indivíduo conhecer e transformar o mundo ao se apropriar das formas culturais humanas e do universo simbólico. Para Sousa (2019, p. 26):

A mediação dos sistemas de signos é denominada mediação simbólica. Os sistemas simbólicos permitem ao homem compartilhar e acumular conhecimentos, podendo transmitir informações de uma geração a outra. A mediação, por sua vez, não se constitui a partir de um terceiro elemento na relação homem-mundo, trata-se de um processo que os intervenciona, transformando-os.

O signo auxilia na mediação simbólica e apresenta função semiótica que pode dar significado e abrigar o desenvolvimento da cultura, transformando a relação do sujeito com o mundo e o desenvolvimento das suas funções psíquicas superiores (Sousa, 2019).

Essa relação de função mediadora evidencia a unidade entre instrumentos e signos. Os dois conceitos apresentam diferentes formas pelas quais elas orientam a atividade humana. Assim sendo, a mediação pode ser um processo relevante na compreensão de como as concepções sobre o desenvolvimento humano ocorrem sendo um processo histórico, cultural e social. O ser humano não tem acesso direto aos objetos, mas sim mediados através de recortes do real, operados pelos sistemas simbólicos, enfatizando a construção do pensamento como uma interação mediada por várias relações (Vygotsky, 1991).

No pensamento mediado por signos e significados, a comunicação pode ser efetivada por via mediata, e essa via

(...) é uma mediação interna do pensamento, primeiro pelos significados e depois pelas palavras. Por isso o pensamento nunca é igual ao significado direto das palavras. O significado medeia o pensamento em sua caminhada rumo à expressão verbal, isto é, o caminho entre o pensamento e a palavra é um caminho indireto, internamente mediatizado (Vygotsky, 2001 p. 479).

O uso dos signos e dos instrumentos por meio da atividade mediada muda todas as operações psicológicas, ampliando de forma ilimitada a possibilidade de atividades em que novas funções psicológicas podem operar. Frente a isso, o termo função psicológica superior refere-se “à combinação entre o instrumento e o signo na atividade psicológica” (Vygotsky, 1991, p. 41).

O autor apresenta uma analogia com os estudos de Marx sobre instrumentos de trabalho, na qual o indivíduo os utiliza para agir sobre outras coisas como meios de poder e ação de acordo com suas finalidades. Essa análise atribui o uso de signos à categoria de atividade. Logo, a atividade se apresenta como um conceito essencial que subsidia os processos de mediação, sendo que esta mediatiza a relação entre o sujeito e a realidade objetiva. O ser humano, pela sua atividade em contato com os objetos e fenômenos, atua sobre eles e transforma-os, transformando também a si mesmo (Libâneo; Freitas, 2006).

As origens das formas superiores de comportamento consciente se constituem nas relações sociais que o indivíduo mantém com o mundo exterior, sendo o indivíduo um produto do ambiente e, também, um agente ativo no processo de criação deste meio. Ao longo do desenvolvimento de operações que requerem o uso de signos e instrumentos ocorrem mudanças, e a operação de atividade mediada começa a se estabelecer como um processo interno. O desenvolvimento ocorre em espiral, cruzando o ponto em cada superação, enquanto avança em direção a um estágio superior, na qual a internalização é identificada como a reconstrução interna de uma operação externa (Vygotsky, 2009).

A internalização consiste em uma série de transformações, nas quais o ser humano reconstrói internamente uma operação externa e muda sua própria natureza resultando em uma nova aprendizagem e, por consequência, em desenvolvimento. Vygotsky (2009, p. 94) reforça que “a internalização de atividades socialmente enraizadas e historicamente desenvolvidas é a característica distintiva da psicologia humana, a base do salto qualitativo da psicologia animal para a humana”.

No processo de formação das funções psíquicas superiores, a atividade sócio-histórica e coletiva dos indivíduos ressalta a mediação cultural para a apropriação do conhecimento. Para isso, “a educação e o ensino se constituem como formas universais e necessárias do desenvolvimento mental, em cujo processo se ligam os fatores socioculturais e as condições

internas dos indivíduos” (Libâneo; Freitas, 2006, p. 3). O desenvolvimento das funções psíquicas superiores no estudante, é um processo único, e elas são formadas no decurso da história do gênero humano. A premissa desse desenvolvimento evidencia que

Todas as funções psicointelectuais superiores aparecem duas vezes no decurso do desenvolvimento da criança: a primeira vez, nas atividades coletivas, nas atividades sociais, ou seja, como funções intersíquicas: a segunda, nas atividades individuais, como propriedades internas do pensamento da criança, ou seja, como funções intrapsíquicas (Vygotsky, 2010, p. 114).

O desenvolvimento no processo de ensino e aprendizagem relacionado a idade mental do estudante é bastante variado, e essa diferença é identificada por Vygotsky (2009) como Zona de Desenvolvimento Próximo. Para Chaiklin (2011, p. 668) a “zona de desenvolvimento próximo pode ser definida como se referindo àquelas ações intelectuais e funções mentais que a criança é capaz de utilizar em interação, quando o desempenho independente é inadequado”. No processo de ensino e aprendizagem, a Zona de Desenvolvimento Próximo pode impulsionar, na atividade, a apropriação do conhecimento. Este avanço é essencial, pois ajuda o professor a considerar e planejar as intervenções necessárias, garantindo que os alunos se apropriem do conceito.

O processo de ensino e aprendizagem busca superar a zona de desenvolvimento real, que corresponde à aprendizagem anterior à escolar, ou seja, às funções mentais que resultam de um processo de desenvolvimento já consolidado (Rosa; Sylvio, 2016). A perspectiva da Zona de Desenvolvimento Próximo possibilita compreender a relação entre ensino e aprendizagem e desenvolvimento humano, podendo evidenciar a importância de um momento no processo de desenvolvimento. A zona não é um nível formado, ou uma expectativa de nível a se formar; não é fixa, está o tempo todo mudando, é um processo acontecendo. Este não é simplesmente um processo de determinação de níveis de desenvolvimento.

Por conseguinte, o processo de ensino e aprendizagem “deve estar focado não nas funções psicológicas já existentes, mas nas funções em desenvolvimento, que são relevantes para o desenvolvimento intelectual geral em direção ao próximo período etário” (Chaiklin, 2011, p. 668). Para Vygotsky (2009), a aprendizagem do que é novo para o estudante é fundamental, e a Zona de Desenvolvimento Próximo evidencia tais momentos acessíveis a ele, representando um ponto importante na relação do ensino e aprendizagem com o desenvolvimento. Sendo assim, o que está presente na Zona de Desenvolvimento Próximo está em constante movimento de constituição, ou seja, o que o estudante é capaz de fazer hoje,

em colaboração, conseguirá fazer amanhã sozinho. Enfim, o desenvolvimento e o ensino e aprendizagem na escola estão na mesma relação entre si e a Zona de Desenvolvimento Próximo (Vygotsky, 2001). Ela se constitui como um conjunto de momentos complexos de interação entre a aprendizagem e o desenvolvimento, no qual as funções psíquicas superiores estão em constituição, conforme a lei fundamental do desenvolvimento numa dada situação social de aprendizagem. O estudante se projeta ao centro do desenvolvimento das funções psíquicas superiores, que têm como traços fundamentais e distintivos a tomada de consciência e a arbitrariedade (Vygotsky, 2001).

Essa tomada de consciência, por parte dos estudantes, está relacionada à aprendizagem conceitual. O processo de mudança da estrutura funcional da consciência dos conceitos e as operações do próprio pensamento possibilitam o desenvolvimento psicológico. Esse movimento vai amadurecendo ao longo da trajetória escolar, e os conceitos não conscientizados encontram-se no ambiente social do estudante e são apropriados na interação com os outros (Vygotsky, 2001). Hedegaard (2002, p. 199), ao explicar sobre este estudo, ressalta que

A zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky conecta uma perspectiva psicológica geral sobre o desenvolvimento da criança com uma perspectiva pedagógica sobre o ensino. O pressuposto que subjaz ao conceito é que o desenvolvimento psicológico e o ensino são socialmente enquadrados; para entendê-los, é preciso analisar a sociedade circundante e suas relações sociais.

A cada estágio de desenvolvimento do estudante observado, pode-se evidenciar a relação entre seu processo de desenvolvimento e as possibilidades do ensino. Hedegaard (2002) nos assevera que, para Vygotsky, é característico do ensino criar a Zona de Desenvolvimento Próximo, a fim de estimular ações internas de desenvolvimento, representando um processo no planejamento do ensino. No processo de ensino e aprendizagem, o desenvolvimento é o centro da análise da origem e da formação dos conceitos científicos (Vygotsky, 2001).

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos do estudante pode seguir um movimento de sentidos opostos, sendo que os conceitos científicos ocorreriam de cima para baixo, ou seja, das propriedades mais complexas, vinculadas à tomada de consciência e à arbitrariedade e que se desenvolvem mais tarde (superiores) para as mais simples e elementares (inferiores), e os conceitos espontâneos em um sentido de baixo para cima, das propriedades inferiores às superiores. Esse movimento se refere à relação distinta dos

conceitos científico e espontâneo com o objeto (Vygotsky, 2001). Para o autor, o desenvolvimento dos conceitos científicos

(...) começa no campo da consciência e da arbitrariedade e continua adiante, crescendo de cima para baixo no campo da experiência pessoal e da concretude. O desenvolvimento dos conceitos científicos começa no campo da concretude e do empirismo e se movimenta no sentido das propriedades superiores dos conceitos: da consciência e da arbitrariedade. O vínculo entre o desenvolvimento dessas duas linhas diametralmente opostas revela indiscutivelmente a sua verdadeira natureza: é o vínculo da zona de desenvolvimento imediato e do nível atual de desenvolvimento (Vygotsky, 2001, p. 350).

No processo de desenvolvimento do conceito científico, não ocorre apenas a substituição de um conceito pelo outro, mas a partir da mediação de como o ensino pode operar entre eles (Longarezi; Franco, 2017). Uma questão importante no processo de formação do conceito é a compreensão da sua relação com a realidade e “a maior dificuldade no campo do estudo dos conceitos foi a ausência de uma metodologia experimental elaborada que permitisse penetrar fundo no processo de formação dos conceitos e estudar a sua natureza psicológica” (Vygotsky, 2001, p. 151).

Os conceitos possuem significações históricas e sociais. Assim, compreende-se a constituição do conceito científico do tipo teórico, em uma perspectiva de práxis, em que a origem do conceito não se inicia na Ciência ou na aplicação do método investigativo e problemas científicos, mas na realidade, e a partir de problemas reais. Só depois de constituídos como prática pensada e teorizada (práxis), como método de investigar e ao mesmo tempo explicar o objeto, é que o conceito pode ser utilizado em problemas científicos.

Os momentos fundamentais do desenvolvimento dos conceitos devem ser apreendidos em seus processos históricos e interpretados como reflexo dos estágios mais importantes do desenvolvimento real do estudante. Apreender a gênese e formação dos conceitos se torna essencial para a sua compreensão lógica, sendo que “o ponto de vista do desenvolvimento se torna ponto de partida para a explicação de todo o processo e de cada um dos seus momentos particulares” (Vygotsky, 2001, p. 200).

Os estudos de Vygotsky deixaram importantes contribuições para a compreensão do desenvolvimento dos estudantes, dos processos interativos mediados e da formação dos conceitos científicos no processo de ensino e aprendizagem. Tais contribuições da Teoria Histórico-Cultural constituíram, também, os estudos de Davydov, um dos principais representantes dos estudos sobre o Ensino Desenvolvimental. Ainda assim, mesmo com todos os estudos realizados pela escola de Vygotsky sobre o desenvolvimento humano,

(...) o ensino escolar, para Davidov, encontrava-se em sua pré-história em plena década de 1960, pois toda a teoria desenvolvida pela Escola de Vigotski não havia sido aproveitada para promover o desenvolvimento da educação escolar soviética, tarefa que assume a partir da década de 1950. O autor buscava, portanto, romper com as duas perspectivas de ensino, às quais denominava, por vezes, de “velha pedagogia” ou “velha didática”, que vigoravam nas escolas: a tradicional e a ativa. O acesso à educação escolar gratuita, o baixo índice de analfabetismo e o ensino nestas perspectivas não eram suficientes para a formação do pensamento teórico com vistas à formação integral dos estudantes (Rosa; Sylvio, 2016, p. 434-435).

É essencial compreender os fundamentos da Teoria do Ensino Desenvolvimental que contribuíram com o processo de apreensão e explicitação que abrangem a questão sobre o ensino e aprendizagem e o desenvolvimento humano.

## **2.2 Ensino Desenvolvimental - ensino e o desenvolvimento do pensamento**

Vasily Vasilyevich Davydov (1930 - 1998) nasceu em 1930 em Moscou e faleceu em 1998. Estudou Psicologia e Filosofia na Faculdade de Filosofia da Universidade Estadual de Moscou e se formou em 1953. Na mesma instituição, iniciou sua carreira como pesquisador no campo da Psicologia Pedagógica. Realizou pós-graduação em Filosofia em 1958 e, posteriormente, conquistou o título de doutor em Psicologia no ano de 1970. Davydov teve como professores Leontiev, Luria, Sergei Leonidovich Rubinstein (1889-1960), Galperin, Alexander Vladimirovich Zaporozhets (1905-1981), Nina Fiódorovna Talízina (1923-2018), Elkonin entre outros (Libâneo; Freitas, 2017).

Davydov desenvolveu suas pesquisas em escolas russas, buscou novas formas de organização do trabalho pedagógico-didático e formulou uma teoria voltada para o desenvolvimento do pensamento das crianças e jovens. Ele procurava superar o ensino tradicional de escolas que ensinavam aos estudantes apenas informação e fatos isolados, para escolas que assumissem o papel de ensinar os alunos a pensarem, a se orientarem com autonomia na apropriação de conhecimentos, de modo a oportunizar um ensino que desencadeasse o desenvolvimento mental a partir do pensamento abstrato, generalizado e dialético (Libâneo, 2004; Libâneo; Freitas, 2017).

O termo escola tradicional, para Davydov, era designado como um

(...) sistema relativamente único de educação europeia, que, em primeiro lugar, formou-se no período de nascimento e florescimento da produção capitalista e ao qual serviu [...] ao longo de centenas de anos, a finalidade social principal da educação em massa consistiu em inculcar, à maioria dos filhos dos trabalhadores,

somente aqueles conhecimentos e habilidades sem os quais é indispensável obter uma profissão mais ou menos significativa na produção industrial e na vida social (saber escrever, contar, ler, ter ideias elementares sobre o meio circundante) (Davydov, 1987/2017, p. 211- 212).

O autor já apresentava críticas sobre como o papel social das escolas estava sendo realizado em relação ao que se ditavam da seleção de conhecimentos e habilidades e que determinavam a formação do pensamento empírico aos estudantes, conhecimento esse incapaz de possibilitar uma relação criativa de modo a compreender as contradições internas das coisas (Davydov, 1987/2017). Essas particularidades da escola tradicional, consideradas por Davydov, não se distanciam da realidade atual das escolas no Brasil, na qual os sistemas de ensino e as escolas servem a interesses de classes.

As ideias pedagógicas no Brasil, da última década do século XX até os dias atuais, se expressam no neoprodutivismo, uma versão reformulada da teoria do capital humano, com estratégias que consistem em incluir estudantes no sistema escolar em cursos de diferentes níveis e modalidades, sem os padrões de qualidade exigidos para ingresso no mundo do trabalho (Saviani, 2019). Tal formação profissional do ensino está contaminada pelas perspectivas neoliberais e por uma formação mais pragmática. Há uma pressão crescente para alinhar os currículos escolares com as demandas imediatas do mercado de trabalho, limitando o processo de ensino e aprendizagem a um treinamento técnico.

É justificável que a escola tenha uma perspectiva que busque formar, “nos estudantes, desde os primeiros anos escolares, os fundamentos do pensamento teórico como capacidade importante de uma personalidade criativa e desenvolvida multilateralmente” (Davydov, 1987/2017, p. 222). Tal perspectiva pode promover uma formação cultural, crítica e científica dos estudantes e um ensino voltado para o desenvolvimento de suas capacidades intelectuais por meio do desenvolvimento do pensamento teórico e da atuação por e com conceitos.

Por considerar inadequada a forma isolada com que o conhecimento era transmitido aos estudantes, Davydov defendia que o papel da escola era apresentar um ensino comprometido com o processo de emancipação do estudante, que impulsionasse o desenvolvimento mental, possibilitando aos estudantes autonomia em qualquer esfera de conhecimentos. À luz disso, o pesquisador desenvolveu estudos e pesquisas por aproximadamente 25 anos nas escolas russas objetivando “formular uma teoria do ensino voltada para o desenvolvimento do pensamento das crianças e jovens” (Libâneo; Freitas, 2017, p. 315).

A Teoria do Ensino Desenvolvimental se pautou teórico-metodologicamente em princípios psicológicos, em função de objetivos pedagógicos e didáticos de formação do pensamento teórico-científico dos estudantes, privilegiando o processo de generalização e os conceitos teóricos como base para a formação do pensamento teórico-científico, dialogando sempre com os fundamentos da Teoria Histórico-Cultural (Libâneo; Freitas, 2017). Davydov (1988, p. 62) afirma que “as ideias de Vygotsky foram formuladas para o futuro e a prática da educação que temos hoje em dia pode nos fornecer as bases para uma elaboração mais teórica destas ideias”.

As pesquisas experimentais sobre o ensino e a aprendizagem na escola de Davydov tiveram prioridade no processo de generalização e nos conceitos teóricos que pautam a formação do pensamento teórico-científico. Seus estudos sobre o conhecimento e o pensamento teórico são reconhecidos teórica e epistemologicamente como uma importante perspectiva para a educação, constituindo condições para um ensino em que os estudantes são capazes de organizar seu próprio conhecimento concreto a partir de conceitos abstratos (Libâneo; Freitas, 2017).

Davydov, pautando-se na concepção materialista dialética do desenvolvimento humano, alicerçou seus estudos nas questões sobre o método de pensamento do abstrato ao concreto, relacionando a aprendizagem à Teoria da Atividade. Apropriou-se das ideias da escola de Vygotsky, aprimorando a base pedagógica dentro da Teoria Histórico-Cultural, conduzindo um “papel determinante na criação de um sistema singular de educação para o desenvolvimento, conhecido como sistema Elkonin - Davydov” (Libâneo; Freitas, 2017, p. 323).

O conceito de atividade, derivado da dialética materialista, é fundamental para a teoria do Ensino Desenvolvimental, sendo compreendido

(...) como um processo em que a realidade é transformada pela atuação criativa dos seres humanos, originalmente pelo trabalho e do qual derivam todos os demais tipos de atividade humana mental e material. Por meio da apropriação da experiência social e histórica, o sujeito individual reproduz em si mesmo a atividade coletiva, as formas histórico-sociais da atividade. Essa atividade coletiva realizada de forma externa se converte em meios da atividade individual por meio do processo de interiorização (Libâneo; Freitas, 2017, p. 329).

Este conceito foi sistematizado por Leontiev (2004, 2021), que concluiu seus estudos no período da década de 1930, na Faculdade de História e Filologia, em um contexto marcado por instabilidades em meio ao movimento revolucionário. Ao longo de suas obras, Leontiev estruturou a Teoria da Atividade, fundamentando-se na relação de interdependência que

estabelece entre a atividade humana e o seu desenvolvimento, compreendendo que, “o desenvolvimento humano se dá, sobretudo e primeiramente, pela atividade que o homem exerce. Esse é o cerne de toda sua proposição teórica” (Longarezi; Franco, 2017, p.82).

Leontiev (2004, p. 23) explicou que a efetivação da atividade por meio de ações, operações e tarefas constituídas a partir das necessidades e motivos se dão “no contexto mais amplo do estudo da unidade do sujeito e objeto, da natureza histórica social das conexões entre homem e o mundo dos objetos”. A atividade é constituída por necessidades, motivos, objetivos, finalidades e condições para realização da finalidade. Para o autor, os conceitos de atividade e motivos estão intimamente relacionados, pois não existe atividade sem um motivo.

A atividade de um ser humano representa um sistema inserido no sistema de relações da sociedade. Nesse viés, a atividade consiste em

uma unidade da vida mediada pelo reflexo psíquico, cuja função real consiste em orientar o sujeito no mundo objetivo. Em outras palavras, a atividade não é a reação ou um conjunto de reações, mas um sistema que tem estrutura, transições e transformações internas e desenvolvimento próprio (Leontiev, 2021, p. 103-104).

Na perspectiva da Teoria Histórico-Cultural, a atividade é um processo em movimento que se transforma, que origina novas necessidades e motivos, gera outras atividades estruturalmente novas e propicia a emergência de novas formações psíquicas. Uma análise que Vygotsky realizava a respeito do desenvolvimento era que o “processo de desenvolvimento ocorre quando há atividade por parte do indivíduo e, para cada faixa etária, há atividades que se sobressaem em termos de sua importância para esse processo” (Prestes; Tunes; Nascimento, 2017, p. 61).

Na Teoria do Ensino Desenvolvimental, Davydov se fundamentou nos estudos de Leontiev para dar forma à estrutura da atividade de estudo humana e historicamente incorporada. Na atividade de estudo, a apropriação dos conceitos científicos visa a transformação do estudante à medida que este consegue pensar e agir por meio desses conceitos. Com isso, o conteúdo principal dessa atividade é o conhecimento teórico (Silva; Libâneo, 2021).

### **2.3 A atividade de estudo como base para a organização do trabalho pedagógico-didático e da formação do pensamento teórico**

A ação consciente do estudante em relação ao estudo se apoia em sua necessidade, desejo e capacidade de estudar. Toda atividade de estudo, pode constituir a base de seu

desenvolvimento, suas habilidades e hábitos de leitura, escrita e cálculo. A atividade de estudo dos estudantes se estrutura, no processo de apropriação dos conhecimentos científicos, com o procedimento de ascensão do abstrato ao concreto. Assim, os estudantes, no processo da atividade de estudo, executam ações mentais semelhantes às ações pelas quais esses produtos da cultura foram historicamente construídos, reproduzindo o processo pelo qual os conceitos foram formados (Davydov, 1988). O ensino deve ser estruturado de modo que seja reproduzido o processo histórico real da gênese e desenvolvimento do conhecimento. A atividade de estudo permite a reprodução consciente das relações e da unidade entre histórico e o lógico no desenvolvimento da cultura, possibilitando aos estudantes a apropriação dos conhecimentos teóricos, a consciência e o pensamento teórico (Davydov, 1998).

As ações humanas estão presentes na atividade de estudo realizada pelos estudantes, juntamente com as necessidades e emoções. As relações com os outros e a linguagem, constituem a base para as diferentes tarefas desenvolvidas pelo indivíduo. As necessidades e motivos possibilitam aos estudantes a apropriação do conhecimento teórico no processo de ensino e aprendizagem. O desenvolvimento do pensamento teórico-científico do estudante se constitui como um conjunto de procedimentos do pensamento no movimento de formação dos conceitos. O processo de formação e generalização do conceito apresenta relações entre a compreensão do conhecimento científico, o processo de ensino e aprendizagem e a atividade de estudo (Libâneo; Freitas, 2017).

A atividade de estudo é considerada como

um dos tipos principais de atividade humana, constituindo o meio pedagógico pelo qual os alunos se apropriam de modos de atividade intelectual, isto é, dos modos generalizados de ação contidos no conhecimento teórico-científico (Libâneo, 2016, p. 362).

A abstração, generalização e formação dos conceitos em relação ao conteúdo estudado estão relacionadas com uma atividade de estudo que possibilite o exercício de ações mentais de transição do universal para o particular. Libâneo e Freitas (2017) afirmam que a atividade de estudo e seu objeto são essenciais à teoria do Ensino Desenvolvimental.

Rosa (2019) ressalta que a principal tese dessa perspectiva é que o ensino dos conhecimentos escolares constitui a gênese do pensamento teórico e, conseqüentemente, “engendram o processo de formação e de desenvolvimento do pensamento teórico nas crianças mediante a internalização das abstrações e generalizações essenciais consolidadas nos conceitos científicos” (p. 245). O desenvolvimento do pensamento teórico se inicia na

atividade de estudo a partir da organização das condições adequadas de ensino que podem levar ao desenvolvimento.

A partir da formação do pensamento teórico, Davydov indica formas de estruturação da atividade de estudo dos estudantes, sendo que o conhecimento teórico pode ser apropriado por meio da atividade investigativa, atividade esta que consiste em apresentar aos estudantes tarefas de solução de problemas com conflitos fundamentais do fenômeno. Os estudantes apreendem o desenvolvimento do fenômeno e, nesse processo, analisam as condições de origem do objeto pelo movimento de ascensão do abstrato ao concreto (Hedegaard, 2002; Libâneo; Freitas, 2017).

Nesta perspectiva, o estudante é considerado “como um todo, com a atividade integral que reproduz no indivíduo as necessidades, as capacidades, os conhecimentos e as formas de comportamento socialmente produzidos” (Davydov, 1998, p. 189). Davydov elaborou condições para a organização do processo de ensino e aprendizagem, pautado na orientação das necessidades e motivos dos estudantes e na formulação de tarefas de estudo que permitam a análise das condições dos conceitos científicos que permeiam o conhecimento teórico (Libâneo; Freitas, 2017).

Ao identificar que os estudantes poderiam resolver tarefas de estudo, se fossem promovidas nelas transformações básicas por meio da atividade de estudo e do pensamento teórico, os estudos iniciais de Davydov na elaboração de sua teoria evidenciaram a necessidade da organização de um ensino de conhecimentos científicos e culturais possibilitando o processo de formação do pensamento teórico. A estruturação da atividade de estudo, com foco no conhecimento teórico e nas generalizações dos conceitos científicos, se tornou um ponto essencial do Ensino Desenvolvimental, atribuindo ao ensino grande papel no desenvolvimento do estudante (Libâneo; Freitas, 2017).

Pensar teoricamente possibilita elaborar processos mentais que cheguem aos conceitos, transformando-os em ferramentas para fazer generalizações conceituais e aplicá-las a problemas específicos (Libâneo, 2016). O pensamento teórico-conceitual se caracteriza pelos processos de abstração, generalização e formação de conceitos, sendo que

(...) o pensamento por meio de abstrações começa descobrindo as relações essenciais que caracterizam a essência, as propriedades, de uma matéria de estudo. A generalização do conteúdo visando a formação de conceitos significa obter um modo geral de pensar e agir sobre a matéria de estudo. A culminância dos processos de abstração e generalização é a formação de conceitos (Libâneo, 2016, p. 359-360).

Na formação do conceito, o pensamento do estudante passa pelos processos de abstração e generalização. Com isso, “a abstração e a generalização de tipo substantiva encontram sua expressão no conceito teórico que serve de procedimento para deduzir os fenômenos particulares e singulares de sua base universal” (Davydov, 1998, p. 151).

O conceito teórico é apreendido no movimento mediado pelos processos de desenvolvimento, da relação entre o universal e o singular, como procedimento de ascensão do abstrato ao concreto. No conhecimento, “o concreto é o reflexo da unidade, da integridade de diversas propriedades e aspectos multifacéticos da realidade. No conhecimento, o abstrato reflete a independência relativa de aspectos isolados desse todo único” (Kopnin, 1978, p. 106).

Para Davydov (1998), a apropriação do conhecimento teórico pode favorecer a formação da consciência e do pensamento teórico dos estudantes. Entretanto, sua realização pressupõe o estudo especial de todas as questões lógico-psicológicas que se referem à natureza do conhecimento empírico e teórico, assim como a relação dos aspectos da atividade do ser humano. O autor ressalta que “aos conhecimentos (conceitos) empíricos correspondem ações empíricas (ou formais) e aos conhecimentos (conceitos) teóricos correspondem ações teóricas (ou substantivas)” (Davydov, 1998, p. 166).

Os processos de pensamento empírico se limitam à observação, descrição, quantificação, comparação, classificação e definição das características imediatas do fenômeno estudado. Por essa razão, “o conceito formado a partir deste tipo de pensamento consiste em um conjunto de traços e atributos do objeto que permitem compreendê-lo somente em sua aparência, não revelando suas conexões internas e essenciais” (Libâneo; Freitas, 2017, p. 336). O conhecimento empírico é um importante processo inicial no movimento da apropriação do conhecimento.

Já o pensamento teórico refere-se ao objeto refletido, essencial, mediatizado, reproduzindo sua forma universal, generalizada teoricamente. Esse conhecimento está relacionado “com um sistema conectado de fenômenos e não como o fenômeno separado, individual; surge por meio do desenvolvimento de métodos para a solução das contradições numa área problemática central para a sociedade” (Hedegaard, 2002, p. 205). A partir do conhecimento teórico, o objeto é observado enquanto se transforma, possibilitando a compreensão das origens, relações e dinâmicas dos fenômenos. O conceito formado por esse pensamento “revela as inter-relações de objetos isolados dentro do todo, dentro do sistema de sua formação” (Davydov, 1998, p. 133).

O pensamento teórico reflete ao objeto e a ação mental sobre este, buscando revelar as inter-relações e características aparentemente isoladas num todo, evidenciando suas ligações e contradições. As implicações dessas relações que formam o conceito e, conseqüentemente, o conhecimento de outros conceitos possibilita a compreensão da essência desse objeto para, depois, formá-lo mentalmente e conduzir as ações mentais – abstração e generalização, análise e síntese, que representam o modo de pensar e de investigar esse objeto, evidenciando suas conexões (Libâneo, 2016; Libâneo; Freitas, 2013).

Por conseguinte, o pensamento teórico se orienta para o movimento de transformações do objeto, permitindo captar, compreender e explicar esse movimento. Essa perspectiva permite estabelecer a relação com o núcleo conceitual do objeto em estudo, revelando nele uma universalidade e suas relações com suas particularidades e singularidades. A perspectiva da lógica dialética compreende o conceito científico a partir de seu núcleo conceitual, cuja essência do fenômeno expressa, em sua forma mais pura, o conceito que buscamos ensinar e compreender (Freitas, 2016a). Para que o pensamento teórico se efetive nos estudantes, o ensino escolar deve possibilitar o conhecimento da origem do objeto de estudo, os procedimentos lógico-históricos e investigativos e os motivos e as necessidades que levaram o desenvolvimento desse conhecimento.

#### **2.4 A organização do trabalho pedagógico-didático no contexto do experimento didático-formativo**

A atividade humana tem um papel na promoção do desenvolvimento humano, processo pelo qual cada pessoa, em suas relações com os outros e em condições concretas de existência, torna-se quem é, ou seja, uma unidade contraditória entre aquilo que o sujeito é, em cada etapa de sua vida, e aquilo que ele pode vir a ser enquanto alguém representativo das máximas possibilidades do gênero humano. Nesse cenário, a atividade principal da idade adulta, conforme representada no trabalho, emerge como central, expressando o pleno desenvolvimento das capacidades humanas (Carvalho; Martins, 2016).

O desenvolvimento do pensamento teórico na formação profissional de bacharelandos e licenciandos, pensado em suas dimensões e especificidades, sob a perspectiva desenvolvimental na Educação Superior, serão a base de estruturação para as ações, tarefas e atividades de estudo que fundamentam o experimento didático-formativo desta investigação.

A tarefa de estudo é um elemento central da atividade de estudo, permitindo ao estudante a realização de problemas particulares para a efetivação desta atividade. Na

realização das tarefas de estudo, o estudante utiliza diferentes abordagens sobre problemas particulares permitindo sua resolução imediata e correta. O estudante se encontra, efetivamente, em atividade de estudo, desenvolvendo o conhecimento teórico-científico, formando e operando mentalmente com os conceitos (Libâneo; Freitas, 2017).

A tarefa de estudo se constitui na relação entre objetivo da atividade, as ações e as condições para que essas ações se realizem, objetivando formar o conceito acerca do objeto de aprendizagem. Para a realização da tarefa, a necessidade gera o motivo do estudante e cria assim um motivo para aprender. Assim, a organização do trabalho pedagógico-didático está relacionada ao nível teórico de apropriação dos conhecimentos científicos e com a formação pensamento teórico. Davydov (1998) afirma que as tarefas devem ser realizadas pelos estudantes mediante o cumprimento de seis ações:

*Ação 1 - Transformação dos dados da tarefa a fim de revelar a relação universal do objeto estudado*

A finalidade desta ação a partir dos dados da tarefa se constitui em identificar a relação universal do objeto, refletindo o primeiro momento do processo de formação do conceito teórico. Davydov (1988, p. 174) ressalta que “a primeira forma tomada pela ação da aprendizagem, que é baseada na análise mental, é a transformação dos dados objetivos da tarefa de aprendizagem (ação mental esta que inicialmente se realiza em forma objeto-sensorial)”.

Freitas (2016a), ao explicar sobre essa ação formulada por Davydov, ressalta que essa primeira ação da tarefa se inicia com a atividade de estudo propondo uma problematização (pergunta, jogo, texto informativo) aos estudantes. Visando identificar a relação geral universal do objeto, suas características e particularidades, os estudantes analisam as informações e dados da problemática destacando o que é nuclear dessa relação.

*Ação 2 - Modelação da relação diferenciada em forma objetivada, gráfica ou por meio de letras*

Nesta ação, os estudantes devem elaborar um modelo que represente a relação universal de suas conexões internas, podendo ser criado em forma gráfica, literal ou objetivada. Os modelos de aprendizagem são essenciais ao processo de apropriação dos conhecimentos teóricos e dos procedimentos generalizados de ação. Uma representação identificada como modelo de aprendizagem deve estabelecer a relação universal de um objeto

integral, possibilitando sua análise. Para Davydov, (1988), a partir do modelo de aprendizagem, que já é um produto de análise mental tem-se:

- a representação da relação universal, identificada e diferenciada no processo de transformação dos dados da tarefa escolar;
- o estabelecimento das características internas do objeto;
- um meio especial da atividade mental humana.

Ao modelar a relação universal, os estudantes “estarão reproduzindo algo que já foi historicamente criado pelos pesquisadores tratando-se, portanto, de uma recriação” (Freitas, 2016a, p. 412).

### *Ação 3 - Transformação do modelo da relação para estudar suas propriedades em - forma pura*

Esta ação consiste na transformação do modelo com a finalidade de estudar a propriedade da relação universal que foi identificada no objeto. Ao transformar e recriar o modelo, os estudantes conseguem evidenciar as propriedades dessa relação que antes, para eles, estavam ocultas, o que dificultava a análise. No modelo, a relação universal está em sua forma pura, abstrata, e sua transformação permite aos estudantes o estudo das propriedades da relação universal em seu aspecto concreto e não apenas abstrato (Freitas, 2016a; Libâneo; Freitas, 2017). Nesse momento, os estudantes se fundamentam para formar o conceito nuclear do objeto revelado a partir de suas múltiplas manifestações particulares (Davydov, 1988).

### *Ação 4 - Construção do sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas por um procedimento geral*

Esta ação constitui-se na dedução e construção de um determinado sistema de tarefas particulares, permitindo que os estudantes concretizem a tarefa de aprendizagem inicial, transformando-a em uma diversidade de tarefas particulares que podem ser solucionadas por um procedimento apropriado nas ações de estudo anteriores. Os estudantes realizam as tarefas particulares como variantes da tarefa de aprendizagem inicial, identificando, em cada uma, a relação universal, em um procedimento para analisar o objeto em situações reais e concretas (Davydov, 1988; Freitas, 2016a). As ações de estudo e a mediação do professor conduzem os estudantes em um processo de construção do conceito, evidenciando as condições de surgimento do conceito que eles vão apropriando (Davydov, 1988).

#### *Ação 5 - Controle da realização das ações anteriores*

As ações de estudo de controle exercem um importante papel na apropriação dos conhecimentos, objetivando a realização e a execução correta das ações de estudo pelos estudantes. Esse controle identifica uma relação entre outras ações de estudo e as condições e exigências da tarefa de aprendizagem, comparando os dados da tarefa a ser resolvida com o resultado a ser alcançado. Nessa ação de monitoramento, os estudantes realizam um exame qualitativo do processo e do resultado da atividade de estudo e dos fundamentos teóricos de todas as ações (Libâneo; Freitas, 2017). Essa ação permite que os estudantes verifiquem a aprendizagem do conceito teórico e identifiquem se estão se apropriando da relação geral do objeto estudado, realizando “uma reflexão consciente e crítica sobre sua atividade de estudo, pensam sobre suas ações mentais e visando reorganizá-las, se necessário” (Freitas, 2016a, p. 415).

#### *Ação 6 - Avaliação da assimilação do procedimento geral como resultado da solução da tarefa de aprendizagem dada*

A avaliação consiste na constatação: 1) da apropriação, ou não, da relação geral do objeto estudado; 2) do objetivo final em relação ao resultado das ações de estudo e 3) da resolução ou não da tarefa de aprendizagem. Davydov (1988) compara a avaliação com o exame de reflexão realizado pelos estudantes, enquanto uma condição essencial para que as ações se estruturam e se modifiquem corretamente, sendo que essa “reflexão é uma qualidade tão fundamental da consciência humana, que torna possível a realização da atividade de estudo e seus componentes (particularmente o monitoramento e a avaliação)” (Davydov, 1988, p. 176).

Para Davydov (1988), cada uma dessas ações está relacionada à finalidade, operações e condições da tarefa, sendo que sua estrutura pode mudar conforme a variação das condições concretas em que se resolve uma ou outra tarefa de aprendizagem. Essas ações de estudo constituíram a base do desenvolvimento metodológico do plano de ensino do experimento didático-formativo desta investigação.

As atividades de aprendizagem dos estudantes podem compreender as relações conceituais centrais e os procedimentos que caracterizam o processo de apropriação dos conceitos científicos da disciplina. Ao experienciar as seis ações mentais, os estudantes

poderão relacionar a si mesmos com sua própria atividade de estudo e com a esfera de formação dos conceitos, possibilitando que se orientem teoricamente em sua realidade (Hedegaard, 2002).

Tais ações são relevantes por objetivar um processo didático e de ensino e aprendizagem legitimado por estudos teóricos e de campo realizados por um longo período em escolas experimentais soviéticas. Essa proposição permite compreender as formas de organização do trabalho pedagógico-didático que tenham um potencial formativo para uma educação escolar promotora do desenvolvimento psíquico dos estudantes. As ações de estudo, formadas em uma relação dialética, reconfiguram-se nos contextos específicos dessa prática, tendo em vista a particularidade da educação em contexto brasileiro (Lizzi; Sforzi, 2023).

Compreendendo que o estudante pode reconstruir conscientemente o caminho de investigação e formação do conceito, processo pelo qual os indivíduos vêm criando conceitos, imagens e valores, por meio da atividade de estudo, implica-se que o ensino deve ser estruturado com a finalidade de reproduzir o processo histórico real da gênese e desenvolvimento do conhecimento. Sendo assim, a atividade de estudo “consiste em uma das vias de realização da unidade do histórico e do lógico no desenvolvimento da cultura humana” (Davydov, 1988, p. 321).

A pesquisa do movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica, realizada anteriormente na dissertação de Silva (2020), foi utilizada como base e fundamentação teórica do planejamento e organização de ações e tarefas de estudo que pautaram o experimento didático-formativo desta investigação. No conceito de transmissão gênica, existe uma unidade que expressa a totalidade do conhecimento biológico e dos seus conceitos mais importantes. Organizar o ensino desse conceito, por meio de um experimento didático-formativo, envolveu, permitir aos estudantes observarem e interagirem diretamente com a construção histórica e com os processos biológicos que o sustentam, assim como formular ações que não apenas explicam a teoria.

O experimento formativo é um método a partir do qual as pesquisas psicopedagógicas investigam as formas de desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem e permite estudar a apropriação de conhecimentos e de novas ações, a partir da introdução de diferentes condições no processo de sua formação (Longarezi, 2019). O experimento formativo foi inicialmente estudado e criado por Vygotsky e seus colaboradores, que o consideraram como um método mais adequado para o estudo do desenvolvimento da psique humana (Aquino, 2017; Longarezi, 2019). Vygotsky (2001) utilizou o termo genético causal para investigar os

processos que envolvem a Educação e o ensino, por meio de condições experimentais. Para o autor, o processo

(...) de formação de conceitos, desencadeado por via experimental nunca reflete em forma especular o processo genético real de desenvolvimento na maneira como este ocorre na realidade [...]. Esta via permite revelar em forma abstrata a própria essência do processo genético de formação de conceitos. Põe em nossas mãos a chave para a verdadeira compreensão do processo real de desenvolvimento de conceitos na forma como este transcorre na vida real da criança (Vygotsky, 2001, p. 200).

Desse modo, a partir de procedimentos experimentais formativos, os conceitos são compreendidos historicamente e interpretados como reflexo do desenvolvimento do estudante, e o estudo histórico aponta para a compreensão lógica dos conceitos (Vygotsky, 2001).

O experimento formativo emerge como alternativa relevante para a pesquisa científica no campo da educação, permitindo “apreender de forma mais explícita as relações entre os processos socioculturais, as mudanças nas funções psíquicas superiores e sua relação com contextos concretos e vida e de ensino-aprendizagem” (Freitas, Libâneo, 2022, p. 16). O experimento realizado nesta pesquisa buscou articular dialeticamente as discussões entre o lógico-histórico do conceito de transmissão gênica e o pensamento por e com conceito, objetivando ampliar a compreensão do processo didático, da unidade entre ensino e aprendizagem, do planejamento, organização e efetivação do ensino que promove desenvolvimento humano (Freitas, Libâneo, 2022).

Nas últimas duas décadas, no Brasil, houve uma expansão significativa nas pesquisas voltadas para experimentos didáticos. Esses estudos têm buscado novas maneiras de ensinar e aprender, pautados na Teoria Histórico-Cultural, na teoria da atividade e na teoria do ensino desenvolvimental. Tais pesquisas apresentam em comum a base epistemológica e constituem diferentes formas de delineamento metodológico, tornando relevante o conhecimento dessas concepções (Freitas, Libâneo, 2022).

Para os autores, essa concepção de experimento didático-formativo permite:

apreender de forma mais explícita as relações entre os processos socioculturais, as mudanças nas funções psíquicas superiores e sua relação com contextos concretos e vida e de ensino-aprendizagem. Possibilita impulsionar conhecimentos que contribuam para ampliar a compreensão do processo didático, da unidade entre ensino e aprendizagem, do planejamento, organização e efetivação do ensino que promove desenvolvimento humano. Ao considerar a totalidade dos elementos epistemológicos, psicológicos e socioculturais implicados no processo ensino-aprendizagem, repercute no fortalecimento da didática desenvolvimental e, em última instância, na produção de conhecimentos que orientem a educação escolar nessa perspectiva (Freitas; Libâneo, 2022, p. 16).

Hedegaard (2002, p. 215) complementa nos informando que é um método de pesquisa “necessário para investigar a formulação e o desenvolvimento dos aspectos conscientes da relação dos seres humanos com o mundo desponta como alternativa relevante para a pesquisa científica no campo da didática e das didáticas específicas”.

Davydov (1988, p. 242) utilizou o termo “método genético-modelador (ou método do experimento formativo), que inclui a organização do ensino e aprendizagem experimentais”. Para o autor, o experimento didático-formativo se apresenta enquanto um procedimento de investigação para investigar as particularidades da organização do trabalho pedagógico-didático experimental e sua atuação no desenvolvimento psíquico dos estudantes.

O experimento formativo representa a unidade entre a investigação do desenvolvimento mental dos estudantes com a educação e o ensino e se caracteriza pela intervenção ativa do pesquisador nos processos mentais que ele estuda. Logo, orienta-se pela ideia principal de que

o processo de ensino-aprendizagem, organizado conscientemente em determinadas condições, eleva a qualidade da aprendizagem e do desenvolvimento integral dos escolares. Sua natureza reside em ser um método que pertence ao âmbito das ciências pedagógicas, em particular à Didática e não à Psicologia, e em consequência utiliza o sistema conceitual da Pedagogia. Ele é uma forma prática de aplicação, no campo do ensino, da tese, profusamente provada por Vygotsky e colaboradores, da correspondência entre o ensino e o desenvolvimento mental e integral da personalidade, enquanto problema pedagógico. Por isso, a fundamentação principal advém do campo da Didática (Aquino, 2017, p. 337).

Neste sentido, o experimento didático-formativo se caracteriza como processo de intervenção de pesquisa, de ensino e educação experimentais, objetivando potencializar a aprendizagem e o desenvolvimento intelectual, físico e emocional dos estudantes. Em síntese, essa perspectiva propõe que o estudante em atividade de estudo desenvolva um percurso investigativo do objeto a ser aprendido, identificando sua relação geral e, a partir dela, realize as ações a fim de possibilitar a realização de abstrações, generalizações e formação de conceito, por meio do pensamento teórico (Libâneo; Freitas, 2017).

O desenvolvimento do experimento didático-formativo, fundamentado nas ideias de Vygotsky e Davydov, apresenta-se como uma alternativa relevante para a pesquisa científica no campo da didática, apresentando importantes contribuições:

- na compreensão das relações entre o ensino e aprendizagem para o processo de formação de conceitos e para o desenvolvimento do pensamento teórico;

- permite apreender as relações entre os processos socioculturais, as mudanças nas funções psíquicas superiores e sua relação com contextos concretos de vida e de ensino-aprendizagem;

- possibilita impulsionar conhecimentos para uma maior compreensão dos diversos elementos do processo educativo do desenvolvimento dos estudantes e do processo didático em relação a unidade entre ensino e aprendizagem, permitindo examinar as condições da gênese deste processo, do planejamento, organização e efetivação do ensino que promove desenvolvimento;

- considera a totalidade dos elementos pedagógicos, epistemológicos, psicológicos e socioculturais implicados no processo ensino-aprendizagem, expandindo o Ensino Desenvolvimental;

- oportuniza a superação do estudo das particularidades psicológicas isoladas dos estudantes (Aquino 2017; Davydov, 1988; Libâneo; Freitas, 2017; Libâneo; Freitas, 2022).

Diante do exposto, na próxima seção buscaremos explicitar o que já se investigou sobre essas relações na pesquisa acadêmica.

## **2.5 Relações entre a produção acadêmica e o objeto de pesquisa: concepções e perspectivas**

A partir de um processo metodológico de caráter exploratório-descritivo, foi investigado e sistematizado o que existe de produção acadêmica em relação à temática estudada, visando, a partir das análises, compreender as relações do objeto na realidade concreta. Para este fim, analisamos pesquisas que fazem parte dos nossos estudos e versam sobre apropriação dos conhecimentos biológicos por estudantes.

O trabalho de Coelho (2019) analisou categorias para o ensino de Ciências fundamentado na Psicologia Histórico-Cultural e na Pedagogia Histórico-Crítica, visando contribuir com reflexões acerca do ensino de Ciências fundamentado nesses referenciais. Foram investigadas 98 dissertações e teses fundamentadas na Psicologia Histórico-Cultural e/ou na Pedagogia Histórico-Crítica, defendidas em Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. As análises identificaram estudos que investigam a formação de conceitos científicos no ensino focando os conteúdos específicos da Biologia/Física, como: genética, manguezal, expressão gênica, calor e temperatura (Coelho, 2019).

O autor salienta que a influência do construtivismo e da concepção de mundo liberal no ensino de Ciências dificulta a apropriação dos conteúdos pelos pesquisadores e professores, o que culmina em relações equivocadas no que se refere à noção de perfil conceitual. Ademais, o autor apontou a

“necessidade de desenvolver pesquisas que analisem os conteúdos das Ciências da Natureza e o ensino desses conteúdos através da definição de conhecimentos clássicos e que explicitem a perspectiva de transformação social que essa teoria pedagógica defende” (Coelho, 2019, p. 167).

A dissertação de Silva (2008) investigou as principais concepções sobre manguezal que emergem de uma sala de aula nos anos iniciais do Ensino Fundamental e buscou a compreensão dos processos de formação do conceito de mangue e manguezal a partir de uma sequência didática. A dissertação de Silva (2011) pesquisou sobre as contribuições do jogo didático enquanto estratégia metodológica para a formação do conceito de expressão gênica, numa perspectiva sistêmica Teoria Histórico-Cultural e na Teoria da Flexibilidade Cognitiva.

A tese de Máximo-Pereira (2014) realizou uma observação participante com estudantes de ensino médio, promovendo a resolução de atividades investigativas sobre calor e temperatura. Os estudos apresentam um relato de uma pesquisa considerando a perspectiva do ensino por investigação. A tese de Castro (2014) investigou as contribuições da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky, com apoio na Teoria da Atividade de Leontiev, para formação de conceitos científicos em relação aos aspectos de estrutura, tamanho e funções vitais de seres vivos. Em suas conclusões, a autora apresenta sugestões para que as práticas pedagógicas sejam planejadas e executadas de forma mais adequada ao desenvolvimento conceitual dos alunos.

Além dos trabalhos citados anteriormente, foi ampliada a pesquisa exploratória, por meio de um levantamento bibliográfico, realizado nos meses de março e abril de 2023, no site da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), a qual é vinculada ao Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), assim como ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). A BDTD constitui-se como um portal livre de busca de textos completos (teses e dissertações) defendidas nas instituições brasileiras de ensino e pesquisa, contribuindo para uma maior visibilidade e divulgação da produção científica (IBICT, 2023).

Ao realizar o levantamento bibliográfico em bases de dados, sem delimitação temporal, utilizamos os operadores booleanos<sup>3</sup> e suas variações por meio de expressões de

---

<sup>3</sup> A utilização dos operadores booleanos está baseada na teoria da lógica aristotélica e consiste em um conjunto lógico, binário e bivalente criado pelo matemático George Boole. São caracterizados como técnicas de busca que

buscas alusivas a diferentes possibilidades temáticas de investigação, direcionando o sistema de pesquisa com a combinação entre os descritores ou palavras-chave (Quadro 1).

Quadro 1- Busca com descritores.

Buscas	Descritores	Qtd.
1ª	(ensino desenvolv* OR didática desenvolv* OR aprendizagem desenvolv*) AND (pensamento conceitual OR pensamento teórico) AND (conceito científico) AND (Dav*dov*)	29
2ª	(ensino desenvolv* OR didática desenvolv* OR aprendizagem desenvolv*) AND (pensamento conceitual OR pensamento teórico) AND (conceito científico OR conceito teórico OR conceito teórico-científico)	13
3ª	(ensino desenvolv* OR didática desenvolv*) AND (histor* AND cultural) AND (pensamento conceitual OR pensamento teórico) AND (conceito científico OR conceito teórico OR conceito teórico-científico)	08
4ª	(histor* AND cultural) AND (biolog* OR ciênci*) AND (pensamento conceitual OR pensamento teórico) AND (conceito científico)	145

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Os descritores visavam combinações relacionadas à interação entre o Ensino e a Didática Desenvolvimental, com a Psicologia e a Teoria Histórico-Cultural e que articulassem suas variações com os termos “biologia” e suas possíveis extensões (Exemplo: biológico, biologizante, biológicas), e “ciência”, referindo-se à possibilidade de a produção estar vinculada à ciência estudada no Ensino Fundamental ou à alguma das áreas de Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia). Também se considera que, a partir dessa estratégia de busca, fossem encontradas teses e dissertações que articulassem a formação do pensamento teórico ou conceitual relacionado ao estudo de um conceito científico.

Inicialmente, foi realizada a leitura dos títulos das teses e dissertações, e aquelas que apresentavam relação direta com o objeto de pesquisa foram sistematizadas em uma matriz de coleta e análise de dados (Quadro 2).

Quadro 2 - Matriz de coleta e análise de dados

Ano	Título	Palavras-chave	Autor	Banca examinadora	Tipo de trabalho: tese/ dissertação	Instituição	Programa
Resumo:							

Fonte: elaborado pela autora (2024).

utilizam fórmulas para construir expressões de busca mais consistentes e mais assertivas, melhorando as estratégias de pesquisa em bases de dados. Os operadores relacionam dois ou mais termos distintos por operadores lógicos, nos quais o (AND) indica a intersecção entre dois ou mais termos, o (OR), significando a união, e o (NOT), significando a exclusão de um ou mais termos nos resultados da busca (Picalho; Lucas; Amorim, 2022).

Foi realizada uma leitura exploratória dos títulos, resumos e palavras-chave das produções para averiguar se as teses e dissertações encontradas de fato interessavam ao estudo. De acordo com as leituras iniciais, do total de 195 trabalhos, 23 articulavam as temáticas em estudo, sendo que 9 são teses e 14 são dissertações, publicadas entre 2008 e 2021 (Quadro 3).

Quadro 3 - Teses e Dissertações que contemplam as temáticas em estudo. “Teoria Histórico-Cultural”; “Ciências da Natureza”; “Pensamento teórico/conceitual”; “Conceito”. D – Dissertação; T – Tese.

Ano/Cód.	Título	Área/Etapa de ensino	Autor(a)	Orientador(a)	PPG	IES	Região do PPG	
2008	T1	A teoria histórico-cultural do desenvolvimento como referencial para análise de um processo de ensino: a construção dos conceitos científicos em aulas de ciências no estudo da sexualidade humana	Ciências da Natureza EF – séries finais	Edson Schroeder	Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli	Científica e Tecnológica	UFSC	Sul
2008	D1	A organização do ensino de biologia e o desenvolvimento do pensamento conceitual	Biologia Ensino Médio	Vanessa Daiana Pedrancini	Maria Júlia Corazza-Nunes	Educação	UEM	Sul
2010	D2	Estudo de conceitos de seres vivos nas séries iniciais	Ciências da Natureza EF – séries iniciais	Darcy Ribeiro de Castro	Nelson Rui Ribas Bejarano	Filosofia	UFBA	Nordeste
2011	D3	O ensino de Física no ensino médio: descrevendo um experimento didático na perspectiva historicocultural	Física Ensino Médio	Luiz Angelo Marengão	José Carlos Libâneo	Educação	PUC Goiás	Centro- Oeste
2013	D4	A construção de conceitos científicos no estudo do tema “origem da vida”	Biologia Ensino Médio	Camila Grimes	Edson Schroeder	Educação	FURB	Sul
2015	T2	Ação mediada em aulas de Biologia: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular	Biologia Ensino Médio	Patrícia Silveira da Silva Trazzi	Ivone Martins de Oliveira	Educação	UFES	Sudeste
2015	T3	Trajatórias animadas na formação do pensamento conceitual no ensino de ciências	Ciências da Natureza EF – séries iniciais	Luciana Carvalho Carrilho	Maria Helena da Silva Carneiro	Educação	UNB	Centro- Oeste
2016	D5	Experimentos de física para a abordagem do tema gerador Energia e suas transformações: contribuições da Psicologia histórico-cultural	Física Ensino Médio	Soraia Berbat Rebello	Luiza Oliveira	Ensino de Ciências da Natureza	UFF	Sudeste
2017	D6	Contribuições da engenharia didática como metodologia para o ensino de Ciências nos anos iniciais	Ciências da Natureza EF – séries iniciais	Cristina Angonesi Zborowsk	Aline Grohe Schirmer Pigatto	Ensino de Ciências e Matemática	UNIFRA	Sudeste
2017	T4	Construção de conceitos da biologia na perspectiva sistêmico-complexa a partir do MoMuP-PE, articulado à Teoria Histórico-Cultural	Biologia Educação Superior	Risonilta Germano Bezerra de Sá	Zélia Maria Soares Jófili	Ensino das Ciências	UFRPE	Nordeste

2017	D7	A formação do pensamento teórico na teoria do ensino desenvolvimental: contribuições para o ensino de Química	Química Ensino Médio	Andréia Andreóli Silvestre	Sandra Valéria Limonta Rosa	Educação	UFG	Centro- Oeste
2017	D8	A atividade de ensino no processo de significação do conceito energia em física no nível médio	Física Ensino Médio	Neiva Glacimar Almeida dos Santos	Marli Dallagnol Frison	Educação nas Ciências	UNIJUÍ	Sul
2017	D9	A experimentação no ensino de Biologia: contribuições da teoria do ensino desenvolvimental para a formação no pensamento teórico	Biologia Ensino Médio	Edna Sousa de Almeida Miranda	Sandra Valéria Limonta Rosa	Educação	UFG	Centro- Oeste
2018	D10	Ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental: a formação de conceitos científicos e o desenvolvimento dos alunos	Ciências da Natureza EF – séries iniciais	Damon Alves Lobo	José Carlos Libâneo	Educação	PUC Goiás	Centro- Oeste
2018	D11	A mediação docente dos conceitos básicos da genética para alunos com deficiência intelectual	Biologia Ensino Médio	Juliana Caixeta Padilha	Maria Izabel Barnez Pignata	Ensino na Educação Básica (CEPAE)	UFG	Centro- Oeste
2018	T5	Conceitos de substância atribuídos por licenciandos em química: uma análise histórico-cultural	Química Educação Superior	Renata Rosa Dotto Bellas	José Luís de Paula Barros Silva	Ensino, Filosofia e História das Ciências	UFBA	Nordeste
2019	T6	Ensino para a formação de conceitos em ciências: contribuições da teoria do ensino desenvolvimental de Davydov	Ciências da Natureza EF – séries finais	Eude de Sousa Campos	Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas	Educação	PUC Goiás	Centro- Oeste
2019	D12	Apropriação do princípio da incerteza por estudantes de Química no contexto do ensino do modelo atômico quântico	Química Educação Superior	Edvaldo Silva dos Santos	José Luis de Paula Barros Silva	Ensino, Filosofia e História das Ciências	UFBA	Nordeste
2020	T7	A formação de conceitos científicos em crianças de cinco anos fundamentada em mediações sistematizadas	Ciências da Natureza EF – séries finais	Eliane Nicolau da Silva	Maria Aparecida Mello	Educação	UFSCar	Sudeste
2020	D13	O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia: a transmissão gênica como objeto do conhecimento	Biologia Educação Superior	Elisa Vaz Borges Silva	Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar	Educação em Ciências e Matemática	UFG	Centro- Oeste

2020	T8	A atividade de estudo no ensino fundamental conforme a teoria do ensino desenvolvimental de V. Davydov e contribuições de M. Hedegaard: um experimento didático em ciências	Ciências da Natureza EF – séries finais	Eliane Silva	José Carlos Libâneo	Educação	PUC Goiás	Centro-Oeste
2021	D14	Uma sequência didática para o ensino do tema: “produção e consumo de energia elétrica”	Física Ensino Médio	Renata Correia de Azevedo	Fernanda Keila Marinho da Silva	Ensino de Física - PROFIS-So	UFSCar	Sudeste
2021	T9	A formação do pensamento teórico em atividades de aprendizagem e o desenvolvimento de conceitos em reciprocidade com a educação ambiental	Educação Ambiental Ensino Médio	Bárbara Rodrigues Layoun	Angela Maria Zanon	Ensino de Ciências	UFMS	Sul

Fonte: elaborado pela autora (2024)

Todavia, alguns trabalhos que já fazem parte do nosso estudo, no momento da busca realizada, em março de 2023, não apareceram nos resultados do levantamento realizado na BDTD. Mesmo lançando o nome direto da pesquisa, os trabalhos não estavam disponíveis no site. Entendemos as contribuições de cada uma dessas produções para o aporte teórico dessa investigação e achamos relevante incluí-las para que pudessem compor o *corpus* final da revisão.

Foram selecionados, ao final, e retirados do nosso campo de estudos, mais cinco trabalhos que também articulam as temáticas desta pesquisa, sendo quatro dissertações e uma tese (Quadro 4).

Quadro 4 - Teses e Dissertações, que contemplam as temáticas e constituem nosso campo de estudo. D – Dissertação; T – Tese.

Ano	Cód.	Título	Etapa	Autor(a)	Orientador(a)	Área	IES	Região
2018	D15	A formação de imagens no olho humano: um experimento didático-formativo na perspectiva do ensino desenvolvimental de Davydov	Física Ensino Médio	Caroline Prado Brignoni	Paulo Henrique de Souza	Educação para Ciências e Matemática	IFG Jataí	Centro- Oeste
2019	D16	O ensino de ciências da natureza e a formação da concepção de mundo: contribuições da Psicologia histórico-cultural	Ciências da Natureza  EF – séries finais	Juliane Cristina Zocoler	Marta Sueli de Faria Sforini	Educação	UEM	Sul
2020	T10	Física no ensino médio: ensino-aprendizagem do conceito calor na concepção da teoria de Davydov com contribuições de Hedegaard	Física Ensino Médio	Carmes Ana da Rosa Batistella	Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas	Educação	PUC Goiás	Centro- Oeste
2021	D17	O ensino de ciências em uma perspectiva investigativa: contribuições da teoria de Davydov	Ciências da Natureza  EF – séries finais	Wanuz Silva De Freitas	Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas	Educação	FacMais	Centro- Oeste
2022	D 18	O trabalho pedagógico-didático em produções acadêmicas brasileiras fundamentadas na didática desenvolvimental: a atividade de estudo e o conhecimento biológico escolar	Biologia Ensino Médio	Iury Kesley Marques De Oliveira Martins	Ricardo Antonio Gonçalves Teixeira	Educação	UFG	Centro- Oeste

Fonte: elaborado pela autora (2024).

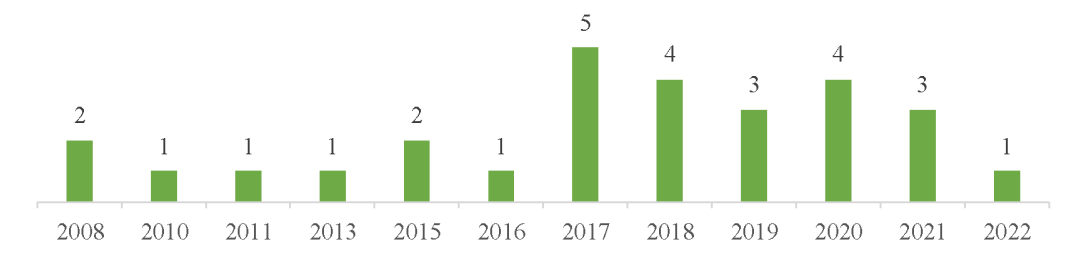
Totaliza-se o *corpus* de revisão final com 28 trabalhos, sendo 10 teses e 18 dissertações publicadas entre os anos de 2008 e 2022. Todas as produções selecionadas foram lidas na íntegra. As reflexões críticas e análises das teses e dissertações serão apresentadas

nesta seção e discutidas ao longo desta investigação, constituindo um movimento de apropriação do nosso objeto.

### 2.5.1 Análises e caracterização da produção acadêmica pesquisada

Por não ter sido feita uma delimitação prévia do período de busca dos trabalhos, identificamos que a produção sobre a temática é recente e está em processo de consolidação, já que as publicações foram feitas entre os anos de 2008 e 2022 (Figura 1).

Figura 1 - Publicações que discutem Teoria Histórico-Cultural, Ensino Desenvolvimental, formação do pensamento teórico e o conhecimento biológico.



Fonte: elaborado pela autora (2024).

A teoria Histórico-Cultural tornou-se conhecida no Brasil a partir da década de 1980 e, somente no início deste século, a produção teórica de Davydov acerca do ensino passou a circular de modo mais intenso no meio acadêmico brasileiro (Lizzi; Sforini, 2023). Diversos grupos de pesquisa se formaram, dedicando-se à tradição histórico-cultural, apresentando como aporte teórico os estudos sobre a obra de Vygotsky e seguidores. Desse modo, os trabalhos e pesquisas sobre a teoria se intensificaram a partir da segunda metade dos anos 1990, disponibilizando, hoje, uma vasta bibliografia (Freitas, 2016b; Sforini, 2015).

Até meados de 2010, a articulação entre o ensino, aprendizagem e desenvolvimento humano, apontadas pela Teoria Histórico-Cultural, era incipiente nas pesquisas no campo da Didática (Sforini, 2015). Para a autora, uma verdadeira causa para esse contexto é devido ao contexto histórico-cultural no qual foram inseridos os estudos da Teoria Histórico-Cultural no Brasil, visto que

(...) coincide com o momento de tensões no campo da Didática em busca de sua identidade e da intensificação das ações dos organismos multilaterais nos rumos da política educacional brasileira. Com o ingresso do país no contexto de globalização

das políticas públicas educacionais, a função da escola é redefinida e novas demandas passam a ser consideradas tão ou mais importantes que o ensino dos conteúdos das diferentes áreas do conhecimento (Sforni, 2015, p. 106).

A pesquisa de Asbahr e Oliveira (2021) investigou a inserção da Psicologia Histórico-Cultural ou Teoria Histórico-Cultural no âmbito dos grupos de pesquisa que a indicam formalmente como norteadora para os trabalhos, identificando 115 grupos de pesquisa cadastrados no diretório do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP-CNPq). Os dados indicaram uma predominante distribuição na grande área de ciências humanas, nas áreas específicas de Educação, que concentram a maioria dos grupos de pesquisa mapeados, sendo 58,26% (Asbahr; Oliveira, 2021). Contudo, destaca-se que, apesar de muitos pesquisadores da área da Educação (Libâneo; Freitas, 2006; Sforni, 2015; Rosa; Sylvio, 2016; Sforni, 2019) apresentarem argumentos das contribuições das relações entre a Teoria Histórico-Cultural e o Ensino Desenvolvimental para se pensar a organização do trabalho pedagógico-didático, sua adoção ainda é uma ação contra hegemônica.

Em relação às regiões geográficas dos trabalhos encontrados, constatou-se que existe uma predominância na região Centro-Oeste (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição da produção acadêmica por regiões geográficas do país.

<i>REGIÃO</i>	<i>TRABALHOS</i>	<i>TOTAL</i>
<i>Centro-Oeste</i>	D3; D7; D9; D10; D11; D13; D15; D17; D18 T3; T6; T8; T10	13
<i>Sul</i>	D1; D4; D8; D16; T1; T9	06
<i>Sudeste</i>	D5; D6; D14; T2; T7	05
<i>Nordeste</i>	D2; D12; T4; T5	04

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Este é um dado muito importante e, ao mesmo tempo, interessante, pois revisões de literatura recentes da área ,da Educação em Ciências (Alves Filho, 2022; Echalar, 2021; Otto, 2021; Silva, 2019; Silva, 2020) indicam que a maior parte das produções acadêmicas são produzidas por pesquisadores da região Sul e Sudeste. Os estudos de Teixeira (2021) apontam que pesquisas em Educação em Ciências nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste têm aumentado sua representatividade, desde que foram criados programas de mestrado e doutorado nessa área, contribuindo com a diminuição das diferenças entre as regiões brasileiras (Teixeira, 2021).

Esse dado também corresponde com os resultados da pesquisa de Oliveira (2022), que realizou um estado da arte da Teoria Histórico-Cultural e Didática Desenvolvimental nos

Programas de Pós-Graduação em Educação da região Centro-Oeste do Brasil, concluindo que, há o aumento de pesquisas na região Centro-Oeste e, em especial, o estado de Goiás, de 2004 a 2020 sob essa base teórica no Brasil. A predominância de pesquisas do Centro-Oeste é resultado das pesquisas dos grupos de estudos presentes no estado de Goiás, como o Grupo Teorias da Educação e Processos Pedagógicos (PUC Goiás<sup>4</sup>) e Grupo de Estudos e Pesquisas Trabalho Docente e Educação Escolar (TRABEDUC<sup>5</sup> - UFG), cujos pesquisadores que têm interesse se dedicam aos estudos dessas teorias em sua relação com o trabalho pedagógico-didático e a sua organização nas escolas.

Ao todo, foram identificadas 129 palavras-chave nas teses e dissertações analisadas (Apêndice A e Tabela 2).

Tabela 2 - Principais palavras-chave presentes nas teses e dissertações analisadas.

<i>Palavras-chave</i>	<i>Trabalhos</i>	<i>Total</i>
Ensino Desenvolvimental	D3; D7; D9; D10; D17; D18; T9; T10	8
Ensino de Ciências	D11; D16; D17; D18; T1; T3; T6	7
Construção/Formação de conceitos	D1; D4; T1; T3; T4; T7	6
Pensamento Conceitual/Teórico	D9; D13; T6; T7; T8	5
Experimento Didático/formativo	D3; D10; D15; T6; T10	5
Ensino de Biologia	D4; D9; D18; T4	4
Teoria Histórico-Cultural	D4; D7; D12; T9	4
Didática	T 10; D16; D17	3
Ensino de Física	D3; D15; T10	3
Psicologia histórico-cultural	D5; D16; T5	3
Vygotsky	D14; T1; T3	3
Desenvolvimento	D8; D15; T7	3
Ensino e aprendizagem	D11; D13	2
Conhecimento empírico	D3; D10	2
Conhecimento teórico	D3; D10	2
Sequência didática	D6; D14	2
Conceito Científico	D2; D13	2
Atividade de estudo/ensino	D8; T8	2
Ensino de Química	D7; T5	2
Organização do ensino	T9	2

Fonte: elaborado pela autora (2024).

A recorrência dessas palavras-chave revela as articulações entre as temáticas em estudo e facilitam o primeiro contato com o conteúdo dos textos e se demonstram fundamentais na relação com o processo de busca e indexação nas bases de dados. A escolha

<sup>4</sup> Líderes do grupo: José Carlos Libâneo e Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas. Área predominante: Ciências Humanas; Educação Instituição do grupo: Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC Goiás, Unidade: Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação (CNPq, 2023).

<sup>5</sup> TRABEDUC - Grupo de estudos e pesquisas trabalho docente e educação escolar. Líderes do grupo: Marcos Jerônimo Dias Júnior, Hugo Leonardo Fonseca da Silva, Área predominante: Ciências Humanas; Educação Instituição do grupo: Universidade Federal de Goiás – UFG, Unidade: Faculdade de Educação (CNPq, 2023).

estratégica e cuidadosa das palavras-chave possibilita a identificação das produções a partir da sua relação com seu objeto.

Com relação à área temática e à etapa de ensino, há uma predominância dos trabalhos na Educação Básica, com o total de vinte e quatro pesquisas na Educação Superior (Tabela 3).

Tabela 3 - A área temática e a etapa de ensino das pesquisas analisadas.

<b>Etapa de ensino</b>	<b>Área temática</b>	<b>Trabalhos</b>	<b>Total</b>
Ensino fundamental	Ciências da Natureza séries iniciais	D2; T3; D6; D10; T7; T8	6
	Ciências da Natureza séries finais	T1; T6; D16; D17	4
Ensino médio	Física	D3; D5; D8; D14; D15; T10	6
	Biologia	D1; D4; T2; D9; D11; D18	6
	Geografia, Biologia e Educação Ambiental	T9	1
	Química	D7	1
Educação Superior	Biologia	T4; D13	2
	Química	D12; T5	2

Fonte: elaborado pela autora (2024).

A maioria das pesquisas focam os estudos na educação básica, o que é muito coerente aos estudos que Vygotsky e Davydov desenvolveram ao longo de suas vidas. Em relação às pesquisas que investigaram sobre a Educação Superior, duas delas estudaram a Biologia e outras duas a Química.

A dissertação D12 (2018) foi realizada com estudantes em uma turma do curso de Química de uma universidade brasileira, no 1º semestre de 2016. O trabalho objetivou investigar a apropriação desses estudantes em relação ao princípio da incerteza, no contexto do ensino do modelo atômico quântico. Ela se fundamentou nos referenciais teóricos sobre a formação de conceitos de acordo com a Teoria Histórico-Cultural para compreender as etapas do desenvolvimento do pensamento dos indivíduos, e na formulação histórica do princípio da incerteza por Werner Heisenberg.

O autor apontou as dificuldades na apropriação de alguns conceitos do sistema, assim como falta de coerência em parte das respostas nas atividades propostas. Tais fatos sugerem que esses aspectos mais difíceis do conceito do princípio da incerteza merecem maior atenção durante o ensino. A pesquisa concluiu que os estudantes desenvolveram o pensamento conceitual no decorrer das aulas e, ao mesmo tempo, substituíram as expressões não científicas iniciais por termos científicos (D12, 2018).

A pesquisa D13 (2020) discutiu a importância do pensamento por conceito na formação de professores de Biologia a partir do estudo histórico e filosófico do conceito

biológico de transmissão gênica. Apresentou relações entre História e Filosofia da Ciência e a mediação didático pedagógica por meio da proposta de formação do pensamento conceitual pelo professor de Biologia, como intencionalidade formativa e de ensino. A autora apresentou, ao longo das discussões, elementos e condicionantes necessários para que a formação do pensamento conceitual do professor de Biologia possa ser reconhecida e utilizada de forma efetiva como práxis educativa transformadora.

Em relação à formação do conceito, o trabalho concluiu que seu processo de construção é determinado por condições históricas e, portanto, é ideologicamente comprometido, e aponta que

na intensa relação entre história social e natural é necessário explicitar os contextos sócio-histórico, econômico e político que perpassam todo o movimento de construção do conceito científico, contribuindo para a forma de pensar, bem como com os modos de ensinar (D13, 2020, p. 117).

O trabalho T4 (2017) objetivou investigar se as etapas do Modelo das Múltiplas Perspectivas - Pernambuco (MoMuP-PE), aplicadas na turma de Ensino Superior, na disciplina de Bioquímica dos Sistemas, apresentam os componentes facilitadores do processo cognitivo necessários para a internalização e materialização de conceitos complexos e abstratos e, assim, podendo constituir a base orientadora necessária para a apropriação do objeto de assimilação. Os estudos partiram de uma observação de intervenção pedagógica de uma professora da disciplina de Bioquímica dos Sistemas, numa turma de Licenciatura em Biologia.

O Modelo das Múltiplas Perspectivas é uma abordagem educacional que visa promover uma visão mais abrangente e crítica de determinados conceitos científicos. Ele impulsiona os estudantes a analisarem um conceito a partir de diversas perspectivas, o que contribui para um entendimento mais profundo e multidimensional. As múltiplas perspectivas podem incluir enfoques científicos, históricos, culturais, éticos e sociais (T4, 2017). A autora utilizou, em suas análises, as propostas da Base de Orientação da Ação (BOA), como processos desenvolvidos na construção de conceitos, a partir de uma base psicológica que compreenda a construção da relação existente entre o signo e o significado.

A pesquisa T4 (2017) concluiu que os estudantes desenvolveram interesses imediatos pela proposta do MoMuP-PE, principalmente nas atividades coletivas. Eles conseguiram internalizar alguns momentos do Modelo no que se refere à reconstrução e à necessidade do aprofundamento conceitual. Todavia, as lacunas conceituais dos estudantes configuraram um obstáculo significativo em relação à formação do conceito, uma vez que

(...) a maioria conseguiu avançar na compreensão dele, porém ainda apresentando algumas limitações possíveis de serem corrigidas nas aulas subsequentes, diante da característica recursiva de alguns conceitos, podendo ser trabalhados em outro conjunto de situações, favorecendo a elaboração conceitual, a partir de novas mediações e interações (T4, 2017, p. 259).

A pesquisa T5 (2018), objetivou compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos. Ela teve como referencial teórico as contribuições de Vygotsky a partir da Psicologia Histórico-Cultural, as contribuições filosóficas por Hardy-Vallée e as contribuições da História da Ciência para o esclarecimento dos conceitos científicos. O estudo foi realizado na Universidade do Estado da Bahia, tendo como sujeitos da pesquisa discentes do curso de Licenciatura em Química.

A análise do processo revelou que o conceito de substância aparece em diferentes momentos da graduação, embora as abordagens nos componentes curriculares não explicitem claramente o seu significado. A ausência de discussão e de exercícios que possibilitem o emprego do conceito, ao longo do curso, não favoreceu a aprendizagem dos estudantes, apontando, assim, a necessidade de uma abordagem de ensino que favoreça a compreensão de seu real significado (T5, 2018).

Os trabalhos realizados na esfera da educação, fundamentados na perspectiva da Teoria Histórico-Cultural apresentam uma relação com o processo de ensino e aprendizagem que possibilita ao estudante uma aprendizagem consciente e crítica dos conhecimentos escolares para o desenvolvimento do pensamento teórico. Para a pesquisa D13, a Teoria Histórico-Cultural permite a análise e um olhar crítico em relação ao contexto atual de reformas educacionais que atingem a educação, devendo ser considerado que “que o trabalho pedagógico possui intencionalidades políticas, éticas, didáticas em relação às qualidades humanas, sociais e cognitivas esperadas dos estudantes” (D13, 2020, p. 22).

Entre os autores mais citados, Lev Semyonovich Vygotsky é utilizado por todos os 28 trabalhos (Tabela 4).

Tabela 4 - Autores mais citados nas pesquisas analisadas.

<b>Autores</b>	<b>Trabalhos</b>	<b>Total</b>
Lev Semyonovich Vygotsky	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T 10	28
Alexis Nikolaevich Leontiev	T1, D1, D3, T3, T4, D8, D10, T6, T7, T8, T9, D16, D17, T10, D18, D4, D7, D9, T5, D13 e D15	21
Karl Marx	D4, T4, D9, T6, T7, D13, T8, D16, D18, T1, D1, D3, T3, D6, D7,	20

	D10, T5, T9, T10 e D17	
Vasili Vasiliévitch Davydov	D3, T4, D7, D9, D10, T6, D13, T8, T9, T10, D15, D16, D17, D18, T1 e D1	16
Daniil Borosovich Elkonin	D1, T7, T8, D16, D17, D18, D7, D9, T6, D9, D15 e D17	12
Mariane Hedegaard	T1, D3, D9, T6, T7, T8, D16 e T10	8
Dermeval Saviani	D1, D2, D8, D9, D11, T5, T6, T8, D16 e D17	10
Orlando Fernández Aquino	D7, D9, T8, D15, D16, T10 e D18	7
José Carlos Libâneo	D1, D3, T4, D7, D9, D10, D11, T6, D13, T8, T9, D15, D16, D17, T10 e D18	16
Marta Sueli de Faria Sforni	T1, T4, T3, D6, D7, D8, D9, D10, T6, D13, T8, T9, D16, D17, T10 e D18	16
Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas	D3, T4, D7, D9, D10, T6, D13, T8, T9, D15, D17, T10 e D18	13
Sandra Valéria Limonta Rosa	D7, D9, D10, T6, D13, T8 e D18	7

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Alexis Nikolaevich Leontiev segue como o segundo autor mais citado, com quinze trabalhos de forma direta. Seis trabalhos (D4, D7, D9, T5, D13 e D15) trazem autores que citam Leontiev. Vasili Vasiliévitch Davydov é citado por catorze trabalhos de forma direta, e dois deles (T1 e D1) trazem outros autores que citam Davydov. Outros autores que dialogam com a Teoria Histórico-Cultural e com o Ensino Desenvolvimental também são citados, como os seis trabalhos que citam Elkonin de forma direta, e seis (D7, D9, T6, D9, D15 e D17) apresentam autores que citam Elkonin. O autor Orlando Fernández Aquino fundamenta sete trabalhos e Saviani também está bem presente nas discussões de dez trabalhos. Nove trabalhos citam Mariane Hedegaard.

Dentre os autores que se apropriam dessas perspectivas no Brasil e contribuem com as discussões e um olhar crítico para fundamentação dos trabalhos estão: José Carlos Libâneo citado por dezesseis trabalhos, Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas citada por treze, Marta Sueli de Faria Sforni citada por dezesseis trabalhos e Sandra Valéria Limonta Rosa aparece em sete trabalhos.

Um dado relevante está no fato de que oito trabalhos (D2, T2, D5, D8, D11, D12, D14 e D15) não mencionam o método materialista histórico-dialético como base de suas pesquisas e não citam Marx no decorrer de suas investigações. A dissertação D15, por exemplo, ressalta que o desenvolvimento da mente humana idealizado por Vygotsky se pauta nos princípios do Materialismo Histórico-Dialético, porém não o declara como método de sua investigação. O trabalho D2 menciona apenas o método dialético, proposto por João Luiz Gasparin.

Vinte trabalhos citam Karl Marx (D4, T4, D9, T6, T7, D13, T8, D16 e D18) ou apresentam outros autores que citam Marx (T1, D1, D3, T3, D6, D7, D10, T5, T9, T10 e

D17). A tese T8 ressalta que sua pesquisa procurou desenvolver os procedimentos do método dialético, enunciado por Marx (T8, 2020).

Cedro e Nascimento (2017) afirmam que o método de investigação da Teoria Histórico-Cultural e do Ensino Desenvolvimental é o método filosófico materialista histórico e dialético e que os estudos de Marx serviram de base para a fundamentação de tais teorias. A pesquisa educacional na perspectiva histórico-cultural não é um trabalho simples, por apresentar características específicas e formas diferentes de metodologias. Para Cedro e Nascimento (2017), assumir a Teoria Histórico-Cultural como fundamento das pesquisas em Educação representa uma necessidade teórica, pois se faz necessário conhecer os processos de desenvolvimento do psiquismo humano na direção de contribuir para o seu pleno desenvolvimento, e é também uma necessidade metodológica, no sentido de contribuir com o método científico e permitir possibilidades concretas de apropriação dos conceitos teóricos.

No que se refere aos procedimentos teórico-metodológicos das pesquisas analisadas, os trabalhos, de uma maneira geral, apresentaram-se com a metodologia qualitativa; apenas três trabalhos desenvolveram uma investigação exclusivamente teórica, de caráter bibliográfico (D13, D17 e D18). A pesquisa D17 realizou um estudo de natureza qualitativa teórico-narrativa, tendo como procedimentos a pesquisa bibliográfica e documental. Os demais trabalhos (vinte e cinco) realizaram observações em escolas ou instituições superiores, alguns deles com estratégias metodológicas bastante específicas como a D6 (engenharia didática), T2 e D8 (pesquisa - ação), T4 (Modelo das Múltiplas Perspectivas - MoMuP-PE), D11 (Estudo de caso), T2, D4, T1 e T 7 (microgenética) e a pesquisa D14 (sequência didática). Cada trabalho fundamenta e explica seus processos de realização acerca desses procedimentos metodológicos.

A engenharia didática utilizada pela D6 se caracteriza como uma metodologia para o ensino do conteúdo que designa produções para o ensino, derivadas de resultados de pesquisa e, também, designa uma metodologia específica de pesquisa baseada em experiências de sala de aula. Essa metodologia é constituída por uma sequência de aulas concebidas, organizadas e “articuladas no tempo, de forma constante, por um professor-engenheiro para realizar um projeto de aprendizagem para certa população de alunos” (D6, 2017, p. 18).

Já a T4 apresenta o Modelo das Múltiplas Perspectivas (MoMuP-PE), que é uma metodologia desenvolvida pela professora Ana Amélia Amorim Carvalho, para apropriação de conceitos, embasando-se, teoricamente, na TFC (Teoria da Flexibilidade Cognitiva). Esse modelo tem como “orientação atribuir ao estudante um papel mais dinâmico no processo de aprendizagem, sendo ele convidado a refletir sobre os casos que foram desconstruídos através

de questões que foram colocadas em fóruns” (T4, 2017, p. 79). A análise microgenética é utilizada com o intuito de responder os problemas de pesquisa e alcançar os objetivos traçados, atuando “como uma análise de investigação que consiste em ir à raiz do problema investigado, algo que Vygotsky (1995) considerava imprescindível ao realizar uma investigação” (T7, 2020, p. 45).

O desenvolvimento da sequência didática (SD) proposta pela D14 (2021) foi fundamentado nas concepções de Antoni Zabala e na Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky, que objetivou potencializar os avanços cognitivos dos alunos diante a temática, facilitando o processo de ensino e aprendizagem.

O experimento didático-formativo contempla um dos processos investigativos desta investigação. Sendo assim, durante as leituras e análises dos trabalhos efetuou-se um olhar mais cuidadoso para aqueles que utilizaram deste procedimento, considerando aspectos como o objetivo, as concepções e aos procedimentos utilizados, de uma forma que as análises possam contribuir com a realização do experimento didático-formativo desta tese.

Dentre os trabalhos que realizaram observações em sala de aula e da organização do trabalho pedagógico-didático, onze utilizaram a nomenclatura do experimento didático, ou experimento didático-formativo, experimento formativo ou, ainda, apenas experimento (D3, D7, D9, T3, T6, T7, T8, T9, D15, D16 e T10). Assim, os trabalhos se fundamentaram em autores que discutem sobre a perspectiva do experimento (Elkonin, 1987; Davydov, 1988; Hedegaard, 2002, 2008; Libâneo, 2004, 2011, 2013; Freitas, 2008, 2010, 2016; Libâneo; Freitas, 2006, 2009, 2015; Aquino, 2014, 2015; Sforni, 2015; Cedro; Moura, 2016).

Cada um desses trabalhos apresenta, no decorrer de suas investigações, descrições e discussões que elucidam o experimento didático-formativo:

**T9 (2021 p. 92)** - Davydov (1988, p. 195-196) emprega o experimento formativo como o método de investigação para estudar as peculiaridades da organização do ensino experimental e sua influência no desenvolvimento psíquico dos alunos, denominando-o “experimento genético modelador”.

**T8 (2020, p. 43)** - o experimento didático-formativo ao qual se propõe esta pesquisa se afina com procedimentos investigativos da ciência para o ensino mediados pelo método dialético constitutivo das ações didáticas formuladas por Davydov (1988c; 1988d), cerne da teoria do Ensino Desenvolvimental.

**D3 (2011, p. 13)** - O método do experimento formativo caracteriza-se pela intervenção ativa do pesquisador nos processos mentais que ele estuda.

**D7 (2017, p. 21)** - O experimento didático-formativo ou genético-modelador, segundo Davidov (1988), tem como objetivo evidenciar as transformações que ocorrem no pensamento dos estudantes no decorrer do processo de ensino de um determinado conceito.

**D9 (2017, p. 121 e 122)** - O experimento didático-formativo origina-se na corrente da Teoria Histórico-cultural e na concepção de Vygotsky sobre o método genético

formativo, fundamentado no método dialético da investigação, análise e compreensão dos fenômenos dialéticos da investigação.

**T6 (2019, p. 119)** - Davydov (1988), ao descrever o experimento didático-formativo, caracteriza-o como intervenção ativa do pesquisador nos processos mentais que ele estuda.

**D15 (2018, p. 34)** - O experimento didático-formativo é um procedimento investigativo característico da Teoria Histórico-Cultural, estudado na antiga União Soviética por Vygotsky e seus colaboradores. esse método recebia o nome de genético causal.

**D16 (2019, p. 127)** - Durante o experimento, o pesquisador não apenas observa situações de sala de aula, mas exerce um papel ativo nessas situações, pois as cria para fins de investigação e para provocar o aparecimento de determinados fenômenos.

**T10 (2020, p. 105)** - O experimento didático-formativo, segundo interpretação de Freitas (2010), é uma das formas de pesquisa que gera conhecimento pedagógico e didático e é apropriada para a investigação com foco nas relações entre ensino e aprendizagem.

O trabalho T7 utiliza os termos de experimento investigativo de intervenção ou apenas o termo experimento para designar a metodologia da observação-participante e apenas uma vez utiliza o termo experimento didático, mas não apresenta os autores que fundamentam a metodologia. O trabalho T3 utiliza apenas o termo experimento e o fundamenta com Vygotsky (2009), que afirma que

a investigação experimental do processo de formação de conceitos mostrou que o emprego funcional da palavra ou de outro signo como meio de orientação ativa da compreensão, do desmembramento e da discriminação de traços, de sua abstração e síntese é parte fundamental e indispensável de todo o processo (T3, 2015, p. 109).

Na próxima seção, apresentaremos a discussão e as implicações dos focos temáticos abordados pela produção acadêmica analisada, com o objetivo de aproximar ainda mais com o objeto deste estudo, desvelando as tendências, recorrências e lacunas.

## **2.5.2 Focos temáticos e discussões políticas – aproximações do objeto de estudo**

Utilizar o foco temático como um parâmetro nas análises dos trabalhos contribui para uma compreensão da dinâmica evolutiva e contextual das pesquisas, evidenciando a diversidade dos objetos investigados (Delizoicov; Slongo; Lorenzetti, 2013). Sendo assim, propomos, aqui, uma articulação entre o problema de pesquisa, objetivo e o objeto de estudo dos trabalhos analisados.

Sistematizando os trabalhos por áreas de pesquisa, a maioria (25 - T1, D1, D2, D3, D4, T3, D5, D6, T4, D7, D8, D10, T5, T6, D12, T7, D9, D13, T8, D16, D14, T9, D15, D18 e T10) desenvolveu seus estudos com foco na organização do trabalho pedagógico-didático para o desenvolvimento do pensamento conceitual. Algumas das expressões utilizadas no

objetivo ou problema de pesquisa apresentam diferenças mínimas em sua constituição, o que possibilitou agrupá-las de acordo com suas semelhanças no processo de análise.

Para se referir à organização do trabalho pedagógico-didático, as pesquisas utilizaram expressões como: processo de ensino, práticas de ensino e como a atividade de ensino é organizada; já em relação ao processo de formação conceitual, utilizaram termos como: desenvolvimento do pensamento conceitual, aprendizagem dos conceitos, processo de significação do conceito, associar conceitos, construção de conceitos, desenvolvimento e formação de conceitos científicos e desenvolvimento do pensamento teórico.

Os trabalhos D11 e T2 tiveram como foco temático o processo de mediação dos conceitos, e D17 trabalhou com as características da experimentação e da investigação no ensino de Ciências. Esses dados referentes às aproximações das relações encontradas no objetivo, problema de pesquisa e objeto de estudo refletem uma coerência encontrada já no processo inicial de busca no site<sup>6</sup> da BDTD, ao usarmos os operadores booleanos “história cultural”, “Ciência”, “Biologia”, “conceito científico” e “formação do pensamento teórico ou conceitual”.

A partir das informações coletadas, apontamos as possíveis tendências e recorrências das pesquisas que declaram se fundamentar no Ensino Desenvolvimental e na Teoria Histórico-Cultural. Há uma grande preocupação com o processo de organização do trabalho pedagógico-didático voltado para a formação do pensamento teórico. Os trabalhos deixam claro, no decorrer de suas investigações, a importância dessa fundamentação e, também, do desenvolvimento do pensamento conceitual no processo de ensino e aprendizagem.

A pesquisa D13 (2020, p. 22) apresenta as contribuições da Teoria Histórico-Cultural e do Ensino Desenvolvimental, apontando que tais teorias “evidenciam a relevância do ensino sistematizado dos conhecimentos científicos e culturais projetados nos conhecimentos escolares”, e que essas contribuições devem ser levadas em consideração, uma vez que “o trabalho pedagógico possui intencionalidades políticas, éticas, didáticas em relação às qualidades humanas, sociais e cognitivas esperadas dos estudantes”.

Sobre a formação do pensamento teórico a pesquisa, D10 (2018, p. 12) enfatiza que,

ao focar o ensino na formação do pensamento teórico, a escola pode contribuir para a transformação da sociedade ao dar condições para que os indivíduos se tornem participativos no processo de elaboração do saber e, assim, poder ser promotora do desenvolvimento humano.

---

<sup>6</sup> <https://bdttd.ibict.br/vufind/>

O trabalho T8 (2020, p. 74) afirma que,

no desenvolvimento do sistema conceitual expresso por Davydov, a formação do pensamento teórico requer um processo pelo qual se revela a essência, a origem e o desenvolvimento dos objetos de conhecimento como caminho de apropriação do conceito.

Em relação à organização do trabalho pedagógico-didático, D9 (2017, p. 22) ressalta que “Davidov defende a correta organização do ensino de conteúdos escolares para a promoção do desenvolvimento mental dos estudantes, cuja ação deve ser mediada pelo professor”. T6 (2019, p. 24) complementa afirmando que:

a forma de organização do ensino influencia o desenvolvimento das capacidades intelectuais dos estudantes em conexão com os conceitos aprendidos. Com base nessa premissa, Davydov (1988) propõe uma teoria, cuja estrutura básica se aplica ao ensino e ao desenvolvimento do pensamento teórico, em todas as disciplinas escolares, com possibilidade de utilização em todas as áreas de conhecimento.

Um fator recorrente, presente em todos os trabalhos analisados, é que, para o desenvolvimento do pensamento conceitual, faz-se necessário a compreensão das relações entre os conceitos não científicos ou espontâneos ou, ainda, cotidianos. Esse processo será discutido de forma mais aprofundada nas próximas sessões.

Uma outra questão evidenciada nas leituras foi em relação ao estudo de um conceito científico. Nesta análise, foram identificadas cinco pesquisas que não se propuseram ao estudo de um conceito específico (D3, D10, T7, D17 e D18), sendo que as demais teses e dissertações apresentaram, em suas investigações, o estudo específico de um conceito científico: T1 - sexualidade humana; D1 - hereditariedade; D2 - fotossíntese; D4: origem da vida; T2 - fotossíntese e respiração celular; T3 - ecossistema; D5 - energia; D6 - cadeia alimentar; T4 - respiração; D7 - substâncias e materiais; D8 - energia; D9 - divisão celular; D11 - conceitos básicos da genética; T5 - substância; T6 - animal vertebrado; D12 - princípio da incerteza; D13 - transmissão gênica; T8 - água; D14 - energia; T9 - erosão; D15 - conceito de imagem no olho humano; D16 - microrganismo; T10 - calor.

Fica clara, portanto, a preocupação das pesquisas na área de Física em relação à formação do conceito de energia, já que, de seis trabalhos, três (D5, D8 e D14) estão relacionados ao estudo deste conceito. Em Biologia, as recorrências são com os estudos de transmissão, abrangendo conceitos de genética, hereditariedade e transmissão gênica (D1, D11 e D13), assim como a prevalência do estudo da equilíbrio e organização com os conceitos de respiração e fotossíntese (D2, T2 e T4), bem como o estudo de interação com os conceitos de ecossistema e cadeia alimentar (T3 e D6).

Outro dado relevante nas análises é referente ao processo histórico de formação do conceito. Os trabalhos T1, D9, T5, T6, D13, D14, T9, D15, D16 e T10 ressaltam a importância do processo histórico na aprendizagem do conceito e realizam um movimento de construção histórica do conceito no decorrer de suas pesquisas. Os trabalhos T1, D4, D6, D7 e T8 realizam breves apresentações com um pequeno relato histórico do conceito. Já os trabalhos D2, T2, T3, D5, T4, D8, D11 e D12 não se propuseram a apresentar a construção histórica do conceito. É importante ressaltar que um trabalho fundamentado na Teoria Histórico-Cultural e no Ensino Desenvolvimental, e que se dedica ao processo de formação conceitual, segue os pressupostos do Materialismo Histórico-Dialético. Vygotsky (2001, p. 200) afirma que:

os momentos fundamentais do desenvolvimento dos conceitos, revelados na análise experimental, devem ser concebidos historicamente e interpretados como reflexo dos estágios mais importantes por que passa o processo real de desenvolvimento da criança. Aqui a análise histórica se torna a chave para a compreensão lógica dos conceitos.

Fundamentar-se na Teoria Histórico-Cultural e no Ensino Desenvolvimental exige um olhar para a historicidade do conceito formado pelo sujeito, ou seja, seu processo de gênese e desenvolvimento.

Outra questão fundamental para as pesquisas do campo educacional pautadas nessas teorias é assumir uma posição científica e política, pois a transformação das relações sociais e desenvolvimento de cada indivíduo implica em uma luta científica e política para que a sociedade seja plenamente livre (Cedro; Nascimento, 2017). A maioria dos trabalhos (19 D1, D2, D3, D7, D9, D10, D11, D13, T6, T8, D16, T10, D15, D17, D18, T2, T3, T9 e T10), em coerência com as teorias que as fundamentam, posicionaram-se e demonstraram um olhar crítico em relação às políticas públicas educacionais e frente ao cenário histórico e contextualizado, com o que vem se instalando pelos organismos multilaterais no campo da educação escolar.

**D9 (2017, p. 29)** – os movimentos dos educadores são essenciais para evitar que os interesses capitalistas prevaleçam nas políticas educacionais brasileiras, de modo a combater a precarização do ensino no país.

**D9 (2017, p. 47)** – é preocupante a descontinuidade de políticas públicas no âmbito educacional que não contribuem de nenhuma maneira para as melhorias da educação.

**D17 (2012, p. 79)** – diante das políticas educacionais brasileiras, é importante compreender se os objetivos e estratégias escolares definidos na BNCC-MEC/2017 e no DCGO/2018 levam a promover, de forma concreta, uma mudança na realidade escolar e na aprendizagem dos alunos.

**T8 (2020, p. 26)** – estudos recentes mostram que a orientação dada na definição das finalidades educativas da educação escolar influi nas políticas educacionais, na formulação dos currículos e no próprio direcionamento do processo de ensino-aprendizagem

**D16 (2019, p. 24)** – o estudo dos aspectos políticos esclarece a proposta de formação humana contida nos documentos oficiais norteadores da educação pública, bem como aponta a necessidade de buscar outros aportes teóricos e metodológicos para uma educação que promova o desenvolvimento psíquico dos estudantes, conforme objetivo da presente pesquisa.

**T10 (2020, p. 38)** – não há discussão suficiente acerca das políticas públicas voltadas para a formação do professor de Física, no sentido de oferecer subsídios teóricos, práticos, didáticos e metodológicos para que o planejamento das aulas seja reflexo de competência, eficiência e eficácia, nos sentidos literais dos termos.

Alguns trabalhos apresentam uma discussão mais discreta e não trazem autores que contribuem tão diretamente com essa discussão (D4, T7, T1, D12 e D14). Os trabalhos D5 e D6 citam os documentos, mas não trazem uma análise crítica sobre eles, e T4 e T5 não se propuseram a realizar discussões no campo político.

Pesquisas em educação, pautadas na Teoria Histórico-Cultural e pelo Ensino Desenvolvimental, devem apresentar uma relação entre a teoria em questão e o método filosófico e investigativo que lhes fundamentam e analisar as possibilidades e os limites de práticas educacionais específicas que contribuam para superar as relações objetivas que impedem o desenvolvimento das máximas capacidades humanas dos estudantes (Cedro; Nascimento, 2017).

Por fim, destacamos a necessidade de trabalhos que discutam o processo de formação do pensamento teórico com estudantes da graduação, como também reforçamos a relevância de investigações que analisem as ações e tarefas de estudo, pautadas na Teoria Histórico-Cultural e/ou no Ensino Desenvolvimental, por meio de um experimento didático-formativo, e como estas ações podem impulsionar o desenvolvimento do pensamento teórico em estudantes de Ciências Biológicas no processo de apropriação dos conceitos científicos da Biologia.

### **3 EDUCAÇÃO SUPERIOR E CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: HISTORICIDADE E FUNDAMENTOS**

Os indivíduos, enquanto seres sociais e históricos em condições que os caracterizam como gênero humano, possuem diversos períodos e etapas que atravessam ao longo da vida, bem como a exposição acerca da dinâmica interna que move as transições entre eles, demarcando sua periodização do desenvolvimento. O olhar histórico-cultural para a periodização evidencia que o acesso à formação cultural institui a existência humana na condição de um “vir a ser” produzido pelo trabalho educativo (Martins, 2016).

Em um processo de reprodução do gênero humano, os homens entram em relações muito particulares que têm como objetivo repassar para as próximas gerações as apropriações do atual momento. No contexto do trabalho surge um campo complexo de atividades direcionando a tomada de decisões perante as alternativas permitidas pela vida social.

Contudo, o trabalho alienado, que se expressa nas relações sociais historicamente construídas, remete ao empobrecimento do processo de humanização dos indivíduos em tempos de reestruturação produtiva. Existem diversos obstáculos que recaem sobre os indivíduos que os impedem de se firmarem enquanto seres humano-genéricos. Em uma sociedade capitalista, “o trabalho alienado consiste na subordinação de ‘todas’ as relações humanas às relações de mercado” (Carvalho; Martins, 2016, p. 275).

Se a atividade principal orienta a formação da personalidade do indivíduo e, na idade adulta, expressa-se pela forma do trabalho, exige-se a organização de um ensino que promova o desenvolvimento integral dos estudantes, corroborando com a formação e o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, superando as relações de alienação (Carvalho; Martins, 2016).

O campo da educação constitui-se, primeiramente, como uma necessidade do trabalho, e, à medida que se complexificam os processos e as relações de trabalho, complexifica-se também a educação. Assim sendo, as forças produtivas do processo educativo possuem uma autonomia relativa perante o trabalho, uma vez que o trabalho social e a educação possuem uma unidade que não pode ser vista separadamente de suas determinações (Carvalho; Martins, 2016).

A periodização humana, desvelada em uma perspectiva dialética entre o biológico e o cultural, é pautada em princípios que são orientadores da captação do real, como os de totalidade, movimento e contradição. Martins (2016, p. 33), ao discutir a periodização humana sob a égide do Materialismo Histórico-Dialético, aponta que “cada período representa a

superação por incorporação do período precedente, ou, como temos veiculado: cada período nasce de ‘dentro da barriga’ do anterior!”.

A periodização é caracterizada pelas fases, estágios ou etapas do desenvolvimento humano, sendo fundamentada pelos estudos de Leontiev, Elkonin e Vygotsky. Cada estágio possui uma certa sequência no tempo, mas não são imutáveis, pois dependem das condições concretas nas quais ocorre o desenvolvimento (Facci, 2004).

Para compreender a periodização, é necessário esclarecer as relações entre dois conceitos: o conceito de neoformações, que pode esclarecer a dinâmica e a característica do desenvolvimento, e o conceito de atividade dominante de cada etapa do desenvolvimento, pois é ele que coloca em ênfase a complexa relação entre o desenvolvimento do estudante em unidade dialética com o meio social que o envolve (Tuleski; Eidt, 2016). As neoformações são formações novas que emergem de uma situação social que exige determinadas reações, promovendo mudanças psíquicas e sociais que se produzem pela primeira vez em cada idade, e determinam a consciência. As novas formações não são estáticas ou invariáveis estão em movimento para atender às exigências sociais externas, apresentando uma dinâmica de desenvolvimento que se refere às relações entre a personalidade do sujeito e o meio social (Tuleski; Eidt, 2016).

Para Leontiev (2010), no processo de desenvolvimento são instituídas relações hierárquicas entre diversas atividades que medeiam as relações do indivíduo com a realidade, sendo que a atividade principal assume um caráter de maior importância para o desenvolvimento, na qual os processos psíquicos particulares tomam forma ou são reorganizados. A partir da atividade principal surgem outros tipos de atividades, dentro das quais são diferenciadas, e destas dependem as mudanças psicológicas na personalidade observadas em um certo período de desenvolvimento.

Cada estágio do desenvolvimento possui conteúdos diversos relacionados às condições concretas nas quais ele ocorre. Assim,

as condições históricas concretas exercem influência tanto sobre o conteúdo concreto de um estágio individual do desenvolvimento, como sobre o curso total do processo de desenvolvimento psíquico como um todo (Leontiev, 2010, p. 65).

Cada período de desenvolvimento associado à idade é “caracterizado por um tipo de atividade principal, a partir da qual se estruturam as relações do indivíduo com a realidade social” (Facci, 2004, p. 64). Sendo assim, ao identificar o tipo de atividade, pode-se identificar os correspondentes períodos do desenvolvimento mental e descrever a sucessão de

cada um, possibilitando examinar as particularidades básicas do desenvolvimento mental humano. Cada idade constitui um estágio qualitativamente diferente no desenvolvimento mental da pessoa. Nesse viés, Davydov afirma que

(...) desenvolvimento constitui a reprodução, pelo indivíduo, dos tipos de atividade e das capacidades correspondentes a esses tipos, historicamente desenvolvidos; esta reprodução se realiza no processo de apropriação destes tipos de atividades e capacidades. Com isso, essa apropriação (que pode ser interpretada como o processo de educação e ensino no sentido amplo) é a forma universal de desenvolvimento mental do homem (Davydov, 1998, p. 14).

A formação e desenvolvimento da consciência humana estão internamente associados ao desenvolvimento da atividade, e o critério para o desenvolvimento da atividade pode ser utilizado com referência à periodização da vida do estudante. Na construção desta periodização, é necessário identificar o conteúdo concreto da atividade principal relativa a cada período de desenvolvimento. A organização da atividade principal é social e histórica e não orgânica.

A atividade principal de qualquer período de desenvolvimento, influencia o desenvolvimento de suas novas formulações psicológicas. Sendo assim, é necessário estudar a estrutura da atividade e as condições e mecanismos que a transformam de forma objetiva. A periodização que se fundamenta no princípio do desenvolvimento da atividade deve se pautar na análise do desenvolvimento da personalidade, independentemente de como a essência da personalidade é compreendida (Davydov, 1998). Para o autor, as relações do desenvolvimento do estudante sobre o nível da personalidade favorecem o processo de identificação da periodização de todo o desenvolvimento mental e o enriquecimento de novas formações nas diferentes idades do indivíduo.

Para diferentes etapas de ensino, os fundamentos da Teoria Histórico-Cultural e do Ensino Desenvolvimental enfatizam que no processo de ensino e aprendizagem escolar deve-se priorizar a formação do pensamento teórico e o desenvolvimento das funções psíquicas superiores. Vygotsky (1991) apresenta em seus estudos e experimentos algumas comparações entre adultos e crianças, evidenciando diferenças e semelhanças de comportamento entre eles. Alguns de seus experimentos e análises se pautaram na estrutura do funcionamento psicológico, relacionando as funções psíquicas superiores e suas organizações cerebrais no adulto, compreendendo o desenvolvimento psicológico dos homens como parte do seu processo histórico. Para o autor, a abordagem dialética, que admite a influência da natureza sobre o ser humano, representa um elemento importante nos estudos e

interpretações de suas funções psíquicas superiores, contribuindo como base de seus métodos de experimentação e análise.

Luria (2010, p. 101) faz uma afirmação interessante de que “psicologicamente, a criança não é um adulto em miniatura”, mas os estudos empíricos que envolvem todos os processos de ensino aprendizagem podem tanto contribuir com uma compreensão melhor da criança, como compreender a gênese e desenvolvimento das formas mais importantes de habilidades culturalmente adquiridas da vida do ser humano adulto.

O processo de inserção e passagem do adolescente à idade adulta corresponde às relações entre as atividades realizadas, as determinações da produção social e ao processo de preparação do indivíduo para o mundo do trabalho e, neste momento, inserem-se os elos entre as categorias atividade e trabalho. A compreensão dessas relações permite considerar a atividade dominante que orienta o desenvolvimento do estudante por meio de uma práxis consciente, permitindo a compreensão das contradições entre capital e trabalho e seu posicionamento de modo consciente na luta de classes (Abrantes; Bulhões, 2016).

A formação e o desenvolvimento psíquico de jovens e adultos deve orientar-se para a dialética entre a atividade de estudo profissional e a atividade produtiva ou trabalho, sendo “essencial compreender o papel dessas categorias no contexto histórico-econômico da sociedade capitalista contemporânea, cujas raízes ancoram-se na contradição existente entre capital e trabalho” (Abrantes; Bulhões, 2016, p. 251). Os mesmos autores ainda asseveram que a contradição entre capital e trabalho reflete, por um lado, que o ser humano depende do trabalho para se autovalorizar e precisa incluí-lo em sua totalidade; por outro lado, deve excluí-lo e negá-lo como fonte de valor que tenha potencial para afirmar-se por si mesmo como uma totalidade.

No processo de desenvolvimento do pensamento teórico em estudantes da educação superior, faz-se necessário compreender que a atividade principal da idade adulta é

representada pela atividade de produção social consubstanciada no trabalho, desponta como central no enfoque histórico-cultural acerca da periodização do desenvolvimento, posto que dela resulta a própria construção do acervo humano-genérico que, em última instância, expressa o máximo alcance das capacidades humanas (Carvalho; Martins, 2016, p. 268).

A formação para o trabalho e a formação profissional na Educação Superior, enquanto atividades centrais, inserem-se em um contexto de produção social que reflete as relações históricas e culturais que pautam a sociedade. O trabalho como atividade formativa principal implica, ainda, reconhecer a universidade como espaço de produção de conhecimento e reflexão crítica sobre as práticas profissionais e suas interrelações com as demandas da sociedade. Contudo, essa tarefa encontra desafios em um cenário marcado pela mercantilização da educação e pela crescente subordinação das instituições de Educação Superior às demandas do mercado. A formação, nesse contexto, muitas vezes é reduzida a um treinamento técnico e acrítico, descolado da dimensão histórica e cultural do trabalho enquanto prática social.

Na seção seguinte, a partir da compreensão do desenvolvimento do pensamento teórico dos jovens e adultos estudantes do curso de Ciências Biológicas na perspectiva histórico-cultural, apresentamos uma contextualização da Educação Superior no Brasil com especificidade na formação profissional da área de Ciências Biológicas (bacharelado e licenciatura), e a perspectiva histórica da fundamentação da Biologia enquanto Ciência e do desenvolvimento lógico-histórico do conhecimento biológico - a transmissão gênica.

### **3.1 Educação Superior no Brasil: contextos da formação profissional da área de Ciências Biológicas**

O cenário de intensas transformações do processo de mundialização e de acumulação do capital, assim como do papel dos Estados e das políticas públicas educacionais vêm impactando as universidades públicas, possibilitando um discurso de crise e de necessidade dessa instituição assumir novas finalidades, “na medida em que a ciência, o conhecimento e a inovação tecnológica passam a ser vistos como parâmetros e estratégia de competitividade” (Ferreira, Oliveira, 2010, p. 52).

No Brasil, esse processo vem modificando a identidade histórica das universidades, de um referencial acadêmico para um economicista, com um olhar mais pragmático e competitivo, no qual a universidade assume uma perspectiva mais utilitarista, empreendedora, inovadora, com uma formação voltada para as competências do mercado de trabalho (Ferreira; Oliveira, 2010).

A reconfiguração da Educação Superior, vinculada à mundialização do capital, vem sendo implementada, desde os anos 1980, por meio de políticas e reformas educacionais,

em consonância com as orientações dos organismos multilaterais como o Banco Mundial, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE, dentre outros (Ferreira; Oliveira, 2010, p. 53).

Nos anos de 1990, com o processo de empresariamento da Educação Superior e mercadorização das relações sociais, orientadas pelo ideário neoliberal, o desmonte do aparato científico-tecnológico ocorreu, ao mesmo tempo, que a Reforma do Estado, priorizando o livre jogo do mercado, regulando financiamentos e políticas educacionais do país, amparados pelos acordos e preceitos da política neoliberal (Borges; Aquino, 2012).

Após 1990, os processos jurídicos e institucionais na área da Educação Superior direcionaram as principais mudanças implementadas nas últimas décadas: a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), sancionada em 20 de dezembro de 1996 (Brasil, 1996) e o Plano Nacional de Educação (PNE). A LDB, nesse contexto, materializou as relações sociais e as mudanças tecnológicas sob a égide ideológica da globalização da economia, concedendo à Educação Superior processos de descentralização e flexibilização presentes nessa legislação, como também por novas formas de controle de padronização por meio de avaliações (Borges; Aquino, 2012).

A proposta do Plano Nacional de Educação (PNE) 2014-2024 foi aprovada, indicando a diversificação do sistema por meio de políticas de expansão da Educação Superior, a não ampliação dos recursos vinculados ao Governo Federal, sistema de avaliação do ensino, ampliação do crédito educativo envolvendo recursos estaduais e, cabe destaque, para a educação a distância (Dourado, 2011). Nos últimos anos, o processo de expansão da Educação Superior foi conduzido pelas políticas de caráter predominantemente privado, como a criação de novas Instituição de Ensino Superior (IES), novos cursos e reestruturação das IES.

Traçando uma relação com a análise das múltiplas regulações e controle das políticas e gestão da Educação Superior no Brasil, revela-se, nos referenciais que se materializam a partir das condições objetivas, por meio de políticas diversas, desdobramentos políticos complexos. Assim, as políticas que pautam a Educação Superior, sinalizam para um movimento global, que se “traduz pela lógica contraditória dos atuais processos de sociabilidade capitalista, que compreende a importância da educação superior, mas que, ao mesmo tempo, a fragmenta, diversifica e diferencia em âmbito local, regional, nacional e mundial (transnacional)” (Dourado, 2011, p. 62). Para o autor, historicamente, o ideal do Ensino Superior demarca uma instituição com autonomia relativa frente ao Estado, igreja e mercado. Portanto, a análise das políticas e gestão para o Ensino Superior deve considerar os possíveis elementos comuns na

agenda mundial, como também identificar o percurso histórico das políticas nacionais e os processos de articulação e luta política que os demarcam socialmente.

O impacto das políticas educacionais que se constituíram a partir das orientações dos organismos internacionais é bastante evidente, e o trabalho docente, em tal contexto, ganha novos significados quando recaem sobre os professores as demandas sociais para que os processos relacionados ao ensino respondam de maneira rápida e eficiente às exigências do mundo do trabalho (Camargo; Rosa, 2018). Para as autoras,

(...) compreender o trabalho docente no contexto da internacionalização das políticas educacionais pressupõe primeiro entendê-lo como trabalho humano que se objetiva em atividades concretas que visam à formação e ao desenvolvimento de outras subjetividades. Compreendemos que o trabalho docente não se efetiva dissociado do ser social do professor, de como este compreende conscientemente o papel da escola e do conhecimento na formação dos estudantes (Camargo, Rosa, 2018, 288).

O trabalho docente tem intencionalidades que se realizam por meio de um posicionamento político e pedagógico intencional e por meio de mediações de várias ordens. A atividade do professor é de natureza complexa. Ele deve se apropriar dos conhecimentos que lhe permitam realizar ações de ensino, proporcionando elementos que promovam o processo de ensino e aprendizagem e desenvolvimento da cultura em geral e, mais particularmente, dos conhecimentos científicos historicamente acumulados pela humanidade.

É extremamente relevante compreendermos as contradições do trabalho docente no atual momento histórico em que vivemos, pois este se constitui de forma

mediada por relações historicamente humanas e isso exige para além de competências técnico-científicas uma sólida formação teórico-conceitual, política, cultural e ética, que possibilite um claro posicionamento político, articulado às finalidades educativas” (Camargo, Rosa, 2018, p. 288).

Atualmente, o ingresso de estudantes na Educação Superior tem aumentado em cursos a distância devido à ampliação de vagas oferecidas pela proposta de expansão desenvolvida para esse nível de ensino. Contudo, existem especificidades nessa etapa de ensino que devem ser levadas em consideração, como: o perfil do estudante, o ambiente da prática pedagógica, passando também pela prática e formação do profissional docente (Sousa; Longarezi, 2012). Tencionando para o recorte desta tese, apontamos nossos olhares para a formação inicial em Ciências Biológicas, sejam licenciaturas ou bacharelados.

### **3.1.1 A formação da “identidade profissional”- A personalidade (ser social) do/a Professor/a de Biologia e do Biólogo**

A formação de professores de Biologia e de biólogos no Brasil ocorre em cursos de Ciências Biológicas, que tiveram sua origem demarcada pelo curso de História Natural. No começo de 1930, a Universidade de São Paulo (USP) inicia o curso de licenciatura cultural em Ciências Naturais que, posteriormente, foi nomeado como História Natural (Pereira, 2022). Regulamentado em 1962 pelo Conselho Federal de Educação (CFE), com o Parecer n. 325/62, o curso visava a formação de professores para o 1º e 2º grau (hoje chamados de ensino fundamental e médio), para o ensino e pesquisa na Educação Superior.

Os cursos de História Natural eram ligados às Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras, com uma visão mais de observação e de descoberta da natureza, logo com uma grande influência positivista, utilizando-se, principalmente, da experimentação laboratorial em seus estudos. Nesses cursos, era dada maior ênfase à formação do bacharel, pois tinham a pesquisa relacionada a área de Biologia como principal objetivo (Castro, 2010; Pereira, 2022; Krützmann; Torres; Neto, 2022).

Para Castro (2010), três fatos foram importantes no processo de transição do curso de História Natural para o de Ciências Biológicas:

- a democratização do Ensino Fundamental, no final dos anos 1950 e início dos anos 60;
- as aulas de Ciências e Biologia eram ministradas por alguns professores formados em História Natural, mas também por profissionais formados em Medicina, Odontologia, Engenharia etc e,
- a demanda de professores era tão intensa que indivíduos que só tinham o antigo 2º grau (Ensino Médio) eram chamados para lecionar, pois o número de cursos de História Natural era muito pequeno (na cidade do Rio de Janeiro só existiam dois).

Com a reforma universitária, no fim da década de 1960, os cursos de História Natural foram divididos em dois: Geologia e Ciências Biológicas. O curso foi desenvolvido a partir de uma estrutura curricular que integrava a área biológica ou geológica, mas apresentava o mesmo propósito – formar professores para o ensino médio e fundamental, para o ensino e pesquisa na Educação Superior (Pereira, 2022).

Os contextos de formação histórica desses cursos refletem as suas formações originais dos cursos de História Natural, apresentando currículos muito parecidos. A formação de licenciados e bacharéis no curso de Ciências Biológicas tem sido discutida no Brasil,

dividindo os docentes que trabalham com formação superior, gerando dúvidas e desconhecimento sobre as atribuições específicas de cada carreira.

Durante a segunda metade do século XX, a formação de professores ocorreu sob a lógica do modelo de formação “3+1”<sup>7</sup>. Um ensino com ênfase nos conteúdos específicos da Biologia, sendo a licenciatura a etapa final para a formação profissional. Tal conduta evidenciava o licenciado como um subproduto da formação de pesquisadores. Esse modelo foi amplamente adotado pelas IES do Brasil e recebeu duras críticas, pois favorece um olhar simplista do que é ensinar, focado em “dominar o conteúdo” e aplicar técnicas educacionais (Pereira, 2022).

Nesse período, ainda na década de 1960, eram comum, no país, as Licenciaturas Curtas, já que o currículo da Educação Básica, pela primeira vez na legislação brasileira, contemplava a disciplina escolar de Ciências Naturais e a “tornou obrigatória no currículo, trazendo mudanças para o ensino dessa área, surgindo o primeiro modelo de licenciatura curta para formar os professores de Ciências para o 1º grau” (Santos; Souza, 2019, p. 2). A nomenclatura do primeiro grau se referia a escolaridade de 1ª a 8ª séries, que corresponde atualmente às séries finais do ensino fundamental.

Ainda em 1969, o Conselho Federal de Educação (CFE) estabeleceu a organização dos cursos de Ciências Biológicas prevendo duas modalidades: Licenciatura e Bacharelado, sendo a última na modalidade biomédica. A partir de então, a denominação do curso deveria ser Curso de Ciências Biológicas.

As diretrizes para a formação de professores nas Licenciaturas Curtas, ou seja, para o 1º grau, estabelecia os cursos de Ciências Físico-Biológicas e Matemática em caráter prioritário, com duração de três anos letivos, um currículo mínimo e, do ponto de vista pedagógico-formativo, o mesmo professor poderia ocupar-se de mais de uma disciplina (Martins; Gouveia; Neto, 2023).

Durante o período da ditadura, os documentos que pautavam a formação na Educação Superior foram instrumentos políticos que refletiram os interesses do Estado capitalista e da lógica de mercado, cujas diretrizes curriculares apresentadas exigiam dos futuros professores e biólogos uma formação mais generalista, relacionada à flexibilidade do mercado trabalho (Antiqueira, 2019).

---

<sup>7</sup> O curso identificado pelo modelo “3 + 1”, caracterizou-se por ser um curso de “bacharelado em área disciplinar, em que é necessário apenas mais um ano de formação em educação para obter o título de licenciado, possibilitando assim ao profissional poder dar aulas nas escolas básicas” (Santos; Souza, 2019, p. 7).

A Lei n. 6684 de 1979 criou o Conselho Federal de Biologia (CFBio) e regulamentou a profissão do Biólogo, estabelecendo as possibilidades de atuação desse profissional em “elaboração de projetos de pesquisas, realizações de perícias, assinaturas de laudos nas diversas áreas do conhecimento biológico” (Maciel; Anic, 2019, p.72). Até o momento, bacharéis e licenciados em Ciências Biológicas, História Natural e afins eram considerados biólogos, com licença para atuar em várias áreas como zoológicos, instituto de pesquisa, dentre outras. Contudo, ao licenciado seria concedida, adicionalmente, a permissão para atuação na Educação Básica e Educação Superior (Maciel; Anic, 2019).

O impasse de diferenciação do licenciado e do bacharel em Ciências Biológicas surgiu junto com a Lei n. 6.684, de 3 de setembro de 1979, que regulamentou a profissão do biólogo no Brasil e criou o Conselho Federal de Biologia, definindo como biólogo o portador de diploma de bacharel ou licenciado em curso de Ciências Biológicas (Antiqueira, 2018).

Os cursos trabalham em linhas muito próximas de formação nas duas habilitações, e a formação pedagógica seria o ponto principal de diferença entre os dois cursos, que é priorizada nos cursos de Licenciatura em detrimento do Bacharelado. No entanto, ainda falta uma identidade observada na construção do PPC, que é identificada quando a instituição de Educação Superior se propõe a ofertar um curso de Licenciatura. Contudo, ele está baseado na legislação da profissão, com caráter bacharelesco, entrelaçando diretamente esse perfil profissional com o docente (Antiqueira, 2018). Para o autor, o curso, falha em valorizar a formação que está propondo e fere o perfil profissional que deveria exaltar.

As licenciaturas curtas foram extintas com a LDB n. 9394/1996, quando se passou a exigir a formação específica na área para a atuação em qualquer disciplina (Brasil, 1996). No entanto, essas questões foram negligenciadas por muito tempo no Brasil e, somente no ano de 2001, por meio do Parecer CES n. 1301/2001, o Conselho Nacional de Educação (CNE) estabeleceu as Diretrizes Curriculares para a formação de bacharéis e licenciados em Ciências Biológicas. O documento desvincula as licenciaturas dos cursos de bacharelado, reconhecendo que professores devem ter uma formação própria, e não somente uma complementação de carga horária didático-pedagógica (Antiqueira, 2018; Krützmänn; Torres; Tolentino Neto, 2022).

Apesar de afirmar a necessidade da desvinculação dos cursos, o documento traçou apenas o perfil profissional que deveria ter um bacharel, e não se posicionou sobre o que se deveria esperar de um professor de Ciências/Biologia, como também se omitiu em relação à adoção da prática como componente curricular, conforme estabelecido no Parecer CNE/CP n. 9/2001. Posteriormente, “a Resolução CNE/SESu n. 7, de 11 de março de 2002, estabeleceu

as Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura)” (Uliana, 2012, p. 5). Mais ainda, nesse mesmo ano, foram publicadas as Novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Docentes para a Educação Básica.

O processo de elaboração das diretrizes consolidou a direção da formação para três categorias de carreiras: Bacharelado Acadêmico; Bacharelado Profissionalizante e Licenciatura, garantindo especificidades e integralidade entre os cursos de bacharelado e licenciatura, exigindo a “definição de currículos próprios da Licenciatura que não se confundam com o Bacharelado ou com a antiga formação de professores que ficou caracterizada como modelo ‘3+1’” (Brasil, 2001, p. 6).

O título de Biólogo é concedido a quem possui diploma em Ciências Biológicas, que esteja em situação regular junto ao Conselho que regulamenta o exercício de sua profissão. A profissão de biólogo abrange um vasto leque de conhecimentos, permitindo sua atuação em diferentes áreas, conforme sua formação. Os estudos e pesquisas sobre epistemologia da Biologia são fundamentais para a formação de professores e pesquisadores dessa área (Andrade, 2011). Já os licenciados são profissionais formados e habilitados para atuar, a priori, na Educação Escolar da Educação Básica, e necessitam ter concluído um curso de Licenciatura.

O documento assevera que a atuação entre professores e biólogos é divergente, sendo que a modalidade de bacharelado deverá possibilitar orientações diferenciadas nas várias subáreas das Ciências Biológicas e, nas licenciaturas, os conteúdos disciplinares específicos da área (Ciências Biológicas, da Química, da Física e da Saúde) são eixos articuladores do currículo, relacionando o saber pedagógico ao ensino de um componente curricular.

Mesmo com a priorização da formação pedagógica nos cursos de licenciatura, o que vemos são políticas públicas adequadas às exigências neoliberais de formação de capacidades produtivas no interesse do mercado, como a Resolução CNE/CP n. 002/2019, que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação), um documento fundamentado em uma perspectiva liberal e tecnicista. Isso resulta em cursos específicos de cunho prático, em que se valorizam mais os conhecimentos pragmáticos do que os fundamentos científicos, dissociando conteúdo e forma, e o professor é avaliado pelo que faz e não pela qualidade do conteúdo que organiza e da metodologia que utiliza (Libâneo; Santos; Marques, 2023).

Todavia, o foco dos estudos conceituais na Educação Superior ainda é considerado “enciclopédico”, exigindo das estudantes habilidades de memorização e reprodução

conceitual sem contextualização. O ensino, nessa perspectiva, não permite ao estudante formar conceitos dentro da rede conceitual da Biologia, tendo em vista a fragmentação na aprendizagem desta, privilegiando as partes sem manter uma unidade com o todo. Ainda há professores nas universidades sem uma formação pedagógica, considerados da “área dura”. A fragmentação e o pensamento cartesiano, embora muito presentes nesta área de ensino, desfavorecem a articulação entre os conhecimentos biológicos e em áreas afins, bem como entre os processos de sistematização e contextualização dos conceitos estudados (Sá, 2017).

O ensino de Biologia ainda pode ser caracterizado como memorístico e fragmentado, em áreas como genética, citologia, zoologia e botânica, como se os conteúdos estivessem separados na natureza, ou como se não tivessem conexões em uma rede conceitual (Meghioratti, 2009). Para a autora, a formação conceitual pelos estudantes não incorpora as discussões sobre as relações com outros conceitos, fragmentando e descontextualizando o ensino de Biologia, o que reflete na própria divisão do conhecimento biológico em áreas cada vez mais específicas, inseridas numa abordagem analítica de ciência.

Partindo na contramão de tais perspectivas, (Libâneo; Santos; Marques, 2023, p. 18), propõem

uma educação humanizadora, emancipatória e democrática, voltada para o desenvolvimento pleno das capacidades humanas, com base na formação cultural e científica [...] buscamos formas de resistência com caráter propositivo na direção de outro projeto de escola, de currículo e de didática que tenha repercussão no sistema de formação profissional de professores tanto em seus aspectos legais quanto nos pedagógicos.

Corroborando com os autores supracitados, a presente tese se encontra em lugar de enfrentamento e luta, buscando a produção de uma contribuição efetiva para esse movimento, confrontando desafios e obstáculos na pesquisa, em prol da educação, atividade humana, uma causa contínua. e uma preocupação em construir mudanças.

Os estudos na área da Teoria da Herança são desafiadores, não apenas por sua complexidade e níveis de abstração, como também pela dificuldade de contextualização histórica de seus conteúdos, conceitos e terminologias (Schneider *et al.*, 2011). Em grande parte do ensino desses conteúdos nas universidades, a abordagem é desenvolvida de forma pouco integrada, fragmentada, logo em uma “perspectiva estanque, determinista, conclusiva e lógica, desprezando todo o processo de estudo realizado pelo pesquisador na época” (Kavalek; Muscardi, 2021, p. 7).

Para o desenvolvimento do pensamento teórico, o conceito não pode ser estudado isolado em si mesmo; ele deve ser trabalhado em sua rede de conceitos (Silva, 2020). O

desenvolvimento do pensamento teórico do adulto em um processo de formação profissional, de uma forma diferente da concepção de formação pragmática, mercadológica é a base da organização do trabalho pedagógico-didático na pesquisa em tela.

Os processos ocorridos durante a formação acadêmica podem estabelecer a identidade profissional, envolvendo múltiplas influências históricas e sociais. O professor de Ciências e Biologia que carrega da formação inicial uma identidade que privilegia o biólogo gera impactos nos seus modos de se constituir profissional. Diante do exposto, corroboramos os autores ao afirmarem sobre

(...) a necessidade do aprofundamento nas reflexões sobre quais futuros professores e biólogos estamos formando nos cursos de Ciências Biológicas, em que direção as reformas curriculares estão avançando e como os Projetos Pedagógicos dos Cursos são efetivados. Consequentemente, compreender melhor a influência dos cursos na constituição das identidades profissionais (Krützmann; Torres; Tolentino Neto, 2022, p. 115).

Ambos os profissionais lidam com o conhecimento biológico para distintas finalidades, seja avaliar a recorrência de uma espécie em uma área degradada ou para se discutir as ações antrópicas sobre a natureza em espaço não formal ou formal de Educação.

O processo formativo de profissionais que compreendem a ciência que investigam – a Biologia – envolve a superação de desafios e lacunas no desenvolvimento e apropriação do conhecimento científico. As análises sobre a “natureza do conhecimento biológico contribuem para que a Biologia se estabeleça como uma área de conhecimento autônoma e específica” (Andrade, 2011, p. 8). Embora os caminhos exijam uma apropriação dos princípios biológicos, a forma como esse conhecimento é formado difere substancialmente entre o bacharelado e a licenciatura, refletindo as distintas demandas de suas respectivas carreiras. O conhecimento biológico é fundamental tanto para bacharéis quanto para licenciados em Biologia, mas cada formação utiliza esse conhecimento apresentando considerações distintas e de maneiras distintas, refletindo suas diferentes ênfases e objetivos profissionais.

No processo de formação profissional se faz necessário fundamentar a organização do trabalho pedagógico-didático para a formação de conceitos científicos da Biologia e o desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas, explicitados a partir da práxis educativa, promovendo transformações nos sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Nas inter-relações da docência e do trabalho pedagógico-didático na Educação Superior, a formação do pensamento teórico é um processo de apropriação do conhecimento construído historicamente pelos estudantes em fase de construção de uma

identidade profissional. A formação do pensamento teórico na formação profissional, a partir do trabalho real e das práticas contextualizadas do trabalho, vai na contramão de uma visão da racionalidade técnica (Libâneo, 2004).

### **3.2 Biologia: uma ciência em movimento**

As relações entre o sujeito e o objeto do conhecimento resultam de uma construção de um processo histórico. Para compreender a ciência, é necessário:

(...) recuperar sua história, reconhecer em sua historicidade as raízes que originam e determinam o movimento que hoje lhe é peculiar, e mais, buscar neste movimento a construção da própria história - reconhecer a Ciência como construção que é infinita e que pode ser direcionada a partir do conhecimento de seus determinantes; compreender a Ciência em sua própria história implica, assim, a possibilidade de compreendê-la hoje e a possibilidade de dar uma direção à construção de seu futuro (Andery *et al.*, 1996, p. 437).

Esses fatores conduzem às condições materiais, sociais e políticas que movimentam e fixam essa historicidade de determinados conceitos, em cada momento e em determinada sociedade. Caracterizam o viver do indivíduo em sua cotidianidade e o direcionam, também, às condições decorrentes do desenvolvimento do próprio conhecimento, que, ao ser produzido, gera novas questões, a partir de uma reflexão crítica, revelando o que ainda não é conhecido (Andery *et al.*, 1996).

A história pode ser compreendida na relação entre a história da natureza (História Natural) e a história das transformações das relações de produção humana (História Social). Nesse viés, Marx e Engels (2007, p. 86) afirmam que conhecem

(...) uma única ciência, a ciência da história. A história pode ser examinada de dois lados, dividida em história da natureza e história dos homens. Os dois lados não podem, no entanto, ser separados; enquanto existirem homens, história da natureza e história dos homens se condicionarão reciprocamente.

Toda historicidade se fundamenta na unidade da história natural e de sua modificação pela ação humana no decorrer da história. O modo pelo qual seres humanos produzem seus meios de vida os diferencia dos animais. Esse modo de produção é uma forma determinada de exteriorizar suas vidas, ou seja, um determinado modo de vida desses indivíduos (Marx; Engels, 2007).

O ser humano, por meio de sua atividade consciente, não busca apenas sua sobrevivência; ele transforma a natureza e a si mesmo e é capaz de fazê-lo porque se reconhece e reconhece o outro nesse processo. O modo de produção da humanidade se transforma ao longo do tempo e, conseqüentemente, seu tipo de trabalho, sua visão de mundo e o próprio mundo vão se modificando também. Com isso, “não é a consciência que determina a vida, mas a vida que determina a consciência” (Marx; Engels, 2007, p. 94).

A essência do pensamento materialista dialético na compreensão da natureza se constitui nas relações da história natural e social, e sua perspectiva parte de três princípios: da existência de indivíduos vivos, da diferenciação do pensamento do ser humano em relação ao animal e do seu modo de agir na natureza, ou seja, sua atividade o trabalho. O modo como a humanidade produz seu meio de vida está relacionado ao modo de produzir a sua vida, conseguindo, nesse movimento, tornar-se sujeitos da sua própria história (Marx; Engels, 2007; Nascimento Júnior, 2000).

O pensamento dialético tem sua origem nos tempos antigos, sendo que a ideia da realidade constituída de movimentos contrários teve influência, em pequenas medidas, sobre os pensamentos de Platão e Aristóteles. Ele foi retomado na modernidade, mais de dois mil anos depois, com Hegel e a estrutura do método dialético por Marx e Engels, momento em que a filosofia buscou um novo olhar sobre as formas de se entender o mundo moderno (Nascimento Júnior, 2000). Para o autor, a necessidade de uma superação do método científico e da formação de novas orientações metodológicas e epistemológicas para ampliar os estudos acerca do conhecimento científico, surge em oposição ao determinismo na natureza e na necessidade de reagir ao pensamento pragmático. Assim, neste final de século, quase esgotado o método convencional,

há uma certa aproximação da ciência em direção à dialética materialista, aproximação esta requisitada pelos próprios cientistas que têm reconhecido a necessidade de um procedimento mais abrangente, tanto pela sua robustez no manejo dos dados concretos e abstratos como pela sua facilidade em lidar com as questões econômicas, sociais e filosóficas, numa ciência que era outrora essencialmente mecânica, lógica e quantitativa (Nascimento Júnior, 2000).

Os biólogos do século XX, Richard Levins (1930-2016), Richard Lewontin (1929-2021), John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964), Stephen Jay Gould (1941- 2012) e Ernst Mayr (1904-2005) declararam em seus estudos uma influência direta da dialética materialista (Paiva, 2022).

No prólogo do livro *Dialética da Natureza* de Engels, Haldane (1976) aponta a importância do pensamento dialético para o desenvolvimento da ciência:

Se o método de pensamento de Engels se tivesse tornado mais familiar, a evolução de nossas ideias sobre a física, ocorrida nos últimos trinta anos, teria sido menos trabalhosa. Se as suas observações sobre o darwinismo fossem mais geralmente conhecidas, pelo menos a mim teriam poupado uma certa quantidade de raciocínios confusos. Eis por que dou as boas-vindas à publicação de uma tradução, para o inglês, de *Dialética da Natureza*, esperando que as futuras gerações de homens de ciência aí encontrem a necessária ajuda para maior elasticidade de seu pensamento (Haldane, 1976, p. 12).

Seguindo no oposto de uma sistematização doutrinária ou da romantização das representações comuns, o pensamento dialético é crítico e se propõe a desvelar o mundo fetichizado da aparência na possibilidade de chegar à compreensão da realidade e a "coisa em si". No pensamento que é dialético, "o real é entendido e representado como um todo que não é apenas um conjunto de relações, fatos e processos, mas também a sua criação, estrutura e gênese" (Kosik, 2011, p. 42).

A perspectiva dialética da Biologia foi defendida e explicada pelos autores Lewontin e Levins, em obras importantes como: *O biólogo dialético* (Levins; Lewontin, 1985); *Biologia como ideologia - a doutrina do DNA* (Lewontin, 2001); *A tripla hélice – Gene, organismo e ambiente* (Lewontin, 2002); *Não está em nossos genes: biologia, ideologia e natureza humana* (Lewontin; Rose; Kamin, 2017) e *A dialética da Biologia* (Lewontin; Levins, 2022).

Em suas obras, os autores trataram de temas fundamentais de pesquisas relacionadas ao conhecimento biológico, contribuindo com uma fundamentação teórica e com proposições da importância da atuação política dos cientistas. Apresentaram críticas à lógica do reducionismo, ao determinismo biológico, declarando o impacto que o capitalismo produziu nas ciências e, em particular, na Biologia.

No lugar de uma abordagem reducionista e determinista para compreender a natureza e a sociedade humana, defenderam ser necessário uma abordagem integrada e dialética, a fim de

(...) reivindicar a abertura da ciência aos excluídos, democratizar o que é uma estrutura autoritária modelada na corporação capitalista, e insistir no objetivo de uma ciência voltada para a construção de uma sociedade justa, compatível com uma natureza abundante e diversa. Não devemos nos esconder, mas antes minar o culto da expertise dos peritos em favor de abordagens que combinem a participação profissional e a não profissional. A condição ideal para a ciência é um pé na universidade e um na comunidade em luta, de modo que possamos ter a riqueza e a complexidade teórica que vem do particular e também a visão comparativa e as generalizações só possíveis de se alcançar com certa distância do particular (Lewontin; Levins, 2022, p. 137).

Os autores apresentam, no decorrer de seus estudos, fundamentos teórico-metodológicos de algumas categorias que pautam a lógica dialética e que podem ser utilizados na investigação do conhecimento biológico: historicidade, totalidade, unidade dialética, contradição.

A historicidade é uma dessas categorias que, em unidade com a reflexão filosófica no estudo do conhecimento científico apresenta, para cada questão investigada, a história do objeto de estudo e a história do pensamento científico sobre ele, compreendido, assim, como um processo histórico. A referência principal em relação a historicidade apresentada pelos autores é que esta pode proporcionar uma correta compreensão da conexão entre nossos genes, o meio ambiente e o organismo.

Visto que em nosso DNA, que é um dos determinantes enquanto base material para a constituição dos seres vivos, existe uma influência sobre nossas anatomias e fisiologias, que torna possível um cérebro complexo caracterizar os seres humanos e, conseqüentemente, os genes tornaram possível a existência da natureza biológica e social.

(...) a história transcende de longe qualquer limitação estreita que se faz em favor da força dos genes ou do ambiente em nos restringir [...] os genes, ao tornarem possível o desenvolvimento da consciência humana, cercaram seus poderes para determinar tanto o indivíduo como o seu ambiente. Eles foram substituídos por um nível inteiramente novo de causas, tais como a interação social com suas próprias leis e sua própria natureza que podem ser compreendidas e exploradas apenas por uma única forma de experiência, a ação social (Lewontin, 2001, p. 134).

O contexto histórico pode ser usado para avaliar as ideias criticamente, para analisar algumas percepções, assim como as limitações e as transformações que se fazem necessárias. A historicidade, na lógica dialética, não é um momento, mas constitui a dinâmica, o movimento de construção e transformação do fenômeno a ser investigado e, para entendê-la, é necessário conhecer a totalidade e as contradições que a envolvem (Kopnin, 1978).

Em caráter integrador da construção científica, uma outra categoria muito trabalhada pelos autores é a totalidade, evidenciando a importância de um estudo detalhado do fenômeno do todo para as partes e das partes para o todo. Busca-se superar o caráter reducionista, considerando que todos são feitos de partes, mas com relações e interações que ocorrem entre as propriedades do todo, sendo que o todo não pode transformar partes, exceto quantitativamente.

As partes das totalidades dialéticas não são escolhidas para serem independentes do todo; são pontos nos quais as propriedades do todo estão concentradas. A compreensão da “totalidade significa não só que as partes se encontram em relação de interna interação e

conexão entre si e com o todo, mas também que o todo não pode ser petrificado na abstração situada por cima das partes, visto que o todo se cria a si mesmo na interação das partes” (Kosik, 2011, p. 42). A relação entre essas partes é uma interpenetração que as transforma, de modo que “a mesma variável pode ter um significado muito diferente em diferentes contextos e o comportamento do sistema pode alterar sua própria estrutura” (Lewontin; Levins, 2022, p. 149).

Uma outra categoria de análise é sobre a unidade dialética dos objetos, que não devem ser estudados de forma deslocada uns dos outros, mas a partir de suas conexões e inter-relações. Para Lewontin e Levins (2022), a perspectiva dialética da natureza busca dissipar as obscuridades que surgem a partir de falsas oposições, uma vez que cada um possui identidades particulares, mas que são inseparáveis. A compreensão da natureza pode ser restringida pela desconexão dos fenômenos, sendo que a ciência pode ser demarcada por falsas dicotomias:

organismo/ambiente, natureza/criação, psicológico/físico, determinista/aleatório, social/individual, dependente/independente, psicológico/fisiológico, ciências exatas/ciências humanas, variáveis dependentes/independentes, geral/particular, externo/interno (Lewontin; Levins, 2022, p. 131).

Um aspecto importante em considerar os objetos de estudo enquanto unidade, a partir de suas relações, estabelecendo suas conexões e disjunções, é que isso pode contribuir com a sua compreensão de forma detalhada, tal como com a percepção e análise das maneiras pelas quais ele se desenvolveu, relacionando as partes com o todo e evidenciando o seu verdadeiro movimento de construção. A inter-relação entre organismo e ambiente é apresentada pelos autores em todas as suas obras, ressaltando que o processo de

(...) entendimento da natureza requer que reconsideremos a relação entre externo e interno, entre organismo e ambiente. Pode-se afirmar quase com certeza total que as formas de variação hereditária que surgem não são causalmente dependentes da natureza do mundo em que os organismos se encontram [...] assim como não pode haver organismo sem ambiente, não pode haver ambiente sem organismo (Lewontin, 2002, p. 40).

A contradição aparece nos estudos da dialética da Biologia como uma categoria da existência social humana, defendida não apenas como epistêmica e política, mas ontológica no sentido mais amplo, visto que elas estão em toda parte na natureza, não apenas nas instituições sociais humanas. A identificação dos processos opostos pode impulsionar a dinâmica de um sistema em processo, em vez de propor um resultado único e universal. A não

contradição reduz a totalidade do fenômeno, tornando-se insuficiente para a sua compreensão. O movimento da interpenetração dos opostos também possibilita a superação de tal reducionismo (Lewontin; Levins, 2022).

Para os autores, a estratégia reducionista, que serve à ciência mercantilizada, deve ser refutada em favor do respeito à complexidade, à conectividade, ao dinamismo, à historicidade e ao caráter contraditório do mundo. Em oposição à ciência convencional e à ideia de determinismo da natureza, é necessário reconhecer a existência dos princípios contraditórios nos fenômenos naturais a partir de contextualizações filosóficas, sociais e econômicas dos fenômenos biológicos e da própria Biologia, a partir de

novos procedimentos que abarquem o conteúdo contraditório encontrado nas novas teorias da natureza. O caminho desses novos procedimentos parece incluir a dialética já que ela está instrumentalizada para lidar com a contradição através de suas leis e categorias (Nascimento Júnior, 2000, p. 137).

Entre os séculos XV e XVIII, o objeto de estudo da Biologia era dividido entre a medicina (anatomia e fisiologia humanas), a história natural e a botânica. Os estudiosos do mundo vivo, tanto nas escolas médicas quanto entre historiadores naturais (teologia natural), estruturaram os fundamentos para a Ciência, contudo, a existência de um campo como a Biologia era quase universalmente ignorada por historiadores e filósofos (Mayr, 1998, 2004).

Nesse período, a história natural que, até então, era constituída por taxonomistas, tratava de tudo aquilo que era criado por Deus e avançou da descrição de animais, plantas ou seres humanos para um conjunto de disciplinas científicas com seus próprios métodos, distintos das Ciências Físicas. As escolas médicas avançaram em estudos sobre anatomia e forneceram importantes contribuições para a anatomia comparativa e para a embriologia, proporcionando uma base para a fisiologia (Mayr, 1998).

O termo Biologia foi utilizado primeiramente em 1800 pelo médico alemão Karl Friedrich Burdach (1776 - 1847); dois anos depois foi utilizado na literatura pelo naturalista alemão Gottfried Reinhold Treviranus (1776 - 1837) e pelo francês Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) sem, contudo, apresentar campos de pesquisas, indicando apenas um interesse particular por um olhar específico – o biológico – aos organismos vivos. O termo utilizado designava a Biologia enquanto uma “ciência da vida” (Frezzatti Júnior, 2003; Mayr, 2011; Nascimento Júnior, 2010).

A Biologia se constituiu como ciência, sustentada por uma construção histórica das relações humanas e sociais, fundamentada por observações, experimentações e teorias. Desde

as primeiras tentativas de classificação dos seres vivos na Antiguidade, passando pelo desenvolvimento do chamado método científico no Renascimento, até as “descobertas modernas” no campo da genética e biotecnologia, a Biologia tem se aprofundado no entendimento da vida em todas as suas formas. As bases da Biologia estão fundamentadas em conceitos-chave como a variação, a organização, a equilíbrio, a transmissão gênica e a interação entre os organismos e o meio ambiente.

Existem diferenças importantes entre a Biologia e as Ciências Físicas. Além disso, a revolução científica não abrangeu igualmente as duas ciências. É fato que, nesse momento, as mudanças possibilitaram a organização da ciência e as formas de ver o mundo na Idade Moderna, porém, devido a sua trajetória gradual, as maiores transformações no pensamento biológico só ocorreram ao longo dos séculos XIX e XX, o que proporcionou o desenvolvimento da Biologia enquanto ciência única (Nascimento Júnior, 2010).

Nesse recorte temporal, as Ciências Físicas avançaram rapidamente com figuras como Isaac Newton (1642-1727), Galileu Galilei (1564-1642) e René Descartes (1596-1650), que estabeleceram fundamentos sólidos. No entanto, a Biologia permaneceu em um estágio mais descritivo durante essa época, ainda fortemente influenciada por conceitos aristotélicos e pela falta de uma base teórica unificada (Nascimento Júnior, 2010).

Entretanto, o fato de o modelo da Física ser considerado o paradigma da Ciência gerou impedimentos para a Biologia. O problema de dividir o mundo em partes é consequência da tradição analítica que a ciência moderna herdou do século XVI. O tamanho, a forma, ou o movimento dos organismos não pode ser aplicado e relacionado a descrição e o estudo da massa, da velocidade e da distância. Assim, “na biologia, não se pode escapar da relação dialética entre as partes e o todo. Antes de podermos reconhecer as partes significativas, temos de definir o todo funcional que elas compõem” (Lewontin, 2002, p. 62)

Considerando o contexto histórico no qual a Biologia foi elaborada — o europeu, no qual o modo de produção era mais moderno do que aquele desenvolvido em grande parte da América Latina, África, Ásia e Oceania —, é possível afirmar que foi em um cenário de acúmulo de riqueza, exploração e grande desigualdade social que a ciência moderna começou a se formar. A tecnologia já se destacava na confecção de instrumentos eletrônicos, de precisão na coleta e análise de dados (Mayr, 1998; Nascimento Júnior, 2010).

Contudo, questões relativas à ética nas relações entre seres humanos marcaram fortemente esse período, pondo em discussão os valores envolvidos na produção e utilização do conhecimento científico e tecnológico. A ética desempenhou um papel crucial no desenvolvimento do pensamento científico moderno, influenciando tanto as práticas de

pesquisa quanto às aplicações dos conhecimentos científicos. A interação entre ética e ciência é complexa e multifacetada, impactando a maneira como a ciência é conduzida, interpretada e posta (Nascimento Júnior, 2010)

Antes da Segunda Guerra Mundial, como consequência da notoriedade do projeto da bomba atômica e da energia nuclear, a Física e a Química foram as ciências de maior prestígio, especialmente no contexto das potências mundiais, como os Estados Unidos, a Alemanha, o Reino Unido, e a União Soviética. Esse prestígio estava ligado a várias razões, incluindo as aplicações práticas dessas ciências em tecnologia, indústria, e armamentos, bem como suas contribuições para a compreensão fundamental das leis da natureza (Lewontin; Levins, 2022). A Filosofia da Ciência era, essencialmente, a Filosofia da Física, e a Biologia era considerada inadequada para alguns cientistas por não ter encontrado um esquema conceitual como o das Ciências Físicas. Mesmo assim, com os avanços na biologia molecular e uma crescente preocupação na área da saúde, a explicação de todos os fenômenos biológicos do molecular ao social representa o ápice da Biologia. Naquele momento, a Biologia começa a preencher as colunas sobre ciência dos jornais nacionais e gera fascínio na televisão por bilhões, conquistando um lugar especial na Filosofia da Ciência ao apresentar reflexões sobre questões biológicas (Lewontin; Levins, 2022).

A ideia de que a natureza foi construída ao longo da história, por meio do pensamento filosófico, desempenhou um papel significativo na criação da ciência moderna. Essa concepção está relacionada a uma mudança fundamental na maneira como a natureza era compreendida e investigada. O século XIX foi um período marcado por conflitos entre perspectivas que possuíam diferentes filosofias, na qual se buscava a delimitação e caracterização do objeto e dos métodos de investigação, constituindo um olhar específico sobre a natureza. Naquela altura, algumas áreas já se formavam, porém, ainda articuladas à Filosofia da Natureza (Nascimento Júnior, 2010).

O movimento de organização dessa ciência pode ser entendido como as partes de um todo. O conhecimento é apreendido e analisado e reencontra o concreto nesse movimento; a análise reencontra o concreto por meio da abstração do movimento das partes ao todo, do todo às partes e das partes entre si. Entendemos, pois, que “o concreto é concreto, porque é a síntese de muitas determinações, isto é, unidade do diverso representado” (Marx, 2008, p. 258).

Inicialmente, o conhecimento biológico se constituiu em três teorias principais: celular, do equilíbrio interno e da seleção natural — origens das espécies. Nesse ponto, a Filosofia reconheceu a Biologia como ciência, analisando sua estrutura constitutiva, papel

social e formas lógicas de pensamento. Nas faculdades de Medicina, essa nova ciência ganhou forças ao fornecer recursos à prática médica, visando melhorias da vida humana e enriquecimento capital (Nascimento Júnior, 2010).

O desenvolvimento do pensamento biológico ao longo da história foi influenciado por diferentes perspectivas de mundo, e a visão de dialética, que enfatizava a natureza como um processo em constante transformação, desempenhou um papel importante na formação de várias teorias biológicas, incluindo as teorias da evolução, ecologia e biogeografia. Essa perspectiva sustentou as atividades dos naturalistas e se preocupou com as populações, fundamentando as teorias de caráter histórico, sendo elas a da evolução e parte da teoria do ecossistema (Nascimento Júnior, 2010).

A perspectiva de Descartes e Newton defendia que a natureza era vista como um mecanismo, sustentando a ideia de constituição estrutural e funcional do organismo. Essa abordagem enfatizava a ideia de que a natureza era um mecanismo composto por partes interconectadas, contribuindo com a prática experimental desenvolvida nos laboratórios e com o desenvolvimento de base das teorias da homeostase, celular e herança. (Nascimento Júnior, 2010). Embora tais teorias sejam essenciais à Biologia, são muitas vezes vistas como desafiadoras à perspectiva estritamente mecanicista que Descartes e Newton defendiam. A visão mecanicista e reducionista do mundo teve uma influência significativa na Europa e nos Estados Unidos, especialmente durante os períodos de desenvolvimento da Revolução Industrial. Essa conceitualização de mundo parecia se encaixar bem com a experiência cotidiana da vida capitalista e, por isso, foi amplamente adotada (Lewontin; Levins, 2022).

A profissionalização da ciência e a divulgação de periódicos científicos são evidências do século XIX, marcando de formas diversas o desenvolvimento da Biologia em diferentes países. O pensamento biológico não pode ser compreendido apenas por um conjunto diminuto e delimitado de ideias, pois, ao mesmo tempo em que se desenvolviam novas frentes de estudo, novas técnicas alteravam a estrutura do fazer científico e a perspectiva ética e filosófica se articulava à investigação biológica (Frezzatti Júnior, 2003).

O poder de novos governos conservadores demarca o começo da década de 1980. Uma corrente de pensamento de direita emergiu na Europa e na América do Norte como uma resposta às crescentes turbulências sociais e econômicas dos últimos anos. Nesse período, os sujeitos que se apropriavam da escrita biológica determinista se ocuparam em reivindicar a possibilidade de identificar as causas das desigualdades de *status*, riqueza e poder entre classes, gêneros e raças pela perspectiva do determinismo biológico. Aqueles que seguem essa perspectiva questionam as razões subjacentes que moldam as características individuais.

Os deterministas biológicos, ao questionarem por que os indivíduos são como são, entendem como resposta que vidas e ações humanas são consequências inevitáveis das expressões dos genes de cada indivíduo (Lewontin; Rose; Kamin, 2017).

Sob essa perspectiva, o comportamento humano é explicado por uma cadeia de determinantes que vão do gene ao indivíduo até a soma dos comportamentos de todos os indivíduos. Os deterministas defendem que a natureza humana é fixada por nossos genes, explicando as desigualdades observadas nas sociedades capitalistas industriais contemporâneas e definindo o comportamento humano como característica natural dessas sociedades. Como tal, a política do capitalismo encontra argumentos sociais espelhados na natureza, pois se essas desigualdades são biologicamente determinadas, elas são, portanto, inevitáveis e imutáveis (Lewontin; Rose; Kamin, 2017).

As relações entre o biológico e o social remetem às disputas por legitimidade entre ideologias políticas que constituem a natureza humana, debatidas pelo determinismo biológico vulgar, representado pela sociobiologia, e pelo subjetivismo extremo. Para o determinismo, todos os fenômenos sociais são a manifestação coletiva de aptidões fixas e limitações individuais, codificadas nos genes humanos como consequência da evolução adaptativa. Para a subjetividade, as realidades humanas são criadas “por uma consciência socialmente determinada, livre de fatores de natureza física e biológica herdados, sendo todos os pontos de vista igualmente válidos” (Lewontin; Levins, 2022, p. 53). O biológico e o social são compreendidos pelo pensamento liberal por uma combinação que permite algum componente de interação entre eles, mas a dicotomia entre causas biológicas e sociais deixa escapar a essência de sua codeterminação.

Perspectivas como essas descartam a possibilidade de interação entre os fenômenos biológicos e os fatos sociais. Para superar tal visão, é necessário reconhecer que a ação dos genes sobre nosso organismo não pode ser identificada como simples e linear; devemos compreender as complexas interações existentes entre o biológico e o social como unidades relacionadas de modo dialético, sem que se destruam mutuamente ou se negue a existência de um deles. Neste sentido, Lewontin e Levins (2022, p. 53) ressaltam que

Embora de fato a sociabilidade humana seja, em si, uma consequência de nossa biologia herdada, a biologia humana é ela mesma uma biologia socializada. Em um nível individual, nossa fisiologia é uma fisiologia socializada. tudo depende, de maneira variável, da posição de classe social, da natureza do trabalho, do status social de nossa origem étnica, das mercadorias que circulam em nossa sociedade e das técnicas de sua produção.

Com o declínio do essencialismo, a ciência natural se torna a fonte de explicações para a inevitabilidade das relações sociais. A Biologia desempenhou um papel central na criação de uma ideologia da inevitabilidade da estrutura da sociedade, devendo elaborar uma teoria da natureza humana que explicasse o comportamento individual humano e sua interação social. Todavia, a Biologia não pode apresentar simplesmente uma história de determinação genética, mas precisa incorporar uma explicação evolutiva sobre como os genes tidos como as causas do comportamento humano vieram a caracterizar a espécie, garantindo uma justificativa para o comportamento como resultado da seleção natural (Lewontin; Levins, 2022).

A legitimação intelectual para explicar que uma diferença biológica associada a uma diferença comportamental não é evidência para determinação biológica interna condiciona tanto a Biologia como a Psicologia, a Sociologia e a Antropologia. Sob esse ponto de vista, essa busca de legitimação

(...) demandou a criação de uma "ciência social" como um desenvolvimento do "mero" estudo humanístico da História, da Antropologia e da Sociologia. Evolução é uma forma de História, e nada mais fácil do que conquistar a respeitabilidade de uma Ciência Natural ao confundir História e Evolução. Mas como a Biologia Evolutiva é levada a um reducionismo extremo como preço de sua própria respeitabilidade, a teoria social evolutiva não pode ser, de forma alguma, considerada uma teoria social (Lewontin; Levins, 2022, p. 90).

Na visão de mundo burguesa e alienada dentro da biologia evolutiva, não se reconhece as inter-relações existentes entre ambiente e organismo, reforçando o determinismo e o reducionismo biológico. O problema consiste em dar uma descrição anatômica e funcionalmente correta para explicar tais relações.

A partir do século XX, é possível distinguir três visões muito diferentes sobre a posição que a Biologia ocupa entre as ciências:

1. a Biologia deve ser totalmente excluída da ciência porque nela falta a universalidade;
2. a Biologia não só tem todos os atributos necessários de uma ciência única, como também difere da Física;
3. a Biologia deveria receber o *status* de ciência "provinciana", porque seus estudos podem ser reduzidos às leis da Física e da Química.

Apesar de avanços como genética, darwinismo e biologia molecular, a Biologia continuava a ser tratada como um ramo da ciência fiscalista. Foram necessários mais de duzentos anos para que a Biologia fosse reconhecida como uma ciência única (Mayr, 2004, 2011).

A revolução intelectual de Darwin rejeitou o idealismo platônico-aristotélico e desconsiderou a variação entre os indivíduos como ontologicamente diferentes entre tipos de espécies, observando, principalmente, as diferenças dentro e entre as espécies como ontologicamente relacionadas. As diferenças reais e materiais entre os próprios organismos vivos se tornaram seu objeto principal de estudo. A questão da teoria evolucionista passou, então, a fornecer o mecanismo para a transformação em relação ao estudo das diferenças entre os indivíduos dentro de uma espécie e entre as espécies no espaço e no tempo (Lewontin; Levins, 2022).

O desenvolvimento da Biologia moderna possibilitou a separação rigorosa de forças internas e externas. As forças externas são o meio ambiente, uma consequência das atividades do próprio organismo, à medida que ele produz e consome as condições de sua própria existência. Por sua vez, as forças internas, aquelas que determinam a variação entre indivíduos em uma população não são autônomas, mas agem em resposta às externas (Lewontin; Levins, 2022).

Ao compreender a divisão dessas forças que eram antes inseparáveis, identifica-se o organismo como um ponto de conexão entre elas, compreendendo o organismo vivo em qualquer momento de sua vida como “a consequência única de uma história de desenvolvimento que resulta da interação e da determinação de forças tanto internas quanto externas” (Lewontin; Levins, 2022, p.311).

Podemos estabelecer uma relação entre o desenvolvimento da Biologia como Ciência e as teorias Teoria Histórico-Cultural e Desenvolvimental, pois essas abordagens enfatizam a importância das interações e das influências contextuais no desenvolvimento de organismos e seres humanos, reconhecendo a importância das interações entre fatores internos e externos no desenvolvimento e a necessidade de entender esse desenvolvimento dentro de um contexto histórico e social específico. Na perspectiva dessas Teorias e para a Biologia darwiniana, o indivíduo (seja um organismo ou um ser humano) é visto como um produto dessas interações complexas ao longo do tempo.

Sem a compreensão da separação das forças internas e externas, a Biologia moderna continuaria com uma perspectiva reducionista. No entanto, para os problemas científicos de hoje, essa separação ainda constitui uma barreira para a continuidade do desenvolvimento dos estudos acerca do conhecimento biológico. É importante a elaboração de componentes básicos de um sistema constituído por ações determinantes e ativas. Assim, o próprio comportamento do sistema pode resultar na transformação das forças atuantes do todo sobre as partes (Lewontin; Levins, 2022).

Diante disso, é necessário e relevante a superação do reducionismo na Biologia moderna e a apropriação de uma visão mais integrada e dinâmica dos sistemas biológicos. Isso sugere que, para o desenvolvimento do conhecimento biológico, é crucial superar a separação rígida entre forças internas e externas e considerar a Biologia como uma área interconectada e em constante transformação. Assim como a Física e a Química, a Biologia é considerada como uma ciência única, ou seja, com características singulares, com aspectos distintos como o seu objeto de estudo, sua história, seus métodos e sua filosofia apresentando um certo grau de autonomia.

O estudo dos organismos vivos sob uma perspectiva reducionista pode levar a formulação de respostas incompletas a perguntas relacionadas à Biologia, desconsiderando características essenciais dos processos biológicos. O mundo se constitui em interações que não podem ser analisadas de forma deslocada ou dividida em partes sem nexos eliminando seus aspectos essenciais (Lewontin, 2002).

A integração entre os conhecimentos dos estudos sobre a herança e a evolução resultaram na Teoria Sintética da Evolução, que constituiu um arcabouço teórico consolidado que explica a diversidade orgânica com base nos conceitos de mutação, deriva genética, migração e seleção natural, enfatizando a perspectiva DNA-centrista<sup>8</sup>. Pelas limitações dessa síntese, e com uma série de avanços empíricos e conceituais que têm marcado o campo nos últimos anos, desponta a proposição da Síntese Estendida da Evolução, que

representa o quadro evolutivo contemporâneo que abrange uma pluralidade de processos para explicar essa diversidade: a plasticidade fenotípica, teoria de construção do nicho, viés do desenvolvimento e herança inclusiva (Ceschim; Oliveira; Caldeira, 2016, p. 1).

A Síntese Estendida possibilita ampliar de forma fundamentada e plural as explicações sobre a epigenética, plasticidade fenotípica<sup>9</sup>, evolução do desenvolvimento (Eco-Evo-Devo<sup>10</sup>), herança cultural e interações ecológicas. Tal perspectiva enfatiza a

articulação de fatores causais, a interação entre os organismos e, também, dos organismos com o ambiente é ressaltada sem que a genética perca a importância e passa a ser interpretada mais conectada com o desenvolvimento e os fatores ambientais (Ceschim; Dutra; Caldeira, 2021, p. 355).

---

<sup>8</sup> A perspectiva DNA-centrista apresenta visões genocêntricas, que atribuem toda explicação de características vivas para o DNA (Ceschim; Dutra; Caldeira, 2021).

<sup>9</sup> A plasticidade fenotípica está relacionada com as mudanças que as características vivas exibem, sob influência ambiental, ainda que o DNA se mantenha inalterado. A plasticidade pode ser capaz de iniciar e/ou acelerar o ritmo da evolução adaptativa e promover a diversificação (Ceschim; Dutra; Caldeira, 2021).

<sup>10</sup> A abordagem Eco-Evo-Devo compreende as relações entre fenótipo e ambiente à luz da unidade entre os campos da evolução, do desenvolvimento e da ecologia (Ceschim; Dutra; Caldeira, 2021).

Para os autores, a Síntese Estendida da Evolução permite conexões entre as áreas de estudo da Biologia e entre os diversos fatores que compõem o mundo ecossistêmico, no qual se inserem os seres vivos. Assim, para entender qualquer conhecimento biológico, não faz sentido que uma área da Biologia seja priorizada ou outra área seja desconsiderada.

Em busca de compreender e responder à questão “o que é Biologia?”, Mayr (2004) identifica dois campos bem diferentes: a biologia mecanicista (funcional) e a biologia histórica (evolutiva). Para avaliar a natureza da Biologia, é preciso conhecer a diferença notável entre esses dois ramos que se diferenciam em diversos aspectos como: as áreas específicas; a natureza das discussões mais frequentes, respondendo a perguntas do tipo “o quê?”, “como?”; e “por quê?” e o que diz respeito à causação (causas próximas e causas últimas).

Mayr (2011) afirma que a terminologia das causas próximas e últimas têm uma longa história desde a teleologia, quando a vontade de Deus se referia à causa última. A investigação biológica, sob essa perspectiva, pode contribuir na resolução de várias controvérsias conceituais da Biologia, esclarecendo a metodologia e a identificação mais clara entre as várias disciplinas biológicas. Para o autor, a Biologia funcional e a Biologia evolutiva não são excludentes, não devem ser entendidas como dicotômicas e todos os fenômenos biológicos devem ser plenamente compreendidos com a elucidação tanto das causas próximas como das causas evolutivas.

As causas se constituem em uma relação dialética, em que os fenômenos biológicos podem ser compreendidos levando-se em consideração tanto as causas próximas quanto as últimas. A elucidação das causas próximas e últimas oferece uma visão mais rica e completa dos fenômenos biológicos, permitindo que a Biologia se desenvolva em um processo de ciência unificada e abrangente.

À medida que a Biologia foi consolidando a sua identidade enquanto uma ciência que estuda a vida, os seres vivos, suas relações entre si e com o meio em que vivem, estudos buscaram compreender sua própria natureza (Nascimento Júnior, 2010). A Biologia passou por um processo histórico e contínuo de autodefinição e reflexão sobre sua própria natureza, suas bases teóricas, metodológicas e filosóficas que a sustentam enquanto uma ciência. Esse processo é essencial para compreender seu papel na formação do conhecimento científico e suas influências nos contextos políticos, sociais e econômicos que circundam a sociedade. Ao mesmo tempo, esse movimento contribui para o enriquecimento da própria Ciência, que se redefine à medida que enfrenta novas questões e desafios.

O fenômeno “vida” em toda sua diversidade de manifestações é o objeto de estudo da Biologia. Logo, o seu estudo nos remete à base do pensamento biológico que parte dos princípios que envolvem o termo “vida”. O pensamento e a visão de natureza contida na Biologia, seus conceitos e teorias foram construídos ao longo da história.

Pautado em uma perspectiva dialética, buscando compreender o contexto filosófico e histórico onde as teorias que fundamentam a Biologia, Nascimento Júnior (2010) sistematizou os elementos constitutivos fundamentais na construção do pensamento biológico. Em síntese, o estatuto conceitual da Biologia se constitui a partir da interação sócio-histórica dos fundamentos ontológicos e epistemológicos que constituem essa ciência (Nascimento Júnior, 2010; Nascimento Júnior; Souza; Carneiro, 2011).

O fundamento conceitual tomado como ponto de análise do processo de constituição dos conhecimentos científicos compõe a rede conceitual da Biologia. Esse conhecimento é organizado por categorias conceituais da Biologia que procuram

(...) identificar quais são os temas estruturadores que sintetizam suas principais áreas, assim como as teorias responsáveis pelos seus fundamentos (que constituem os elementos centrais da Biologia). Com o estudo histórico e filosófico realizado são apresentados os seguintes temas: a organização, a equilíbrio, a transmissão, a variação e a interação. As teorias responsáveis por seus fundamentos são: a teoria celular, a teoria do gene, a teoria da Homeostase, a teoria da evolução e a teoria do ecossistema. organizam o desta Ciência (Nascimento Júnior, 2010, p. 383).

A existência de indivíduos humanos vivos, assim como sua relação com a natureza representam os fundamentos iniciais de toda a história humana. Dessa forma, a história social dos homens não se sobrepõe à história do seu desenvolvimento individual, e a história pode ser compreendida na relação entre a história da natureza (História Natural) e a história das transformações das relações de produção humana (História Social). Essa unidade é identificada pela percepção de que, enquanto existirem homens, a história da natureza e a história dos homens se condicionarão reciprocamente (Marx; Engels, 2007).

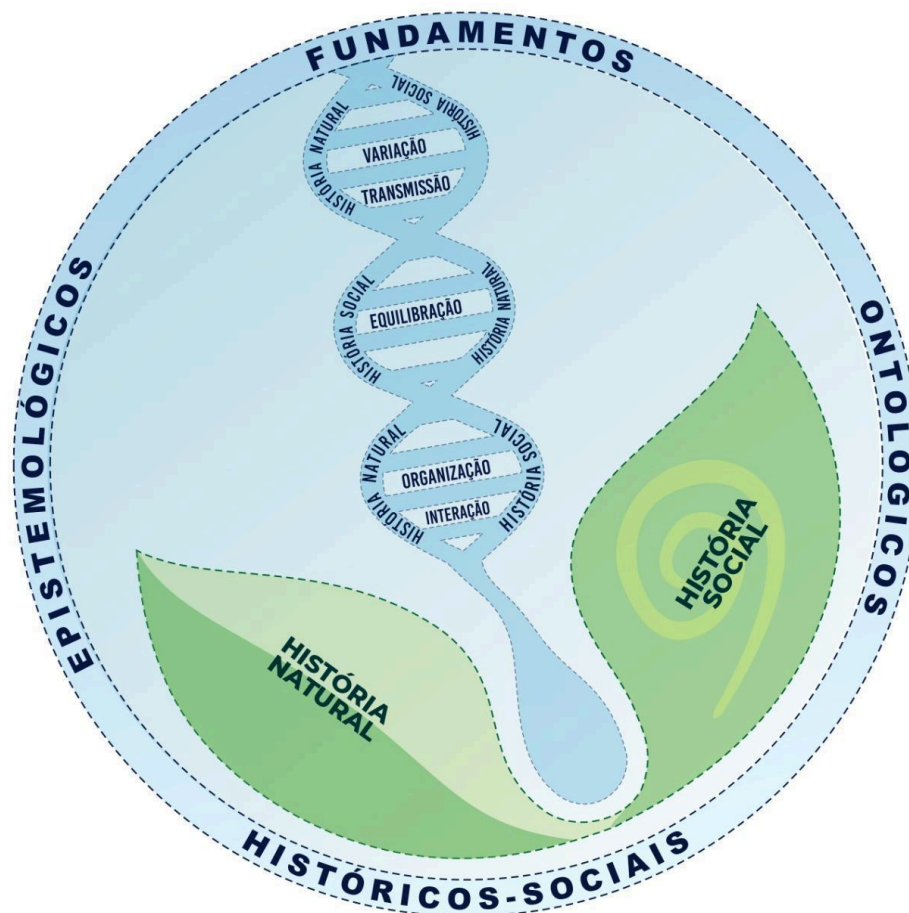
Isso posto, a gênese e desenvolvimento da Biologia enquanto Ciência única se fundamenta na unidade da história natural e de sua modificação pela ação dos homens no decorrer da história. No processo de desvelar a relação universal da Biologia é fundamental compreender seus elementos nucleares na relação, com sua gênese e desenvolvimento. Para isso, a modelação, representada na figura 2, traz as articulações entre o símbolo da Biologia<sup>11</sup>,

---

<sup>11</sup> No dia 03 de setembro de 2009, foi comemorado os 30 anos de Profissão Biólogo. Como parte do programa de comemoração, o símbolo foi revitalizado. Os significados do símbolo da Biologia são: o círculo azul é a representação de um óvulo, a estrutura do DNA representa a vida e os seres vivos, as folhas representam o ambiente, o espermatozoide simboliza a fecundação e a origem de uma nova vida, e a espiral simboliza a evolução (CFBio, 2009).

os fundamentos e os temas estruturantes da Biologia em suas relações com a História Natural e História Social.

Figura 2 - Modelação da relação universal da Biologia.



Fonte: elaborado pela autora (2024).

No movimento de desenvolvimento do pensamento biológico, evidenciamos os elementos constitutivos dessa ciência. Essa representação não pretende dar conta da caracterização total da Biologia, mas construir um caminho para identificar sua relação universal.

Se apropriar dos elementos nucleares dos conhecimentos biológicos é fundamental para compreender a Biologia como ciência e, logo, seus modos de investigar e ler o mundo. Em um processo de aproximação com os estudos que compreendem a formação do pensamento teórico, por meio de apropriação do conhecimento científico no campo das Ciências da Natureza, na próxima seção, apresentamos a compreensão do modo como se

efetivou o movimento lógico-histórico de um dos conceitos nucleares da Biologia – a transmissão.

### **3.3 O movimento lógico-histórico da transmissão gênica: um tema estruturante da Biologia**

Na pesquisa de mestrado de Silva (2020), buscou-se investigar o movimento lógico e histórico de constituição da rede conceitual do conceito de transmissão gênica. No referido trabalho, optou-se por adjetivar a transmissão em função da particularidade de articulá-la mais aos estudos da genética e evolução e, com isso, próxima às Teorias da Herança e Evolução. Esse conceito é considerado um dos temas estruturantes da Biologia, por efetivar relações conceituais essenciais na origem e desenvolvimento dessa ciência (Nascimento Júnior, 2010).

A transmissão é um dos temas estruturantes da Biologia, visto que está envolvido em todas as atividades biológicas, evidenciando seu papel central e integrador no movimento do pensamento biológico e, portanto, compartilham unidades epistemológicas, ontológicas e sócio-históricas em sua origem e desenvolvimento com os outros quatro conceitos (Nascimento Júnior, 2010).

O conceito de transmissão gênica, dentro do contexto do conhecimento biológico, forma uma rede conceitual que abrange a herança de características típicas de uma espécie, as reações e estruturas moleculares, além das organizações que regulam o mecanismo de transmissão dos genes. Ademais, encontra-se em uma relação contraditória com os fatores evolutivos e ecológicos que influenciam esse processo (Silva, 2020). Em cada período em que o conceito é estudado, evidencia-se o modo pelo qual os homens produzem seus meios de vida, o que, de acordo com Marx e Engels (2007), vincula-se aos meios de vida já encontrados. Logo, a transmissão gênica sempre esteve vinculada às condições materiais da época (Quadro 5).

Quadro 5 - Síntese do movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica.

Principais ideias e contribuições ao conceito de transmissão gênica	Contextualização/ Condições materiais	Principais representantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gênese do conceito de transmissão das características no período das primeiras civilizações humanas. Preocupação quanto à semelhança entre a prole e seus genitores.</li> <li>✓ Primeiras ideias e pensamentos sobre o conceito de transmissão.</li> <li>✓ Conhecimento bem estabelecido sobre a polinização cruzada de flores de tamareiras fêmeas usando o pólen das flores de tamareiras machos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Preocupações com a produção agrícola e melhorias nas colheitas.</li> <li>✓ A observação das características transmitidas nas plantas e nos animais domesticados provavelmente estimulou o interesse e as especulações sobre a transmissão gênica.</li> </ul>	<p>Cultura Maia (250 a.C. e 900 d.C.) e Assíria (900 a.C. e 612 a.C.)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Raízes das ideias: pangênese, epigênese e pré-formismo.</li> <li>✓ Mistura da matéria seminal do pai e da mãe no momento da fertilização.</li> <li>✓ Primeiros estudos da hereditariedade.</li> <li>✓ Existência de uma base física para a transmissão das características, base esta que estaria presente no sêmen produzido pelos pais.</li> <li>✓ Concepção metafísica que cogita a existência de um princípio irreduzível (força vital) ao domínio físico-químico para explicar os fenômenos vitais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A produção de vida material das sociedades era organizada de forma a garantir apenas o consumo necessário à sobrevivência do grupo.</li> <li>✓ O homem era o centro das preocupações, e se via nele capacidade de produzir conhecimento.</li> </ul>	<p>Hipócrates de Cós (460 - 377 a.C.) Aristóteles (384 -322 a.C.)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fluidos corporais desempenhavam um papel na transmissão das características.</li> <li>✓ Forma, matéria e potencial para compreender a questão da transmissão.</li> <li>✓ Estudos detalhados da anatomia humana e animal.</li> <li>✓ Contribuições significativas à medicina e à farmacologia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reinos bárbaros, cristãos latinizados, civilizações, surgem no movimento histórico da Idade Média.</li> <li>✓ Igreja exerceu, neste período, o pensamento essencialista.</li> <li>✓ Divisão do Império Romano.</li> <li>✓ Ciência nova do Renascimento.</li> <li>✓ Civilização bizantina e muçulmana.</li> </ul>	<p>Cláudio Galeno (129 - 216 d.C.) Muhammad Zakaria ye-Razi (865-925) Andreas Vesalius (1514-1564)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pré-formação: os seres vivos sempre existiram (Homúnculo).</li> <li>✓ Epigênese: seres vivos eram recriados a cada geração (Força Vital).</li> <li>✓ Híbridos e cultivadores: novas metodologias utilizadas para investigar as questões da transmissão.</li> <li>✓ O local de formação do sêmen masculino.</li> <li>✓ Novas metodologias utilizadas para investigar as questões da transmissão.</li> <li>✓ Desenvolvimento da microscopia.</li> <li>✓ Início dos estudos de Biologia Celular.</li> <li>✓ O desenvolvimento da teoria celular despontou em relação à funcionalidade do organismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desenvolvimento agrário voltado a uma agricultura puramente capitalista, transformando a terra em uma mercadoria.</li> <li>✓ Interesses utilitários, buscando uma melhoria na produtividade das plantas cultivadas aumentando a sua resistência às doenças e à geada, produzindo novas variedades.</li> <li>✓ Revolução Científica.</li> </ul>	<p>William Harvey (1578-1657), Caspar Friedrich Wolff (1733-1794), Marcello Malpighi (1628-1694), Robert Hooke (1635-1703), Nehemiah Grew (1641-1712), Antonie Leeuwenhoek (1632-1723), Carl Lineu (1707-1778), Joseph Gottlieb Kölreuter (1733-1806), Carl F. Von Gärtner (1772-1850), Thomas Andrew Knight (1759-1853)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desenvolvimento do Método Científico.</li> <li>✓ Iluminismo.</li> </ul>	<p>Alexander Setton (1759-1853)  Augustin Sageret (1763-1851)  John Goss (1787-1851),  Charles Naudin (1815-1899),  Matthias Jakob Schleiden (1804-1881),  Theodor Schwann (1810-1882),  Rudolf Virchow (1821-1902).</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ciência eugênica.</li> <li>✓ Eventos da divisão celular.</li> <li>✓ Estatística e transmissão gênica.</li> <li>✓ Transmissão e suas relações com o desenvolvimento.</li> <li>✓ Novas compreensões para o significado da probabilidade.</li> <li>✓ Análise matemática da variação e da herança dos seres vivos;</li> <li>✓ Procedimentos selecionadores de melhores características.</li> <li>✓ Mecanismos de hereditariedade e a questão da herança de caracteres adquiridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ideologia burguesa.</li> <li>✓ Processo de industrialização e um aumento do crescimento populacional.</li> <li>✓ Primeira Guerra Mundial.</li> </ul>	<p>Francis Galton (1822-1911),  Herbert Spencer (1820-1903),  Karl Wilhelm Von Nägeli (1817-1891),  Friedrich Leopold A. Weismann (1834-1914).</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hipótese da Pangênese.</li> <li>✓ Início de uma abordagem populacional da herança com métodos de generalizações numéricas e análise estatística.</li> <li>✓ Teoria da Evolução.</li> <li>✓ Leis da hereditariedade.</li> <li>✓ Teoria Cromossômica da Herança.</li> <li>✓ Genética do desenvolvimento.</li> <li>✓ Genética das populações.</li> <li>✓ Teoria Sintética da Evolução.</li> <li>✓ Epigenética.</li> <li>✓ Plasticidade Fenotípica</li> <li>✓ ECO-EVO-DEVO.</li> <li>✓ Síntese Estendida evolutiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Início do organicismo.</li> <li>✓ Profissionalização da Ciência.</li> <li>✓ Desenvolvimento de ferrovias e barcos a vapor.</li> <li>✓ Guerra Fria.</li> <li>✓ Globalização.</li> <li>✓ Sequenciamento do DNA.</li> <li>✓ Projeto Genoma Humano.</li> </ul>	<p>Hugo de Vries (1848-1935),  Carl Erich Correns (1864-1933),  Erich Von T.-Seysenegg (1864-1933),  Wilhelm L. Johannsen (1857-1927),  <b>Gregor Johann Mendel (1822-1884)</b>,  Charles Robert Darwin (1809-1882),  <b>William Bateson (1861- 1926)</b>  <b>Rosalind Franklin (1920-1958)</b>,  James Dewey Watson (1928-),  Francis Harry C. Crick (1916-2004),  <b>Edhit Rebecca Saunders (1865-1945)</b>,  Walter Sutton (1877-1916),  Theodor Boveri (1877-1916),  John B. Sanderson Haldane (1892-1964),  Trofim Denisovič Lysenko (1898-1976),  <b>Thomas Hunt Morgan (1866-1945)</b>,  Theodosius Dobzhansky (1900-1975),  Conrad Hal Waddington (1905-1975),  Richard Dawkins (1941-).</p>

Fonte: elaborado pela autora com base em Silva (2020).

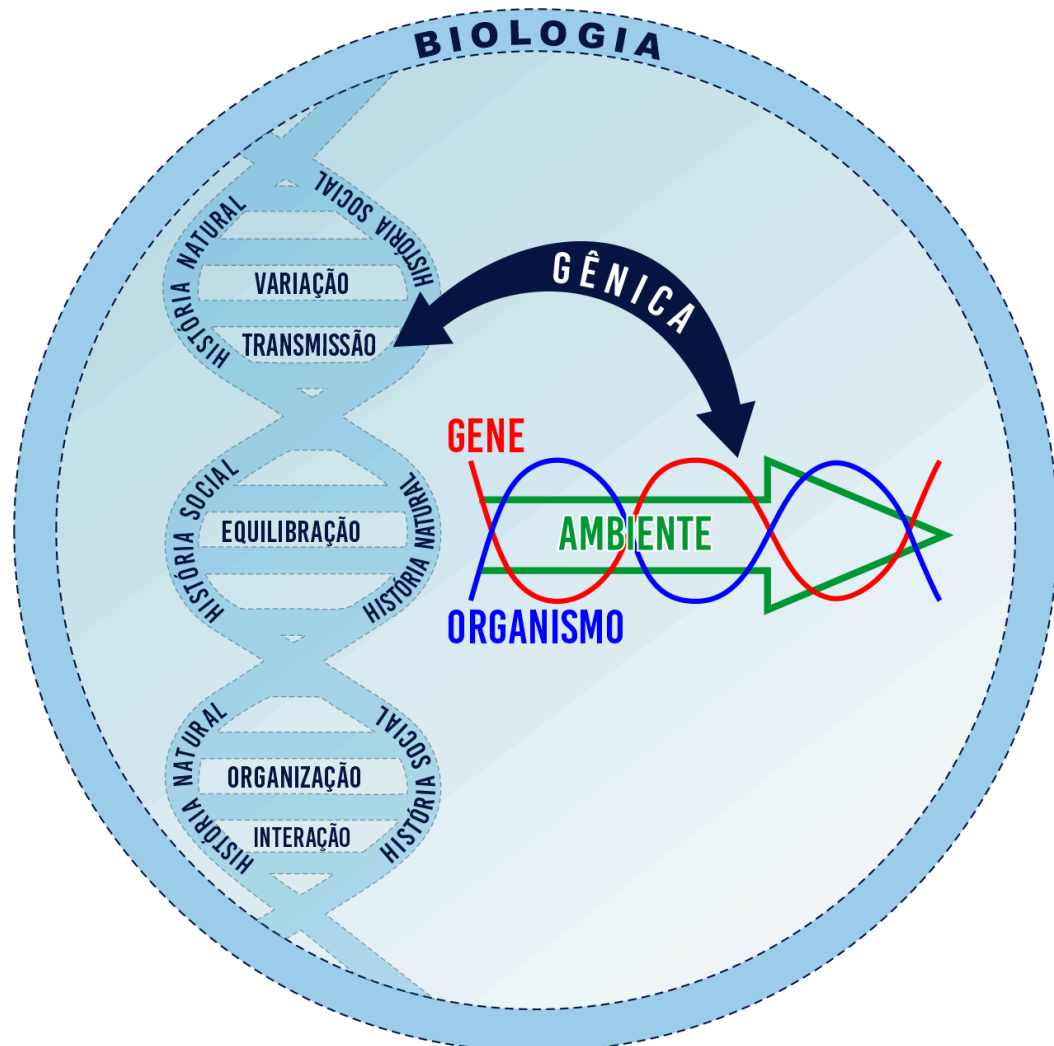
A relação universal da transmissão gênica está refletida no seu conceito teórico. A particularidade dessa relação consiste, “por um lado, em que constitui o aspecto real dos dados transformados e, por outro lado, atua como base genética e fonte de todas as características e peculiaridades do objeto integral” (Davydov, 1988, p. 174). A partir da análise lógico-histórica, identifica-se a relação geral universal do conceito de transmissão gênica na contemporaneidade como a abrangência do

(...) conjunto de reações moleculares responsáveis pela transmissão e a expressão dos genes, que podem ou não se manifestarem fenotípicamente em outras gerações. Tal ação envolve uma diversidade de mecanismos moleculares de organização e equilíbrio, por meio de processos de replicação, transcrição e tradução da informação que **poderá** ser repassada à próxima geração **com a possibilidade de ocorrência de interação de fatores genéticos e ambientais** (Silva, 2020, p. 106, grifo nosso).

Reiteramos que, por meio dos processos de replicação, transcrição e tradução, a informação será repassada à próxima geração, não simplesmente como possibilidade, mas com a ocorrência, de fato, da interação de fatores externos e internos do organismo, como ambiente-desenvolvimento, que ocorre de forma contínua e permanente ao longo da história natural e social. No processo de desvelar a relação universal da transmissão gênica, é essencial compreender seus elementos nucleares na relação com os temas estruturantes da Biologia (Figura 3).

É necessário pensar a relação da Biologia e da transmissão gênica em uma lógica universal, e como a história social e a história natural se integram a essa relação. A transmissão gênica não se manifesta apenas pelo significado de transferência das características hereditárias de pais para filhos ao longo das gerações; sua natureza teórica se expressa em sua possibilidade de generalização da mesma natureza que ultrapassa uma simples sistematização verbal.

Figura 3 - Representação da Relação universal da transmissão gênica.



Fonte: elaborado pela autora (2024).

A transmissão gênica deve ser compreendida a partir de uma interação entre os temas estruturantes da Biologia, no elo complexo e indissociável entre gene, organismo e ambiente, que se constituem enquanto elementos nucleares da transmissão gênica, conceitos que não podem ser compreendidos de forma isolada.

Os genes não atuam deslocados na determinação das características de um organismo; contudo, são influenciados pelo contexto ambiental e social. Os organismos se constituem não apenas por sua herança genética, mas também pelas condições do meio ambiente em que vivem e se desenvolvem. Além disso, as interações sociais desempenham um papel crucial na expressão dessas características, ressaltando que o biológico e o social estão profundamente interligados (Lewontin, 2002).

Assim, a transmissão e a expressão gênica não são predestinadas exclusivamente pelos genes, mas resultam de um processo dinâmico que envolve influências externas e internas ao organismo. Lewontin (2002, p. 19) afirma que

(...) a ontogenia de um organismo é consequência de uma interação singular entre os genes que ele possui, a sequência temporal dos ambientes externos aos quais está sujeito durante a vida e eventos aleatórios de interações moleculares que ocorrem dentro de células individuais. São essas interações que devem ser incorporadas em uma explicação adequada acerca da formação de um organismo.

Em síntese, o conceito é constituído por diferentes intencionalidades, contradições e transformações acerca das concepções e perspectivas da ciência como um todo. O movimento do conhecimento não cessa e está sempre em processo de mudanças quantitativas e qualitativas, se enriquecendo com novos conteúdos, incorporando novos elementos, transformando-os e reorganizando-se interiormente (Kopnin, 1978).

Diante dessa perspectiva, evidencia-se que o processo de construção desse conceito foi determinado por condições históricas e, portanto, é ideologicamente comprometido. Esse movimento de aproximações, relações e síntese dos elementos essenciais ao conhecimento historicamente construído proporcionou, a partir da perspectiva do estudo do movimento lógico-histórico, a compreensão da essência do conceito de transmissão gênica. Na intensa relação entre história social e natural, explicita-se as unidades conceituais, epistemológicas, sócio-históricas e ontológicas e que se constituem enquanto a essência do movimento de construção do conhecimento biológico (Silva, 2020).

Pensar uma formação científica rigorosa e emancipadora intelectualmente, a partir desse conhecimento biológico ou de qualquer outro, requer que o profissional formado em Ciências Biológicas se aproprie dessas relações, pois isso garante a ele conhecer e compreender melhor sobre o campo em estudo e ter um maior alcance nas análises dos dados, pois existe uma flexibilidade onde o objeto, os procedimentos metodológicos e o percurso da pesquisa podem ser constantemente revisitados e aprimorados. No contexto de compreender o campo e o perfil dos sujeitos da pesquisa, apresentamos, na próxima seção, o curso de Ciências Biológicas da UFG.

### **3.4 A licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas no ICB/UFG**

O campo de pesquisa escolhido para o desenvolvimento do experimento didático-formativo foi a Universidade Federal de Goiás (UFG). A UFG foi criada no dia 14 de

dezembro de 1960, pela Lei nº 3.834C, e reestruturada pelo Decreto nº 63.817, de 16/12/1968.

A instituição tem por finalidade

(...)transmitir, sistematizar e produzir conhecimentos, ampliando e aprofundando a formação do ser humano para o exercício profissional, a reflexão crítica, a solidariedade nacional e internacional, objetivando alcançar uma sociedade mais justa, em que os cidadãos se empenhem na busca de soluções democráticas para os problemas nacionais (UFG, 2010, p. 18).

O curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás foi reconhecido pelo Decreto nº 83.795 de 30/07/1979, pelo Governo Federal, apresentando duas habilitações – Licenciatura e Bacharelado –, que possuíam disciplinas semelhantes no núcleo comum (NC) e diferenciadas no núcleo específico (NE), além de algumas disciplinas optativas (UFG, 2017a). Os cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas (LCBio) e o Bacharelado em Ciências Biológicas (CBB) têm suas instalações no campus Samambaia, que está localizado na cidade de Goiânia/GO, e estão vinculados ao Instituto de Ciências Biológicas (ICB)<sup>12</sup>.

O ICB foi criado a partir do plano de reestruturação da UFG, também pelo Decreto n.º 63.817 (ICB/UFG, 2023). A forma de ingresso para os cursos de LCBio e de CBB é por meio do Sistema de Seleção Unificada (SISU), de acordo com o calendário estabelecido pela UFG. A área do conhecimento dos cursos é a Biologia e ambos se integram na modalidade presencial. Para os estudantes de LCBio, as vagas podem ser oferecidas tanto no turno integral, com a carga horária de 3416h, ofertando 40 vagas, com duração mínima de 8 semestres e máxima de 12, como no turno noturno, com a carga horária de 3416h, ofertando 30 vagas, com duração mínima de 10 semestres e máxima de 14.

A matriz curricular do LCBio/ICB-UFG está organizada em conformidade com a Resolução CEPEC nº 1122/2012, organizada em núcleos e atividades complementares: Núcleo Comum (NC), que oferta disciplinas obrigatórias que discutem conteúdos relacionados a Ciências da Natureza; Núcleo Específico Obrigatório (NEO), que se refere às disciplinas de especificidades formativas para o futuro professor de Biologia/Ciências, com base nos conhecimentos pedagógicos, sendo oferecidas pelo ICB e Faculdade de Educação (FE); Núcleo Específico Optativo, que refere-se às disciplinas que permitem flexibilidade aos estudantes para aprofundar questões do seu interesse e complementar sua formação e, por fim, Núcleo Livre, que oferta disciplinas dos demais cursos da UFG que destinam vagas para diversificar e ampliar a formação dos estudantes.

---

<sup>12</sup> Atualmente o ICB possui 4 cursos de graduação (Biomedicina; Ciências Biológicas - Bacharelado; Ciências Biológicas - Licenciatura; Ecologia e Análise Ambiental) e 5 cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado): Biodiversidade Animal; Ciências Biológicas; Ciências Fisiológicas; Genética e Biologia Molecular; Ecologia e Evolução (ICB/UFG, 2023).

O Projeto Pedagógico de Curso (PPC) da LCBio objetiva:

(...) formar professores de Biologia/Ciências críticos; competentes nos aspectos teórico-metodológicos relacionados aos conteúdos biológicos e pedagógicos inerentes a sua formação; reflexivo em relação a sua prática profissional; conhecedor e questionador da realidade educacional na qual atuará (UFG, 2017b, p. 7).

Os estudantes do Curso de Licenciatura em Biologia deverão cumprir também 400 horas de Prática como Componente Curricular (PCC), que são distribuídas entre disciplinas do NC e NEO, proporcionando a reflexão sobre situações contextualizadas no que se refere ao ensino de Biologia/Ciências na Educação Básica (UFG, 2017b).

No curso de CBB, as vagas podem ser ofertadas somente no turno integral, com a carga horária de 3516h, ofertando 40 vagas, com duração mínima de oito semestres e máxima de 12. A matriz curricular do CBB está organizada em conformidade com a Resolução CEPEC nº 1122/2012, organizada em núcleos e atividades complementares: Núcleo Comum (NC), que oferta disciplinas obrigatórias que discutem conteúdos relacionados ao conhecimento biológico, a física, química e outros; Núcleo Específico Obrigatório (NEO), que refere-se às disciplinas de estágio supervisionado obrigatório e TCC; Núcleo Específico Optativo, que refere-se às disciplinas que o estudante do bacharelado poderá escolher para definir a área de atuação profissional e, finalmente, Núcleo Livre (NL) que oferta disciplinas dos demais cursos da UFG que destinam vagas para diversificar e ampliar a formação dos estudantes e para a integralização da matriz curricular do curso de bacharelado. Os bacharelados deverão ainda cumprir 100 horas de Atividades Complementares (AC) (UFG, 2017a).

A dicotomia entre os cursos consolida-se no fato de que, a princípio, a habilitação em licenciatura demarca a atuação profissional docente. Contudo,

por muito tempo, ser licenciado foi sinônimo de dupla habilitação, ou seja, exercer atividades de biólogo e ainda ter a possibilidade de ser professor de Biologia/Ciências, o que corroborava com o processo de desvalorização da profissão docente que pode influenciar negativamente a construção da identidade desses profissionais (UFG, 2017b, p. 5).

A divisão do curso em duas habilitações distintas no ingresso pelo vestibular se deu no ano de 2008. No ano de 2012, foi instituído pelo Conselho Federal de Biologia (CFBio), via Resolução n. 300/2012, normativa segundo a qual o profissional formado em Biologia precisa ter uma formação que contemple uma carga horária de 3.200h para assim poder exercer atividades de natureza técnica, como atuação em pesquisa, projetos, análises, perícias,

fiscalização, emissão de laudos, pareceres e outras atividades profissionais estabelecidas nas áreas de Meio Ambiente e Biodiversidade, Saúde e Biotecnologia e Produção (UFG, 2017b).

Ao analisar a matriz curricular dos cursos de Ciências Biológicas da UFG, podemos identificar diferenças e semelhanças significativas entre as modalidades de bacharelado e licenciatura. No total, a licenciatura possui 107 disciplinas, sendo 45 obrigatórias e 62 optativas. Já o bacharelado apresenta 96 disciplinas, sendo 39 obrigatórias e 57 optativas. As disciplinas que são comuns aos dois grupos totalizam 66, sendo 32 obrigatórias e 31 optativas e três que são a mesma disciplina, mas com naturezas distintas. Quanto às disciplinas exclusivas, o bacharelado possui 38, sendo seis obrigatórias e 32 optativas; a licenciatura possui 37, sendo 11 obrigatórias e 26 optativas (Apêndice B).

Ao ponderar sobre o conceito científico foco desta tese, entendemos a transmissão gênica como um conceito nuclear para a Biologia e, desse modo, deveria permear todas as disciplinas de cunho biológico. Contudo, para esta análise, realizamos um recorte para as disciplinas que abarcam a Teoria da Herança, teoria na qual a transmissão gênica atua como tema estruturante. Foram identificadas, na matriz dos cursos, treze disciplinas comuns (Genética, Citogenética, Genética da Conservação, Genética de Microrganismos, Genética de populações e Quantitativa, Genética Humana, Genômica e Proteômica, Marcadores Moleculares, Melhoramento Genético de Microrganismos, Métodos e técnicas em genética, Mutagênese ambiental, Tópicos em Genética, Diagnóstico Molecular); seis exclusivas ao bacharelado (Análise de dados em genética de populações, Citogenética Clínica, Citogenética Molecular, Genética do Câncer, Oncologia Molecular, Tópicos Especiais em Genética) e duas à licenciatura (Biologia Celular e Molecular do Câncer e Genética Molecular).

O conceito de transmissão gênica em específico, não aparece em nenhuma ementa, tanto das disciplinas do bacharelado, como da licenciatura. A disciplina de genética básica, que é comum aos dois cursos, apresenta no plano de ensino do bacharelado carga horária de 64 horas, já no plano de ensino de licenciatura 60 horas, com a mesma ementa. Um componente curricular optativo ofertado no semestre de 2023-2 foi a mutagênese ambiental comum às duas modalidades, com a mesma ementa e mesma professora.

Ao longo do curso do bacharelado, os estudantes possuem mais disciplinas voltadas à área da genética que os de licenciatura. Contudo, as ementas de cada disciplina relacionadas à Teoria da Herança, em ambas as modalidades, não indicam apresentar o estudo lógico-histórico de seus conceitos.

Em relação aos aspectos sócio-históricos da construção do conhecimento biológico, o PPC de CBB não faz nenhuma menção à relevância da contextualização histórica. Entretanto,

seis disciplinas mencionam aspectos históricos em suas ementas (Biologia Evolutiva, Biologia Molecular, Ecologia de Comunidades, Formação Profissional do Biólogo, Metodologia Científica, Filosofia da Ciência, Paleobiologia).

Já no decorrer do PPC de LCBio, é defendida a relevância de se considerar que o conhecimento biológico não é produzido desvinculado de seu contexto sócio-histórico, apresentando como um de seus objetivos específicos: “proporcionar uma visão histórico-filosófica da construção do pensamento e do conhecimento biológico que auxilie a contextualização dos processos científicos e de seu ensino na Educação Básica” (UFG, 2017b, p. 7).

Ao analisarmos as ementas das disciplinas, confirma-se que treze delas mencionam a importância da contextualização histórica (Biologia Molecular, Ecologia de Populações, Educação em Ciências e Biologia II, Libras, Educação em Ciências na Educação de Jovens e Adultos, Educação e Saúde, Espécies Ameaçadas, Etnobiologia e Etnoecologia, Formação Profissional do Biólogo, Marcadores Moleculares, Fundamentos Filosóficos e Sócio-Históricos da Educação, Educação em Ciências e Biologia I, Estágio Curricular Obrigatório). Não podemos afirmar como a disciplina envolve, em suas aulas, essa contextualização. Em outras palavras, se os professores abordam apenas os aspectos históricos em uma visão linear ou se são trabalhados abrangendo uma contextualização política e social em todas as aulas.

Compreendemos que a formação do pensamento reflete o movimento das formas de atividade da sociedade que são historicamente por ele constituídas e apreendidas. O olhar sócio-histórico do conceito formado pelo sujeito possibilitaria a compreensão e apropriação da lógica do conhecimento científico (Davydov, 1988). O estudo pautado sócio-historicamente, enquanto uma estratégia didática, pode promover uma aprendizagem crítica, reflexiva e contextualizada, possibilitando a superação da lógica formal no intuito de oferecer uma aprendizagem efetiva para a emancipação intelectual dos sujeitos (Silva, 2020).

A matriz curricular do CBB não apresenta nenhum componente curricular de caráter pedagógico. Todavia, o CFBio publicou, recentemente, a Resolução n. 700, de 20 de abril de 2024, que inclui a Educação como área de atuação do Biólogo, aumentando o número de áreas e subáreas do conhecimento e das atividades profissionais. De acordo com o documento, isso se deu para possibilitar a realização de pesquisas nas áreas do ensino de Ciências e Biologia, bem como a produção de materiais didáticos e/ou pedagógicos (CFBio, 2024). O documento em, seu artigo 10º, salienta, ainda, que outras áreas de atuação poderão ser

incorporadas “considerando o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia e a evolução do mercado de trabalho” (CFBio, 2024, p. 16).

Em relação ao PPC do CBB, no perfil do curso e dos egressos, o documento aponta para a formação de

(...) um profissional habilitado a desenvolver atividades relacionadas à pesquisa e com habilidades e competência técnica para atuar no mercado de trabalho [...] O biólogo deverá estar preparado para desenvolver e executar projetos de interesse socioeconômicos, que envolvam o descobrimento de novos conhecimentos e tecnologias interessantes. Além disto, **este profissional deverá ter uma preparação adequada à aplicação pedagógica do conhecimento e experiências da biologia, como educador nos ensinamentos fundamental, médio e superior, na atuação em áreas biológicas e outras afins** (UFG, 2017a, p. 8, grifo meu).

O perfil dos egressos no documento refere-se a uma atuação do profissional biólogo, apresentando-se inúmeras possibilidades existentes e, dentre elas encontram-se lecionar, oferecer consultoria privada, trabalhos técnicos e pesquisa. Esse multiprofissionalismo do biólogo se refletiu na diversidade de interesses dos formandos (Araújo *et al.*, 2007). Se os conhecimentos e práticas pedagógicas são exclusivos à licenciatura e, para o bacharelado, a ênfase está numa formação generalista e na ampliação das experiências práticas do biólogo, esse aspecto multiprofissional condiciona dificuldades em se efetivar uma identidade profissional.

O PPC do LCBio apresenta uma análise crítica em relação às normas regulamentadas para a profissão do professor de Biologia que foram realizadas pelo CFBio, mesmo não possuindo competência para esse fim, destacando a necessidade de se

(re)pensar a dupla habilitação oferecida ao licenciado. Somado a isso, temos que superar a proposta das Diretrizes Curriculares do Curso de Ciências Biológicas (Parecer CNE/CES 1.301/2001) que não marca as especificidades da licenciatura. Esta tem um caráter bacharelesco muito forte, fazendo poucas sinalizações sobre as especificidades da formação na modalidade licenciatura (UFG, 2017b, p. 5).

O documento, então, afirma visar proporcionar uma oportunidade de atuação profissional, especificamente focada na Licenciatura, com a finalidade de construir a identidade docente nos acadêmicos da Licenciatura em Ciências Biológicas, desde o seu ingresso, a partir de uma diretriz específica para os cursos de licenciatura, na qual seriam dadas as orientações Básicas para a formação do professor de Biologia e sua atuação na Educação Básica e suas modalidades (UFG, 2017b).

Tal fato se efetiva em um curso que possui caráter pedagógico presente em dezenove disciplinas (Educação para as Relações Étnico-Raciais no Ensino de Ciências, Fundamentos

de Educação Ambiental, Produção de Material Didático para Microscopia Ótica, Educação Científica, Educação em Ciências na Educação de Jovens e Adultos, Educação e Saúde, Educação, Comunicação e Mídias, Educação em Ciências e Biologia I, Educação em Ciências e Biologia II, Epistemologia da Ciência, Estágio Curricular Obrigatório I, II e III, Fundamentos Filosóficos e Sócio-Históricos da Educação, Gestão e Organização do Trabalho Ped., Metodologia da Pesquisa em Educação, Políticas Educacionais, Psicologia da Educação I e Psicologia da Educação II).

Todavia, a compreensão das inter-relações entre didática, didáticas específicas e metodologias de ensino deveria ser uma das premissas que fundamentam o currículo da formação inicial de professores. A compreensão dessa integração entre as relações entre conhecimento disciplinar e conhecimento pedagógico é fundamental, uma vez que o professor deve se apropriar do conteúdo, assim como dos métodos e procedimentos investigativos da ciência ensinada (Libâneo, 2015). O autor defende que

(...) os currículos de formação profissional, em todos os níveis do ensino, precisam assegurar que os futuros professores estejam preparados para analisar uma disciplina científica em seus aspectos históricos e epistemológicos; que tenham domínio da área pedagógica em temas ligados ao processo ensino-aprendizagem, ao currículo, às relações professor- -aluno e dos alunos entre si, aos métodos e procedimentos didáticos, incluindo o uso da tecnologia educacional; que assumam seu papel de educadores na formação da personalidade dos alunos e que incorporem na prática docente a dimensão política enquanto cidadãos e formadores de cidadãos e profissionais (Libâneo, 2015, p. 647).

Uma outra lacuna do documento se trata da não identidade formativa do curso, que objetiva, em especial, ser “uma resposta imediata à necessidade de separar especificidade da formação de professores daquela conferida aos cursos de bacharelado” (Oliveira *et al.*, 2021, p. 6).

Diante dessas, análises compreende-se que os cursos do ICB UFG, nas modalidades Bacharelado e Licenciatura, compartilham de muitos componentes curriculares do campo dos conteúdos biológicos, diferenciando-se nos componentes curriculares de formação pedagógica para os licenciandos. Um outro ponto de divergência está em relação às discussões realizadas nas duas modalidades de curso, visto que a

licenciatura promove e requer discussões relacionadas ao ensino e à aprendizagem de ciências/Biologia, além de outras, relacionadas às políticas públicas, ao currículo escolar e à avaliação, que se distinguem daquelas realizadas no curso de bacharelado, o qual está mais voltado para a formação de pesquisadores (Miranda, 2015, p. 76).

A crise da Educação Superior está relacionada a sua adesão à lógica do mercado; por isso, a universidade deve se aproximar mais da sociedade. A universidade tem o papel de produzir e socializar o conhecimento, e todas as pessoas vinculadas a ela devem estar à frente de lutas, movimentos, organizações e instituições que alargam a democracia, os direitos à vida e à cultura. Corroboramos com Frigoto (2019, p. 4) ao afirmar que

nossa tarefa agora é recuperar essa universidade, a universidade necessária, a universidade que tenha o conhecimento como direito universal. Temos que parar de gerar o conhecimento priorizando o mercado. Nós temos que produzir conhecimento para a sociedade.

Diante desse cenário, faz-se necessário estabelecer, na Educação Superior, um ensino organizado que articule a atividade principal, “o trabalho”, à lógica do processo e desenvolvimento da investigação do conhecimento científico para a formação do pensamento teórico. Reside, aí, desafio para a docência na Educação Superior: construir coletivamente e solidamente uma consciência sobre as relações entre sociedade, trabalho, universidade e docência, em direção a uma práxis emancipadora, que reflita nas relações sociais mais amplas por meio de nossos estudantes e que permita aos professores da universidade retomarem o sentido histórico e transformador do seu trabalho docente (Magalhães; Limonta, 2011).

Pensar o processo de ensino e aprendizagem sob a perspectiva de transformação e superação com a Teoria Histórico-Cultural e a Teoria do Ensino Desenvolvimental, na Educação Superior, pode ser uma alternativa de construir bases contra hegemônicas na formação profissional. Essa perspectiva pode, por fim, efetivamente levar os estudantes ao desenvolvimento do pensamento teórico necessário para compreender e analisar melhor o mundo em que vivem, apropriar-se cada vez mais e melhor da cultura, emancipar-se e transformar a realidade.

#### **4 O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO TEÓRICO DOS ESTUDANTES DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: O ENSINO ORGANIZADO NA PERSPECTIVA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL**

(...) a base do Ensino Desenvolvidor é seu conteúdo e dele se originam os métodos (ou modelos) de organização do ensino [...] o ensino realiza seu papel principal no desenvolvimento mental, antes de tudo, por meio do conteúdo do conhecimento [...] e a natureza desenvolvimental da atividade de estudo no período escolar está vinculada ao fato de que o conteúdo da atividade acadêmica é o conhecimento teórico (Davydov, 1988, p. 164).

A Teoria Histórico-Cultural e o Ensino Desenvolvidor articulam dialeticamente ensino e aprendizagem, apresentando possibilidades de organização do trabalho pedagógico-didático promotor do desenvolvimento dos estudantes, que permite ampliar suas formas de pensar e agir com conceitos, isto é, formar o pensamento teórico. O conhecimento teórico desempenha um papel central no processo de ensino-aprendizagem, não como um fim em si mesmo, mas como um meio para o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo. Assim, promover

uma aprendizagem que resulta em desenvolvimento requer considerar, na organização do ensino, as formas, meios, condições e recursos para o professor realizar ações didáticas que influenciem a zona de desenvolvimento proximal dos alunos referente a determinado conceito (Hidalgo; Freitas, 2020, p. 79).

O movimento de produção do conhecimento sobre a organização do trabalho pedagógico-didático se constitui, no objeto da atividade. O ensino organizado sob essa perspectiva deve focar em atividades que promovam o desenvolvimento integral dos estudantes, principalmente por meio da apropriação de conceitos científicos. As atividades de estudo bem estruturadas, enquanto mediadoras do processo de formação conceitual e desenvolvimento mental, apresentam um caráter desenvolvimental e mobilizam o aluno a superar suas formas imediatas de pensar (Sforni, 2020).

A organização do trabalho pedagógico-didático do conceito de transmissão gênica associada à formação do pensamento teórico, no contexto do experimento didático-formativo, busca superar não apenas o como ensinar, mas construir bases necessárias, sobre como se efetiva a natureza do ensino e, ao ultrapassar o aparente, a descrição, revelar o movimento do objeto na realidade. O objeto tem uma relação direta com o conceito da Biologia, e sobre como os estudantes apreendem o conceito de transmissão gênica em suas relações com a formação do pensamento teórico.

Diante da fundamentação teórica que pauta essa pesquisa, o experimento didático-formativo foi realizado, com a finalidade de investigar o processo de aprendizagem e compreender as relações entre o ensino e aprendizagem para o processo de formação de conceitos e para o desenvolvimento do pensamento teórico. Esta tese empenhou-se em explicitar todo o processo que envolveu o experimento e, também, em descrever seus procedimentos enquanto modalidade didática investigativa desta pesquisa e análise dos dados. No decorrer das discussões da próxima seção, apresentamos o planejamento, estudos e análises do experimento didático-formativo.

#### **4.1 Planejamento e estruturação do experimento didático-formativo**

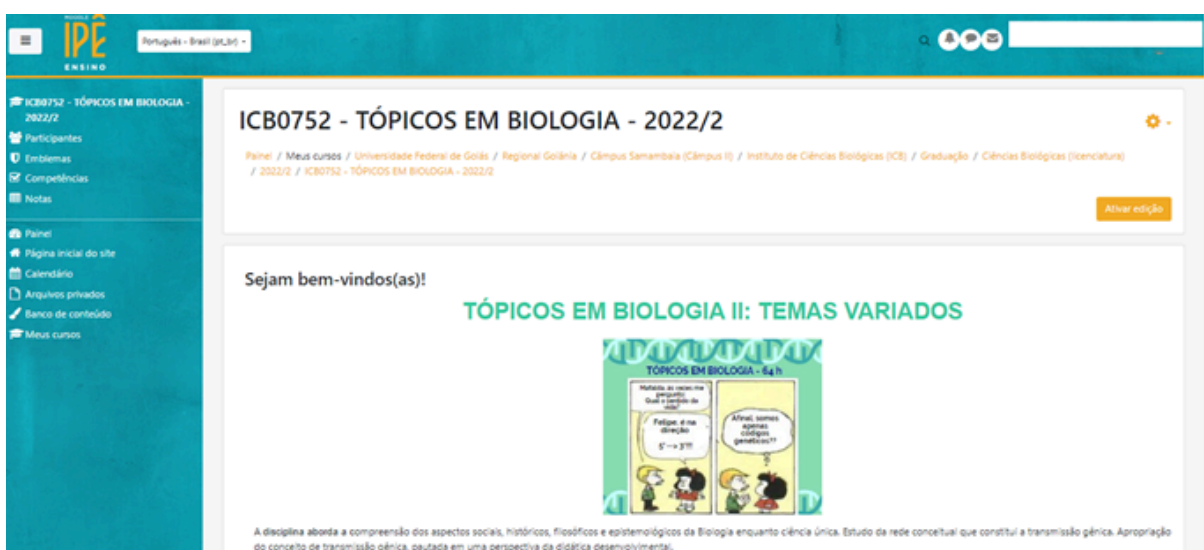
Durante o processo de estruturação e sistematização do experimento didático-formativo, foram realizadas reuniões para organização do plano de ensino da disciplina que constituiu momento para a produção e coleta de dados. As discussões de planejamento foram realizadas entre a pesquisadora, orientadora e mais três colaboradores, pares de pesquisa que investigam sobre a perspectiva de mesma base teórica. Algumas reuniões contaram com a participação do Professor Doutor Sérgio Tadeu Sibov, credenciado no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Escola de Agronomia da UFG. As reuniões ocorreram entre os meses de maio a setembro do ano de 2022. Elas foram riquíssimas e contribuíram com diálogos e conhecimentos, que constituíram as ações, tarefas, aulas, textos, e diferentes propostas que integraram o plano de ensino. O planejamento do experimento didático formativo foi pensado e pautado teoricamente a partir de pressupostos que visam promover ações que impulsionem o desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes.

Após o início do experimento didático-formativo, as reuniões de planejamento permaneceram de maneira semanal, sendo realizadas nas quintas-feiras. Esses momentos de retornar aos encontros anteriores permitiam a troca de ideias entre os professores pesquisadores, uma avaliação contínua do processo, na preparação e seleção das ações e na reorganização do conteúdo para atender às necessidades e motivos dos estudantes. Esse *feedback* do que ocorria em cada encontro possibilitou revisitar as aulas para reorganizá-las, com a finalidade de apreender respostas e reflexões sobre o envolvimento e desenvolvimento dos estudantes em relação a cada atividade. O experimento didático-formativo ocorreu no 2º semestre de 2022, entre os meses de outubro de 2022 e fevereiro de 2023 (17/10/2022 a

28/02/2023), no contexto do componente curricular “Tópicos em Biologia II: Temas Variados - Afinal, somos apenas códigos genéticos”. A disciplina, com caráter de componente optativo, possui na matriz curricular dos cursos uma carga horária de 64 horas que foram divididas em 16 encontros semanais de quatro horas cada. Foram divulgadas, na sociedade acadêmica, a disponibilidade de 15 vagas para estudantes do curso de Ciências Biológicas participarem do componente optativo. As atividades foram realizadas presencialmente.

A turma contou com uma sala virtual na plataforma Moodle, um ambiente virtual de aprendizagem, organizada pedagogicamente pela pesquisadora para que os estudantes tivessem fácil acesso ao material da disciplina, podendo fazê-lo pelo celular, aplicativo ou computador, utilizando os mesmos dados para entrar no SIGAA (Sistema de Gestão de Atividades Acadêmicas). O principal objetivo de usar a plataforma foi o de oferecer um ambiente virtual de aprendizagem acessível que facilitasse a gestão de entrega das tarefas de estudo e a organização do conteúdo da disciplina, além de poder promover a interação entre estudantes e professores em espaços menos formais de diálogo (Figura 4).

Figura 4 - Ambiente virtual do componente optativo



Fonte: autora (2024).

A plataforma desempenhou um papel de suporte com a organização e realização do experimento didático, contribuindo com a coleta e análise de dados. No ambiente virtual, encontravam-se todas as orientações e informações sobre o componente optativo: plano de ensino, textos, tarefas, encontros, informes, fórum de dúvidas e a possibilidade de diário de bordo.

O plano de ensino (Apêndice C) continha uma ementa que buscava articular dialeticamente as discussões entre o movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica e o pensamento por e com conceito, pautado pelo Ensino Desenvolvimental, por meio de três grandes unidades temáticas:

1 - “Transmissão gênica - unidade que expressa a totalidade do conhecimento biológico” – objetivou analisar a gênese e o desenvolvimento dos conceitos relacionados à rede conceitual da transmissão gênica ao longo da história, e compreender a ciência como um processo dinâmico e socialmente construído, promovendo uma visão crítica sobre o desenvolvimento do conhecimento científico.

2 - “Rede conceitual da transmissão gênica” – objetivou estudar a propriedade da relação universal que foi se constituindo sobre o conceito de transmissão gênica.

3- “Gene, organismo e ambiente” – objetivou explicitar as interações sociais sobre os processos que envolvem a transmissão gênica, evidenciando as conexões entre o biológico e o social e compreender como a história social e a história natural se integram à essa relação.

A execução do experimento didático-formativo teve como docentes a pesquisadora, sua orientadora, dois colaboradores e um doutorando, que realizava estágio docência na disciplina. A turma foi composta por seis estudantes, cinco do curso de bacharelado e um de licenciatura, sendo três mulheres e três homens. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice D), aprovado pelo Comitê de Ética sob n. 5.331.633.

Com a finalidade de respeitar a privacidade dos estudantes e manter seus nomes em sigilo, será utilizado uma proposta de nomes fictícios, de cientistas<sup>13</sup> e estudiosos que fizeram parte do processo lógico-histórico de gênese e desenvolvimento do conceito de transmissão gênica. Neste sentido, os estudantes do sexo masculino serão identificados *Mendel*, *Morgan* e *Bateson*. As estudantes do sexo feminino serão identificadas como *Rosalind*, *Edith* e *Elisa*.

Objetivando compreender melhor a realidade dos estudantes e caracterizar os sujeitos da pesquisa, foi aplicado um questionário socioeconômico (Apêndice E). A coleta de informações sobre as preferências acadêmicas contribuiu para entender as relações entre os

---

<sup>13</sup> **Mendel** - fez uma contribuição fundamental para o estudo do conceito de transmissão gênica, por meio de seus experimentos na década de 1860, formulando as Leis da genética (“Leis da Segregação” e da “Distribuição Independente”); **Morgan** - contribuiu com o estudo da genética de *Drosophila melanogaster* e na elaboração da Teoria Cromossômica da Herança; **Bateson** - formulou o termo “genética”, que foi adotado para designar o conceito ampliado da ciência que trata das questões da herança e da transmissão gênica; **Rosalind** – seu trabalho experimental com a difração de raio-X do DNA forneceu evidências empíricas fundamentais para a construção do modelo de DNA; **Edith** - seus experimentos e trabalhos de hibridação em plantas, agregaram respostas mais precisas aos estudos sobre a transmissão gênica; **Elisa**: contribuiu com o estudo do conhecimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica, evidenciando sua essência, sua rede conceitual e suas relações com a Biologia (Silva, 2020).

estudantes e as atividades de ensino no contexto do experimento. Os aspectos sociais, econômicos e culturais forneceram dados importantes sobre o contexto social no qual esses indivíduos vivem, contribuindo com a contextualização da pesquisa e com análise dos dados de maneira mais abrangente.

Por meio dessa avaliação inicial da turma, verificamos que todos os estudantes são solteiros, com idade média entre 20 e 27 anos e cursavam o 8º período no momento da disciplina. Em relação à moradia, metade mora em casa própria e a outra metade em casa alugada, sendo que dois moram com pais e familiares, um mora sozinho e os outros três moram com amigos. Quanto ao meio de transporte utilizado para chegar à universidade, três estudantes possuem condução própria, dois vão de transporte coletivo, e um, por morar próximo, vai caminhando. O questionário ainda revelou que os estudantes possuem uma média salarial de renda familiar variando entre R\$1.000,00 e R\$5.000,00. Destes, três não trabalham, dois fazem estágios voluntários e um tem trabalho remunerado. No que diz respeito à saúde física, a maioria alega estar bem, apenas um aluno apresenta problemas de pressão e um outro apresenta doença genética (uma das questões que o motivou a realizar a disciplina). Todavia, quatro estudantes se queixaram de uma estafa mental, ocasionada pelos estudos e a falta de tempo.

Os principais motivos que levaram a escolha do curso de Ciências Biológicas são relacionados aos sonhos e ideais. A disciplina de Biologia era a que tinha maior atenção durante a escola básica. Um dos alunos escolheu o curso como “plano B”, pois tinha proximidade com ciências da saúde.

O desenvolvimento psíquico está em relação dialética e contraditória, com a vida em sociedade e o modo como ela se organiza. O processo de apropriação dos objetos criados pelos homens no desenvolvimento histórico da sociedade se dá no lugar da formação do indivíduo, ou seja, esse processo de apropriação decorre a partir das relações do sujeito com o mundo, “relações que não dependem nem do sujeito nem da sua consciência, mas são determinadas pelas condições históricas concretas, sociais, nas quais ele vive, e pela maneira como a sua vida se forma nestas condições” (Leontiev, 2004, p. 275). Assim, as condições concretas do indivíduo podem influenciar o desenvolvimento do pensamento teórico e a formação de sua atividade principal em determinada etapa de desenvolvimento.

Os processos de objetivação e apropriação na formação da individualidade são fundamentais na compreensão do desenvolvimento humano. Os indivíduos se apropriam dos elementos culturais, transformando-os em suas próprias características pessoais, contribuindo para a constituição da subjetividade e identidade. A apropriação dos objetos criados pelos

homens ao longo do desenvolvimento histórico da sociedade é essencial aos processos de formação do indivíduo (Duarte, 2013). A formação do gênero humano e dos indivíduos se dá em uma relação dialética entre apropriação e objetivação das produções culturais.

A apropriação se constitui no modo como o indivíduo internaliza, transforma e faz uso dos produtos culturais e materiais desenvolvidos pela sociedade humana. Esse processo de apropriação é essencial, pois é por meio dele que o indivíduo compreende o patrimônio cultural acumulado pela humanidade, permitindo o desenvolvimento mental. É nesse contexto que a objetivação, ou seja, a criação de objetos culturais e sociais pelo ser humano, torna-se um meio pelo qual o indivíduo se apropria da realidade, constituindo sua identidade e subjetividade ao interagir com o mundo social e cultural ao seu redor (Duarte, 2013). O autor enfatiza que a formação do indivíduo não ocorre de forma isolada, mas em um processo contínuo de interação e transformação, onde a apropriação dos produtos culturais da sociedade desempenha um papel crucial.

Quanto às expectativas para cursar a disciplina, as respostas foram variadas:

*Elisa: tentar entender se somos apenas códigos genéticos;*

*Morgan: aprender mais sobre o ensino desenvolvimental;*

*Edith: aprender coisas novas;*

*Rosalind: espero poder entender mais sobre os processos de aprendizado e formação do conhecimento, além de poder fixar e entender melhor conceitos de genética, tenho interesse em ecologia e evolução, mas tenho dificuldade em genética e pretendo superar isso;*

*Mendel: espero melhorar o meu conhecimento sobre genética e revisar conceitos de Biologia;*

*Bateson: discutir sobre o impacto de doenças genéticas na vida do paciente.*

Dos seis estudantes apenas um manifestou curiosidade sobre ensino desenvolvimental, e três estavam interessados em aprofundar conhecimento sobre genética e um estava interessado em coisas novas. Tais dados demarcam relações com a atividade principal dos estudantes, o contexto sociocultural e o motivo que os moveu a participar da pesquisa.

Quatro estudantes não participam de grupos de pesquisa e o mesmo quantitativo alegou que participaram em momentos anteriores de atividade de iniciação científica. Apenas um aluno diz não ter participado de cursos voltados para a Biologia. A maioria dos estudantes alegou buscar em seu processo formativo oportunidades de se envolverem diretamente com a pesquisa, ampliar os estudos e permanecer no ambiente acadêmico, por meio da formação continuada.

## 4.2 As ações de estudo e o conceito de transmissão gênica: o caráter das ações

O conceito na lógica formal é um meio de definição, visto apenas como uma descrição de objetos e fenômenos, e sua aprendizagem enfoca a linguagem, enfatizando a definição e exemplificação como meio de ensino e aprendizagem dos conceitos. Já na lógica dialética,

o conceito é um instrumento mediador na relação do sujeito com os fenômenos da realidade portanto, o foco de sua aprendizagem está no domínio de métodos e formas gerais de atividade mental (Sforni, 2020, p. 334).

A definição conceitual expressa por meio da linguagem verbal é importante, pois é síntese já produzida pela humanidade, contudo deve se buscar a generalização teórica, possível por meio da apropriação da síntese.

Para a autora nas relações entre objeto e o sujeito da aprendizagem, o conceito é

uma síntese que expressa objetos e fenômenos da realidade objetiva; o conceito (abstrato) deve ascender ao concreto (materialidade); o conceito é um instrumento para a realização de ações mentais; sobre o sujeito: os seres humanos têm um papel ativo na apropriação do conhecimento; ele precisa realizar ações mentais com o objeto da aprendizagem; ele necessita ter motivo para aprender, o que envolve uma relação afetivo/cognitiva com o objeto; a atividade principal do sujeito muda ao longo do seu desenvolvimento, há uma ligação entre essa atividade e o modo de se apropriar dos conhecimentos acerca da realidade (Sforni, 2020, p. 333).

A formação do conceito que impulsiona o desenvolvimento do pensamento teórico não trata simplesmente da sua definição, mas, para além disso, é ter condições de pensar e atuar, com e sobre ele, em um movimento que vai do geral (abstrato) para o particular (concreto) e vice-versa (Sforni, 2020). Objetivamos reconhecer, no decorrer do experimento, indícios do desenvolvimento do pensamento teórico, por meio da realização da organização do trabalho pedagógico-didático do conceito de transmissão gênica, procurando identificar as ações que oportunizaram esse processo.

As ações de estudo estruturam as tarefas que, ao serem realizadas pelos estudantes, permitem a apropriação dos procedimentos de reprodução do conceito, bem como imagens, valores e normas (Libâneo; Freitas, 2017). A inter-relação das ações de estudo com o desenvolvimento do experimento não ocorreu como um modelo fixo de tarefas, de forma isolada ou como um percurso de etapas; contudo, cada ação se conectou de forma dialética em cada conhecimento em formação. Para Lizzi e Sforni (2023), ao organizar o ensino por meio das ações de estudo, abre-se a possibilidade não de apenas reproduzir essas ações nos

processos formativos, mas de pensar outras que possam contribuir com as condições efetivas de realização do trabalho pedagógico-didático.

As seis ações de estudo no transcorrer deste experimento didático-formativo foram ponderadas e analisadas, com a finalidade de que os estudantes identificassem as condições de gênese e formação do conceito de transmissão gênica, impulsionando a possibilidade de realizarem processos de reflexão, análise e síntese, objetivando, assim, o desenvolvimento do pensamento teórico. A realização das ações de estudo constitui em operar com abstrações, generalizações e formação de conceito, por meio do desenvolvimento do pensamento teórico (Quadro 6).

Quadro 6 - Estruturação e organização do experimento didático-formativo.

UNIDADE TEMÁTICA I - Transmissão gênica - unidade que expressa a totalidade do conhecimento biológico				
QTD. ENCONTROS	CONCEITO A SER FORMADO	AÇÕES DE ESTUDO	AÇÕES MENTAIS	ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS/ TAREFAS DE ESTUDO
5	Relação universal da Biologia <sup>14</sup>	<p><i>Transformação dos dados da tarefa buscando evidenciar a relação universal do objeto estudado</i></p> <p><i>Controle sobre o cumprimento das ações anteriores (transformação e modelação)</i></p>	<p>- conhecimentos prévios a respeito da transmissão, realizada em mediação com o professor;</p> <p>- relações entre história natural e história social e a estruturação conceitual do desenvolvimento do pensamento biológico.</p> <p>- Compreensão das relações entre história natural e história social e a estruturação conceitual do desenvolvimento do pensamento biológico;</p>	<p>- Apresentação e diálogo sobre a pesquisa, os estudantes e o plano de curso.</p> <p>- Estudo de texto.</p> <p>- Discussão e reflexão sobre os processos que regem a transmissão, por meio da pergunta que nomeia a disciplina: afinal, somos apenas códigos genéticos?</p> <p>- Apresentação do “Mural: Transmissão em memórias”.</p> <p><b>Tarefa 1</b> - Modelação - Como são/foram organizadas as áreas da Biologia?</p> <p>- Diálogo e discussão sobre a temática Modelação.</p> <p><b>Tarefa 2</b> - Síntese que traga elementos de “Como os povos antigos pensavam e explicavam sobre a transmissão?”</p>

<sup>14</sup> A relação universal da Biologia que se espera que os alunos formem através de ações de modelação. A relação universal em si não é o conceito de Biologia. O conceito é o método e o resultado de pensar essa relação universal e abstrata e conexão com fenômenos particulares. A relação da Biologia está representada nesta investigação na figura 2, e da transmissão gênica está representada pelas relações expressas na figura 3 desta tese.

2	Gênese e desenvolvimento da transmissão gênica		- Compreensão dos conceitos que perpassam pela rede conceitual da transmissão gênica e suas relações com outros conceitos da Biologia enquanto Ciência.	- Discussões e reflexões sobre as tarefas 1 e 2. <b>Tarefa 3</b> – Síntese: partindo da experiência de estudos e/ou pesquisas realizadas pelos estudantes no decorrer da graduação, quais trabalhos possuem alguma relação com a transmissão gênica?
<b>UNIDADE TEMÁTICA II – Rede conceitual da transmissão gênica</b>				
	Rede conceitual da Transmissão gênica: Hereditariedade - leis da herança	<i>Modelação da relação diferenciada em forma objetual, gráfica ou por meio de letras</i>  <i>Transformação do modelo da relação para estudar suas propriedades em “forma pura”</i>  <i>Controle sobre o cumprimento das ações anteriores (transformação e modelação)</i>	- Compreensão dos conceitos básicos da teoria da herança, bases citológicas da herança, Leis da herança e padrões da herança.	- Leitura e diálogo de textos; apontamentos e discussão da tarefa anterior. <b>Tarefa 4</b> - Simulando um procedimento de pesquisa como reprodução do caminho de cientistas - Como investigar a transmissão gênica? <b>Tarefa 5</b> - Síntese e Modelação - relação geral entre os vários elementos que constituem a rede conceitual da transmissão gênica.
5	Rede conceitual da Transmissão gênica: Hereditariedade - leis da herança	<i>Construção de um sistema de tarefas particulares que é resolvido por um modo generalizado</i>	- Compreensão dos conceitos básicos da teoria da herança, bases citológicas da herança, Leis da herança e padrões da herança. - Compreensão dos conceitos que perpassam pela rede conceitual da transmissão gênica e suas relações com outros conceitos da Biologia enquanto Ciência (equilíbrio, variação, organização, interação).	- Debate e roda de conversa sobre questões orientadoras, imagens, citações de Mendel e outros autores da época (textos científicos originais) e vídeos.  <b>Tarefa 6</b> - Jogo da caixa de ovos de Mendel: questionamentos irão direcionar nas formas de polinização e reprodução até chegar nos primeiros resultados das Leis de Mendel.
	Rede conceitual da Transmissão gênica – DNA; gene.	<i>Construção de um sistema de tarefas particulares que é resolvido por um modo generalizado</i>	- Conhecimento de uma visão integrada dos fundamentos das leis da herança através da compreensão do conceito nuclear da transmissão gênica.	- Discussão de afirmações (certas ou erradas) sobre a transmissão gênica, reflexão e pesquisa sobre a veracidade de cada afirmativa; <b>Tarefa 7</b> - Estudo de caso sobre seleção artificial (apresentação do vídeo com vários casos diferentes)

	Rede conceitual da Transmissão gênica – DNA; Divisão celular	<p><i>Construção de um sistema de tarefas particulares que é resolvido por um modo generalizado</i></p> <p><i>Controle sobre o cumprimento das ações anteriores (transformação e modelação)</i></p>	<p>- Análise e reflexão sobre o estudo da estrutura do DNA e suas funções, os mecanismos que regem a transmissão gênica.</p> <p>- Compreensão dos processos de divisão celular - mitose/meiose.</p>	<p>- Debate e discussão dos estudos de casos e sobre as principais questões apresentadas pelos estudantes sobre o filme GATTACA.</p> <p>- Realização de Júri simulado sobre a temática do filme: manipulação genética.</p> <p><b>Tarefa 8</b> – Realização das simulações das flutuações populacionais a partir da inserção de mutações, e de fatores ambientais em uma população de coelhos.</p>
<b>UNIDADE TEMÁTICA III - Gene, organismo e ambiente</b>				
2	Rede conceitual da Transmissão gênica – Gene, organismo e ambiente	<p><i>Transformação do modelo da relação para estudar suas propriedades em “forma pura”</i></p>	<p>- Compreensão das relações entre herança e meio ambiente a partir dos princípios de genética de populações e evolução.</p>	<p>- Construindo um ambiente: estabelecer um modelo de ambiente e ir construindo com os estudantes na relação com a genética, evolução e o meio.</p> <p><b>Tarefa final</b> - Síntese textual e uma modelação sobre a pergunta: “Afiml, somos apenas códigos genéticos?” e abrimos para a discussão.</p>
2	Rede conceitual da Transmissão gênica – Gene, organismo e ambiente	<p><i>Construção de um sistema de tarefas particulares resolvido por um modo generalizado</i></p> <p><i>Controle sobre o cumprimento das ações anteriores</i></p> <p><i>Avaliação da assimilação do procedimento geral como resultado da solução da tarefa de estudo dada<sup>15</sup></i></p>	<p>- Investigação do processo de apropriação dos estudantes da rede conceitual que constitui a transmissão gênica - elemento nuclear da Biologia.</p>	<p>Aula a campo: EMBRAPA</p> <p>Avaliação do desenvolvimento dos estudantes considerando a apropriação da rede conceitual que constitui a transmissão gênica - elemento nuclear da Biologia.</p>

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Nesse sentido, os próprios estudantes deveriam encontrar os modos de apropriação do conceito de transmissão gênica, sob a mediação do professor, “embora a natureza desta direção mude gradualmente e cresça, também gradualmente, o grau de autonomia exibido pelo escolar” (Davydov, 1988, p. 176).

Ao executarem a primeira ação de estudo, os estudantes efetuaram uma transformação objetivada sobre a compreensão da Biologia enquanto Ciência e sobre o movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica, a partir das tarefas 2, 3 e 4<sup>16</sup> que articularam a rede conceitual e a relação universal do conceito formado.

<sup>15</sup> A ação de controle e de avaliação deve se fazer presente em todos os estágios da resolução da tarefa de aprendizagem, orientando as demais ações no decorrer do processo (Davydov, 1988).

<sup>16</sup> Todas as tarefas de estudo e organização serão descritas e analisadas de forma detalhada nas próximas sessões.

As tarefas de estudo 1, 5, a tarefa final e outras ações e operações desse experimento contemplaram as ações de estudo de modelação e transformação do modelo. No processo das ações dois (modelação) e três (transformação do modelo), os estudantes foram transformando e reconstruindo o modelo, sendo capazes de estudar as propriedades da relação universal da transmissão gênica para além do aparente, sem o ocultamento produzido por circunstâncias presentes; este trabalho realizado com o modelo “é um processo pelo qual se estudam as propriedades da abstração substantiva da relação universal” (Davydov, 1988, p. 175). Os modelos formados nesse experimento didático-formativo visavam estabelecer a relação universal da Biologia enquanto ciência, assim como dessa relação com um dos seus conceitos estruturantes – a transmissão gênica, evidenciando sua forma pura, de modo a evidenciar seus nexos internos.

As tarefas 6, 7 e 8 objetivaram verificar se os estudantes conseguiam pensar situações particulares com o conceito de transmissão gênica. Na quarta ação de aprendizagem, o estudante poderia ser capaz de utilizar o conceito de transmissão gênica como instrumento do pensamento para resolver as tarefas.

O conceito é uma forma de atividade mental pela qual o objeto de estudo é reproduzido junto com o seu sistema de relações, sendo utilizado como ferramenta mental para pensar nas situações propostas em forma de tarefas que motivem os estudantes a pensarem teoricamente.

As ações de controle e avaliação perpassaram por todo movimento do experimento, presentes em todas as etapas, orientando-as no decorrer do processo. Esse movimento permitiu que os estudantes tivessem maior consciência do seu modo de aprender e do processo de apropriação do conceito de transmissão gênica, possibilitando a superação e possibilidades de avanço durante a realização das outras ações. A discussão e análise dos dados do experimento didático-formativo se faz pela inter-relação das ações e tarefas de estudo que possibilitam o desenvolvimento do pensamento teórico. As tarefas de estudo não se apresentaram como uma sequência das ações de estudo, mas apresentam um movimento na organização do trabalho pedagógico-didático em que há uma inter-relação entre o todo.

#### **4.3 O processo de organização do trabalho pedagógico-didático para o desenvolvimento do pensamento teórico na Educação Superior: contribuições, limites e superações**

O conhecimento é constituído com elementos culturais formados ao longo da história e codificados em signos. A aprendizagem é, então, considerada como a apropriação dos

elementos da cultura. O sujeito apropria-se de forma ativa dos elementos culturais em um processo de mediação. Os conhecimentos produzidos ao longo da história estão objetivados nos instrumentos que facilitam e ampliam a capacidade humana de interagir com a natureza. No processo de formação dos conceitos como instrumentos psicológicos, há indícios que podem orientar a organização do trabalho pedagógico-didático (Sforni, 2004). Para a autora, pensar os conceitos nessa perspectiva

implica reconhecer que a sua apropriação não se resume à definição e à memorização. É preciso que eles estejam inseridos em uma atividade na qual sua função como ferramenta seja explícita. Não se trata apenas de uma relação do aluno com o objeto, mas de sua imersão nos procedimentos e capacidades presentes nas relações interindividuais que conferiram ao objeto seu significado cultural. Isso implica privilegiar a possibilidade de realização de operações mentais facilitadas pelo novo conceito (Sforni, 2003, p. 179).

A formação de conceitos está relacionada ao processo de apropriação dos conteúdos da ciência e da cultura como condição para o desenvolvimento humano por meio do processo de interiorização, que consiste “no processo pelo qual o sujeito reconstitui internamente a atividade, as relações, as funções e os processos interpsicológicos sociais, externos, transformando-os em processos intrapsicológicos (conteúdos da consciência)” (Libâneo; Freitas, 2019, p. 217).

A reconstituição interna dos processos interpsicológicos implicam níveis de desenvolvimento dos conceitos. Com isso, a atividade psicológica humana capta o mundo exterior e o interioriza, a partir das formas da atividade da consciência humana: a abstração, a generalização e a formação de conceitos, procedimentos que são de grande relevância didática para a organização do trabalho pedagógico-didático que objetiva a apropriação de conhecimentos e interiorização (Libâneo; Freitas, 2019). Para os autores, “a finalidade do ensino é a formação do pensamento teórico, que se realiza por meio dos processos que devem estar no centro do ensino: abstração, generalização e formação de conceitos” (Libâneo; Freitas, 2019, p.224).

As próximas seções, em um movimento de análise, síntese, interpretação e discussão dos dados da pesquisa, buscam apresentar os indícios das transformações ocorridas nos estudantes, integrando a esse processo a abstração da relação universal, a modelação e transformação do modelo, a generalização, a formação do conceito e o desenvolvimento do pensamento teórico. A atividade de análise e síntese é um momento indispensável de todo processo de pensamento; na perspectiva dialética, a unidade dessa atividade se manifesta na

totalidade do processo de formação do conhecimento, que não se esgota no todo, mas revela sua essência (Kopnin, 1978).

#### **4.3.1 Abstração substantiva - a relação universal do conceito de transmissão gênica**

As ações para a formação do conceito e do pensamento teórico se constituem no movimento da ascensão do pensamento abstrato ao concreto. Na lógica dialética, a formação de conceitos se inicia com a abstração, que se constitui essencial no processo de ensino e aprendizagem. A abstração inicial envolve compreender um conceito por meio da identificação e distinção de seus atributos, bem como pelo estabelecimento de relações entre esses atributos (Libâneo; Freitas, 2019). Em relação a utilização desse termo, Davydov (1988, p. 144) denomina de substantiva a abstração inicial no processo de ascensão do pensamento ao concreto, e reitera que, “na designação da abstração inicial, o mais conveniente é utilizar os termos ‘célula’ ou ‘abstração substantiva’, pois eles refletem a relação contemplativa, totalmente determinada, do sistema integral”.

No desenvolvimento do pensamento teórico, a abstração substantiva é a base fundamental para que os estudantes compreendam os processos físicos e particulares da natureza. A relação universal, base de todas as relações presentes em processos da natureza, ao ser identificada, pode ser utilizada na compreensão do conceito (Libâneo; Freitas, 2019). Para explicar sobre esse processo os autores ressaltam que

os alunos aprendem os conceitos dentro dessas áreas de conteúdo identificando a presença da relação universal que caracteriza todo o processo natural como processo de mudança. No estudo de cada conceito dentro de uma área do conteúdo, a abstração inicial vai propiciando aos alunos níveis mais aprofundados de concretização. Assim, os alunos vão identificando e compreendendo cada vez mais o princípio geral e a relação universal presentes em objetos particulares e singulares (Libâneo; Freitas, 2019, p. 234).

O conceito de transmissão gênica é revelado em seu movimento, que o constitui como elemento e processo histórico social e natural das ações humanas. O seu estudo lógico-histórico é fundamental no desvelar de sua essência, como produção humana, para compreender o seu lugar como síntese na interação do sujeito com o meio. Para Libâneo e Freitas (2022, p. 14), ao realizar um exame lógico e histórico, busca-se

identificar a relação geral, universal e abstrata, expressiva da abstração inicial do conceito dentro de uma área de conhecimento. A determinação clara desta relação é

condição para se formular o conteúdo de cada elemento da atividade de estudo (o que o aluno realizará em cada ação, para que e em que condições).

Para tanto, o conceito de transmissão gênica foi integrado nas ações e tarefas de estudo no decorrer do experimento didático-formativo, a fim de relacionar o estudante com o movimento dos aspectos mais gerais do conceito para os mais particulares.

No primeiro momento da disciplina, realizamos a discussão do plano de ensino com os estudantes. Nesse momento, os professores pesquisadores abordaram a relevância da pesquisa e aspectos importantes sobre as teorias que fundamentaram o planejamento do componente optativo, evidenciando as relações entre a metodologia proposta e a base teórica que orienta os estudos.

Na primeira aula, utilizamos slides e projetor de slides para apresentar a dinâmica do curso e das atividades, bem como quadro e giz para realização dos registros. No segundo momento deste primeiro encontro, buscamos identificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da transmissão gênica. Para esse momento, foram apresentados os seguintes questionamentos: “Quando falamos a palavra transmissão, o que você pensa? Como um organismo individual transmite informações a seus descendentes da geração seguinte? No decorrer do curso vocês, o que já estudaram em relação ao conceito de transmissão?”. As questões buscavam desencadear a retomada de momentos importantes do processo de produção científica da humanidade.

***Mendel** - No caso, transmissão gênica seria passar os genes adiante, passar as características de um indivíduo para outro, os seus descendentes.*

***Morgan** - É necessário, antes de qualquer discussão, formular a questão de vida e indivíduos, mas, quando a gente fala da questão da genética, de informação, eu acho que ali seria, talvez, o primeiro momento pra gente ter uma base de desenvolvimento da transmissão. Toda vida depende da transmissão pra se perpetuar, mas nem tudo que se transmite é vida.*

***Elisa** - A transmissão é um processo inerente a todos os seres vivos. Todos os seres vivos têm essa capacidade.*

***Rosalind** - Pelo processo de transmissão não é uma coisa definida, que se entende por aleatoriedade. O aleatório se refere a processos que a gente ainda não conhece, não entende. Não acho que um dia a gente possa conhecer tudo. Se a gente conhecesse todos os fatores que determinam tudo, a gente poderia prever as coisas, voltando, assim, para o determinismo.*

As respostas e os diálogos com caráter coletivo, nesse momento, possibilitaram a construção de conhecimento por meio da interação entre os estudantes e pesquisadores.

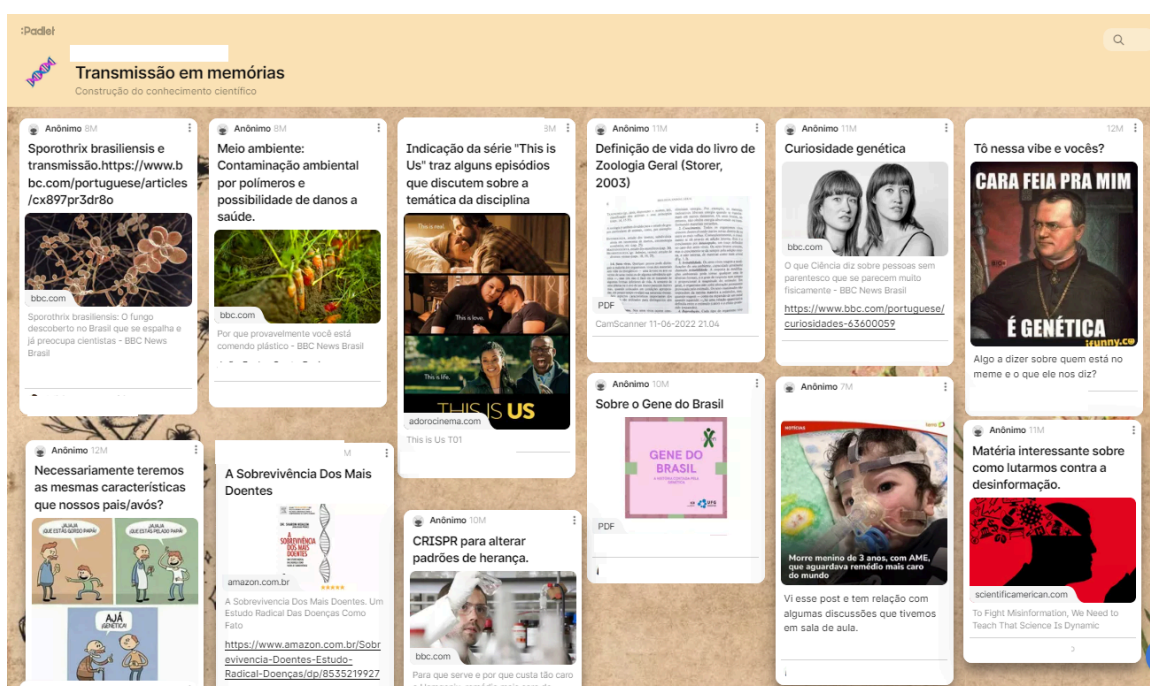
Posteriormente os estudantes realizaram suas apresentações, em uma dinâmica de roda de conversa, dialogando sobre trabalhos, curso, o período, sobre suas preferências. Após esse momento, foi apresentada a plataforma Moodle, todas as possibilidades de sua utilização e o

Padlet<sup>17</sup> (Figura 5), em forma de Mural, denominado de “Transmissão em memórias”, no intuito de ter um espaço menos formal para socializar assuntos relacionados à discussão da disciplina. No mural, os estudantes podiam trazer uma relação autoral com as discussões em aula. Em todo início de cada aula, foram discutidas as novas contribuições dos estudantes no mural.

A dinâmica de utilização do Padlet visava poder criar necessidades e motivos de estudo, que direcionassem os estudantes para a apropriação de conhecimentos como resultado de transformações de um dado material, revelando certas relações internas ou essenciais. Para Davydov (1999),

a necessidade de aprendizagem vem a ser a necessidade que o aluno tem de experimentar de forma real ou mental este ou aquele material de modo a desmembrar nele aspectos gerais essenciais e aspectos particulares, e ver como estes aspectos estão inter-relacionados (Davydov, 1999, p. 2).

Figura 5 - Mural: "Transmissão em memórias"



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Ao longo da disciplina, o mural se apresentou enquanto uma atividade de caráter de pesquisa. Por sua vez, o contexto do experimento didático-formativo permitiu ações críticas e investigativas nos estudantes. As pesquisas postadas no mural envolveram atividades que

<sup>17</sup> Ferramenta online que permite a criação de um mural ou quadro virtual dinâmico e interativo para registrar, guardar e partilhar conteúdo. (<https://padlet.com/elisavaz1/pm561bc4bpn02bf5>)

conectaram o conhecimento teórico estudado com a realidade atual, permitindo investigar, questionar e refletir sobre os fenômenos e problemas que cercam o conceito de transmissão gênica. Essa atividade trouxe contribuições importantes para as discussões sobre as principais temáticas que relacionavam informações da atualidade com o conteúdo estudado.

As postagens feitas pelos estudantes no mural eram sempre dialogadas no começo de cada aula, de modo que contribuíssem com o processo contextualização do conteúdo e com sua articulação com a realidade que os cerca. Abaixo, alguns exemplos das contribuições e discussões das publicações dos estudantes no mural no decorrer da disciplina:

Postagem 1 – *Morgan*: “O que é a biologia quântica, ramo da ciência que pode revelar por que estamos vivos”. Na aula seguinte, após a postagem da reportagem, com os estudos dos textos e das discussões da aula da semana, os estudantes acrescentaram:

*Morgan*: Acho que porque a diversidade biológica está em constante movimento, vemos o conceito do que é vivo e do que não é. Não é vida aquilo que permanece?

*Mendel*: A Biologia quântica é um ramo novo da biologia que tenta explicar como que a física de partículas influencia na vida, né, como que pode vir a explicar, de certa forma, a vida [...] é, o papel da mecânica quântica nos processos biológicos, como a fotossíntese.... E entendê-lo abriria as portas para inúmeras respostas e processos que ainda não entendemos completamente, desde compreender como funcionam as mutações até a criação de novos medicamentos ...

Postagem 2 – *Rosalind*: “Para combater a desinformação, precisamos ensinar que a ciência é dinâmica”. Uma reportagem que traz relações com os diferentes modos de pensar a biologia.

*Rosalind*: achei interessante a reportagem pra trazer, e pensar como funciona essa ciência. Meu pai mesmo fala que ciência não sabe nada, que cada hora é uma informação diferente! Explicar esse funcionamento da ciência pode ajudar.

Postagem 3 – *Elisa*: “Sobre o gene do Brasil”

*Elisa*: achei interessante a matéria que fala sobre a história do gene, [...] de quem eles coletaram pra fazer o sequenciamento; fala da herança também, tanto materna quanto paterna. Vi no Instagram e achei interessante, porque foi um tema que falamos aqui na aula, e tem coisa que eu não sabia.

Corroboramos com Lewontin e Levins (2002, p. 123) ao afirmar que

todo conhecimento vem da experiência e da reflexão sobre essa experiência à luz de um conhecimento anterior. A ciência não é exclusivamente diferente de outros modos de aprendizagem nesse aspecto.

Durante a realização das tarefas de estudo no experimento didático-formativo, podemos perceber as particularidades de cada estudante. Nem todos conseguiram refletir da

mesma forma; alguns compreenderam os objetivos da tarefa, outros ficaram mais distantes desse processo. A interiorização das atividades e o desenvolvimento da consciência são questões relacionadas ao aprimoramento e regulação consciente da atividade individual. O desenvolvimento cognitivo não ocorre ao mesmo tempo nos estudantes e, por mais que as atividades fossem coletivas, o estudante, por meio da apropriação do conceito de transmissão gênica, pôde, de forma individual, reproduzir os processos de formação dos conhecimentos formados historicamente.

Em diversos momentos, as tarefas de estudo realizadas no experimento direcionavam as ações de estudo e indicavam elementos de abstração substantiva, identificando as relações entre as propriedades do conceito e suas conexões internas, fazendo transformações mentais com eles, tal como ligações entre o geral e o particular. Os estudantes, ao longo das discussões, recorreram a instrumentos para identificar a relação universal e essencial do conceito de transmissão gênica.

Conseguiram, em alguns momentos, Postagem 4 - *Mendel* “Curiosidades Genéticas”. Para explicar sua postagem *Mendel* expressa:

*A matéria fala de pessoas que não tem parentesco nenhum e são muito parecidas. Aí ocorre uma dedução: se essas pessoas são muito parecidas, obviamente tem DNA parecido, né?!”[...] Mas aí não tinha nenhum estudo realmente comprovando se elas têm o DNA parecido. Aí eles pegam e falam que, realmente, mais de 75% ou 80% de DNA equivalente e que pra ser gêmeos idênticos mesmo, tem que ser mais de 90%.*

Nesse momento da atividade, o estudante conseguiu apreender propriedades relacionadas à transmissão gênica, diferenciando a ideia de gêmeos que possuem o mesmo DNA com pessoas que não tem parentesco, mas são muito parecidas. O conceito de DNA é algo essencial que integra a rede conceitual da transmissão gênica. Ao integrar o conceito de DNA com conceitos mais amplos e abstratos, como variabilidade genética, seleção natural ou engenharia genética, os alunos são capazes de desenvolver generalizações mais teóricas e abrangentes. Essa perspectiva permite que as particularidades sejam compreendidas em sua totalidade e dentro de um contexto mais amplo. Estabelecer essas conexões entre os conceitos

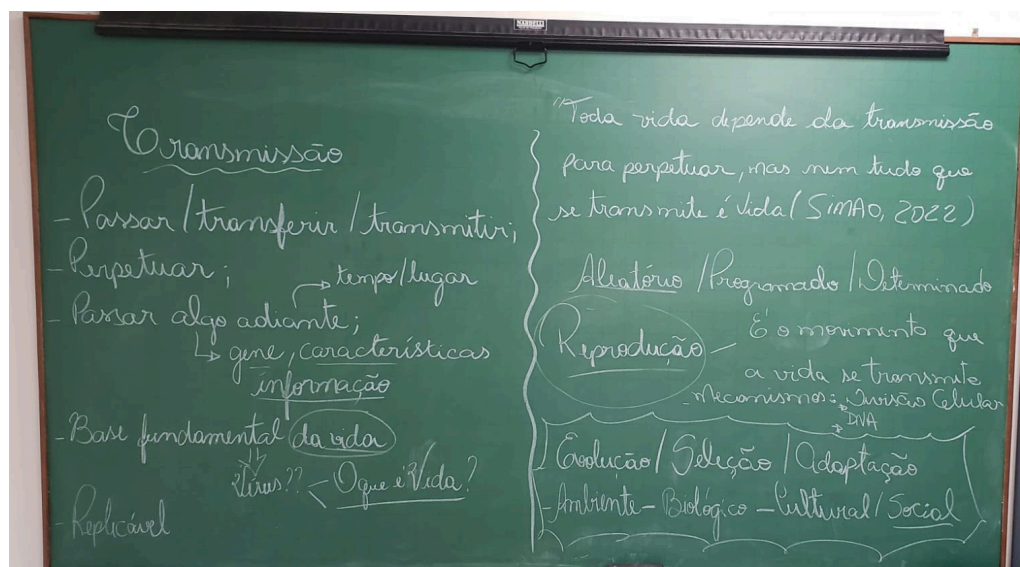
permite que essas abstrações possibilitem condições para generalizações cada vez mais teóricas, conferindo inteligibilidade para diversos fenômenos presentes na realidade objetiva. O estabelecimento da ligação com conceitos mais gerais faz com que os fenômenos sejam entendidos em sua totalidade, não como conceitos isolados cuja aprendizagem deve ser iniciada a cada conceito novo (Sforni; Belieri; Beleti Júnior, 2024, p. 16).

Durante os encontros da disciplina, foi possível revisitar os conceitos espontâneos dos estudantes e, a partir de leituras de textos, análises, diálogos e discussões, os conceitos científicos da rede conceitual da transmissão gênica foram relacionados em um processo dialético, integrando-os aos conceitos espontâneos, contribuindo, assim, para o processo de formação do pensamento conceitual. Uma questão fundamental no processo de aprendizagem se trata da transformação do conceito espontâneo para o científico, atingindo o ponto fundamental da generalização do antes e do agora. Assim sendo, o desenvolvimento do conceito espontâneo deve atingir um determinado nível para que o estudante possa apreender o conceito científico e tomar consciência dele (Vygotsky, 2001).

Todos já tinham cursado as disciplinas de genética e biologia molecular, componentes que abarcam conteúdos específicos que se relacionam com a transmissão gênica. O referencial teórico que fundamenta a discussão do conhecimento específico presente nos planos de ensino dessas disciplinas, tanto do bacharelado como da licenciatura, está pautado na obra de Griffiths (2006), que fundamenta, por exemplo, os conceitos de gene, DNA, divisão celular entre outros. Portanto, os estudantes tiveram componentes curriculares que deveriam dar subsídios para nossas discussões.

Todavia, os conceitos mencionados pelos estudantes nesse primeiro momento foram de compreensão aparente, evidenciando ainda um pensamento empírico. A partir da mediação dos pesquisadores, foram acrescentadas informações relevantes à discussão, trazendo aspectos científicos para integrarem os conhecimentos espontâneos que os estudantes apresentaram, explicitando que existem outros fatores, inclusive os sociais e históricos, que interferem no conceito de transmissão, sendo necessário compreender como essas relações vão fundamentar historicamente o conhecimento biológico (Figura 6).

Figura 6 - Registro no quadro de conceitos espontâneos sobre a rede conceitual da transmissão gênica.<sup>18</sup>



Fonte: obtida pela autora durante o experimento didático-formativo.

No processo de transformação para revelar a relação universal do conhecimento da Biologia, os estudantes realizaram a leitura de dois textos adaptados de Mayr (2011): *Como se estruturam as ciências da vida?* e Silva (2020) *A ciência Biologia - relações entre História Natural e História Social* (Apêndice F), de modo a subsidiar a discussão da aula sobre a estruturação da Biologia enquanto ciência única e a execução de tarefas. Para realização deste encontro, foram utilizados os textos disponíveis no Moodle, o quadro branco e pincéis. Para Sforni (2015, p. 390):

A leitura de textos científicos pelos estudantes é fundamental para que as sínteses provisórias, resultantes das discussões com o grupo acerca do problema desencadeador de aprendizagem, sejam ampliadas e avancem na direção da compreensão e do uso da linguagem própria da área de conhecimento em pauta.

Em alguns momentos da disciplina, os estudantes se queixaram das dificuldades que encontraram nas leituras dos textos indicados para compreensão da historicidade da Biologia e do conceito de transmissão gênica. Os estudantes do bacharelado argumentaram que não possuem aproximações com os textos apresentados, por falta de leitura e estudos quanto a história e filosofia da Biologia. Na discussão sobre os textos, os alunos argumentaram:

**Bateson** - Os textos da educação colocam temas filosóficos e sociológicos só para complicar.

<sup>18</sup> Todas as anotações e registros no quadro foram realizadas com os apontamentos realizados pelos estudantes.

*Elisa - É importante ter a compreensão histórica e filosófica, mas falta uma leitura particular. Tive um pouco dificuldade, mas consegui desenvolver. Não que eu não ache que tenha que ter, porque tem que ter mesmo, mas eu acho que isso vai de pessoa pra pessoa e, no meu caso, eu tenho mais dificuldade.*

*Mendel - Vai de acordo com a finalidade do estudo.*

*Rosalind - É a primeira disciplina que tenho com professores da educação e estou com um pouco de dificuldade.*

A certa resistência à leitura de textos filosóficos pelos estudantes pode estar diretamente relacionada ao “modo biologicista” no qual os cursos estão fundamentados. Como apresentado anteriormente, o CBB não possui disciplinas pedagógicas, e poucos componentes fazem uma discussão histórica dos conhecimentos biológicos. Já a LCBio possui disciplinas com tal finalidade, mas tínhamos apenas um estudante do curso. Além disso, cabe salientar que a efetivação de políticas educacionais, em níveis nacional e internacional, pode ser uma das causas do recuo da teoria. Tal contexto se coloca na contramão de uma formação crítica em uma perspectiva omnilateral, por meio da apropriação dos conhecimentos clássicos (Dias; Siqueira, 2023).

Apesar das dificuldades encontradas na leitura, no momento de debate da aula, de modo coletivo com toda a turma, discutimos os diversos aspectos que os discentes consideravam essenciais sobre as ciências da vida e a Biologia, apresentando suas sínteses sobre as ideias principais dos textos.

*Mendel - É, as causas próximas explicam questões do tipo “o quê?” e “como?”. Seriam as leis, né?! E as causas últimas seriam a teoria.*

*Morgan - Eu acho que o “por quê?” abrange o porquê das coisas. E o “como?” é a vista mais aparente, seria um conhecimento mais embrionário. Seriam as coisas mais simples. A impressão principal é o “como?”, no sentido de estudo, né?! Mas o “por quê?” permeia muito mais da nossa percepção.*

*Mendel - A gente tá tentando entender o “por quê?” com base no “que?” e no “como?”*

*Bateson - Eu acho que a gente poderia.*

*Rosalind - Eu só não entendi essa relação de causa próxima e causa última. Agora o “que?” e o “como?”, para a gente entender o “por quê?”. A gente precisa dessa base. Até pensando no desenvolvimento da ciência, com aquelas ciências mais descritivas, como é o caso da anatomia, e outras áreas como a fisiologia, a bioquímica.*

*Elisa - Fiquei me questionando se sempre começa perguntando “o quê?”, que se observa e se questiona “como?”. Se daria para ser o contrário - se perguntar primeiro o “por quê?”, para depois entender o “como?” e o “que?”*

*Mendel - As causas próximas tentam explicar o “que?” e “como?”. O exemplo das aves – “o que faz as aves voarem? Como elas voam?”. Ah, elas têm que bater essas asas pra voar e possuem toda essa anatomia preparada pra isso, né?! Músculo do peito maior, tem sacos aéreos, tem ossos porosos. E o “por quê?” - por que elas voam? Porque o ancestral desenvolveu asas em algum momento. Aquela teoria de que elas saltavam das árvores e começaram a voar e o “por que?” deve explicar a causa.*

*Rosalind - Mas, então, isso tá definido, “o quê?” e “como?” são as causas próximas e isso já é definido. Eu acho que a última remete a finalidade. Um modelo*

*possível, seria colocar as causas próximas como uma base de sustentação para as causas últimas? O que pensei seria as causas próximas, que são essas perguntas do tipo “o quê?” e “como?”, serem a base de sustentação pra essas outras perguntas do tipo “por quê?”. Não dá para você responder o porquê sem ter essa base de o que é. Tem que ter pelo menos isso - o que é e como? A gente vai responder esse tipo de pergunta até pensando no meu próprio processo de aprendizado que é uma bagunça, você vai aprendendo, você vai alterando isso, você vai tentar entender aqui e depois você volta. A gente precisa dessa base, até pensando no desenvolvimento da ciência, com aquelas ciências mais descritivas que nem a anatomia e outras áreas como a fisiologia, a bioquímica.*

Um dos pesquisadores em mediação do processo contribuiu com a discussão em sala com as seguintes explicações:

*Para chegar às concepções das causas próximas, das causas últimas e relacionar à biologia, entendendo determinados fenômenos. Devemos buscar apontamentos nas causas próximas. Por exemplo: todos os vertebrados possuem vértebras? Então, é um critério clássico de classificação desses organismos? Como atuam essas vértebras? Quais são as semelhanças? O que são? Como são? Agora, por que essas semelhanças existem? Entendem que precisamos de todas essas respostas acerca do “o quê?”, “como?”, “quais?” e “de que forma?” para chegar na pergunta do “por quê?”. Questões do tipo “por qu~e?” lidam com os aspectos históricos e evolutivos responsáveis por todos os aspectos dos organismos que existem, ou existiram no passado. Então, não é só o agora que é o objeto. É o agora, na relação com o que nós já tivemos e, inclusive, o que pode vir a ser.*

No decorrer das discussões, os estudantes compreenderam que somente as respostas das perguntas do tipo “o quê?” não bastaram para compreender as áreas da Biologia, sendo necessário voltar para as perguntas do tipo “como?” e “por quê?”. Podemos identificar, nesse momento inicial, visões lamarquistas para explicar a evolução biológica, o que se constitui um limitador para a Biologia, bem como, processos iniciais de compreensão da relação universal da Biologia, com seus modos epistemológicos e ontológicos de se constituir ciência.

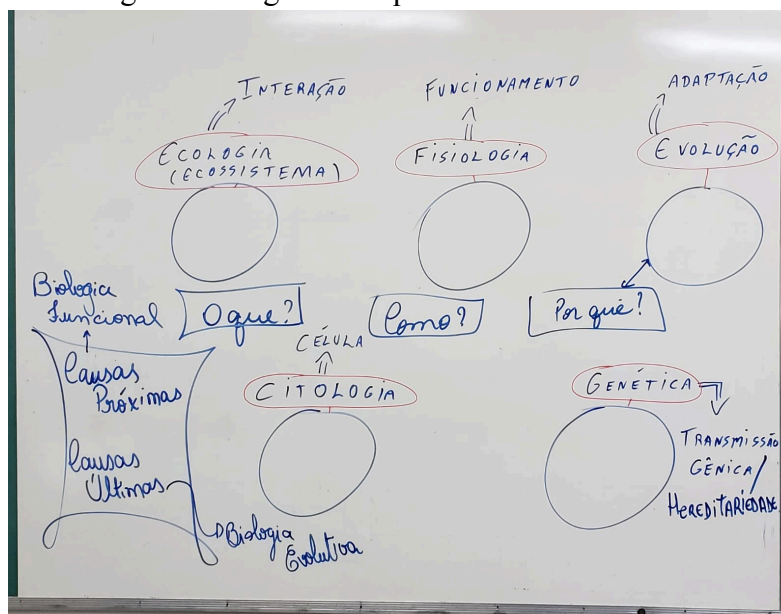
Transcorrendo nesse processo de problematização entre desvelar a relação universal da Biologia e como ela se dá em situações particulares, o pesquisador complementou a discussão sugerindo:

*Vamos pensar sobre quais seriam as grandes áreas da Biologia? Ou pensar a Biologia enquanto ciência única, relacionando com o que é essencial ou fundamental para sua compreensão. Qual conceito, se tirarmos da Biologia, não vamos mais compreendê-la? Qual conceito fundamental da genética caracteriza a sua essência? Ou a ausência de um conceito nuclear na área da citologia que desconfigura a Biologia enquanto Ciência.*

A necessidade que se apresenta na realização da atividade objetivou fazer com que os estudantes entrassem em atividade na busca pela solução das problemáticas apresentadas e construíssem com uma representação dos principais conteúdos discutidos nos textos. Nesse

momento, os estudantes foram construindo em conjunto, no quadro, com base no processo de diálogo, nas discussões, leituras e problematizações, uma síntese para responder a pergunta “o que é essencial ou fundamental para elucidar o que a Biologia?” (Figura 7).

Figura 7 - Registro no quadro sobre as análises dos textos.



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Os registros do quadro apontam o movimento dos estudantes em tentar elucidar a relação universal da Biologia, relacionando os modos de fazer ciência com suas áreas de pesquisa, conceitos nucleares e particularidades. Questões e problematizações do tipo “como? o quê? e por quê?” direcionam o modo de investigação da pesquisa e o modo de fazer científico. O conhecimento biológico não pode ser compreendido apenas por um conjunto delimitado de questões; no entanto, para sua apropriação, devem ser levados em consideração os “fatores históricos e sociais (e como esses fatores influenciam na vida da humanidade) que o constituem, bem como em uma base didático-pedagógica para o desenvolvimento humano que fundamente e articule os modos de fazer ciência, ensinar e aprender” (Pinheiro; Echalar; Queiroz, 2021, p. 16).

Na trajetória da disciplina, as tarefas de estudo (2, 3 e 4) foram realizadas com a finalidade de avançar na relação universal do conceito de transmissão gênica. Para a tarefa de estudo 2 foram apresentados aos estudantes três cartões que retratam uma relação entre o modo como o conceito de transmissão gênica podia ser entendido pelos estudiosos em tempos antigos. Os cartões foram impressos e entregues de forma individual. Entre as operações e ações, os estudantes realizaram uma pesquisa e, posteriormente, apresentaram as discussões

(Figura 8). A intencionalidade dessa tarefa era evidenciar que o estudo lógico-histórico compreende a relação da formação do conhecimento com os modos de produção, evidenciando as manifestações das condições materiais e objetivas de cada período que determinam essa relação (Nascimento Júnior, 2010).

Figura 8 - Cartões - Como os povos antigos pensavam e explicavam sobre a transmissão?



Fonte: elaborado pela autora (2024).

Iniciamos a discussão sobre o conceito de transmissão partindo da síntese individual que foi apresentada por eles após a leitura dos cartões. Discutiram, de modo oral e em grupo, o conceito de transmissão e, posteriormente, foram apresentadas as ideias centrais que cada grupo levantou. Os estudantes asseveraram que:

***Mendel** - Os gregos tinham esse negócio de se reunir só para pensar, refletir sobre a questão da vida. Foram os pioneiros nas indagações.*

***Elisa** - Hipócrates estudou sobre partículas presentes nas partes dos corpos e os Maias sobre a transmissão por meio do cultivo de milho.*

Do olhar inicial sobre a temática, os pesquisadores mediarão a aula com questões desencadeadoras<sup>19</sup>: em relação aos interesses produtivos, as condições materiais concretas, os modos de produção da época em que viviam, o que os povos antigos poderiam querer com o conhecimento de transmissão? Sobre essa questão, os estudantes pontuaram:

**Mendel** - *Em relação aos modos de produção, o conceito de transmissão gênica está diretamente ligado com a plantação e agricultura da época e, sobre entender os estudos do passado, é importante para não cometer os mesmos erros que aconteceram ao longo da história.*

**Rosalind** - *O conceito de transmissão perpassa por diversas esferas. Pensar esse conceito na visão dos povos antigos pode trazer diversas discussões. A agricultura é a prática de cultivar plantas, criar gado, e sua história tem início há aproximadamente 12 mil anos atrás. Para essa prática acontecer, implica-se inicialmente uma certa ideia de transmissão, como por exemplo: as sementes desta determinada planta irão gerar esta mesma planta. Assim, podemos inferir que a ideia de transmissão de características já estava presente há pelo menos 12 mil anos atrás e que foi sendo desenvolvida com o passar do tempo. Podemos observar o desenvolvimento dessa noção de transmissão de características, juntamente com o desenvolver da agricultura através das práticas de seleção artificial.*

**Morgan** - *O pensamento dos gregos estava relacionado com o conhecimento científico e com a questão religiosa nos diferentes períodos da história.*

A pesquisadora continua provocando: *Percebem que existem conceitos e elementos básicos da genética desenvolvida pela pluralidade de pesquisadores ao longo da história da ciência? Quais trabalhos em sua trajetória acadêmica possuem alguma relação com a transmissão gênica?*

Os estudantes elaboraram uma síntese, de modo a explicitar essa relação e, posteriormente, apresentaram sobre suas experiências acadêmicas. Para realização dessa tarefa, os estudantes utilizaram projetor de slides para apresentação dos slides que eles tinham formulado.

A estudante *Rosalind* apresentou seu trabalho desenvolvido na graduação sobre resgate evolutivo, e o relacionou com a transmissão gênica a partir de seus conhecimentos sobre a teoria da “Síntese evolutiva”. Em sua explanação, ela afirmou que a

*Evolução e genética estão intimamente ligadas. A ideia principal por trás do resgate evolutivo é a adaptação em um curto período de tempo, e o aumento da frequência de características herdáveis. As características que são transmitidas hereditariamente são objeto da seleção natural. Essa é a síntese dela da relação entre resgate evolutivo e transmissão gênica.*

---

<sup>19</sup> [...] o objetivo principal da situação desencadeadora de aprendizagem é provocar a necessidade de apropriação do conceito pelo estudante, de modo que suas ações sejam realizadas na busca da solução do problema mobilizadas pelo motivo real desta atividade - apropriação dos conhecimentos (Cedro; Moraes; Rosa, 2010, p. 440).

*Elisa* apresentou sobre a “diversidade genética em indivíduos juvenis de tartarugas no rio Crixás – Goiás”. A estudante *Edith* apresentou seus trabalhos desenvolvidos na área da Genética Forense. *Morgan* falou sobre as relações da transmissão gênica com o processo evolutivo do filo Trilobita. Entretanto, os três estudantes tiveram dificuldades em traçar a relação entre a temática escolhida e o conceito de transmissão gênica. *Bateson* apresentou os apontamentos da pesquisa realizada no TCC sobre Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) e conseguiu associar os fatores relacionados com as doenças genéticas e o conceito. *Mendel* apresentou sobre a filogenia baseada em características moleculares, explicando sobre a relação entre a menor distância genética pode indicar uma relação evolutiva mais próxima. O estudante afirmou que “*a relação da transmissão gênica pode ser utilizada para explicar as mutações e mudanças evolutivas, como uma fonte da variabilidade*”.

As definições e relações apresentadas pelos estudantes são marcadas por uma combinação de fatores pessoais, acadêmicos e sociais. As motivações e necessidades individuais, o contexto de pesquisa, as dinâmicas de grupo e as expectativas educacionais desempenham papéis importantes na forma como os conceitos são formados. Para Davydov (1988), as motivações e necessidades são componentes essenciais da atividade humana.

Durante as apresentações, os professores pesquisadores mediavam com questões a pensar sobre os diversos conceitos da Biologia para articular com a transmissão gênica e os caminhos conceituais percorridos.

***Pesquisadora*** - *É interessante esse movimento da discussão sobre a atividade realizada na vida acadêmica e as relações com o conceito. Compreender que a transmissão está relacionada a outros mecanismos biológicos é importante? O que podemos trazer a respeito?*

***Rosalind*** - *Acredito que pensarmos sobre essa relação entre nossos trabalhos experimentais já realizados durante nossa vida acadêmica e traçar um paralelo com o conceito não é fácil, mas nos faz pensar sobre como a transmissão gênica pode estar presente em tantas discussões que já fizemos.*

***Mendel*** - *Relacionar a pesquisa que realizei com a transmissão foi uma atividade para refletir.*

***Edith*** - *A genética forense, que é a atividade que desenvolvo no estágio, é uma importante ferramenta de auxílio à justiça na identificação humana e tem uma relação com a transmissão gênica, pois através dele é possível até fazer a identificação de pessoas mortas, utilizando DNA obtido de ossos ou dentes, ordem ou sequência gênica.*

As atividades até então apresentadas nos possibilitaram compreender como os estudantes compreendem a Biologia e o conceito em estudo, bem como criar motivos de estudo, construindo situações que viabilizassem estar em atividade.

Para o estudo lógico-histórico do conceito, foi indicado para leitura e análise o texto adaptado de Silva (2020), *O desenvolvimento lógico e histórico do conceito transmissão*

*gênica*, que auxiliou na busca pela compreensão da gênese e desenvolvimento do conceito. Buscávamos despertar nos estudantes a necessidade de aprender o conceito, pois a atividade do sujeito está sempre relacionada a certa necessidade. A cada leitura dos textos de indicação básica da disciplina, eram realizadas discussões para que os estudantes apresentassem as ideias principais e as análises sobre suas leituras, a fim de que compartilhassem e agregassem seus conhecimentos sobre a temática em estudo.

Um dos questionamentos sobre o estudo do movimento lógico-histórico durante essas discussões partiu do estudante *Bateson*, que lança algumas problemáticas:

*Existe realmente a necessidade de focar nos conceitos antes de Mendel para falar do conceito de Crisper-edição genética? É preciso os contextos históricos pra determinados pontos da genética? Por exemplo, eu amo genética e é minha área de estudo, mas assim, eu não acho que você precise saber genética para explicar biologia. A gente saber contextualmente, é importante para a perspectiva histórica. Porém, a perspectiva de fazer ciência de ponta hoje, talvez tenhamos que pegar os conceitos que são válidos, não ficar estudando tudo.*

**Pesquisadora** - Não seria importante se apropriar de todo conhecimento científico construído historicamente, já que é uma produção humana?

**Bateson** – Por exemplo, hoje não se faz mais em laboratório a pipetagem com a boca. E não preciso aplicar essa explicação, que já foi esclarecido sobre a contaminação.

**Pesquisador** – Acha mesmo que está claro? Sobre a Covid, por exemplo, tem muito a ser compreendido pelo aspecto histórico: a construção de hospitais, a rapidez no diagnóstico e as formas possíveis de vacina.

**Bateson** - Eu não preciso focar nos conceitos de pré-Mendel, Hipócrates e companhia para falar de crisper ou edição genética.

**Pesquisadora** - O conceito de crisper foi desenvolvido após os estudos de Mendel, mas ele faz parte da rede conceitual da transmissão gênica, por exemplo, que é um conceito que vem de conhecimentos anteriores?

**Bateson** - Quis estudar no meu TCC sobre doença renal policística, porém fiz sobre esclerose, por causa do orientador. A questão é a minha motivação para estudar genética. Meu interesse em edição genética é estudar doenças raras e identificar uma forma de reduzir ou acabar com algumas.

**Pesquisador** - Isso implica na sociedade?

**Bateson** - Eu não ligo para a vida do paciente.

**Pesquisador** - Por que estudar, então? Pois tem uma implicação para a sociedade.

**Bateson** - Estudo só para acabar com a doença, sem preocupar com as pessoas. Vou reformular meu raciocínio: eu não discordo da contextualização histórica, só não acho necessário estudar como os gregos antigos entendiam a transmissão gênica, para explicar como a transmissão de fato se dá. Acho melhor parar a discussão, pois tenho opiniões impopulares. É melhor não expor aqui.

**Pesquisadora:** Para finalizar esse raciocínio, compreender o modo como o conhecimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica se deu, revela sua relação com as teorias que estruturam a Biologia, revela suas relações com outros conceitos, com o modo de estudar as doenças genéticas, ou com o conceito de crisper, ou ainda com os seus estudos sobre doenças raras. É complicado ter uma percepção acerca da transmissão, e todos os conteúdos que se relacionam com ela, sem uma análise dos contextos e acontecimentos históricos que o antecederam e o compuseram.

Questionamentos assim podem refletir um ensino tradicional ao qual os estudantes estão acostumados, apresentando uma necessidade do conceito se mostrar imediatamente na área, “de modo aplicado”. Durante os diálogos, ficou evidente que os estudantes não conheciam e não tiveram aulas que trabalhassem com uma perspectiva histórica e filosófica dos conhecimentos, desconhecendo as múltiplas relações que compõem a rede conceitual.

Tal fato constitui uma perspectiva utilitarista da ciência, ou seja, para atender demandas imediatas e aparentes, no qual se desconsidera a discussão política e social. O utilitarismo está associado à busca por interesses individuais que destacam a dimensão econômica como o principal determinante do comportamento humano. A sua disseminação tende a priorizar valores mercantis que acabam influenciando as universidades, desviando-as de suas verdadeiras finalidades humanas e sociais (Lenoir, 2016). O autor ressalta que, assim como o pensamento de senso comum

E a concepção utilitarista estimam que a teoria – dizemos igualmente a conceitualização – não é “prática”, alguns consideram que as ciências da educação são sem valor, sem utilidade instrumental. Eles se apoiam nesta tendência que não considera a formação e a pesquisa a não ser pelo critério único dos seus impactos e de sua eficiência nas práticas, visão tão fragmentada quanto redutora que, obcecada pelas dimensões empíricas e, sobretudo, operatórias, refuta a necessidade de conceitualizar a realidade, como se esta pudesse ser revelada imediatamente apenas com um olhar de observador (Lenoir, 2016, p. 164).

Essa lógica utilitarista tem influenciado as ciências da educação, enfatizando uma orientação voltada para resultados econômicos e práticos, em detrimento de valores educativos e sociais.

Diante dessa dúvida de *Bateson*, surgiu a necessidade de uma discussão sobre como a compreensão do movimento lógico-histórico dos conceitos nos permite identificar os nexos conceituais que são inerentes a determinado conhecimento. Foi debatida a importância de se compreender os procedimentos investigativos.

O contexto histórico do estudante *Bateson* está relacionado às suas motivações e falas sobre os avanços da transmissão gênica. A frase do estudante “*Eu não ligo para a vida do paciente*”, reforça a necessidade do estudo da ética e da vida em sociedade. Em Aristóteles e demais filósofos, tais reflexões sobre os fenômenos só tinham sentido por serem orientados pela ética. Um dos componentes curriculares em comum da matriz dos cursos de bacharelado e licenciatura é Tópicos de Bioética<sup>20</sup>, que se propõe a promover a reflexão com base nos

---

<sup>20</sup> Ementa do curso: “Reflexão sobre diversos temas relacionados à vida humana, com base nos princípios de bioética. Debates sobre a história da bioética e a relação entre ética, bioética e demais temas. Questões polêmicas da bioética (generalidades), ética/bioética conceito e aplicação científica. Ética nas pesquisas na experimentação

princípios da bioética sobre diversos temas relacionados à vida humana, áreas de estudo e pesquisa. As disciplinas de Estágio Curricular Obrigatório da licenciatura e a disciplina Formação Profissional do Biólogo do bacharelado discutem sobre o *Código de Ética do Profissional Biólogo*, documento elaborado pelo CFBio. Estudos pautados na ética e o seu debate

[são] uma discussão multidisciplinar, à qual todas as áreas das ciências devem se comprometer, firmando sua contribuição para impedir o reducionismo relativo à adoção de éticas individuais, tanto quanto para impedir o oposto, que se refere à prática de éticas corporativas de grupos interessados em obter benefícios particulares (Faria; Meneghetti, 2004, p. 13).

A apropriação de conhecimentos relacionados às questões éticas podem permitir que estudantes se desenvolvam humanamente. A humanidade do indivíduo é uma construção histórica mediada pelo trabalho e, nesse sentido, o trabalho educativo

(...) é o ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens. Assim, o objeto da educação diz respeito, de um lado, à identificação dos elementos culturais que precisam ser assimilados pelos indivíduos da espécie humana para que eles se tornem humanos e, de outro lado e concomitantemente, à descoberta das formas mais adequadas para atingir esse objetivo (Saviani, 2011, p. 13).

Diante dos estudos sobre a rede conceitual de transmissão gênica e todos os conhecimentos que ela abarca, como as tecnologias associadas, há uma necessidade crescente de incluir reflexões éticas, especialmente na formação de profissionais que lidarão com questões genéticas. A formação desses estudantes deve prepará-los não apenas com conhecimentos técnicos, mas também com uma base ética sólida para lidar com os dilemas morais que surgem com a manipulação genética.

Após alguns encontros, leituras, discussões e intervenções realizadas pelos pesquisadores sobre o estudo lógico-histórico do conceito de transmissão gênica, quatro estudantes compreenderam a relevância deste conhecimento e suas falas contemplaram conhecimentos construídos ao longo da história do conceito

---

animal e plantas. Ética nas pesquisas na experimentação humana e comitês de ética em pesquisa. Ética na área da saúde (restrições a doenças, humanizando a dor), transplantes, venda de órgãos, morte cerebral, eutanásia, distanásia, uso de cadáveres, técnicas reprodutivas, aborto e uso de embriões, barriga de aluguel., manipulação genética, clonagem, transgênicos e células troncos, ética no contexto social (os excluídos: as ações afirmativas, racismo, indígenas, imigrantes, mulher, idoso, criança, homossexualidade, portadores de necessidades especiais, etc.), violência e comportamento, biopirataria e o uso das descobertas e inovações, o uso de patentes, o aquecimento global, neuroética” (UFG, 2017b, p. 30).

**Mendel** - *E, também, para não cometer os mesmos erros, digamos, às vezes você tem uma hipótese e essa hipótese já foi testada anteriormente, então por isso é importante conhecer a história para saber qual o caminho deve seguir; qual o caminho mais provável de ser a explicação para aquele fenômeno. Então, é no sentido, igual a professora falou, do processo de fazer ciência mesmo.*

**Rosalind** - *Acho que a gente analisa o fenômeno e aí vai tentando entender e atribuir explicações para ele; por exemplo, a transmissão no início, foi Hipócrates, que disse você tem o material da mulher, da fêmea e o do homem e isso deve tá envolvido na geração de um novo indivíduo e deve dar a contribuição dessas características. Ter essa explicação serve como uma base para próxima pessoa que vai tentar entender melhor esse conhecimento, esse fenômeno. Eu acho que aí, a partir disso, você pode testar, a partir disso você vai reconstruindo “ah, então é assim, pode acontecer isso”. Acho que é o que eu estou conseguindo pensar, agora, minha contribuição de estudar esses conceitos.*

**Morgan** - *Acho que um paralelo interessante também é a gente perceber que, na Idade Antiga, boa parte das percepções de virtude, força eram atributos ligados ao homem, então era uma visão de transmissão, no caso de genes, nesse sentido era ligado ao homem. Tanto que tem lá a teoria dos homúnculos, sempre uma coisa muito ligada ao homem, sempre ligado à força, virtude, os valores que eles pregavam. Então, uma parte da ciência, da verdade, é sempre muito machista nesse sentido. Tanto que, ao longo do desenvolvimento, boa parte dos cientistas eram homens por acesso à educação e tudo mais. Então, cria-se essa percepção um pouco errônea de transmissão, de que o homem seria o gerador, que traz a semente e tal, sendo que, na prática, não é bem assim. E é um raciocínio que se estende por muitos anos. E, outra coisa engraçada, as pessoas entendem a ciência como algo pronto.*

**Elisa** - *Acho interessante, como se fosse um ponto de partida, né?! Um começo, porque eles tentaram e chegaram numa base do que a gente sabe hoje em dia. E ainda tem que levar em conta o contexto também que todos surgiram, né? Porque o contexto é importante para você pensar algumas ideias, para você entender como aquela ideia surgiu.*

Os motivos das ações de estudo impulsionaram os estudantes a apropriar os procedimentos de reprodução do conceito de transmissão gênica. Ao compreender a importância desse movimento, os estudantes conseguem, a partir da abstração inicial, identificar a relação universal do conceito de transmissão gênica. Ao final das discussões sobre o estudo lógico-histórico do conceito, *Rosalind* complementa: “*Por que esse olhar histórico é importante para esses conceitos se estabelecerem como alicerce? Eu consigo ver, me faz total sentido, quando vocês falam sobre como estabelecer um alicerce, uma base a transmissão gênica pelo que ela representa em si e pelo que é a Biologia*”.

O estudante *Bateson*, mesmo após as intervenções e mediações dos pesquisadores, manteve suas ideias afirmando, “*Eu acho que a gente saber, contextualizar e o contexto lá de trás é importante na perspectiva histórica, mas da perspectiva de fazer ciência hoje, talvez a gente tenha que pegar só os conceitos que ainda são válidos, não sendo necessário ficar em torno de tudo*”. O estudante conseguia compreender parte das relações do conceito; contudo, permanecia resistente aos processos de abstração e transformação.

A estudante *Edith* participou pouquíssimo das discussões e, mesmo quando questionada pelos pesquisadores, preferia não elucidar suas ideias ou conhecimentos, e

afirmou ter dificuldades nos aspectos históricos e filosóficos. Ao observarmos as tarefas apresentadas pela estudante *Edith*, e em suas poucas falas, percebemos abstrações que captam apenas aspectos exteriores, secundários, baseados em impressões imediatas, que podem induzir a conceitos falsos, formando uma generalização unilateral, que não permite identificar as relações do objeto e, conseqüentemente, o conceito não é formado (Libâneo; Freitas, 2019).

No processo de compreensão da realidade em seu movimento, as abstrações do movimento histórico são generalizadas com o auxílio da linguagem e refletem o processo histórico em forma abstrata e teoricamente coerente (Sforni; Belieri; Beleti Júnior, 2024). Para Kopnin (1978, p. 184),

o lógico é reflexo do histórico por meio de abstrações e aqui dá-se atenção principal à manutenção da linha principal do processo histórico real. A lógica do movimento do pensamento tem como uma de suas leis principais a ascensão do simples ao complexo, do inferior ao superior, e esse movimento do pensamento expressa a lei do desenvolvimento dos fenômenos do mundo objetivo.

No estudo do conceito de transmissão gênica, torna-se necessária a investigação da sua história, compreendendo a construção desse conhecimento como instrumento da atividade humana. As tarefas e ações de estudo colocaram os estudantes em atividade, diante de situações de busca de soluções de problemas que buscavam identificar relações entre as propriedades do conceito de transmissão gênica e suas conexões internas, fazendo transformações mentais com eles, ligações entre o geral e o particular.

Na realização da tarefa de estudo 4, que direcionava a ação de transformação dos dados da tarefa buscando evidenciar a relação universal do conceito de transmissão gênica, os estudantes respondiam, primeiramente, uma questão desencadeadora: “como investigar a transmissão gênica?”. Posteriormente, simulando um procedimento de pesquisa, com a finalidade de reproduzir o caminho dos cientistas, um objeto de estudo (entre os seres vivos) deveria ser escolhido. Esse objeto deveria indicar uma possível proposta de investigação da transmissão de características. Ao final da tarefa de estudo, com a descrição do processo do experimento, as características observadas deveriam ser descritas e analisadas, evidenciando quais seriam favoráveis para a pesquisa. Era necessário, também, apresentar suposições sobre os experimentos e os possíveis resultados esperados.

Para realização da tarefa, folhas de chamex e canetas e lápis foram disponibilizadas aos estudantes,. A turma foi dividida em dois grupos de três integrantes e, após o período de pesquisas, escolhas e diálogos, formamos uma roda de conversa para exporem suas observações simuladas. Na escolha dos experimentos, os grupos formulam várias hipóteses.

**Morgan** – Acho que os coelhos são fáceis de trabalhar e observar, por causa da reprodução rápida.

**Elisa** – Eu escolheria as tartarugas. Quando estudei sobre elas, pude observar a diversidade genética, o comportamento reprodutivo, os sítios de desova.

**Mendel** – Acho que trabalhar com microrganismos seria interessante.

**Rosalind** – Vou observar uma espécie de planta.

Nesse primeiro momento, não levaram em conta as questões éticas e apresentaram dificuldades no planejamento da experiência. Questões importantes foram elaboradas no decorrer da tarefa como:

**Pesquisador** – por que da escolha do objeto? Qual a importância de princípios para a construção de um experimento? Por que o botânico Gregor Mendel obteve sucesso com seus experimentos com as ervilhas? A escolha das características a serem estudadas são importantes? Por que a planta seria um ser vivo adequado para estudar a transmissão?

**Bateson** – É mais rápida a reprodução e, também, por uma questão ética.

**Mendel** – Tem mais espaço para criação, mais investimentos pelo potencial medicinal das plantas e pela influência na agricultura.

**Pesquisadora** – Percebem a importância da síntese dos diversos estudos realizados para a compreensão dos conceitos e das rupturas que tiveram ao longo do tempo? Os estudos de Gregor Mendel, seu trabalho com as ervilhas e o sucesso que obteve em seus experimentos, os estudos de Darwin sobre os mecanismos evolutivos. A falta de conhecimento da época não contribuiu para a discussão das pesquisas, pois muitas eram refutadas.

Alguns conceitos que constituem a rede da transmissão gênica surgiram no desenrolar da tarefa, como: adaptação; seleção natural; caracteres dominantes e recessivos; genótipo e fenótipo; fatores ambientais; interação; cruzamentos; híbridos; gerações parentais; evolução.

**Mendel** – Para descrição do processo do experimento, a cultura de bactéria que pensei inicialmente sofreu mutações e não se adaptou ao meio; morreram todas as culturas.

**Rosalind** – As características das minhas plantas observadas eram fáceis de identificar ao longo das gerações, o que ajudou com os resultados da suposta pesquisa.

**Pesquisadora** – Tracem um paralelo entre as pesquisas imaginárias de vocês e os experimentos de Gregor Mendel

**Morgan** – Ah, ele teve muito sucesso com as ervilhas. Ele escolheu bem o objeto de estudo.

**Elisa** – Ele era botânico.

**Rosalind**: E ainda fez todos os cálculos; eu não consigo.

**Mendel** - A ervilha era de fácil cultivo, tinha características visíveis, foi melhor escolha que as bactérias.

Com essa tarefa de estudo, os conhecimentos empíricos e as observações refletiram nas representações das propriedades externas do conceito de transmissão gênica. A relação universal dos fenômenos da natureza não é demonstrada em detalhes, nem o resultado da contemplação imediata, sendo assim o movimento se dá a partir da ascensão da essência

abstrata e da relação universal não desmembrada até a unidade dos aspectos diversos do todo em desenvolvimento, até chegar ao concreto (Davydov, 1988).

Ao longo do experimento, os estudantes *Morgan, Elisa, Edith e Mendel* conseguiram, na realização das ações, no processo de abstração inicial, apreender o conceito dentro da sua área de conhecimento. No contexto do conhecimento biológico, a abstração é a chave para que os estudantes possam interpretar os mecanismos de transmissão gênica e suas relações com a evolução e outros conhecimentos, a partir de um princípio geral e universal.

#### 4.3.2 Modelação da relação geral e transformação do modelo

Os modelos de aprendizagem constituem uma representação da relação universal, identificada e diferenciada no processo de transformação dos dados da tarefa de estudo, estabelecendo as características internas do conceito, impulsionando o processo de formação dos conhecimentos teóricos. A ação de modelação também constitui um processo pelo qual se estudam as propriedades da abstração da relação universal (Davydov, 1988). Ao longo da disciplina, os estudantes realizaram diferentes tipos de modelações e puderam realizar a transformação dos modelos.

Na organização das ações e operações da tarefa 1, pautados pelas leituras e discussões realizadas anteriormente sobre a estruturação da Biologia enquanto ciência, os estudantes foram motivados a avançar na elaboração do modelo da relação universal da Biologia. Para a realização dessa tarefa, foram disponibilizados aos estudantes cartolina, papel sulfite branco, lápis de cor e canetinhas, quadro e giz.

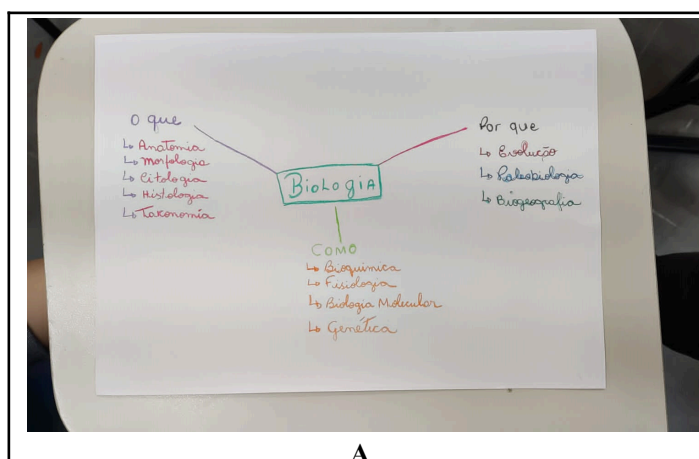
A turma foi dividida em 2 grupos de três estudantes: grupo 1 (*Rosalind, Elisa e Edith*) e grupo 2 (*Bateson, Mendel e Morgan*). Cada grupo recebeu folhas em branco para iniciar a atividade de modelação de sistematização da Biologia. Ficou a critério dos estudantes realizar um movimento que entendem dessa organização. Na realização das primeiras modelações, os estudantes sentiram dificuldades em expressar seus conhecimentos em forma de um modelo.

**Rosalind** - *A gente não está muito acostumado com mapa conceitual, mas é muito bom. Eu não sei se é todo mundo que é do bacharel que não está acostumado a fazer esse tipo de atividade, mas ajuda muito pra aprender. A linha do tempo, pelo menos pra mim, ajuda muito. Mas eu acho difícil estabelecer as relações, o que eu tenho que estabelecer como relação? Como tamanho na hora de fazer uma imagem?*

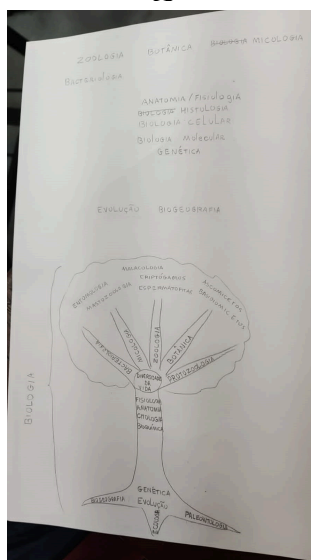
**Bateson** - *Minha cabeça não funciona nem um pouquinho. Eu acho o mapa abstrato e horrível para aprender. Eu tenho dificuldades.*

Fato interessante levantado pelos estudantes, pois a Biologia é tomada por esquemas e síntese. Seja nas aulas práticas de laboratórios ou nas discussões dos mais diversos conteúdos, são apresentados esquemas, vias metabólicas e tantas outras formas imagéticas de sintetizar os estudos biológicos. Todavia, construir a sua modelação não era um exercício comum aos estudantes, em especial aos do bacharelado. Ainda que mediante reclamações, os estudantes fizeram a tarefa de estudo (Figura 9 A e B).

Figura 9 - Versão 1 das modelações dos grupos. A - Grupo 1. B - Grupo 2.



A



B

Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

O grupo 1 (figura 9-A) foi representado pela aluna *Rosalind*, que explicou sobre as relações pensadas e discutidas sobre as áreas que integram a Biologia:

*Rosalind* - Então, a gente pensou em explorar as áreas da Biologia de acordo com as perguntas do texto e o que elas, majoritariamente, tendem a responder. Então, no “o quê?” a gente colocou anatomia, morfologia, citologia, histologia, taxinomia, as disciplinas mais descritivas. No “como?” A gente

*colocou bioquímica, fisiologia, biologia molecular, genética. E no “por quê?” a gente colocou evolução, paleontologia, biogeografia. Acho que durante o processo que a gente estava pensando, surgiram algumas dúvidas e decidimos por vamos focar nessas áreas mais de abordagem, mas dá pra separar a Biologia também de acordo com os grupos de indivíduos que elas estudam. Só que todas essas áreas, pegando a zoologia e a botânica, elas têm essas abordagens, ela tem anatomia vegetal, tem morfologia, tem citologia, enfim, por isso que a gente pegou mais essas áreas assim que são meio que uma abordagem.*

O grupo 2 (Figura 9-B), foi representado pelo aluno *Mendel*, que representou as grandes áreas da Biologia em formato de uma árvore:

***Mendel** - Nosso modelo representou a Biologia como uma árvore. Nas raízes da árvore estão as disciplinas de base – as mais gerais. A evolução no centro, tem a genética, paleontologia, ecologia, biogeografia, zoologia que são as disciplinas que se preocupam principalmente com o “por quê?” Depois, no tronco, as disciplinas que vão dar base pra entender a diversidade da vida tipo fisiologia, anatomia, citologia, bioquímica. E, nos ramos, nos galhos da árvore, as áreas de estudo de cada tipo de vida. Me baseei nos cinco reinos. Pode até fazer uns raminhos menores com as áreas mais específicas de cada uma, dentro da zoologia tem entomologia, mastozoologia etc; dentro da botânica: criptógamos, espermatófitas etc. A árvore como um todo é a Biologia, que é a vida, né?! Estuda a vida.*

No decorrer das aulas que seguiram com a finalidade de discutir sobre o que pode ser superado, os estudantes tiveram a oportunidade de repensar seus modelos, diante de debates e diálogos coletivos. Em um movimento de superação da realização dos modelos, novas sínteses foram propostas. Esse movimento permitiu a reconstrução da modelação pelo sujeito, a superação de sua aparência e a tomada de consciência de suas propriedades e relações que constituem a sua essência (Figura 10 A e B).



O grupo 2 (figura 10 - B), apresentou a nova versão da modelação, com poucas mudanças na representação

***Mendel:** mudamos poucas coisas da primeira versão. O céu representando física e química circundando a Biologia que é mais complexa e é representada pela árvore. A Geologia e Geografia as geociências no solo como uma base para a Biologia. Na base das árvores estão as questões do tipo por quê? mais relacionadas com a evolução. As questões tipo como e o quê? no tronco, para dar base para entender a biodiversidade da vida. Serve para entender as ramificações dos galhos que são as disciplinas de estudo específico dos seres vivos. E tudo isso constituindo a Biologia.*

***Bateson:** eu só não concordo que a Biologia seja mais complexa que as outras, e nesse modelo os vírus caíram da árvore? Por que não estão aí?*

Ao final das discussões no grupo, com exposição de motivos oralmente para a turma com as explicações indicadas nas figuras 9 e 10, foi solicitado que os estudantes construíssem uma única proposta, já que, na realidade, não temos duas ou mais Biologias. O modelo de aprendizagem que representa a Biologia enquanto ciência única se mostra nesse momento como um meio especial da atividade mental humana, um processo e produto da análise mental dos estudantes (Figura 11).

Nas modelações de Versão 1 e 2 dos grupos 1 (*Edith, Roslaine e Elisa* – Figuras 9 A e 10 A) e grupo 2 (*Mendel, Bateson e Morgan* – Figuras 9 B e 11 B). A modelação de uma árvore na figura 11 representa uma superação, ao pensar a forma de um objeto da realidade da natureza; contudo, ainda existe uma ordenação em relação com a Biologia, de um modo orientado e organizado. Tanto as versões 1 e 2 dos dois grupos não conseguiram realizar uma abstração substantiva, sem relações internas e particulares.

O movimento da disciplina possibilitou que os estudantes revisitassem as modelagens e textos anteriores e, a partir de novos diálogos e discussões entre os pesquisadores e os estudantes, foi possível que a turma pensasse em novos elementos, a fim de superar as modelações 1 e 2. Na organização de uma nova versão, os estudantes consideraram os aspectos singulares e particulares da Biologia para o seu aspecto geral, permitindo a ação de transformação da modelação, ação esta que representa um aspecto fundamental no processo de formação dos conceitos teóricos e dos procedimentos de generalização (Davidov, 1988).

Figura 11 - Versão final da modelação no coletivo da turma.



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes

A Figura 11 apresenta a versão final, uma nova versão da modelação, uma transformação do modelo que foi realizada no coletivo da turma. A orientação dos estudantes para a relação universal da Biologia possibilitou a formação de procedimentos gerais, buscando a solução da tarefa de estudo e, assim, formar as relações internas e particulares. Para Davydov (1988, p. 175), esse processo de transformação e reconstrução do modelo permite que os estudantes sejam

capazes de estudar as propriedades da relação universal como tal, sem o ocultamento produzido por circunstâncias presentes. O trabalho com o modelo de aprendizagem é um processo pelo qual se estudam as propriedades da abstração substantiva da relação universal

Ao revisitar a relação universal da Biologia, representada no modelo da figura 2 desta tese, percebemos que existem aproximações. Ao tratarem da Biologia Evolutiva e Funcional, os estudantes consideram alguns fatores históricos, uma vez que a pergunta “por quê?” lida com os fatores históricos e evolutivos responsáveis por todos os aspectos dos organismos vivos. Ainda que o modelo enfatize as teorias e não enfoque os temas estruturantes da Biologia, estes articulam temáticas similares (citologia – organização; fisiologia – equilíbrio; evolução – variação; ecologia - interação; genética – transmissão).

O modelo dos estudantes prioriza uma Biologia como um conjunto de teorias que respondem a questões funcionais e evolutivas, mas sem uma ligação clara com a história

ou a formação social do conhecimento biológico. A relação universal da Biologia apresenta uma visão mais sistêmica e integrada, contextualizada histórico-socialmente.

Ao realizar novas versões das modelações, os alunos conseguiram superar lacunas e limitações observadas nas primeiras tentativas. A reavaliação e reconstrução das modelações possibilitam um processo de reflexão crítica, no qual os estudantes têm a oportunidade de refinar e expandir sua compreensão dos conceitos biológicos, integrando elementos que antes não haviam sido considerados.

No caso das modelações apresentadas, inicialmente os estudantes focaram, principalmente, em aspectos funcionais da Biologia, sem uma clara integração dos temas estruturantes e da abordagem histórica que fundamentam essa ciência. Com o processo de mediação e a construção de novas versões, os alunos passam a compreender a necessidade de conectar a História Natural e a História Social aos fundamentos da Biologia, reconhecendo que os conceitos biológicos são produtos históricos e sociais, e não apenas fenômenos naturais isolados.

A modelação realizada na tarefa 5 se fundamentou a partir da leitura inicial do texto 5, adaptado de Silva (2020), *O desenvolvimento lógico histórico do conceito de transmissão gênica*. Para essa tarefa, foi disponibilizado o uso do notebook dos estudantes. Os estudantes foram convidados a apresentar o conceito de transmissão gênica e suas relações nucleares em uma modelação gráfica.

Em outros momentos de apreensão do conceito de transmissão gênica, a modelação realizada pelos estudantes nas tarefas de estudo apresentou-se como um tipo de abstração, na qual as relações essenciais do objeto estão localizadas nas relações perceptíveis, compreendendo um sistema “representado mentalmente ou realizado materialmente que, refletindo ou reproduzindo o objeto de investigação, é capaz de substituí-lo de modo que seu estudo nos dê uma nova informação sobre este objeto” (Davydov, 1988, p. 134). O autor afirma que os modelos são usados amplamente nos experimentos, e sua investigação permite obter novos dados sobre o próprio objeto. Trata-se de uma unidade do singular e o geral, na qual os modelos e as representações constituem o produto e o meio de realização de uma complexa atividade cognitiva.

Para realização desse modelo, a turma foi dividida em 2 grupos de três estudantes: grupo 1 (*Rosalind, Elisa e Edith*) e grupo 2 (*Bateson, Mendel e Morgan*). O grupo 1, após suas discussões, apresentou problematizações sobre o objetivo da atividade.

**Rosalind** - Tivemos dificuldade em pensar nos conceitos importantes que fazem parte da rede conceitual da transmissão gênica. Pensamos na construção histórica, mas não conseguimos incluir todos os conceitos quando se fala de rede conceitual. O que vocês querem com rede conceitual?

**Elis** - Eu tinha entendido pelo lado de quais conceitos eles passaram pra chegar no atual conceito de transmissão gênica.

Na fala de *Rosalind*, percebemos a dificuldade dos estudantes, de uma forma geral, em compreender como esses conceitos fazem parte do processo de construção histórica da transmissão gênica. Alguns são estruturantes e outros são particulares enquanto ponto de convergência. Para falar de transmissão, é necessário entender uma rede de conceitos que integram esse conhecimento.

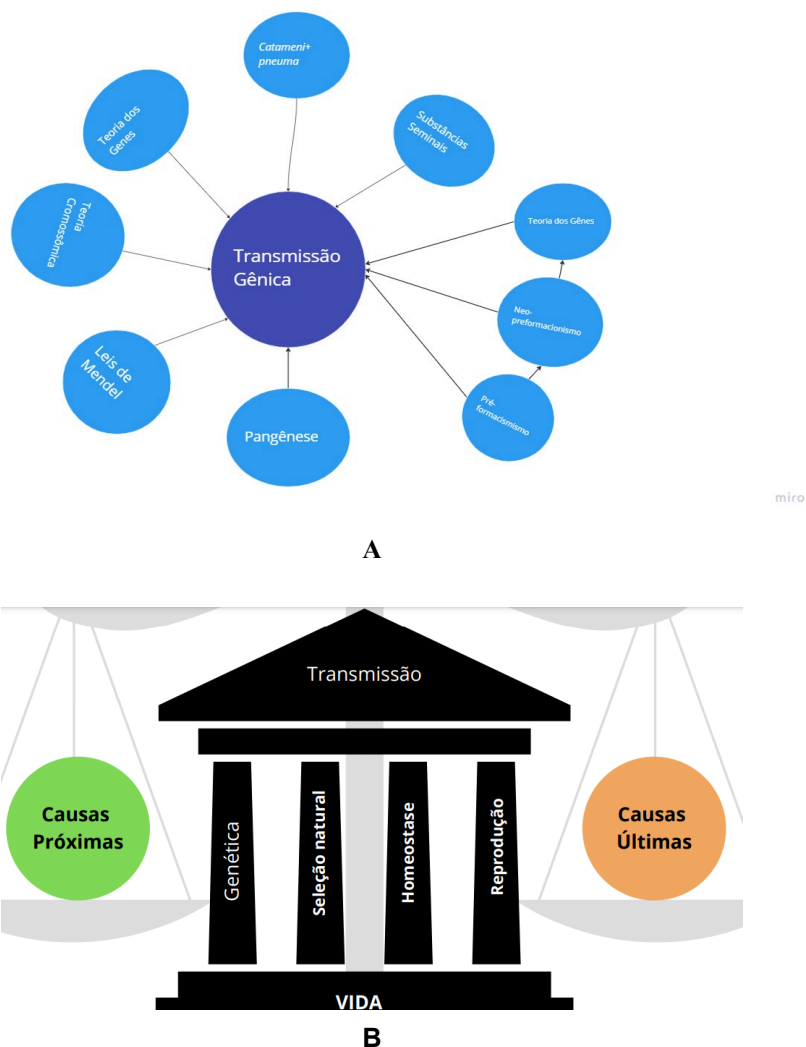
O grupo 2 explica que:

**Morgan** - Partimos dos conceitos nucleares que seriam indissociáveis do conceito de transmissão gênica. Os conceitos de que genética, seleção natural, homeostase e reprodução seriam os pilares pra conceituar a transmissão que sempre estará apoiada no conceito de vida, ou seja, esse momento de intersecção entre o que seria a história natural e a social define nosso conceito de Biologia. Apoiados no conceito de vida, tem que passar por todos esses conceitos pra entender a transmissão. A balança são as causas, porque tem que estar em equilíbrio, o que mantém a rede conceitual a partir da comunicação desses conceitos que um estrutura o outro.

**Pesquisadora** - Nas modelações, vocês apresentaram conhecimentos científicos que fazem parte do fundamento conceitual, compõem a rede conceitual da Biologia e a constituem enquanto ciência. Trouxeram conceitos e áreas estruturantes dessa ciência. Compreendem que existem inter-relações entre todos e que isso faz parte de uma construção histórica.

No processo de modelação, com a mediação dos pesquisadores, aos poucos foi se evidenciando para os estudantes o processo histórico de gênese e desenvolvimento do conceito de transmissão gênica, e de conceitos que fazem parte da sua rede conceitual, sendo alguns conceitos estruturantes e outros que são pontos de convergência particulares da rede (Figura 12).

Figura 12 - Modelação do conceito de transmissão gênica.  
A - Grupo 1. B – Grupo 2.



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

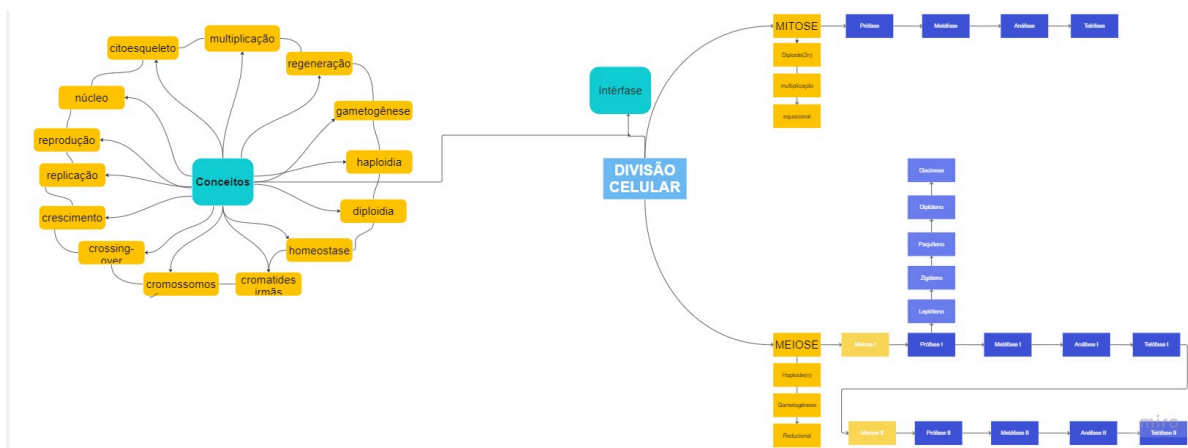
Para compreensão da transmissão gênica no contexto da divisão celular, foi proposta uma atividade utilizando uma lousa interativa digital<sup>21</sup>, na qual os estudantes construíram uma síntese sobre a temática. A turma fez um grupo único para a organização da atividade. Também foi disponibilizado para os estudantes o notebook e o projetor de slides para que a turma pudesse visualizar a modelação que estavam construindo (Figura 13).

<sup>21</sup> Disponível em: <https://www.miro>

Figura 13 - A - Estudantes em grupo realizando uma modelação da divisão celular.  
B - Modelação produzida em coletivo pelos estudantes.



**A**



**B**

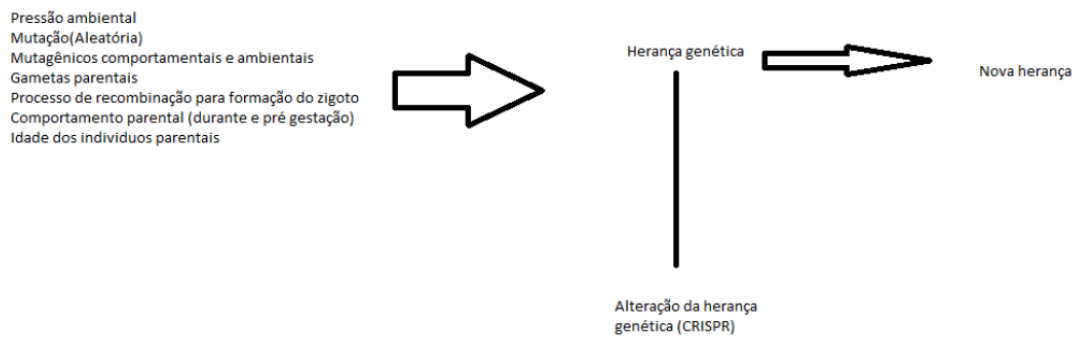
Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Nesse momento, os estudantes compreenderam as particularidades dos processos de mitose e meiose, embora ainda apresentassem dificuldades nas fases e mecanismos de cada um (Figura 13 A e B). No decorrer da aula, por meio de pesquisas, diálogos e discussões coletivas, foram capazes de superar essas dificuldades. Eles conseguiram articular como os mecanismos da divisão celular estão diretamente relacionados ao processo de transmissão

gênica, integrando o conhecimento teórico com a compreensão dos processos que garantem a continuidade genética entre as gerações.

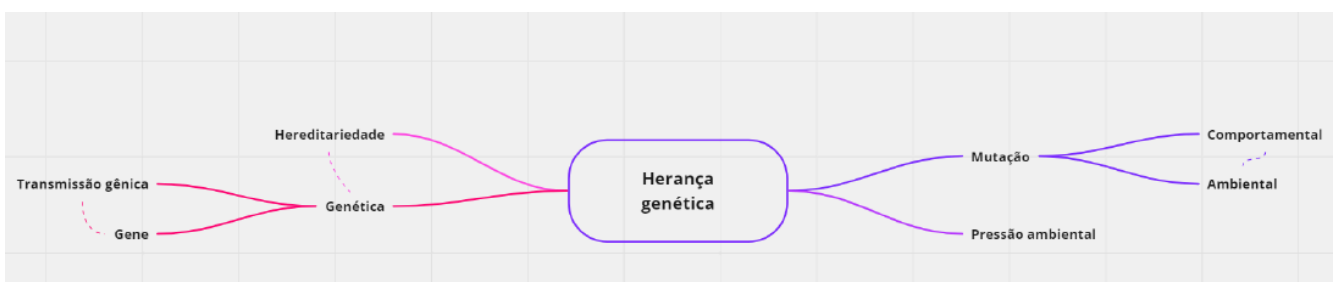
A tarefa final consistia em elaborar um texto síntese que estabelece elo entre os modelos e os conceitos que estruturam a rede conceitual da transmissão gênica (Apêndice G). Ela foi realizada de forma individual e abarcou a modelação de todos os estudos realizados na disciplina (Figura 14 a 19).

Figura 14 - Modelação final da transmissão gênica - Bateson



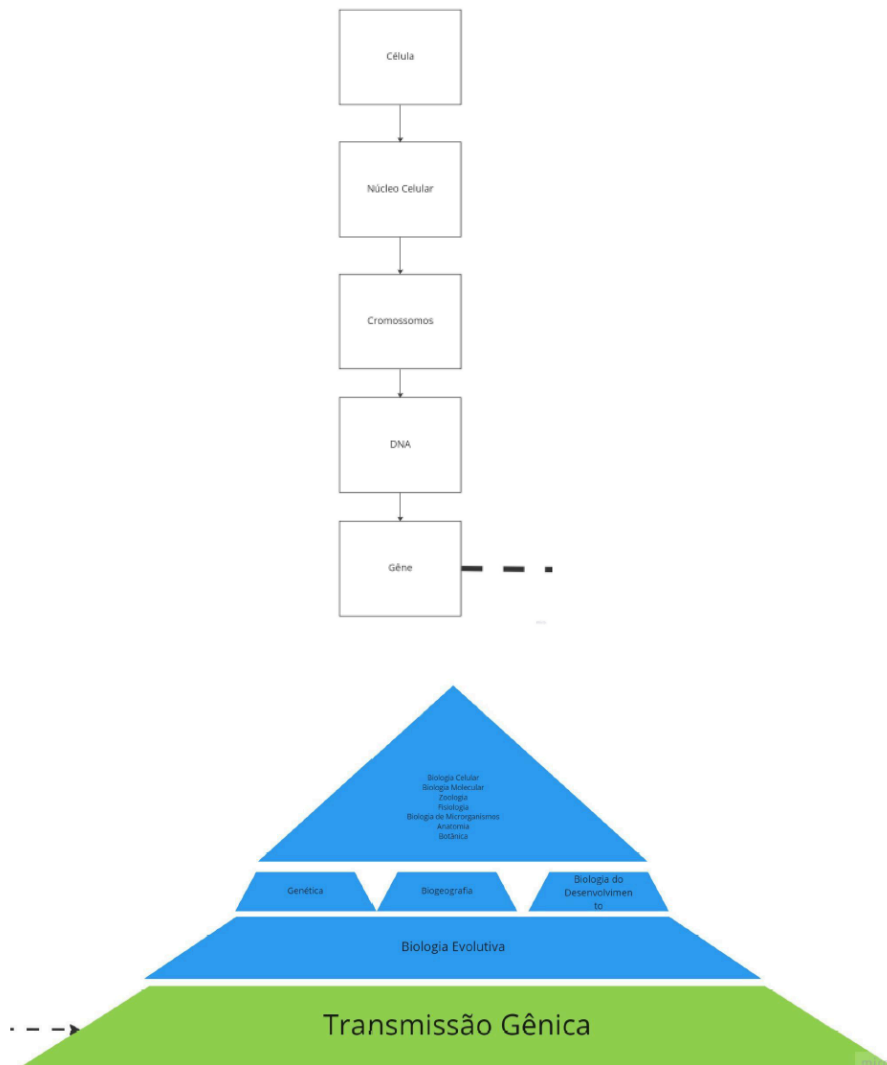
Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 15 - Modelação final da transmissão gênica - Elisa



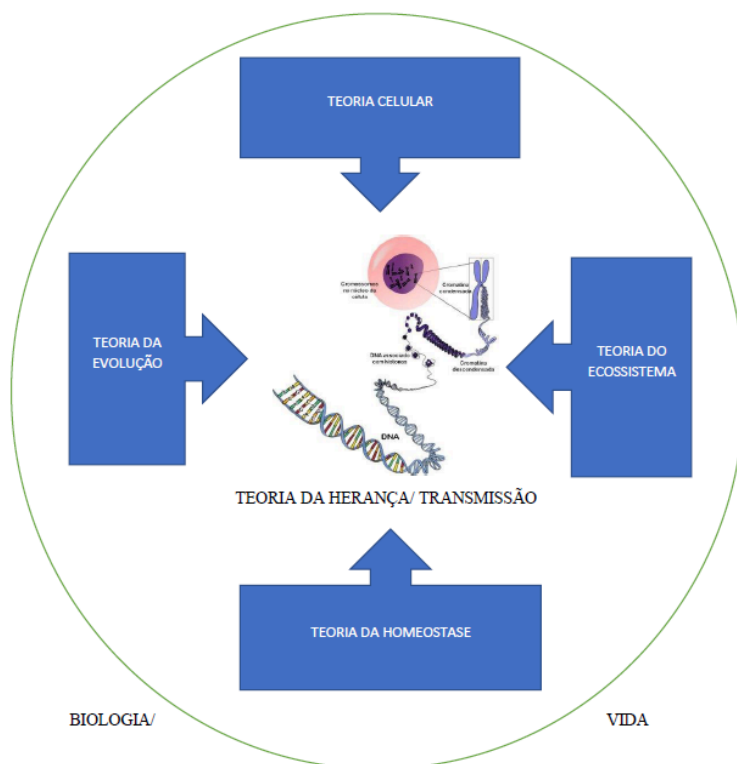
Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 16 - Modelação final da transmissão gênica - Rosalind



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 17 - Modelação final da transmissão gênica - Mendel



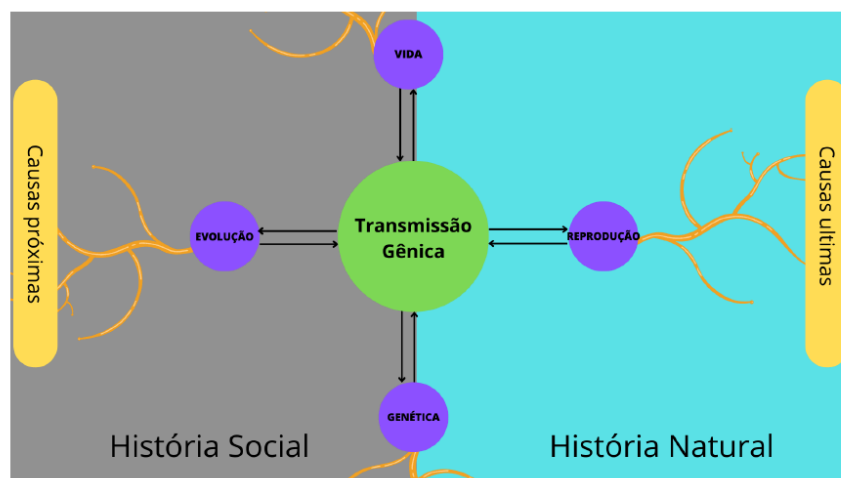
Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 18 - Modelação final da transmissão gênica - Edith



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 19 - Modelação final da transmissão gênica - Morgan



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Cada estudante apresentou o seu modelo e o comparou com o dos colegas que apresentavam durante a aula. Nesse momento, elencaram o que havia em comum e as divergências entre eles e como eles se completavam. Os modelos dos estudantes *Elisa* e *Morgan* abordaram uma lógica da historicidade, perspectiva muito discutida durante os encontros. O modelo de Edith não superou o modelo da tarefa anterior, apontando o mesmo formato e as mesmas ideias. O modelo de *Bateson* foi o mais simples, sem abordar as discussões realizadas no decorrer da disciplina. Os modelos de *Rosalind e Mendel* contemplaram a rede conceitual da transmissão gênica.

Assim sendo, os pesquisadores puderam apontar as lacunas e realizar a mediação necessária para que esse conjunto de conhecimentos fosse apropriado pelos estudantes. A tomada de consciência por parte dos estudantes relacionada à aprendizagem do conceito foi amadurecendo ao longo da disciplina.

No modelo da relação geral universal de “transmissão gênica”, os estudantes retrataram a relação mais simples, que está na base da gênese do conceito. A partir da discussão da modelação, foi possível realizar a abstração das relações particulares, identificando a rede conceitual do conceito de transmissão gênica, suas particularidades e o que lhe são nucleares. Este movimento pode ser evidenciado ao longo do desenvolvimento das próximas ações de estudo.

Contudo, no início do experimento, ao analisarmos as modelações dos estudantes, percebemos uma dificuldade em sair do pensamento empírico, apesar da perspectiva apresentada ao longo dos encontros, nas tarefas propostas, de um ensino que desenvolve a

liberdade de pensar os conhecimentos,. Os estudantes, principalmente do curso de bacharelado, preocupam-se mais em relação a sua atuação enquanto profissionais especializados em suas áreas. Como observamos nos cursos de bacharelado, o currículo é estruturado para maximizar o conhecimento técnico e científico específico da área de estudo. Diante desse contexto, os estudantes tiveram dificuldades em realizar as tarefas de estudo que exigiam o pensamento crítico e reflexões que criam condições para formar as relações entre os conceitos estudados. A estudante Rosalind afirmou que, ao longo da disciplina, suas *“maiores dificuldades se encontraram nas atividades de representação imagética. De toda a minha graduação, esta foi a primeira vez que me deparei com esse tipo de atividade”*.

Alguns indícios do processo de desenvolvimento do pensamento teórico e, ao mesmo tempo, o experimento didático-formativo evidenciaram o quanto os estudos podem demarcar o desenvolvimento de um estudante que esteve em contato com um ensino promotor do pensamento empírico, tanto na educação básica, como na Educação Superior, já que os sujeitos da pesquisa estavam no oitavo período e não tinham familiaridade com tarefas que envolvessem modelações. Isso ocorre ainda que os discentes, diante de condições apropriadas para o desenvolvimento de um pensamento mais criativo, mais livre, ficam presos ao pensamento empírico.

Para Davydov (1988), o pensamento empírico é um importante processo inicial no movimento da formação do conceito, porém se limita à observação, descrição e definição de suas características imediatas, compreendido somente em sua aparência. O pensamento empírico é incapaz de estabelecer um sistema integral de relações essenciais do objeto de estudo e de compreender suas contradições internas. Todavia, as modelações e transformação dos modelos possibilitaram compreender, por exemplo, o entendimento de como os genes são transmitidos, relacionando a utilização deste conhecimento à compreensão de doenças genéticas, engenharia genética ou à evolução.

A modelação final da relação universal do conceito de transmissão gênica identificada pelos alunos representou como um momento fundamental da formação do conceito. As leituras, análises, atividades de pesquisa e discussões que antecederam esse momento constituíam conhecimentos que pudessem pautar a modelação dos estudantes. Assim, a modelação final representa uma síntese original do conceito, expressando a sua relação universal.

A modelação final de *Bateson* não apresentou relações internas do conceito e não evidenciou uma construção histórica. A modelação final de *Edith* não apresenta a relação da rede conceitual e também não contempla os conceitos que poderiam ser formados nessa relação; ela os percebe de maneira isolada, sem identificar suas conexões. Ainda que os pesquisadores e todas as ações e tarefas de estudo planejadas no experimento didático-formativo propusessem meios para despertar os motivos dos estudantes, sempre impulsionando o pensamento crítico e criativo, *Edith*, não apresentou motivos para desenvolver essa tarefa final, uma vez que apresentou o mesmo modelo, sem avançar, e sem ao menos integrar o conceito de transmissão gênica.

Já os estudantes *Mendel*, *Morgan*, *Elisa* e *Rosalind* se apropriaram dos estudos históricos e filosóficos e conseguiram abordar, na modelação final, os aspectos da rede conceitual da transmissão gênica, superando seus modelos iniciais sobre este assunto. Para Libâneo e Freitas (2019, p. 235), “o papel principal da criação e utilização do modelo é possibilitar ao estudante fazer generalização a partir dele e compreender a unidade do universal e do singular”.

#### 4.3.3 Generalização substantiva

A abstração foi o momento inicial para a generalização, que conduz para um sistema de conexões dos conceitos que refletem as relações entre os objetos no mundo real. A generalização permite a apropriação de princípios essenciais do conceito, possibilitando sua compreensão em situações particulares e, assim, a formação do conceito (Libâneo; Freitas, 2019). Os autores ressaltam que a generalização substantiva

(...) é o processo de descobrir e acompanhar as relações do universal com o particular e o singular pela dedução da universalidade ao particular, da unidade à diversidade. Fazer uma generalização substantiva significa descobrir a sujeição do objeto particular à essência universal (unidade interna da diversidade universal) existente no objeto particular e a todos os objetos em um sistema de relações em certa área de conhecimento (Libâneo; Freitas, 2019, p. 227).

Diante dessa perspectiva, é viabilizada uma inter-relação entre as abstrações, modelações e transformação dos modelos construídos no decorrer das tarefas de estudo, com as atividades de síntese, que tem como culminância a sistematização dos conceitos apropriados a partir das relações entre os conceitos, ou seja, ações e tarefas de estudo que

apresentaram a inter-relação do universal com o singular do conceito de transmissão gênica.

Ao longo do desenvolvimento do experimento didático-formativo, as tarefas de estudo 6, 7, 8 e a tarefa final envolveram generalizações importantes, assim como as atividades que constituíram o sistema de tarefas (visita a EMBRAPA, o júri simulado e o simulador de flutuações populacionais). Todos esses momentos do experimento exigiam dos estudantes o exercício de ações mentais a partir de sistemas de relações do geral ao particular do conceito.

Para realização da tarefa 6, a turma foi novamente dividida em dois grupos de três estudantes: grupo 1 (*Rosalind, Elisa e Edith*) e grupo 2 (*Bateson, Mendel e Morgan*). Inicialmente, foram retomados os conhecimentos apropriados na tarefa de estudo 4, na qual os estudantes reproduziram o caminho dos cientistas para realizar uma investigação sobre a transmissão gênica e uma nova atividade foi proposta com a finalidade de compreender o porquê Mendel obteve sucesso com seu experimento. Foi disponibilizado no Padlet a seguinte questão desencadeadora: “Por que as ervilhas?” (Figura 20).

Figura 20 - Por que as ervilhas?

Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

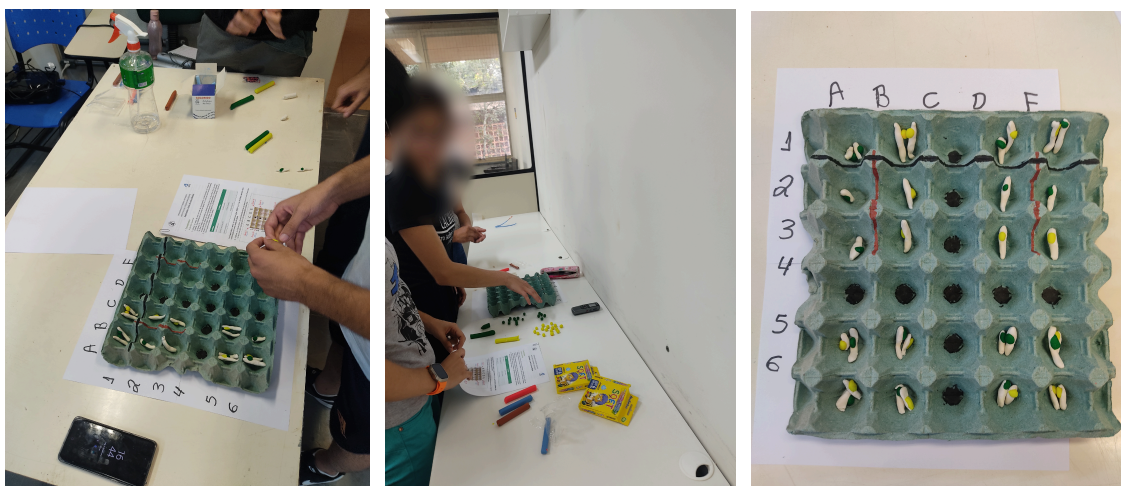
As tarefas da caixa de ovos de Mendel, do estudo de caso, do júri simulado, do simulador de populações e a visita à EMBRAPA constituíram um sistema de tarefas que se concretizaram a partir de conhecimentos das tarefas anteriores de aprendizagem. Esse

sistema de tarefas se converte na diversidade de tarefas particulares. A importância desse procedimento é evidenciada pela solução de tarefas particulares no qual os estudantes trabalharam com a relação geral do conceito de transmissão gênica.

Naquela ocasião, foram utilizados para realização desta tarefa os celulares e notebook dos estudantes, que deveriam apresentar seus conhecimentos sobre esse questionamento que, por sua vez, serviriam de base para a tarefa de estudo 6, que foi uma adaptação do artigo de Reis, Sobrinho e Rocha (2021) intitulado *A caixa de ovos de Mendel*, objetivando revisitar conceitos da rede conceitual da transmissão gênica e a compreensão da 1ª lei da genética, isto é, “Leis da Segregação”, utilizando como exemplo a cor das sementes de ervilhas.

No decorrer da tarefa, foram utilizados os materiais: caixa de ovos, massa de modelar, folhas de papel sulfite, canetinhas e um formulário para registro dos dados do experimento (Apêndice H), que direcionou as formas de polinização e reprodução até chegar nos primeiros resultados da Lei. No geral, os estudantes conseguiram realizar a atividade e mobilizaram conceitos tais como dominância, recessividade, alelos, fenótipo, genótipo, geração parental, F1 e F2, e identificaram suas inter-relações (Figura 21).

Figura 21 - Estudantes em grupo realizando a tarefa de estudo - A caixa de ovos de Mendel



Fonte: Acervo da autora.

Na análise desta tarefa de estudo, novas necessidades conceituais emergiam diante a realização da tarefa, impulsionando o uso de conceitos pertencentes à rede conceitual da transmissão gênica como instrumentos do pensamento.

Na realização da tarefa de estudo 7, no primeiro momento, os estudantes de forma individual receberam uma tabela impressa com frases (assertivas) que tratam de conceitos e afirmações sobre a transmissão gênica, para que eles pudessem refletir e pesquisar sobre a veracidade de cada afirmativa. No decorrer da aula, realizamos um debate sobre a compreensão desses conceitos, buscando um avanço e superação de termos e afirmações dentro dessa área temática.

No segundo momento, foi realizado um estudo de caso<sup>22</sup> a partir de trechos de uma série chamada *Seleção Artificial*<sup>23</sup>. Para a realização dos debates, foi utilizado o projetor de slides para apresentação de trechos da série. O desenvolvimento do estudo de caso foi dividido em etapas: 1) o professor expõe o caso a ser estudado; 2) o grupo analisa o caso, expondo seus pontos de vista e os aspectos sob os quais o problema pode ser focado; 3) o professor retoma os pontos principais, analisando coletivamente as soluções propostas; 4) o grupo descreve o caso: aspectos e categorias que compõem o todo da situação e, posteriormente, debate as soluções, discernindo as melhores conclusões. O estudante poderia realizar proposições para mudança da situação apresentada e deveria apresentar argumentos que justifiquem suas proposições mediante aplicação dos elementos.

A turma foi dividida em duplas, sendo: *Morgan e Rosalind* responsáveis pelo caso 1, de Jackson Kennedy, um garoto que nasceu sem o gene RPE 65 (responsável pela visão); *Bateson e Elisa* ficaram com o caso 2, sobre Nick Piazza, um portador de Atrofia Muscular Espinhal, uma doença genética que causa a degeneração e atrofia muscular e *Mendel e Edith* ficaram com o caso 3, de Tristan Roberts, um jovem HIV positivo, autodenominado *biohacker*, que utiliza de métodos caseiros de engenharia genética em busca da cura para a doença.

Para apresentarem as descrições, análises e debates sobre os casos, os estudantes preferiram fazer uma roda de conversa. Naquela situação, novas informações foram se evidenciando, fazendo relações com conhecimentos apropriados ao longo do experimento didático-formativo. Debates importantes foram levantados sobre os preços elevados das terapias genéticas, e como a indústria farmacêutica explora a fragilidade emocional dos

---

<sup>22</sup> Esta atividade consiste na análise minuciosa e objetiva de uma situação real que necessita ser investigada e é desafiadora para os estudantes (Anastasiou; Alves, 2004).

<sup>23</sup> A série se trata de um documentário dividido em quatro episódios de, aproximadamente, uma hora cada. Ela apresenta reflexões sobre como a tecnologia de reedição genética tem impactado a ciência e a sociedade como um todo. O documentário traz um rico material com entrevistas com cientistas, *biohackers*, pacientes, famílias e comunidades afetadas por doenças graves que poderiam se beneficiar dessa nova tecnologia (Holtz, 2020).

envolvidos para obter lucro, tudo isso parte das contradições sociais envolvidas nessa questão.

**Elisa** - Um dos problemas no caso 1 foi o custo do remédio para o tratamento. A dificuldade de acesso ao remédio que era muito caro, eles até comentam que é como se fosse ter que escolher continuar vivendo ou ir à falência.

**Bateson** - Lembrando que, tipo assim, estamos falando de um governo dos Estados Unidos. Lá não tem nenhum sistema público de saúde, não é problema do governo e até comentam na série que um dos maiores motivos de irem à falência são as despesas médicas. Um cabo de guerra entre o paciente, seguradora e farmacêutica...para o brasileiro, o normal é ter o SUS.

**Mendel** - Sobre os biohackers, é muito perigoso acontecer a popularização deles, porque [eles] não têm o rigor científico. Os riscos são altos, ainda mais se cair em mãos erradas, países inimigos...poderia usar para arma biológica.

**Rosalind** - O grande problema é o valor dos remédios hiper mega inacessível. Mas é complicado porque as farmacêuticas não têm como quebrar uma patente, porque perderam os incentivos para produzir e encontrar medicamentos. Por outro lado, para os pacientes é inviável o valor. É uma doença rara. É pesquisa e tempo investido para um público pequeno. Mais pessoas devem realizar pesquisas neste ramo, mais concorrência para diminuir os preços. Precisa de mais incentivo em pesquisas, e garantias do Estado na saúde das pessoas comprando esses medicamentos e ofertando para as pessoas.

**Bateson** - O Estado poderia fazer incentivos fiscais para pesquisadores. É uma situação muito delicada.

**Morgan** - A discussão de edição genética chega a um ponto de que é possível, por exemplo, isolar todos os tipos de doenças hereditárias. Nesse sentido, eu assisti um documentário sobre o gene da mortalidade, sobre esse assunto. Então, se for possível aumentar, por exemplo, a expectativa de vida de algum indivíduo, isso, de certa forma, poderia desestabilizar toda a sociedade.

**Bateson** - O Telômero, a extremidade do cromossomo, é justamente sobre isso, a gente morre porque o telômero vai encurtando. A cada divisão ele vai diminuindo [...] agora sobre a padronização para o indivíduo que teria o gene para algumas mutações, como a esclerose, é uma garantia de sobrevivência. E se você padronizar e remover tudo, fazer uma seleção e retirar todas as doenças genéticas?

**Rosalind** - Há muitas questões para pensar sobre isso. Porque você pode limitar o acesso a uma série de doenças, mas o organismo, pelo próprio processo de divisão celular, mitose, meiose, ele tem limites.

Ainda em diálogo e discussões, os estudantes conseguiram relacionar a questão de pensar genética nos mais diversos contextos, biológicos, históricos, éticos e culturais. Nesses diálogos, os estudantes também conseguiram fazer generalizações, trazendo os principais aspectos discutidos nas tarefas anteriores.

**Rosalind** - Em relação a tudo que envolve a genética, tem dinheiro envolvido. Você selecionar coisas para vender, como a cura para uma doença genética, com um remédio, que gere lucro, porque isso vende. Mas tem coisas que vendem como alimentos transgênicos e que fazem mal para nossa saúde também. Fazer o capital, tem um interesse financeiro. Não está pensando na saúde, no que é saudável, nem nada, apenas nos lucros.

*Se você ver que outro país não está respeitando a ética e está se sobressaindo e desenvolvendo nova tecnologia, os outros países vão ficar para trás? Vão deixar só ele desenvolver?*

**Mendel** - *Tem os agrotóxicos, também. A indústria permite a produção do alimento com uma dada característica porque vai lucrar, mas você não tem estudos nem pesquisa para saber o impacto na população.*

**Morgan** - *Eu associo para essa questão do desenvolvimento de alimentos. O milho foi selecionado artificialmente até ter essa espiga de milho de hoje. A melancia, uma série de alimentos que dependem dessa tecnologia de seleção artificial para ter de alimento hoje.*

**Bateson** - *Não, mas tudo bem, você, como país, não fez nada. Sua empresa, que por acaso resolveu se estabelecer naquele país de terceiro mundo, bem pobrezinho para fazer umas pesquisas na área da genética e da seleção artificial, e chegaram no mesmo resultado. Olha só! Que coisa! Não foi meu país, foi uma empresa privada num país de terceiro mundo.*

Então, a partir do conceito de transmissão gênica estudado nas tarefas anteriores, do seu estudo lógico-histórico e das modelagens realizadas, os estudantes conseguiram construir sínteses com as relações gerais e particulares que envolvem o conceito, apresentando discussões políticas importantíssimas. Os estudantes pontuaram sobre as questões e os discursos ético e humanitário, colocando a maior parte dos atores envolvidos na indústria da biotecnologia interessados em obter lucro a partir das descobertas científicas.

Essa percepção indica uma crescente politização das discussões no processo de ensino e aprendizagem, à medida que os estudantes reconhecem a intersecção entre ciência, economia e política. A relação entre os mecanismos que regem a transmissão gênica e as implicações econômicas e éticas estão cada vez mais presentes, refletindo o papel das decisões políticas e empresariais nas aplicações biotecnológicas e suas consequências para a sociedade.

O interesse dos estudantes em discutir as questões éticas e políticas relacionadas à biotecnologia pode ser compreendido à luz de seus motivos e necessidades. Para Leontiev (2021), a aprendizagem e o desenvolvimento humano estão diretamente ligados às necessidades sociais e culturais dos indivíduos. Nesse caso, o desejo dos estudantes de explorar os impactos sociais e econômicos da biotecnologia reflete uma necessidade motivada por suas intencionalidades e seus interesses.

Durante o 13º encontro, no contexto de se compreender a relação geral por meio de situações particulares, os estudantes construíram um ambiente hipotético, objetivando estabelecer um modelo de um ambiente que possibilitasse a articulação das áreas de genética, evolução e a ação ambiental. Os materiais utilizados foram cartolinas, papéis

coloridos, tesouras, dados e canetinhas. Essa atividade teve como foco compreender como a seleção natural atua modificando as frequências genóticas das populações. Essas frequências constituíram as variáveis que formaram o histograma.

A construção dos organismos foi realizada no momento da atividade com um ambiente inicial verde (representado por uma cartolina verde). A população inicial, chamada de “T1”, foi composta por organismos verdes. Junto com os estudantes, foi determinada qual é a configuração genética necessária para ser verde, quantos e quais genes são necessários para essa característica. A discussão dos estudantes foi conduzida e mediada pelos pesquisadores a fim de direcionar o experimento para que seja uma herança monogênica, seguindo o padrão mendeliano.

No momento inicial, são formados os pares de indivíduos homocigotos; portanto, não faz diferença que alelo que vai para o filho. Todavia, existe uma possibilidade de mutação. Os estudantes determinaram quantos filhos eram gerados e se os pais permaneciam. A informação genética era escrita no verso do indivíduo, virado para baixo. Foi problematizado com os estudantes como o modelo caminharia para definir o evento que optaram pelo uso de dados, definindo os resultados deste equivalente ao evento de mutação. No momento do cruzamento, o dado é jogado duas vezes: um para o alelo do pai e um para o alelo da mãe. Quando não tinha mutação continuava sendo “aa”, quando ocorria mutação passava a ser “Aa”, e o filho seria agora amarelo. Foi definido e problematizado sobre o tipo de alelo que viria da mutação e a sua cor resultante.

Todos os pares deveriam passar por reprodução e a população iria crescendo. Depois disso, os estudantes escolheram, de forma coletiva, o predador como evento de seleção que foi representado pelo estudante *Mendel*. O predador teve pouco tempo para se alimentar do máximo de indivíduos possíveis no ambiente e utilizou um óculo embaçado, o que dificultou sua percepção dos indivíduos verdes. Como o ambiente é verde, a maioria dos indivíduos que ficou foram os amarelos. Após o primeiro evento de reprodução e seleção, os estudantes realizaram outros eventos, formando novas frequências “T2”, que foram calculadas.

Com o tempo, a população cresceu e depois diminuiu pelos eventos de reprodução e predação. Nessa altura, ficou decidido entre os estudantes que aconteceu um evento ambiental modificando o ambiente que era verde para amarelo (o motivo hipotético foi uma seca), mas a população, por um dado momento, continuou a mesma. Foi percebido pelos estudantes que, se antes a pressão seletiva era sobre os amarelos, com a mudança

ambiental passou a ser sobre os verdes, e que agora eles teriam dificuldades na camuflagem. Depois que ocorreu a mudança ambiental, formaram-se novamente os pares para a reprodução.

A nova população possuía indivíduos homozigotos e heterozigotos. Então, entrou a possibilidade da aleatoriedade para saber qual dos alelos foi formado. Para determinar qual dos alelos vai para o filho, os discentes jogaram moedas e decidiram por cara e coroa e, com o dado, ainda havia chances de mutações. Depois do momento de reprodução, retorna o predador. A próxima geração se formou “T3”. Após esse momento de construção do ambiente, foi retomada a modelação da transmissão gênica. Os resultados foram discutidos abordando questões como: quais os conceitos nucleares do modelo proposto? Quais são as limitações do modelo abordado? Afinal, somos apenas códigos genéticos?

Algumas dificuldades foram encontradas na construção do ambiente em relação ao processo de mutação, o que dificultou o aparecimento de novas cores na população, pois elas só apareceriam caso viesse um fator recessivo. Outro aspecto que dificultou foi a utilização dos óculos, pois não foi possível priorizar uma cor na hora de pegar os indivíduos representados pelos papéis. De todo modo, essas situações poderiam se resolver ao longo da condução. Os estudantes já percebiam algumas limitações da própria atividade durante o seu desenvolvimento, sendo um importante indicativo de formação conceitual (Figura 22).

Figura 22 - Estudantes em grupo realizando a atividade - Construindo um ambiente.





Fonte: Acervo da autora.

O conhecimento científico e os meios para desenvolvê-lo no processo didático-educativo determinam essencialmente o tipo de consciência e de pensamento que se forma nos estudantes durante a formação do conceito e, conseqüentemente, o desenvolvimento do pensamento teórico.

Durante a aula, os estudantes criaram um ambiente hipotético no qual abordaram temas como seleção natural, mutação, DNA, organismo e ambiente, além de fatores sociais e biológicos. Ao simular um processo científico estudado na evolução e genética, eles não apenas reproduziram o método científico como também trabalharam com uma relação geral por meio de um caso particular, conectando a simulação com a transmissão gênica. Essa atividade possibilitou a integração entre os conceitos evolutivos e a rede conceitual da genética, assim como os temas que estruturam a Biologia.

Constituindo o sistema de tarefas particulares dessa tarefa 7, o filme *GATTACA: a experiência genética* foi indicado para os estudantes assistirem, com a finalidade de subsidiar as próximas discussões e a realização de um júri simulado. O filme em questão é uma ficção científica que levanta muitas questões éticas e filosóficas.

No contexto de um júri simulado, cada estudante recebeu um papel diferente: a advogada de defesa foi interpretada por *Rosalind*, o promotor foi o estudante *Bateson* e os jurados foram *Mendel*; *Edith* e *Elisa*, a juíza foi uma das pesquisadoras e o réu, Vincent, personagem principal do filme, o primogênito de um casal que optou por ter um filho de forma natural, foi representado por um dos pesquisadores. Ele contrabandeou DNA e usou

falsidade ideológica para trabalhar na empresa GATTACA, que só aceitava funcionários geneticamente “perfeitos”. Segue a dinâmica da atividade do júri simulado:

*Advogada de defesa Rosalind - O meu cliente está sendo acusado injustamente, pois, de acordo com o Código Penal, não foi falsidade ideológica, pois o cliente estava claramente desfavorável quando decidiu se submeter ao processo de entrada na empresa, e não causou danos a ninguém. [...] Pelo contrário, através de suas ações pôde expor essa realidade de discriminação genética. A GATTACA fazia seleção ilícita, cometeu crime que violava a Lei de Proteção de Dados. Os dados de material genético do cliente não deveriam ter sido acessados... e ele demonstrou ser capaz de desempenhar as funções necessárias mesmo com as condições genéticas precárias que ele tinha.*

*Juíza: Passamos a palavra para acusação.*

*Promotor Bateson - O réu submeteu os dados em exames de urina voluntariamente para teste de DNA, ele usou sim a identidade de outra pessoa para entrar na empresa, contrabandeou material biológico, formação de quadrilha quando ele se junta com criminosos para fornecer material biológico de outra pessoa, usava DNA de outro.*

*Advogada de defesa Rosalind - Não é contrabando de material biológico, era para uso próprio. Meu cliente foi discriminado, ele merece um processo justo.*

*Jurados - Mendel: Concordo com a advogada de defesa, que não é contrabando. Veredito final: O réu é vítima da sociedade, inocente e foi absolvido dos crimes.*

A perspectiva do determinismo biológico, ao impor que os indivíduos são como são por causa de consequências inevitáveis das expressões dos genes de cada indivíduo, descarta a possibilidade de interação entre os fenômenos biológicos e os fatos sociais e ignora as relações entre gene, organismo e ambiente (Lewontin; Levins, 2022).

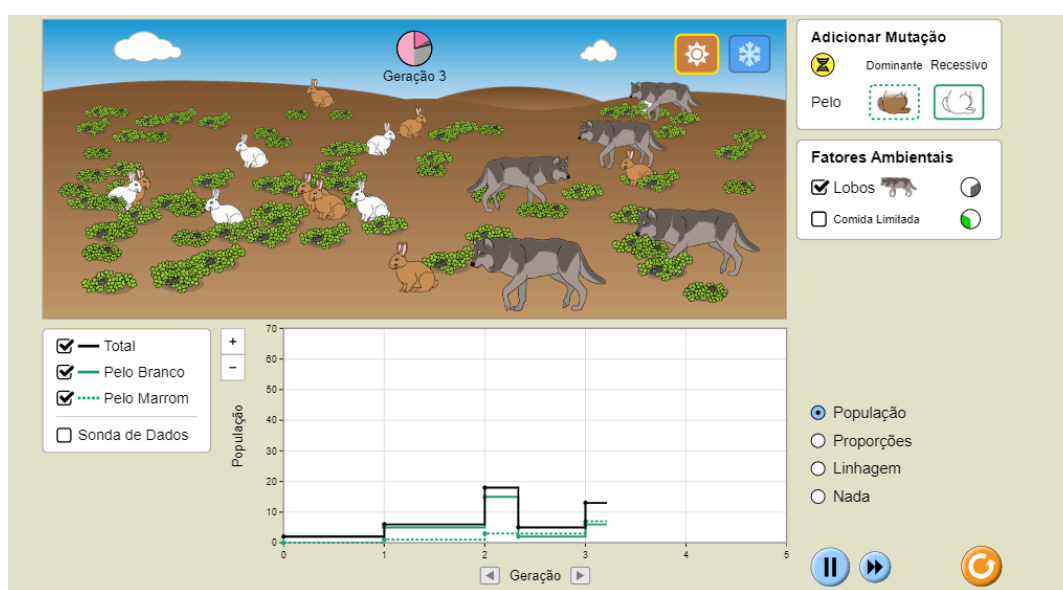
A discussão e o debate frente ao júri simulado possibilitaram aos estudantes refletirem sobre as situações que permeiam o determinismo biológico, podendo revisitar a discussão inicial “Afim, somos apenas códigos genéticos?”. O veredito final do júri, que absolveu o réu dos crimes de falsidade ideológica, evidencia que os estudantes compreenderam que a sociedade não deve se pautar em preconceitos e predeterminações quando relacionado às características genéticas.

Um indício importante nas discussões dos estudantes é a incorporação dos princípios humanos em suas análises, que antes estavam centradas apenas no biológico. Inicialmente, o foco era exclusivamente nos processos genéticos e evolutivos, mas, ao longo da aula, questões sociais, éticas e humanitárias passaram a fazer parte de suas reflexões. Isso levanta um caso particular que supera o modo tradicional de fazer ciência, ao integrar as implicações sociais e políticas da ciência, ampliando o olhar científico para uma visão mais integrada com a vida em sociedade. Para Vygotsky (1991), o pensamento e

o aprendizado são constituídos pelas interações sociais e culturais. Isso reflete como os estudantes começam a integrar questões éticas e humanas em suas análises.

Em um outro momento da disciplina, objetivando explorar diferentes mutações e fatores ambientais para determinar quais mutações são vantajosas com diferentes fatores de seleção natural, foi realizado com os estudantes um simulador de flutuações populacionais a partir da inserção de mutações e de fatores ambientais em uma população de coelhos. A simulação foi realizada no site PHeT<sup>24</sup> (Figura 23).

Figura 23 - Simulador de flutuações populacionais.



Fonte: Material didático da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Os estudantes, utilizando notebook, registraram os resultados no quadro ao final do estudo, de acordo com as simulações escolhidas, inserindo as informações dos fatores utilizados durante cada simulação e os resultados do que observaram na população após cada etapa de simulação. Posteriormente, analisaram os gráficos da população com o passar do tempo e perceberam as variações na quantidade de coelhos da população.

Na realização da tarefa 8, eles determinaram e identificaram as melhores condições para prover o equilíbrio da espécie através de suas escolhas durante as simulações. Com base nos resultados obtidos e nas respostas registradas durante as simulações, dialogaram sobre como as diferentes mutações se relacionam com os diferentes fatores apresentados

<sup>24</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/natural-selection](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/natural-selection)

pelo simulador. No desenrolar da tarefa, puderam criar hipóteses que explicavam os resultados observados fazendo previsões do que poderia acontecer com essas populações em outras situações.

Algumas questões orientaram a dinâmica da atividade: quais condições levam os coelhos a dominarem o mundo? Que condições levam à estabilização da população de coelhos? Que condições levaram à morte de todos os coelhos? Quais as condições ambientais e genéticas necessárias para que não ocorra extinção ou superpopulação de determinada espécie? Quais relações podemos ressaltar entre as mutações e a divisão celular buscando a permanência das espécies de coelhos nesse ambiente?

O simulador da transmissão gênica se integrava na resolução de soluções problemas e conceitos como mutação, genes, características, seleção natural, dominante, recessivo. A simulação de Seleção Natural permitiu pensar sobre o estudo científico que envolve a transmissão gênica, na qual os estudantes realizaram comparações e distribuições de espécies ao longo do tempo e, posteriormente, puderam formular hipóteses sobre quais características podem ser favorecidas e transmitidas em diferentes condições. A realização da tarefa foi feita em grupos. O grupo 1 de *Bateson, Morgan e Mendel*, ao final da tarefa, concluiu que:

*As condições que levam os coelhos a uma superpopulação estão associadas ao contexto de existir um fluxo populacional exponencial, sem nenhum impedimento predatório ou uma limitação de comida para esses coelhos. O fato é que se não existirem mecanismos dentro dos níveis tróficos que limitem o tamanho da população, ela cresce sem parar. A população de coelhos se estabiliza quando há níveis balanceados de alimento e predação. As mutações são importantes para a permanência da espécie porque garantem a variabilidade, de modo que as pressões ambientais possam selecionar aquelas características que melhor favorecem o animal naquele ambiente, características essas que são fixadas ao longo das gerações por meio da reprodução/divisão celular.*

O grupo 2 de *Rosalind, Edith e Elisa* concluiu que:

*Para finalizar, podemos perceber que as mutações podem ser benéficas quando aumentam as chances de sobrevivência de um indivíduo, e quando estas ocorrem em células germinativas, elas podem ser passadas adiante e serem fixadas em uma população. Um exemplo claro disso é a mutação que leva a coloração marrom do pelo dos coelhos no ambiente ensolarado. Nesse caso, quando temos o fator de seleção lobo, a pelagem marrom é mais disfarçada no ambiente e conseqüentemente menos predada. Assim, as mutações ocorrentes em células germinativas durante o processo de divisão celular podem contribuir, a partir da transmissão gênica, para a permanência da espécie de coelhos.*

Os estudantes ainda apresentaram algumas dificuldades com termos e conceitos que abarcam a genética de populações, mas, no percurso da tarefa, com a mediação dos pesquisadores, elas foram sanadas e os grupos foram direcionados a uma correta compreensão da atividade proposta.

A visita a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) culminou como a atividade de encerramento neste sistema de tarefas, objetivando conhecer projetos que envolvam a genética e o melhoramento genético (Figura 24).

Figura 24 - Estudantes em visita na EMBRAPA.



Fonte: Acervo da autora.

A Embrapa Arroz e Feijão é uma unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Desde sua criação, em 4 de outubro de 1974, o centro de pesquisa disponibiliza tecnologias em arroz e feijão ligadas ao aumento da produtividade das lavouras, à redução de custos de produção, à geração de renda, à oferta de grãos de qualidade aos consumidores e à conservação do meio ambiente. Para realizar esse trabalho, por meio da ciência e de soluções integradas e inovadoras, a EMBRAPA Arroz e Feijão atua de forma colaborativa com universidades, organizações estaduais de pesquisa, empresas de assistência técnica e de extensão rural, empresas e associações do setor privado, poder público, instituições internacionais, produtores e cooperativas entre tantos outros importantes parceiros (Embrapa, 2023).

Durante a visita, fomos recebidos e acompanhados pela pesquisadora Dra. Tereza Cristina de Oliveira Borba, que é supervisora e trabalha na Chefia Adjunta de Pesquisa e Desenvolvimento, no setor de Comissão Interna de Biossegurança. A EMBRAPA realiza diversos projetos que se relacionam com mecanismos que regem a transmissão gênica, visando conhecer a empresa e relacionar com as temáticas do experimento didático-formativo. Solicitamos aos responsáveis que direcionassem nossa visita para conhecer melhor esses projetos.

A pesquisadora nos apresentou a pesquisa realizada por eles, intitulada de *Melhoramento genético para fortalecimento da cadeia produtiva do feijão*, que trabalha com a exploração de recursos genéticos portadores de genes estratégicos para obtenção de inovações tecnológicas via melhoramento genético. Um outro projeto que os estudantes tiveram informações foi a *Fenotipagem de características-chave relacionadas à adaptação e produtividade dentro da rede mundial de fenotipagem do Arroz – GriSP*, que promove o trabalho de associação com as informações genômicas, permitindo um grande salto em termos de descoberta de genes/alelos visando os objetivos do melhoramento molecular globalmente.

Seguimos um cronograma de atividades que incluíram conhecer o escritório técnico e visitar o Banco Ativo de Germoplasma de Arroz e Feijão (BAG), que foi apresentado pelo pesquisador Dr. Flávio Breseghello. Em sua apresentação, o pesquisador demonstrou que no BAG estão armazenados os maiores acervos de recursos genéticos de arroz e feijão do Brasil. Um dado que chamou a atenção dos estudantes é que esses acervos representam variedades tradicionais brasileiras, cultivares e linhagens de programas de melhoramento do Brasil e do exterior, além de espécies silvestres. A conservação e o uso sustentável

desses recursos genéticos são fundamentais para o futuro da pesquisa e do cultivo de arroz e de feijão no Brasil. Portanto, são essenciais para a competitividade e a sustentabilidade da agricultura brasileira a longo prazo (Embrapa, 2023).

Após a visita ao BAG, realizamos a visita ao laboratório de biotecnologia, acompanhados pela Dra. Luana Rodrigues, que informou que o laboratório conduz trabalhos abrangendo as áreas de melhoramento genético de plantas, biossegurança e bioinformática, bem como a obtenção de plantas tolerantes a estresses bióticos e abióticos.

Durante a apresentação, os estudantes puderam conhecer os tipos de análises realizadas: aplicação de marcadores moleculares e de mapeamento genético; caracterização da variabilidade genética por meio de marcadores moleculares; seleção assistida por marcadores moleculares e mapeamento genético e identificação de genes. Ao final da visita, a pesquisadora Tereza esclareceu sobre o programa de melhoramento de arroz. Os estudantes participaram de forma ativa.

Durante o experimento, os estudantes puderam relacionar a transmissão gênica a outros temas estruturantes da Biologia. Por sua vez, esse processo de generalização permitiu a articulação entre conceitos de sua rede conceitual. A generalização como procedimento humano de pensar e compreender a realidade é extremamente relevante na organização do trabalho pedagógico-didático para o desenvolvimento dos estudantes. O processo de abstração e generalização se completam com a formação do conteúdo do conceito teórico (Libâneo; Freitas, 2019).

#### **4.3.4 A formação do conceito de transmissão gênica e o desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas**

Ao longo do experimento didático-formativo, os estudantes em atividade apresentaram diferentes condições de desenvolvimento. No início, os discentes identificaram o conhecimento acerca da transmissão com definições mais gerais do seu aparente, correspondendo a termos como passar, transferir, transmitir algo adiante, para alguém, para o próximo, seja na questão tempo/lugar, seja na transmissão do gene, de uma característica ou uma informação genética.

Ao apresentarem seus conhecimentos espontâneos acerca da transmissão gênica, provenientes das funções mentais de um processo de desenvolvimento já consolidado, os estudantes elencaram alguns pontos importantes que possibilitaram a identificação da zona

de desenvolvimento real dos estudantes. Os momentos em que os estudantes retomam os seus conhecimentos, relacionando os conhecimentos espontâneos e os científicos sobre a transmissão gênica, refletem indícios de formação do pensamento teórico.

Este processo é fundamental e pôde auxiliar os pesquisadores a identificarem e realizarem as mediações necessárias para que os conteúdos dos conhecimentos fossem apropriados pelos alunos. A perspectiva de ensino e aprendizagem que pautou o experimento buscou superar a zona de desenvolvimento real, possibilitando funções psicológicas em formação, ou seja, da Zona de Desenvolvimento Próximo. Sendo assim, o que os estudantes puderam compreender e realizar nas tarefas de estudo em mediação com os pesquisadores poderá ser feito de maneira individual em outros momentos.

A Zona de Desenvolvimento Próximo se constituiu em todos os momentos de interação entre a aprendizagem e o desenvolvimento realizados nas ações e tarefas de estudo do experimento. O processo de mudança da estrutura funcional da consciência do conceito de transmissão gênica e as operações do próprio pensamento possibilitam o desenvolvimento psicológico. Essa tomada de consciência, por parte dos estudantes, está relacionada à aprendizagem conceitual, impulsionando ações internas de desenvolvimento, representando momentos do planejamento do ensino, assim o conceito não amadurece, ele evolui e se transforma (Vygotsky, 2001).

Este movimento permite a formação do pensamento teórico, sendo que a aprendizagem se constitui na apropriação de conceitos, apresentando como fundamento o pensamento e a linguagem e suas relações com os conceitos espontâneos — o que já existe no sistema de aprendizagem do estudante antes de seu ingresso na escola e os conceitos científicos — que a ele se juntam, interagem e o modificam. Assim, a “questão da aprendizagem e do desenvolvimento é o centro da análise da origem e da formação dos conceitos científicos” (Vygotsky, 2001, p. 338).

Em um processo de identificar o desenvolvimento dos estudantes, evidenciamos, a partir das discussões dos estudantes nos primeiros encontros e, posteriormente, ao final do experimento, suas superações em relação à formação do conceito.

No primeiro encontro, o estudante *Mendel* afirma que “*transmissão gênica seria passar os genes adiante, passar as características de um indivíduo para outro... os seus descendentes*”. No decorrer do experimento, ele foi bastante participativo, contribuindo com as discussões. Na tarefa de estudo 8, sobre a simulação da genética de populações, *Mendel* afirma que

*As mutações são importantes para permanência da espécie porque elas garantem a variabilidade para que os fatores ambientais possam selecionar aquelas características que melhor favoreçam o animal naquele ambiente. Características essas que são fixadas ao longo das gerações por meio da reprodução por divisão celular.*

Já no último encontro, *Mendel* apresenta novas formulações em que ele afirma que

*Podemos fazer uma distinção entre a hereditariedade, a transmissão genética ou a transmissão gênica do macro para o micro. Hereditariedade, por exemplo, é mais quando se fala de transmissão dos cromossomos. E quando é transmissão genética, pode se referir ao DNA ou ao RNA, material genético. E a transmissão gênica é mais específica ao gene mesmo.*

A estudante *Rosalind*, em seu primeiro momento, conceitua a transmissão gênica como “*uma coisa inerente dos seres vivos, é um processo que tá aí. Mas a gente pode pensar na palavra transmissão, no conceito de transmissão de informações*”. Na resolução da Tarefa 5 (Síntese e Modelação - rede conceitual da transmissão gênica), *Rosalind* afirmou ter dificuldades “*quando fala de conceitual, pensamos “como vamos abordar esses conceitos? Qual rede conceitual?”*”. Já no último encontro, ela consegue articular os conceitos nucleares que permearam as discussões sobre a rede conceitual:

*Pensando no termo “gênica” abarca muito mais coisas do que o gene propriamente dito, então... O que foi falado é que a gente poderia pensar os cromossomos, as classes de mutações, mutação gênica e mutação cromossômica, a divisão celular e o DNA e os mecanismos. Então, eu penso que a transmissão é muito mais que só sobre os genes. Pensar transmissão gênica é pensar em transmissão de genes em todos os seus processos que o cercam [...] falei de gene e genética, mas eu penso que é ainda maior, é ainda mais amplo, pensando hoje e pensando o que a gente foi estudando ao longo da disciplina que foi pensar em como esses conceitos foram desenvolvidos, eu acho que antes de pensar transmissão gênica, bem lá no início se estava pensando hereditariedade, que era assim mais óbvio. Que era o que você via que era herdado e hoje já a gente sabe que tem muitas coisas que a gente não expressa, no início eram as características que os filhos herdaram do pai, tem essa ideia de aquilo que se expressa, que é visível (isso antes) que foi passado. E agora sabemos que pode englobar muito mais, até mesmo cultural ou social, essas coisas.*

A estudante *Elisa*, nos primeiros diálogos, afirmou ter dificuldades em relacionar o conceito de transmissão gênica, trazendo sempre um conceito mais isolado. Ao final do experimento, sobre a questão que pautou a disciplina, ela afirma que:

*(...) sobre a questão da disciplina, somos apenas códigos genéticos? Compreendi que a gente não pode levar só o lado biológico, tem o lado social, mesmo sabendo que são coisas distintas, mas para conseguir compreender o que é essa*

*relação... e não pensar em tudo como se uma fosse melhor que a outra ou mais importante, mas sim relacionando elas como unidade.*

A estudante *Edith* teve pouquíssimas participações nas discussões e não conseguia articular seus pensamentos. Apresentou sobre seus estudos com a genética forense desenvolvidos no estágio. Ela compreendia as relações de suas pesquisas com o conceito de transmissão gênica; contudo, não se envolvia com as discussões e debates em sala. No término da disciplina, apresentou sua tarefa final, sem indícios de formação do conceito, ou mesmo de compreensão das relações da rede conceitual do conceito de transmissão gênica.

O estudante *Morgan*, nas primeiras discussões, expressou sobre seu conhecimento da transmissão gênica, afirmando que:

*Esse conceito tem relação direta com o conceito de vida, né?! por exemplo, é necessário a informação para que ocorra a vida é necessário essa questão genética, a base da vida tá em cima da estruturação genética para todo tipo de vida [...] formular essa questão de vida e indivíduos, e quando a gente fala da questão da genética, de informação, eu acho que ali seria talvez o primeiro momento pra gente ter uma base de desenvolvimento da transmissão gênica.*

O estudante demonstrou bastante interesse pelas discussões filosóficas no decorrer do experimento. Nas discussões finais, ele afirma:

*(...) o interessante foi as perspectivas das aulas, por exemplo, quando falamos das grandes áreas da biologia, que pode ser organizado de forma diferente, são formas de estudo que existem hoje. São formas que foram construídas, como dizem, historicamente. São formas de interpretar biologia como ciência. Acho que essa é a diferença; a gente compreender o estudo de biologia, partindo filosoficamente, como se dá esse estudo que realmente é algo mais descritivo que a gente tem hoje.*

A participação e os questionamentos de *Bateson* ao longo da disciplina demonstraram seus posicionamentos contrários às metodologias, às formas de realização das tarefas, ou ao modo de pensar a ciência proposto pelo experimento, porém esteve sempre interessado em se envolver nos debates. O embate no estudo histórico-filosófico do conceito não permite perceber que é na contradição que há a superação. Essa postura de oposição do estudante pode ser compreendida pela influência do pragmatismo, que valoriza a aplicação prática do conhecimento e o foco em resultados concretos e imediatos, associados aos cursos mais voltados para a prática profissional, como vimos a demarcação do processo histórico do curso do bacharelado.

*Bateson* teve dificuldade em aceitar discussões mais teóricas ou históricas sobre o desenvolvimento do conceito de transmissão gênica, por considerá-las menos relevantes

para a prática imediata. No contexto de um bacharelado, em que a formação muitas vezes privilegia habilidades aplicadas e técnicas em detrimento de uma reflexão filosófica ou histórica, essa postura faz sentido. Apesar de discordar da perspectiva que aborde os aspectos teóricos e históricos, o estudante manteve-se interessado nos debates, o que sugere que, embora não tenha concordado plenamente com o conteúdo, valorizava a discussão e possuía motivos para realização das tarefas de estudo, o que indicou aberturas para o diálogo e para a reflexão crítica.

Os estudantes demonstraram desenvolvimento no pensamento crítico e na capacidade de resolução de problemas, o que foi evidenciado pelas participações nos debates e nas realizações das tarefas de estudo. Na tarefa de síntese final, foi solicitado aos estudantes fazer um breve texto explicativo sobre a pergunta: afinal, somos apenas códigos genéticos? Após dissertar sobre a pergunta, os estudantes deveriam revisitar as tarefas anteriores (modelagens e sínteses) e rever o processo de discussão dos conceitos, buscando revelar a rede conceitual da transmissão gênica.

Ao responder à provocação, deveriam fazer aproximações e distanciamentos entre os conceitos, que poderiam ser considerados como o cerne do conhecimento historicamente construído no estudo da transmissão gênica, evidenciando sua rede conceitual estudada no decorrer da disciplina. Na síntese textual, foi solicitado também que construíssem uma rede conceitual amarrando os conceitos essenciais ao estudo.

Os principais pontos das sínteses dos estudantes foram:

***Bateson** - E respondendo à provocação do início da disciplina, sim, nós somos apenas códigos genéticos forçados pelo meio em que nos encontramos a agir de determinadas formas e seguir convenções sociais, porém, ainda assim, apenas códigos genéticos com apenas uma vida. Todavia, aqueles que nascem neste final de primeiro quarto de século podem chegar a ver um mundo onde não seremos apenas códigos genéticos herdados e sim códigos genéticos corrigidos reduzindo patologias e reduzindo o sofrimento daqueles que podem ser acometidos por diversas doenças e, quem sabe, os filhos desses indivíduos nascidos agora talvez se encontrem em um mundo onde seja possível selecionar os genes de seus filhos para que eles não tenham doenças graves por fatores relacionados a seus códigos genéticos herdados, cabendo apenas aqueles que vierem após definir as limitações para o uso destas tecnologias.*

***Elisa** - o conceito de transmissão gênica constitui uma rede conceitual que é integrada à herança de características comuns a uma determinada espécie, às possíveis reações moleculares que determinam o mecanismo de transmissão gênica e aos fatores evolutivos que interagem com este processo.*

***Rosalind** - Assim, podemos perceber que o conceito de transmissão genética, que é fundamental para a biologia contemporânea, não foi uma descoberta isolada, mas sim um conjunto de descobertas interligadas que foram desenvolvidas ao longo do tempo.*

**Mendel** - *A função do código genético é essencialmente armazenar e transmitir informação. Essa informação pode ser selecionada pelo ambiente. Porém, os seres humanos desenvolveram uma forma ainda mais eficiente de armazenar e transmitir informação: a cultura. A cultura é provavelmente mais influente que a própria seleção natural em nossa evolução. É através da cultura, da linguagem, que posso refletir acerca de mim mesmo. Afinal, somos apenas códigos genéticos? A resposta é não. Somos matéria, energia, ambiente, cultura, informação. E tudo isso podemos afirmar apenas do universo material. Afinal, será que ele é tudo que existe? Creio que não.*

**Edith** - *A transmissão gênica não pode ser entendida simplesmente a partir da definição de "transmissão geracional de características genéticas de pais para filhos" e não pode ser estudada superficialmente devido à intencionalidade, contradições e transformações envolvidas.*

**Morgan** - *Respondendo à pergunta da disciplina, acredito que não somos apenas códigos, somos fruto do choque entre a possibilidade causal e o corpo material, portanto existem diversas variáveis que estão fora da alçada do homem, pelo menos por ora.*

Percebemos, nas respostas dos estudantes, uma construção de relações particulares e gerais, de vários conceitos que fazem parte de uma rede conceitual para compreender as relações histórico-sociais. Ao final, os estudantes entenderam, em diálogo e processos de mediação com os pesquisadores, que a provocação da pergunta tema da disciplina não possui uma resposta simples que se encerra. Conseguiram realizar a conexão entre o processo histórico, a gênese e desenvolvimento do conceito ao longo da história com termos que se articulam nesse caminho de formação de um conceito estruturante da Biologia.

Ao final dos encontros, os estudantes realizaram uma autoavaliação e apresentaram sobre os seus processos de formação do conceito teórico de transmissão gênica, como também puderam expor sobre as dúvidas e dificuldades que tiveram ao longo dessa formação. Os estudantes destacaram os seguintes pontos

**Mendel** - *As tarefas me geraram bastante dúvidas, mas se a proposta era a reflexão mesmo, funcionou. As discussões da disciplina ajudaram sobre a minha visão da minha profissão, e sobre a forma de estudo mais criativo e interessante.*

**Rosalind** - *A meu ver, a organização em si foi impecável. O plano de aula estava claro e organizado, além de ter sido seguido completamente. Quanto à "forma de organização", acho que os prazos poderiam ter sido um pouco maiores. Essa foi a disciplina que me deu mais noção do aspecto social do "fazer ciência" ao longo dos anos.*

**Bateson** - *Em muitas vezes, os conceitos estudados pareciam abstratos devido aos textos contextualizados. As discussões da disciplina em alguns pontos contribuíram sim, com meu olhar sobre a minha profissão, porém outros não, porque eram muito opostos a como escolho abordar a minha profissão e área de atuação.*

**Morgan** - *Foi excelente o modo de organização das tarefas e aulas*

**Elisa** - *Os textos sobre história e filosofia dificultaram, dificultaram no início, eu tinha dificuldade em compreender os textos e as atividades. Quando ia fazer, achava um pouco complicado, mas quando as professoras explicavam parecia que era muito simples.*

*Edith - A forma como os conceitos foram trabalhados em sala foram bons, mas senti falta da exposição do conteúdo em forma de aula.*

Apesar de nos debates e discussões, e de os pesquisadores, ao longo do curso, ressaltarem a relevância do pensamento crítico em qualquer área do conhecimento, e que esta perspectiva pode contribuir com a formação e compressão dos conhecimentos científicos, a fala de *Bateson* reflete ainda mais sobre a formação do bacharelado voltada para a preocupação sobre a sua atuação como profissionais especializados em suas áreas.

A fala de *Elisa* reforça a relevância do processo de mediação com os professores, e o quanto este pôde ser promotor do desenvolvimento dos estudantes quanto ao processo de formação do conceito de transmissão gênica. A fala de *Edith* nos remete ao ensino tradicional, de explanação dos conteúdos, o que segue na contramão da proposta da disciplina de superação desse ensino de apenas informação e fatos isolados. Buscamos, ao longo das aulas, formas de ensinar os alunos a pensar, a se orientarem com autonomia na apropriação de conhecimentos, o que gerou desconforto, principalmente nos estudantes do curso de bacharelado.

Para a formação do conceito de transmissão gênica no processo de ensino e aprendizagem, é necessário que os estudantes não apenas memorizem definições ou características isoladas ou descontextualizadas, mas que compreendam suas relações de maneira integrada com outros conceitos. As ações docentes, em todo esse processo, foram ações intencionais. Todas as ações, tarefas de estudo e atividades foram intencionalmente pensadas. A perspectiva do experimento permitiu que os estudantes fossem colocados em atividade no processo de ensino e aprendizagem. Uma ação intencional que demarcou a organização do trabalho pedagógico-didático deste experimento foi a busca do conhecimento sobre a origem do conceito. Para Sforini (2024, p. 24), esta ação:

torna possível, aos estudantes, novas compreensões sobre os fenômenos da realidade e não apenas o conhecimento de nomenclaturas científicas [...] e não se trata de encontrar uma história formal do conceito para ser transmitida ao estudante, mas, sim, de um meio para o docente ter um conhecimento mais profundo sobre o seu objeto de ensino. Dessa forma, o professor torna-se capaz de elaborar ações de ensino que permitam inserir os estudantes em situações semelhantes àquelas que geraram a necessidade de elaboração do conceito, levando-os a atuar com os conceitos como instrumentos simbólicos, garantindo maior inteligibilidade para o estudante sobre o mundo objetivo e seus fenômenos. Enfim, a análise lógico-histórico altera o modo de se conceber o conteúdo e a forma de ensino.

O trabalho pedagógico-didático realizado dessa forma, com liberdade para falar, sair do texto formal, sair do processo de ensino e aprendizagem, vai criando uma disposição que Leontiev (2004) chama de motivos para estudo. Existe uma certa disposição e entusiasmo em que a atividade de estudo vai desencadear os motivos para o estudo. O motivo para estudar é condição para que realmente se dê a apropriação do conhecimento e desenvolvimento do pensamento teórico. O motivo que impulsiona o estudante a aprender é aquele que dá significado pessoal ao conteúdo de estudo, tornando-o relevante para sua vida e necessidades (Leontiev, 2004). O autor destaca que a atividade de estudo está diretamente relacionada aos motivos que os estudantes têm para aprender, e que esses motivos são essenciais para que o conteúdo tenha um valor pessoal e significativo, possibilitando, assim, os processos de ensino aprendizagem.

No momento da última aula, a partir de uma roda de conversa, revisitamos as possibilidades de desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes a partir da apropriação do estudo lógico-histórico do conceito de transmissão gênica e retomamos a questão temática do componente optativo: “Afiml somos apenas códigos genéticos?”. Os estudantes puderam visitar todas as suas atividades realizadas durante o experimento didático-formativo, apresentando-as dialogicamente em forma de uma síntese.

Uma discussão inicial foi realizada pelo estudante *Bateson*, com uma afirmação problematizadora para a discussão final da disciplina sobre uma “*filosofia ainda que errônea*”. Para ele, as informações e conteúdo que já foram refutados não são tão importantes, e que fazem sentido apenas no contexto da época. Para o discente, ainda há um embate no estudo histórico e filosófico do conceito. Sobre a relação com a apropriação do conceito, o estudante sugere que o conceito de “herança” seja mais integrador que o de transmissão gênica, afirmando que

*“o conceito de herança está mais presente em todas as formas que consegui enxergar. Eu entendo a importância do social, o histórico e o biológico, mas eu tento me afastar do social e de qualquer coisa que eu possa gerar uma empatia... Para entender apenas como um ser vivo”.*

O estudante *Bateson* não conseguiu desenvolver um motivo para compreender a história e filosofia e racionalizou em suas intencionalidades, separando o histórico do social e do biológico. Contudo, tinha a consciência de que essas condições estavam juntas e relacionadas. Seus motivos principais eram relacionados às questões da saúde, tratamentos genéticos, e sempre que o caminho da aula era sobre essa temática, ele

desenvolvia mais sobre o assunto despertando seus motivos e necessidades. Esse fato condiz muito com as condições concretas de sua realidade.

Nesse sentido, Leontiev (2021, p. 123) afirma que

o conceito de atividade está necessariamente ligado ao conceito de motivo. Não existe atividade sem motivo: atividade “não motivada” não é uma atividade desprovida de motivo, mas uma atividade com motivo subjetiva e objetivamente oculto.

A necessidade e o motivo se relacionam no processo de resolução dos problemas, possibilitando a apropriação dos modos de reprodução do conhecimento teórico (Davydov, 1988). Essa é uma grande importância das ações de controle e avaliação que permitiram que as ações e tarefas de estudo fossem revisitadas, transformadas e modificadas de acordo com os motivos e necessidades identificados no decorrer do experimento.

No caminhar dos diálogos sobre o conceito de transmissão gênica, os estudantes argumentam:

***Mendel** - Os conceitos de “transmissão gênica”, “transmissão genética” e “herança genética” não têm distinção. Eu pedi ajuda até uma professora minha de genética no ensino médio, que me orientou que, na prática, não tem diferença, mas uma diferença em relação ao micro hereditariedade - genes, para o macro a genética – o DNA, mas o conceito pode ser também o de transmissão genética que é mais amplo.*

***Rosalind** - A palavra genética abarca mais coisas, não somente os genes. Quando se fala em gênica é mais específica aos genes ..., talvez o termo de hereditariedade que também é um conceito que está mais antigo, e que pode abarcar mais coisas.*

***Bateson** - Transmissão e herança têm diferenças sutis que os tornam distintos entre si.*

Uma das pesquisadoras no processo de mediação acrescenta:

*Todos esses conceitos fazem parte de uma rede conceitual para compreender a realidade, logo, as relações entre história natural e social. Para entender os seres vivos, mas não eles em si mesmo, mas eles nas relações que estabelecem com o mundo. Por que transmissão e não hereditariedade, porque tem relação com o processo histórico, os povos antigos estavam preocupados com essa questão: como passamos características para o próximo? Esses termos vão se articulando na história, sendo o conceito de transmissão gênica nuclear e fundante da Biologia, como um alicerce porque ele carrega uma bagagem histórica.*

Sobre o questionamento “Afim, somos apenas código genético?”, os estudantes trouxeram algumas reflexões:

**Bateson** - Resumidamente, somos sim, apenas códigos genéticos. E um amontoado genético. E o código genético dita como vamos ser e como vamos desenvolver. É claro que hoje em dia, com métodos, podemos alterar as situações, desde pressão social como ambiental, mas, assim, no final, somos só código, porque se excluirmos isso não sobra mais nada.

**Rosalind** - Você é determinista Bateson?

**Bateson** - Talvez!

**Rosalind** - O meio interfere, somos seres sociais. E nada deveria ser definido como tão pronto, tão determinado, mas...

**Mendel** - Na minha opinião, nós não somos apenas códigos genéticos, talvez até tenhamos uma parte muito maior que é influenciável. Nesse sentido, a gente pode escolher os caminhos e influências que vamos escolher nesse meio, a nossa espécie só conseguiu sobreviver porque viveu em sociedade.

**Rosalind** - Eu concordo, podemos escolher, mas o que define minhas escolhas - é o que sou eu; o conjunto de genes. Essa massa de genótipo social, que foi moldada socialmente e eu não tive nenhuma influência nem nos genes, nem no social.

**Mendel** - Na verdade, pensei sobre várias perspectivas dessa questão aí: afinal somos apenas códigos genéticos? Pensando bem, em tudo que foi falado, eu chego a entender o quanto das nossas ações é influenciado pelo código genético e pela sociedade. Acho que “metade, metade”, mas nos sentidos de somos apenas matéria? Ou somente matéria e energia? E, somente informação, já que o código genético armazena informação? São muitas perspectivas.

Apesar das discussões realizadas no decorrer do experimento, sobre as relações entre o biológico, o social e sobre os contextos históricos, *Bateson* ainda apresenta uma visão de mundo diferente da disciplina em que, para ele, o social não tem relevância. O estudante compreende o conceito, mas por um contexto histórico e individual, desconsidera os fatores sociais e históricos.

Para Vygotsky (1991), o desenvolvimento humano é mediado pela cultura e pelo contexto histórico em que o indivíduo está inserido. O desenvolvimento e o processo de ensino e aprendizagem ocorrem por meio de interações sociais, e essas interações são moldadas por fatores históricos e culturais.

Ao experienciar as seis ações de estudo, durante as discussões e autoavaliação, os estudantes conseguiram revelar indícios do movimento de gênese e desenvolvimento da transmissão gênica, questionando, perguntando, compreendendo as relações conceituais centrais e os procedimentos que caracterizam o processo de apropriação do conceito. Nesse sentido, Freitas (2016a, p. 416) afirma que:

O ensino e aprendizagem centrados na generalização de conteúdo e formação de conceitos, visando a formação do pensamento teórico-conceitual, possibilita a cada aluno desenvolver relações consigo e ser capaz de perceber-se como uma pessoa em transformação, que passa a pensar e agir de forma diferente, adquire capacidades que antes desconhecia, que passa a entender o que antes não fazia muito sentido pessoal e social. O ensino orientado pelo objetivo de formação de conceitos e a atividade de estudo, na qual se ressalta o papel do aluno como

sujeito e a valorização do conhecimento e do trabalho do professor, podem ser utilizados no ensino dos conteúdos de todas as áreas do conhecimento.

O experimento não só descreveu como os alunos passaram por esse processo, mas acompanhou o movimento de formação de novas funções psíquicas superiores, como, por exemplo, a apropriação do conceito, em conexão com outros da rede conceitual, apresentados nos modelos de *Elisa e Rosalind*, ou ainda os estudantes *Mendel e Morgan*, que conseguiram pensar o conceito em seus contextos e sua historicidade. Ou seja, o experimento apresentou indícios da formação do pensamento teórico a partir do estudo lógico-histórico do conceito de transmissão gênica, por meio de um ensino organizado com intencionalidades de um ensino para o desenvolvimento. Essa compreensão dos estudantes, mesmo que incipiente, forneceu a base para o desenvolvimento de outros processos internos mais complexos no pensamento em relação ao conceito estudado.

Em movimento de síntese, ao analisarmos os processos e os dados desta investigação, articulados aos princípios da Teoria Histórico-Cultural e da Teoria do Ensino Desenvolvimental, em relação ao desenvolvimento do pensamento teórico, esta pesquisa revelou que:

- ✓ as tarefas e ações de estudo em um processo didático e de ensino e aprendizagem de um experimento didático-formativo, possibilitaram bases necessárias e exequíveis de um organização do trabalho pedagógico-didático instigadora de atividade e, portanto, em alguma medida promotora do desenvolvimento mental dos estudantes;
- ✓ a organização do trabalho pedagógico-didático do conceito de transmissão gênica, em uma perspectiva lógico-histórica, permitiu a elaboração de ações de estudo que possibilitaram aos estudantes reconstruir, de forma consciente, o percurso de investigação deste conceito, e revelar indícios do movimento de gênese, desenvolvimento e formação do conceito;
- ✓ no processo de abstração inicial, os estudantes identificaram o conceito de transmissão gênica enquanto um tema estruturante da Biologia, o que permitiu sua análise e compreendendo cada vez mais o princípio geral e a relação universal. A abstração foi identificada como um procedimento essencial no processo de formação de conceito de transmissão gênica, pois permitiu aos estudantes transcenderem os fenômenos particulares e compreender as estruturas e princípios gerais;

- ✓ as modelações e transformação dos modelos permitiram que os estudantes pudessem abstrair, representar e compreender os processos e fenômenos envolvidos na transmissão gênica. Essa perspectiva possibilitou articular os conhecimentos apropriados em um contexto específico para novos contextos;
- ✓ em diversos momentos do experimento, os estudantes colocados em atividade puderam relacionar a transmissão gênica com outros temas estruturantes do conhecimento biológico, como variação, interação, a equilibração e a organização.
- ✓ Os processos de generalização realizados possibilitaram a articulação da rede conceitual da transmissão gênica com os conceitos nucleares de organismo, ambiente, gene, DNA, divisão celular, reações moleculares e a hereditariedade. Esse movimento possibilitou também traçar relações sobre como a seleção natural pode agir sobre os mecanismos que regem a transmissão gênica, ou como o conhecimento sobre genes é utilizado para aplicações como terapia genética ou engenharia de organismos geneticamente modificados ou, ainda, em seleção artificial. Dessa forma, os estudantes compreenderam a conexão entre o particular (mecanismos de transmissão gênica) e o geral (princípios evolutivos e aplicações tecnológicas);
- ✓ o trabalho pedagógico-didático no processo de ensino e aprendizagem na Educação Superior foi viabilizado pelo experimento didático de modo a provocar indícios de formação do pensamento teórico;
- ✓ os estudantes do curso de Ciências Biológicas destacaram a necessidade de que seus professores se apropriem dos pressupostos pedagógicos e de perspectivas contra-hegemônicas da sociedade do capital, como também buscar propostas que promovam o desenvolvimento e a transformação dos processos pedagógicos nesta etapa de ensino.

Por fim, a organização do trabalho pedagógico na Educação Superior, fundamentada nos pressupostos pedagógicos e didáticos das Teorias Histórico-Cultural e do Ensino Desenvolvimental, pode possibilitar condições para o processo de apropriação e formação do conceito, bem como de bases para o desenvolvimento do pensamento teórico, nos quais os estudantes conseguem abstrair e generalizar os princípios que regem este conceito, conectando-o a outros conceitos nucleares da ciência que estudam.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não existe uma estrada real para a ciência, e somente aqueles que não temem a fadiga de galgar suas trilhas escarpadas têm chance de atingir seus cumes luminosos (Marx, 2011b, p. 132).

A ciência possui uma essência intrinsecamente desafiadora, e a apropriação do conhecimento é um processo complexo e multifacetado. A organização do trabalho pedagógico-didático do conceito de transmissão gênica fundamentado no ensino desenvolvimental envolveu ações didáticas pedagógicas que vão além da mera transmissão de conteúdo, e também criou possibilidades de problematização e reflexão, permitiu pensar dialeticamente e estabelecer relações, articulando a forma lógico-histórica de organização da vida, do trabalho e da sociabilidade. Ao planejar e organizar o ensino nessa perspectiva, o trabalho pedagógico-didático na Educação Superior segue uma lógica de práxis educativa.

O presente trabalho, fundamentado no método materialista histórico-dialético, buscou investigar o desenvolvimento do pensamento teórico em estudantes de Ciências Biológicas a partir da organização do trabalho pedagógico-didático sobre o conceito de transmissão gênica, sob a perspectiva do Ensino Desenvolvimental e da Teoria Histórico-Cultural. O estudo mostrou como o processo de ensino e aprendizagem, pautado por essas teorias, pode proporcionar uma formação mais crítica e consciente dos estudantes, especificamente na área de Biologia, onde conceitos como a transmissão gênica demandam uma compreensão que vai além do empírico.

As análises realizadas na revisão de literatura desta pesquisa apontaram que há uma vasta produção acadêmica sobre a fundamentação dessas teorias em diversos contextos educacionais, incluindo a formação de professores e o ensino de ciências. Os estudos de Vygotsky (1991; 2001; 2009) e Davydov (1988; 1997) foram centrais para fundamentar a compreensão sobre como o ensino pode ser estruturado de modo a promover o desenvolvimento do pensamento teórico, partindo da lógica dialética entre o histórico e o lógico. Buscamos, nessa perspectiva, um modo de organização do trabalho pedagógico-didático que promovesse a aprendizagem e o desenvolvimento dos estudantes.

Um dado relevante da análise da pesquisa exploratória é em relação às regiões geográficas, que aponta a predominância das pesquisas que se pautam nessas perspectivas, na região Centro-Oeste e revela uma tendência significativa no cenário da pesquisa em Educação em Ciências no Brasil. O aumento das pesquisas em Educação, impulsionado

pela criação de programas de mestrado e doutorado nessas áreas, é um dado de grande importância. Isso reflete o esforço por uma maior democratização do conhecimento científico no país e a redução das disparidades regionais que historicamente marcaram a produção acadêmica brasileira. Ao ampliar o alcance geográfico da pesquisa, as particularidades regionais e as necessidades locais também passam a ser consideradas nos debates sobre ensino e educação.

Além disso, o destaque dado particularmente ao estado de Goiás e seu papel proeminente nas pesquisas sobre essas teorias reforça a importância dos grupos de estudo e pesquisa, que têm sido fundamentais para a compreensão e apropriação dessas teorias no contexto educacional, demonstrando uma preocupação com a organização do trabalho pedagógico-didático e o processo de ensino e aprendizagem nas escolas. Ao reduzir as barreiras regionais na produção do conhecimento, cria-se um espaço acadêmico mais plural, permitindo que as vozes de diferentes contextos e realidades contribuam para o desenvolvimento teórico, didático, epistemológico e prático da Educação em Ciências no Brasil.

Os dados da revisão refletem o fato de que pesquisas no campo educacional, sob essa perspectiva, assumem a necessidade de posicionamento científico e político. Isso porque o desenvolvimento de cada indivíduo, bem como a transformação das relações sociais, requer uma luta que é ao mesmo tempo científica e política. Desconsiderar a dimensão política enfraquece o impacto das pesquisas, que podem se tornar descoladas da realidade concreta das escolas e da sociedade. Por fim, a revisão apontou a necessidade de trabalhos que discutam o processo de formação do pensamento teórico com estudantes da graduação, como também se reforça a relevância de investigações que analisem as ações e tarefas de estudo pautadas no ensino promotor do desenvolvimento.

O processo de ensino e aprendizagem do conceito de transmissão gênica, organizado no contexto do experimento didático-formativo, pôde propiciar o acesso à cultura socialmente elaborada, sintetizada em conceitos teóricos, permitindo, assim, aos estudantes, a compreensão dos fenômenos da realidade objetiva que os rodeia sobre a gênese e desenvolvimento desse conceito, integrando as relações da rede conceitual aos temas estruturantes da Biologia enquanto ciência única. Por consequência, esse processo apresentou indícios do desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes de Ciências Biológicas.

O experimento didático-formativo realizado nesta investigação se constituiu em um processo complexo de organização do trabalho pedagógico-didático na Educação Superior viável no campo das condições concretas. A possibilidade de planejar e executar uma disciplina com intencionalidade para a formação do conceito é uma oportunidade de experimentar situações de práxis na atuação profissional. O experimento didático-formativo permitiu não apenas explorar o processo de apropriação do conceito de transmissão gênica pelos estudantes de Ciências Biológicas, mas também ampliou as possibilidades de organização do trabalho pedagógico-didático como base para o desenvolvimento do pensamento teórico. A organização do trabalho pedagógico-didático pautada em tarefas de estudo que promovem a ação mental de abstração e generalização contribuiu para o processo de formação do conceito de transmissão gênica.

Ao organizar o ensino do conceito de transmissão gênica, segundo as seis ações de estudo de Davydov (1988), foi possível aos estudantes transitar do empírico ao teórico, impulsionando a apropriação sobre o fenômeno biológico. A modelação das relações conceituais e a transformação dos modelos desenvolvidas durante as tarefas de estudo foram essenciais para que os estudantes identificassem a rede conceitual da transmissão gênica e suas relações em contextos reais. Os estudantes foram capazes de construir modelos conceituais sólidos, analisar suas partes constitutivas, transformar esses modelos para resolver problemas e, finalmente, sintetizar e generalizar o conhecimento.

Esse processo permitiu que os estudantes compreendessem o movimento lógico-histórico do conceito, ao mesmo tempo em que se apropriaram de um processo que foi além da soma das partes que envolvem o conceito, mas permitiu conhecer a parte e entendê-la na relação com o todo. A historicidade do conceito de transmissão gênica foi um elemento que emergiu como um ponto fundamental para a construção de uma rede de relações que integram aspectos estruturantes da Biologia. Assim, as ações de estudo são fundamentais para organizar o ensino de conceitos complexos, como o de transmissão gênica, pois garantem que os alunos não apenas compreendam superficialmente o conteúdo, mas sejam capazes de internalizar, abstrair e generalizar os conhecimentos de forma integrada e sistêmica.

Ao longo do experimento didático-formativo, uma questão recorrente foi a dificuldade de estudantes de bacharelado e licenciatura em Ciências Biológicas em transitar entre o pensamento empírico e o pensamento teórico. Apesar da disciplina ter se pautado em teorias que colocassem os estudantes em atividade, alguns permaneceram

presos a uma visão fragmentada e instrumentalizada da ciência, com foco excessivo na memorização de informações e na reprodução de procedimentos técnicos e do conhecimento imediato.

Essa limitação foi especialmente evidente no grupo de estudantes de bacharelado, cuja formação acadêmica tende a enfatizar a aplicação prática imediata e a solução de problemas concretos, em detrimento da reflexão crítica e teórica. Esse perfil formativo, muitas vezes influenciado pela pressão do mercado de trabalho, contribui para que o desenvolvimento do pensamento teórico, um aspecto central na formação integral, seja negligenciado. Os estudantes se mostraram pouco habituados a questionar as bases conceituais dos fenômenos biológicos que estudam, limitando-se a reproduzir conhecimentos de maneira descontextualizada.

As ações de estudo pautadas na teoria do ensino desenvolvimental possibilitaram compreender o processo de desenvolvimento do pensamento teórico em estudantes de Ciências Biológicas ao organizar os processos de ensino e aprendizagem de forma intencional, visando a formação do conceito de transmissão gênica. As ações e atividades propostas no experimento didático-formativo proporcionaram a formação da abstração inicial do conceito de transmissão gênica; o desenvolvimento de modelações e transformação dos modelos das relações universais do conceito; os processos de generalização da rede conceitual da transmissão gênica; compreensão da gênese e formação do conceito e também apontaram indícios do desenvolvimento do pensamento teórico dos graduandos de Ciências Biológicas.

Nesse sentido, confirmamos a tese da presente pesquisa de que a organização do trabalho pedagógico-didático na Educação Superior, sob os pressupostos pedagógicos e didáticos do ensino desenvolvimental, possibilita a constituição de bases necessárias para o desenvolvimento do pensamento teórico de estudantes de Ciências Biológicas.

O ensino que visa o desenvolvimento integral dos estudantes deve ser organizado intencionalmente, possibilitando a mediação e a relação entre professor, estudante e o conhecimento, utilizando-se de tarefas de estudo que possibilitem a abstração e a generalização dos conceitos. O ensino pautado por essa perspectiva deve focar na criação de condições que promovam a mediação e a internalização dos conceitos, permitindo aos alunos operarem mentalmente com eles de maneira generalizada. Isso se dá, sobretudo, por meio da organização didática que leva em conta o contexto sociocultural dos estudantes e o caráter histórico do conhecimento.

Os dados desta pesquisa mostram que os graduandos possuíam inúmeras dificuldades em relação ao pensamento contextualizado e crítico dos conhecimentos biológicos, o que reforça a necessidade de ampliação do debate no processo formativo na Educação Superior e para a formação de professores, permitindo investir no ensino que promova uma reflexão crítica. Assim sendo, faz-se necessário pensar um processo de transformação e superação em relação ao trabalho pedagógico-didático nesta etapa de ensino, para uma formação profissional omnilateral. Contudo, após o processo de mediação e intervenção dos pesquisadores, com o passar de alguns encontros, os estudantes apresentaram posicionamentos políticos em relação aos últimos debates realizados na disciplina, apontando indícios de mudanças e transformações do seu modo de pensar e atuar no mundo.

Os processos de ensino e aprendizagem, em uma perspectiva de unidades entre os conteúdos e meios investigativos da Ciência ensinada, entre a abordagem pedagógico-didática de um conteúdo e a abordagem epistemológica, contribuem para que os estudantes reconstruam mentalmente os processos para a formação do conceito. Para Libâneo (2016, p. 382), o que importa realmente não são os conteúdos formais,

mas as capacidades cognitivas de pensar, raciocinar, investigar e atuar, no âmbito da ciência ensinada, em que o conceito representa um conjunto de procedimentos lógicos e investigativos para deduzir relações particulares de uma relação geral abstrata.

Esta tese não tem a pretensão de afirmar-se como detentora do caminho para se ensinar na perspectiva desenvolvimental. A organização do trabalho pedagógico-didático do conceito de transmissão gênica no contexto do experimento didático-formativo foi realizada dentro das condições materiais possíveis da realidade; logo, apresentou fragilidades no processo e superou momentos de complexidades, em especial, pois foi feita de modo coletivo.

Partindo da problematização posta para o trabalho pedagógico-didático na Educação Superior, considerando o processo de formação do pensamento teórico dos estudantes do curso de graduação, remete-se à relevante questão em relação aos professores desses estudantes, principalmente no que se refere à apropriação de pressupostos pedagógicos e de perspectivas, já que ambos seguem caminhos diferentes ao que está posto pela lógica pedagógica hegemônica atual. Os professores da Educação

Superior precisam pensar teoricamente, sendo necessário buscar propostas que possibilitem o desenvolvimento e a transformação dos processos pedagógicos nesta etapa de ensino.

Todavia, a regulação e o controle das políticas e gestão da Educação Superior no Brasil apontam as contradições das políticas educacionais em um contexto globalizado e fragmentado. Ao considerar as transformações nas políticas educacionais e o impacto da internacionalização das orientações de ensino, torna-se evidente que a formação docente e o trabalho pedagógico-didático estão sendo constantemente remodelados para atender às exigências do mercado de trabalho e da lógica contraditória dos atuais processos de sociabilidade capitalista. As intencionalidades do trabalho docente se realizam por meio de um posicionamento político e pedagógico intencional.

Seguindo essa lógica, é essencial que todo professor da Educação Superior, ao planejar seu curso, tenha uma fundamentação pedagógica para lecionar o conteúdo, sobre seus aspectos históricos e os métodos de investigação de sua disciplina, permitindo, assim, a análise do conteúdo, a investigação e formulação das relações conceituais básicas de um tema de estudo e a identificação das ações mentais conexas ao conteúdo que deverão ser formadas pelos estudantes.

A organização do trabalho pedagógico-didático desta pesquisa, baseada em uma lógica contrária às perspectivas dominantes, buscou, sobretudo, promover o desenvolvimento humano integral, criando condições teórico-metodológicas que possibilitassem a formação conceitual. Por essa lógica, é possível organizar o ensino que crie condições adequadas ao desenvolvimento dos estudantes nos processos formativos a partir de atividades de estudo, planejadas e orientadas para a promoção da aprendizagem.

Concluimos, assim, ressaltando a necessidade de ampliarmos, a partir desta tese, a discussão para a formação na Educação Superior, formação de biólogos e de professores, pensando a formação dos formadores. Faz-se necessário que os formadores de professores invistam no ensino que promova uma reflexão séria, profunda e epistemológica a respeito do que no futuro será o objeto de trabalho e ensino na escola.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Angelo Antonio, BULHÕES Larissa. Idade adulta e o desenvolvimento psíquico na sociedade de classes - Juventude e trabalho. In: MARTINS, Lígia Márcia; ABRANTES, Angelo Antonio; FACCI, Marilda Gonçalves Dias. (Orgs.). **Periodização histórico-cultural do desenvolvimento psíquico do nascimento à velhice**. São Paulo-SP: Autores associados Ltda. 2016. p. 241-265.
- ALVES FILHO, Marcos Antonio. **Inovação no ensino de ciências no Brasil: para que finalidades educativas?** 2022. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.
- ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (Org.). Estratégias de ensinagem. In: ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. Joinville: UNIVILLE, 2004. p. 67-100.
- ANDRADE, Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade. **A epistemologia da biologia na formação de pesquisadores: compreensão sistêmica de fenômenos moleculares**. 2011, 233 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.
- AQUINO, Orlando Fernández. Concepção didática da tarefa de estudo: dois modelos de aplicação. In: Reunião Anual Da Associação De Pesquisa E Pós-Graduação Em Educação, 37, **Anais...** Florianópolis SC, 04 a 08 de outubro de 2015. Disponível em: <https://www.anped.org.br/sites/default/files/trabalho-gt04-3570.pdf>. Acesso em: set. 2023.
- AQUINO, Orlando Fernández. O experimento didático-formativo: contribuições de L. S. Vigotski, L. V. Zankov e V. V. Davidov. In: LONGAREZI, A. M.; PUENTES, R. V. (Orgs.). **Fundamentos psicológicos e didáticos do Ensino Desenvolvidor**. Uberlândia: EDUFU. 2017. v. 5, p. 325-350. (Biblioteca Psicopedagógica e Didática - Série Ensino Desenvolvidor).
- ARAÚJO, Walter Santos de; ÁVILA, Danielle Regina; KUNSLER, Josiane; SANTOS, T.; FALEIRO, Frederico Augusto Martins Valtuille; COSTA, Renata Mazaro e. Identidade e interesses profissionais dos formandos do curso de Ciências Biológicas do ICB-UFMG: o primeiro passo para a mudança. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA, II, 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBenBio, 2007. Disponível em: [https://www.sbenbio.org.br/publicacoes/anais/II\\_Enebio/PQ2-031.pdf](https://www.sbenbio.org.br/publicacoes/anais/II_Enebio/PQ2-031.pdf). Acesso em: set. 2024.
- ARISTÓTELES. **Partes dos animais**. Obras Completas, Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010. Imprensa Nacional-Casa da Moeda. v. 4. 220p, set. 2010.
- ASBAHR, Flávia da Silva Ferreira; OLIVEIRA, Miriam Laís Setti de Almeida Marcelo. Inventário dos grupos brasileiros de pesquisa na teoria histórico-cultural a partir do

Diretório de Grupos do CNPq. **Obutchénie**: R. de Didat. e Psic. Pedag. Uberlândia, MG, v. 5, n. 2, p. 566-587 mai./ago. 2021.

ASSIS, Renata Machado de; OLIVEIRA, João Ferreira de. O campo da educação superior: tensões e desafios. **Em Aberto**, Brasília, v. 36, n. 116, p. 19-23, jan./abr. 2023.

BORGES, Maria Célia; AQUINO, Orlando Fernández. Educação Superior no Brasil e as políticas de expansão de vagas do Reuni: avanços e controvérsias. **Educação: Teoria e Prática** – v. 22, n. 39, Período jan/abr-2012.

CASTILHO, Denis. Reforma do Ensino Médio: desmonte na educação e inércia do enfrentamento retórico. **Pragmatismo Político**, 21 fev. 2017. Disponível em: <http://www.pragmatismopolitico.com.br/2017/02/reforma-do-ensino-medio-desmonte-educacao-inercia.html>. Acesso em: set. 2024.

CASTRO, Sinaida Maria Vasconcellos de. **Biólogos, da universidade ao mercado de trabalho**: um estudo entre estudantes e egressos do Curso de Licenciatura em Biologia. Rio de Janeiro, 2010. 156p. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2010.

CARVALHO, Saulo Rodrigues de; MARTINS, Lígia Márcia. Idade adulta. Trabalho e desenvolvimento psíquico a maturidade em tempos de reestruturação produtiva. In: MARTINS, Lígia Márcia; ABRANTES, Angelo Antonio; FACCI, Marilda Gonçalves Dias (Orgs.). **Periodização histórico-cultural do desenvolvimento psíquico do nascimento à velhice**. São Paulo-SP: Autores Associados Ltda. 2016. p. 266-292.

CEDRO, Wellington Lima; MORAES, Sílvia Pereira Gonzaga de; ROSA, Josélia Euzébio da. A atividade de ensino e o desenvolvimento do pensamento teórico em matemática. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 2, p. 427-445, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000200011>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132010000200011&script=sci\\_abstract&tln g=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132010000200011&script=sci_abstract&tln g=pt). Acesso em: set. 2023.

CEDRO, Wellington Lima; MOURA, Manoel Oriosvaldo. Possibilidades metodológicas na pesquisa em educação matemática: o experimento didático. **Revista Educativa**, Goiânia, v. 19, n. 1, p. 121-138, jan./abr. 2016.

CEDRO, Wellington Lima; NASCIMENTO, Carolina. Picchetti. Dos métodos e das metodologias em pesquisas educacionais na Teoria Histórico-Cultural. In: MOURA, Manoel Oriosvaldo. de (Org.) **Educação escolar e pesquisa na Teoria Histórico-Cultural**. São Paulo: Loyola, p. 13-45, 2017

CESCHIM, Beatriz; OLIVEIRA, Thais Benetti de; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 1-29, 2016.

CESCHIM, Beatriz; GANIKO-DUTRA, Matheus; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Como a teoria evolutiva na atualidade pretende explicar a origem da inovação das

características vivas? Sociedade Brasileira de Genética. **Genética na Escola**, v. 16, n. 2, Sup., 2021.

CFBio - Conselho Federal de Biologia. **Resolução nº 700/2024**. Regulamentação das Áreas do Conhecimento, das Atividades Profissionais e das Áreas de Atuação do Biólogo, em Meio Ambiente e Biodiversidade, Saúde, Biotecnologia e Produção Industrial e Educação, para efeito do exercício profissional. Disponível em <http://cfbio.gov.br/2024/04/26/resolucao-no-700-de-20-de-abril-de-2024/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

CFBio - Conselho Federal de Biologia. (2010). Resolução Nº 213, de 20 de março de 2010. “Institui o Símbolo do Biólogo e dá outras providências”. Disponível em [www.cfbio.gov.br](http://www.cfbio.gov.br). Acesso em: 10 ago. 2024.

CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. **Diretório dos grupos de pesquisa no Brasil**. <http://lattes.cnpq.br/web/dgp>. Acesso em: 01 jun. 2023.

CNE. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP n. 1**, de 18 de fevereiro de 2002. Disponível em [www.mec.gov.br/cne](http://www.mec.gov.br/cne). Acesso em: 13 jul. 2024.

CHAIKLIN, Seth. A zona de desenvolvimento próximo na análise de Vigotski sobre aprendizagem e ensino. **Psicologia em Estudo**, Maringá, PR, v. 16, n. 4, p. 659-675, 2011.

DELIZOICOV, Demétrio; SLONGO, Iône Inês Pinsson; LORENZETTI, Lenoir. Um panorama da pesquisa em Educação em Ciências desenvolvida no Brasil de 1997 a 2005. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 459-480, 2013.

DAVYDOV, Vasily Vasilovich. **Problemas do Ensino Desenvolvidor** - a experiência da pesquisa teórica e experimental na psicologia. Texto traduzido do espanhol por José Carlos Libâneo e Raquel A. M. da Madeira Freitas, para uso didático, na disciplina “Didática na perspectiva histórico-cultural”, no PPGE da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 1988.

DAVIDOV, Vasily Vasilovich. O que é a atividade de estudo? Traduzido de Natchalnaia Shkola. **Revista Escola Inicial**, n. 7, 1999.

DAVIDOV, Vasily Vasilovich. Análise dos princípios didáticos da escola tradicional e dos possíveis princípios do ensino em um futuro próximo. 1987. Tradução de Josélia Euzébio da Rosa e Ademir Damazio. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto Valdés. **Ensino Desenvolvidor**: antologia: livro 1. Uberlândia, MG: EdUFU, 2017, p. 211-223.

DIAS, Juliana Vilas Bôas Costa; SIQUEIRA, Rafael Moreira. O recuo da teoria nas atuais reformas curriculares analisadas a partir da pedagogia histórico-crítica. **Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química**, Brasília-DF, v. 04, n. 1, 2023, e042311, jan./dez. 2023.

DOURADO, Luiz Fernandes. Reforma do Estado e as políticas para a Educação Superior no Brasil nos anos 90. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 23, n. 80, setembro/2002, p. 234-252. Disponível em <http://www.cedes.unicamp.br>. Acesso em: set. 2023.

DOURADO, Luiz Fernandes. Políticas e gestão da educação superior no Brasil: múltiplas regulações e controle. **RBPAE** – v.27, n.1, p. 53-65, jan./abr. 2011.

DUARTE, Newton. **A Individualidade Para Si: Contribuições da Psicologia Histórico-Cultural para a Superação da Teoria da Personalidade em Vygotsky**. 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2013.

ECHALAR, Jhonny David. **Políticas de inserção de tecnologias digitais como instrumento de reforma na rede estadual de ensino de Goiás (2007-2017)**. 2021. 241 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

ELKONIN, Daniil Borisovich. Sobre el problema de la periodización del desarrollo psíquico en la infancia. In: DAVIDOV, V; SHUARE, M. (Org.). **La psicología evolutiva y pedagógica en la URSS: antología**. Moscou: Progreso, 1987. p. 125-142.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Apresentação**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/apresentacao>. Acesso em: set. 2023

ENGELS, Friedrich. **A dialética da natureza (1927)**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1976.

FAVORETO, Aparecida; FIGUEIREDO, Ireni Marilene Zago; ZANARDINI, Isaura Monica Souza. Formação docente: relação entre alienação e práxis reflexiva. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 980-994, set./dez. 2017. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/10390>. Acesso em: set. 2023

FREITAS, Bruce Sanderson Prado de; VITOR, Nathalia Rodrigues.; PARANHOS, Rones de Deus; GUIMARÃES, Simone Sendin Moreira. Os motivos de escolha dos acadêmicos pela licenciatura em Ciências Biológicas - período noturno – na Universidade Federal De Goiás. In: ENCONTRO ESTADUAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, V, 2013, Goiânia. **Anais....** Goiânia: CEPED, 2013. v. 1, p. 1-13.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Pesquisa em didática: o experimento didático-formativo. In: Encontro de Pesquisa em Educação da ANPED Centro-Oeste, 10, 2010, Uberlândia. **Anais... Desafios da Produção e Divulgação do Conhecimento**. Uberlândia, v. I. 2010. p. 01-11.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira; LIBÂNIO, José Carlos. O experimento didático formativo na perspectiva da teoria do ensino desenvolvimental. **Educação e Pesquisa**, [s.l.], v. 48, p. e246996, p. 1-19, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/JGhPMWNtWJqB6FPnWtCbPwH/>. Acesso em: agosto. 2024.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Aprendizagem e formação de conceitos na teoria de Vasily Davydov. In: LIBÂNIO, José Carlos; SUANNO, Marilza Vanessa Rosa; LIMONTA, Sandra Valéria Limonta. (Orgs.). **Concepções e práticas de ensino**

**num mundo em mudanças:** diferentes olhares se entrecruzam. Goiânia: CEPED; PUC Goiás, 2011. p. 71-84.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira; ROSA, Sandra Valéria Limonta. A educação científica da criança: contribuições da teoria do Ensino Desenvolvimental. **Linhas Críticas**, Brasília, DF, v. 18, n. 35, p. 69-86, jan./abr. 2012.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Formação de Conceitos na aprendizagem escolar na atividade de estudo como forma básica para a organização do Ensino. **Educativa**, Goiânia, v.19, n. 2, p.388-418, maio/ago. 2016a.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Teoria histórico-cultural, educação escolar e didática - Apresentação ao Dossiê. **Educativa**, Goiânia, v. 19, n. 2, p. 346-352, maio/ago. 2016b. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/educativa/issue/view/261/showToc>. Acesso em: 11 out. 2023.

FREITAS, Raquel Aparecida da Marra Madeira; LIBÂNEO, José Carlos. Didática desenvolvimental e políticas educacionais para a escola no Brasil. **Linhas Críticas**, [S. l.], v. 24, p. e21850, 2019. DOI: 10.26512/lc.v24i0.21850. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/21850>. Acesso em: set. 2023

FRIGOTTO, Gaudencio; RIBEIRO, Adélia Miglievich; NOLASCO-SILVA, Leonardo. Entrevista: “Nossa tarefa agora é recuperar a ‘universidade necessária’, a universidade que tenha o conhecimento como direito universal”. **Teias** (Rio de Janeiro), v. 20, p. 188-199, 2019.

HALDANE, John Burdon Sanderson. Prólogo. In: ENGELS, Friedrich. **A dialética da natureza**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1976, p. 7-13.

HEDEGAARD, Mariane. A zona de desenvolvimento proximal como base para o ensino. In: DANIELS, Harry (Org.). **Uma introdução a Vygotsky**. Tradução de Marcos Bagno. São Paulo: Loyola, 2002. p. 199-227.

HEDEGAARD, Mariane. The educational experiment. In: HEDEGAARD, Mariane.; FLEER, Marilyn. **Studying children: a cultural-historical approach**. McGraw Hill Education: New York; Open University Press: London, 2008. p. 181-200. Tradução de Eliane Silva.

HIDALGO, Kênia Ribeiro da Silva; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. Cultura, aprendizagem e desenvolvimento: aportes da abordagem histórico-cultural para a educação escolar. In: ROSA, Sandra Valéria Limonta (Org.). **Formação de professores e ensino nas perspectivas histórico-cultural e desenvolvimental**: pesquisa e trabalho pedagógico. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020, p. 73-88.

ICB- Instituto de Ciências Biológicas. **História do ICB**. 2023. Disponível em: <https://icb.ufg.br/p/7482-o-icb>. Acesso em: set. 2023

IBICT. INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Biblioteca Digital de Teses e Dissertações - BDTD**. 2022. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/>. Acesso em 25 de abril de 2022.

KAVALEK, Débora Schmitt; MUSCARDI, Dalana Campos. A abordagem das Leis de Mendel numa perspectiva histórico-filosófica no curso de Licenciatura em Educação do Campo. **Revista Internacional de Educação Superior**. Campinas, SP. v.7. p. 1-15. 2021.

KOPNIN, Pável Vasilyevich. **A dialética como lógica e teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1978.

KOSIK, Karel. **Dialética do concreto**. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.

LENOIR, Yves. O utilitarismo de assalto às ciências da educação. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 61, p. 159-167, jul./set. 2016.

LEONTIEV, Alexei Nikoláievitch. **O desenvolvimento do psiquismo**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2004.

LEONTIEV, Alexei Nikoláievitch. **Atividade, Consciência, Personalidade**. Bauru, São Paulo: Mireveja, 2021.

LEWONTIN, Richard; LEVINS, Richard. **Dialética da Biologia**: ensaios marxistas sobre ecologia, agricultura e saúde. Trad. Grupo Multidisciplinar de Desenvolvimento e Ritmos Biológicos da Universidade de São Paulo. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2022.

LEWONTIN, Richard Charles; ROSE, Steven.; KAMIN, Leon James. **Not In Our Genes: Biology, Ideology, and Human Nature** : Haymarketbooks. 2017. 323p.

LIBÂNEO, José Carlos. **Questões de metodologia do ensino superior** – A teoria histórico-cultural da atividade de aprendizagem. In: Semana de Planejamento Acadêmico Integrado da UCG, XIII, 2003, Goiânia - GO, 2003. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7639753/mod\\_folder/content/0/Lib%C3%A2neo\\_QUESTIONESDEMETODOLOGIADOENSINOSUPERIOR.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7639753/mod_folder/content/0/Lib%C3%A2neo_QUESTIONESDEMETODOLOGIADOENSINOSUPERIOR.pdf). Acesso em: out. 2024.

LIBÂNEO, José Carlos. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, n. 27, p. 5-24, set /out /nov /dez 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n27/n27a01.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2023.

LIBÂNEO, José Carlos. Didática e Trabalho docente: a mediação didática do professor nas aulas. In: LIBÂNEO, José Carlos; SUANNO, Marilza; LIMONTA, Sandra Valéria (orgs.). **Concepções e práticas de ensino num mundo em mudança**: diferentes olhares para a Didática. Goiânia: CEPED/Editora da PUC-Goiás, 2011, p. 85-100. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1KJK2YP5tULBzsaEwH4GxYlgHHUsACxC/view>. Acesso em: jun. 2023.

LIBÂNEO, José Carlos. A teoria do ensino para o desenvolvimento humano e o planejamento de ensino. **Revista Educativa**, Goiânia, v. 19, n. 2, p. 353-387, maio/ago, 2016.

LIBÂNEO, José Carlos; FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Vasily Vasilyevich Davydov: A escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto Valdés. **Ensino Desenvolvimento**: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos. Uberlândia: EdUFU, 2013. p. 95-112.

LIBÂNEO, José Carlos; FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a Teoria Histórico-Cultural e suas contribuições para a Didática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 4, 2006, Goiânia, **Anais...** Disponível em: <http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe4/individuaiscoautores/eixo03/Jose%20Carlos%20Libaneo%20e%20Raquel%20A.%20M.%20da%20M.%20Freitas%20-%20Texto.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2023.

LIBÂNEO, José Carlos; FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto Valdés. (Org.). **Ensino Desenvolvimento**: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos. 1 ed. Uberlândia: EDUFU, 2017. p. 315-350.

LIBÂNEO, José Carlos; FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Abstração, generalização e formação de conceitos no processo de ensino e aprendizagem. In: PUENTES, Roberto Valdés; LONGAREZI, Andréa Maturano (Org.). **Ensino desenvolvimento**: Sistema Elkonin-Davidov-Repkin. 1 ed. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2019, v. 1, p. 213-239.

LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célio Tamasso. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, Florianópolis, v. 10, n. esp., p. 37-45, 2007.

LONGAREZI, Andréa Maturano; FRANCO, Patrícia Lopes Jorge. A. N. Leontiev: a vida e a obra do psicólogo da atividade. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto Valdés (Org.). **Ensino Desenvolvimento**: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos. 2 ed. Uberlândia: EDUFU. 2017. p. 81-123.

LONGAREZI, Andréa Maturano. Formação didática de professores “em” e “para” uma abordagem desenvolvimental: um olhar a partir dos contextos soviético e brasileiro. In: PUENTES, Roberto Valdés; LONGAREZI, Andréa Maturano. (Orgs.) **Enfoque histórico-cultural e teoria da aprendizagem desenvolvimental**: contribuições na perspectiva do Gepedi. Livro 1 (Série Ensino desenvolvimental). Goiânia: Phillos Academy, 2021, p. 487-521. Disponível em: <https://phillosacademy.com/enfoque-historico-cultural-e-aprendizagem-desenvolvimental-contribuicoes-na-perspectiva-do-gepedi>. Acesso em: ago. 2024.

LURIA, Alexander Romanovich. Vigotskii. In: VYGOTSKY, Liev Semiónovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alexei Nikolaievich. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: Ícone, Universidade de São Paulo, 2010. p. 21- 37.

MARX, Karl. **Grundrisse**: Manuscritos econômicos de 1857-1858: esboços da crítica da economia política. São Paulo: Boitempo; Rio de Janeiro: UFRJ, 2011a. 792p.

MARX, Karl. **O capital**: crítica da economia política. Livro 1. 2. ed. São Paulo: Boitempo, 2011b. 1493p.

MIRANDA, Monike Hyasmin Gomes. **Trajetórias formativas de professores formadores e suas concepções de biologia e de seu ensino**: uma análise a partir dos estatutos estruturantes da biologia. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

RIOS, Camila Fernanda Moro; ROSSLER, João Henrique. O trabalho como atividade principal no desenvolvimento psíquico do indivíduo adulto. **Psicologia em Estudo**, v. 22, n. 4, dezembro, 2017, pp. 563-573 Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil

NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes. Fragmentos do pensamento dialético na história da construção das ciências da natureza. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 2, p. 119-139, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/B8xtRxWfMnk9frFRfkX3hcM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: out. 2024.

NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes. **Construção de estatutos de ciência para a Biologia numa perspectiva histórico-filosófica**: uma abordagem estruturante para seu ensino. 2010. 437 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102048>. Acesso em: out. 2024.

BIZZO, Nelio. **História da Biologia no Brasil**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/07Biologia.pdf>. Acesso em: out. 2024.

OLIVEIRA, Thais Benetti de; BRANDO, Fernanda da Rocha; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Evolução biológica: ECO-EVO-DEVO na formação inicial de professores e pesquisadores. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**. v. 12, n. 2, p. 81-98. 2017. doi: 10.14483/23464712.10847.

OLIVEIRA, Ilma Aparecida de Moraes. **O estado da arte da Teoria Histórico-Cultural e da didática desenvolvimental na Pós-Graduação em Educação da região Centro-Oeste do Brasil**. 2022, 116f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia, 2022.

OTTO, Ana Luisa Neves. **Políticas de formação continuada de professores de Ciências da Natureza na rede estadual de educação de Goiás**: ciência e tecnologia em questão.

2021, 122f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

PAIVA, Mikhael Lemos. **Engels contra Dawkins?** Gould, Levins, Lewontin e as reminiscências da dialética engelsiana na biologia. 2022, 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Marília, 2022.

PINHEIRO, Regiane Machado de Sousa; ECHALAR, Adda Daniela Lima Figueiredo; QUEIROZ, José Rildo de Oliveira. O conceito de célula em Livros Didáticos de Biologia: ciência aproblemática e a-histórica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, p. 1-16, 2021.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WWMVpjTz8dwjNpCwtC4bQ5z/abstract/?lang=pt>>.

Acesso em: out. 2023.

PRESTES, Zoia; TUNES, Elisabeth; NASCIMENTO, Ruben. Lev Semionovitch Vigotski: um estudo da vida e obra do criador da psicologia histórico-cultural. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto Valdés (Org.). **Ensino Desenvolvemental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos**. 2ed. Uberlândia: EDUFU. 2017. p. 59-79.

PUENTES, Roberto Valdés; LONGAREZI, Andréa Maturano. Escola e didática desenvolvimental: seu campo conceitual na tradição da teoria histórico-cultural. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 29, n. 1, p. 247-271, mar. 2013. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/edur/a/Dvk4NkTkgnNb4hL8Jrbtz4q/?format=pdf&lang=pt>>.

Acesso em: set. 2023.

REIS, Herald Souza dos; SOBRINHO, Iderval da Silva Júnior; ROCHA, Carlos Alberto Machado da. A caixa de ovos de Mendel. **Genética na Escola**. v. 16. n. 1, p 128-141, 2021. Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/353>>. Acesso em: set. 2023.

ROSA, Sandra Valéria Limonta; SYLVIO, Mara Cristina de. Teoria Histórico-Cultural e Teoria do Ensino Desenvolvemental: bases para uma epistemologia psicológico-didática do ensino. **Revista Educativa**, Goiânia, v. 19, n. 2, p. 419-448, maio/ago. 2016.

ROSA, Sandra Valéria Limonta. Lógica dialética e formação do pensamento teórico no Sistema Elkonin-Davidov: apontamentos para uma reflexão sobre a organização da atividade de estudo. In: PUENTES, Roberto Valdés; LONGAREZI, Andréa Maturano. (Orgs.) **Ensino Desenvolvemental. Sistema Elkonin-Davidov-Repkin**. Campinas: Mercado de Letras - Uberlândia: Edufu, p.241-260, 2019.

SANTOS, Claudení Marques; SOUZA Lucia Helena Pralon de. Panorama histórico da formação dos professores de Ciências: problemáticas e implicações permeando a Lei de Diretrizes e Bases. **Educação em Perspectiva**, Viçosa, v. 10. p. 1-18, abr/dez. 2019.

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia Histórico Crítica**. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

SAVIANI, Dermeval. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. 4<sup>a</sup>. ed. Campinas: Autores Associados, 2019.

SFORNI, Marta Sueli Faria. Trajetória da didática no Brasil e sua (des)articulação com a teoria histórico-cultural. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, n. 61, p.87-109, mar. 2015.

SFORNI, Marta Sueli de Faria. Aprendizagem e desenvolvimento: o papel da mediação. In: CAPELLINI, Vera Lúcia Messias Fialho; MANZONI, Rosa Maria (orgs.). **Políticas públicas, práticas pedagógicas e ensino-aprendizagem**: diferentes olhares sobre o processo educacional. Bauru: UNESP/FC; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008. 576 p.

SFORNI, Marta Sueli de Faria. Aprendizagem conceitual e desenvolvimento psíquico: pesquisas sobre a organização do ensino. In: TULESKI, Silvana Calvo; FRANCO, Adriana de Fátima; CALVE, Tiago Morales (Orgs.). **Materialismo Histórico-Dialético e Psicologia Histórico-Cultural**: expressões da luta de classes no interior do capitalismo. Paranavaí-PR: EduFatecie, 2020. p. 328-351.

SFORNI, Marta Sueli de Faria; BELIERI, Cleder Mariano; BELETI JÚNIOR, Carlos Roberto. Implicações da análise do conteúdo de ensino em seu aspecto lógico-histórico para a definição de ações didáticas. **Obutchénie: Revista de Didática e Psicologia Pedagógica**, Uberlândia, MG, v. 8, p. 1-26, e2024-22.

SILVA, Núbia Carla de Souza. **A formação inicial a distância de professores das ciências da natureza**: lógicas formal e dialética como base analítica. 2019. 163 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2019.

SILVA, Elisa Vaz Borges. **O pensamento conceitual e a formação de professores de biologia**: a transmissão gênica como objeto do conhecimento. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás. 2020.

SOUSA, Daniela Rodrigues de. **Tecnologia na mediação do trabalho docente**: contribuições da teoria histórico-cultural. 2019. 147 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia. 2019.

SOUZA, Cirlei Evangelista Silva; LONGAREZI, Andréa Maturano. Trajetórias e ações formativas de formadores de professores no ensino superior. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE DOCÊNCIA UNIVERSITÁRIA, 7, 2012, Ensino Superior - Inovação e qualidade na docência. **Anais...** Porto/Portugal: Universidade do Porto, 2012. p. 5378-5394.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini. Produção acadêmica em ensino de biologia: análise sobre dissertações e teses e derivações reflexivas para a área de educação em ciências. **Revista Brasileira de Educação**, v. 26, e260097, p. 1-25, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/w8jCJGBRNb6xF7kjjZ8wjqNr/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: out. 2023.

UFG – Universidade Federal de Goiás. **Resolução – CEPEC nº 1524**. Aprova o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Ciências Biológicas, grau acadêmico Bacharelado, modalidade presencial, do Instituto de Ciências Biológicas da Regional Goiânia, para os alunos ingressos a partir de 2015. Goiânia, 2017a. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/870/o/PPC\\_Resolucao\\_CEPEC\\_2017\\_1524.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/870/o/PPC_Resolucao_CEPEC_2017_1524.pdf). Acesso em: set. 2023.

UFG – Universidade Federal de Goiás. **Resolução – CEPEC nº 1527**. Aprova o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Ciências Biológicas, grau acadêmico Licenciatura, modalidade presencial, do Instituto de Ciências Biológicas da Regional Goiânia, para os alunos ingressos a partir de 2015. Goiânia, 2017b. Disponível em: < [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/99/o/Resolucao\\_CEPEC\\_2017\\_1527.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/99/o/Resolucao_CEPEC_2017_1527.pdf)>. Acesso em: jun. 2023

UFG. Pró-Reitoria de Desenvolvimento Institucional e Recursos Humanos. **UFG em Números** – 2010. Goiânia: UFG, 2010.

ULIANA, Edna Regina. Histórico do curso de Ciências Biológicas no Brasil e em Mato Grosso. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL "EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE", 6, 20 a 22 de setembro de 2012, São Cristóvão, **Anais...** 2012. p. 1-14. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10179/34/34.pdf>. Acesso em: jun. 2024

VOSGERAU, Dilmeire Sant'Anna Ramos; ROMANOWSKI, Joana Paulin. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-189, jan./abr. 2014. Acesso em: jun. 2023

VYGOTSKY, Liev Semiónovich. **A formação social da mente**. Tradução: José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche 4. ed. São. Paulo: Martins Fontes, 1991, 90p.

VYGOTSKY, Liev Semiónovich. Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar. In: VYGOTSKY, Liev Semiónovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alexei Nikolaievich. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: Ícone, Universidade de São Paulo, 2010. p. 103-117.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **El desarrollo de los procesos psicológicos superiores**. 3. ed. Traducción Silvia Furió. Barcelona: Crítica, 2009.

**APÊNDICE A – Palavras-chaves das teses e dissertações que constituíram o corpus da pesquisa na revisão de literatura**

Palavras-Chave		
Vygotsky, ZDP, construção de conceitos, sexualidade humana, ensino de Ciências, Educação e saúde.	6	T1
Aprendizagem de conceitos, ação mediada, fotossíntese e respiração celular.	4	T2
Desenho animado, Ecossistema, Ensino de Ciências, formação de conceito, Vigotski.	5	T3
Biologia Sistêmico-Complexa, modelo das múltiplas perspectivas- Pernambuco (MoMuP-PE), Escola de Psicologia Soviética, formação de professores, formação de conceito, estudo e Ensino de Biologia, base de orientação da ação, Teoria da Flexibilidade Cognitiva, modelo das múltiplas perspectivas (MoMuP).	9	T4
Conceito de substância, Ensino de Química, aprendizagem, Psicologia Histórico-Cultural.	4	T5
Experimento didático, pensamento teórico, Ensino de Ciências.	3	T6
Desenvolvimento cultural infantil, pensamento conceitual, formação de conceitos, Educação infantil, metodologia de intervenção experimental.	5	T7
Atividade de estudo, Davydov, experimento, Hedegaard, formação do pensamento teórico.	5	T8
Educação Ambiental, movimento conexão-transformação, Teoria Histórico-Cultural, Ensino Desenvolvidor, organização do ensino, ações de aprendizagem.	6	T9
Didática, Ensino Desenvolvidor, experimento didático-formativo, Ensino de Física, ensino médio.	5	T 10
interações verbais, história da Ciência, atividades lúdicas, formação de conceitos, hereditariedade.	5	D1
Séries iniciais, conceitos espontâneos, conceitos científicos, microorganismos, plantas. Animais, planejamento de ensino.	7	D2
Ensino de Física; Ensino Desenvolvidor; experimento formativo-didático; conhecimento empírico e conhecimento teórico-científico	5	D3
Teoria Histórico-Cultural, construção de conceitos, processos de aprender, Ensino de Biologia, origem da vida.	5	D4
psicologia histórico-cultural, contextualização, generalização.	3	D5
Teoria histórico-cultural. Cadeias alimentares. Sequência didática.	3	D6
Ensino de Química, Teoria histórico-cultural, Teoria do Ensino Desenvolvidor.	3	D7
Atividade de ensino, desenvolvimento humano, energia.	3	D8
Ensino de biologia. Experimentação científica. Ensino Desenvolvidor, formação do pensamento teórico.	4	D9
Ensino Desenvolvidor, conhecimento empírico, conhecimento teórico, didática de Ciências.	4	D10
Ensino e aprendizagem, Educação especial, escola regular estadual, Ensino de Ciências.	4	D11
Princípio da incerteza, Teoria histórico-cultural, conceito, Modelo atômico quântico, Formação do professor de Química.	5	D12
Conceito científico, Ensino e aprendizagem, pensamento teórico, História, Filosofia da ciência.	5	D13
Sequência didática, estratégias de Ensino, Vygotsky, CTSA.	4	D14
Ensino para o desenvolvimento, Ensino de Física, experimento didático formativo.	3	D15
Ensino de Ciências, concepção de mundo, Psicologia Histórico-Cultural, Didática.	4	D16
Ensino investigativo, Ensino de Ciências, experimentação, contextualização, Ensino Desenvolvidor, didática.	6	D 17
Ensino Desenvolvidor, sistema Elkonin-Davídov, Ensino de Biologia, Ensino de Ciências.	4	D 18

**APÊNDICE B - Comparativo das disciplinas da Matriz Curricular dos cursos de Ciências Biológicas - UFG**

Mesmas Disciplinas Obrigatórias	Mesmas Disciplinas Optativas	Mesmas disciplinas de naturezas diferentes	Disciplinas obrigatórias exclusivas ao bacharelado	Disciplinas optativas exclusivas do bacharelado	Disciplinas obrigatórias exclusivas à licenciatura	Disciplinas optativas exclusivas à licenciatura
Anatomia Humana e Comparada Anatomia vegetal Bioestatística Biofísica Biogeografia Biologia Celular Biologia de Microrganismos Biologia Evolutiva Biologia Molecular Bioquímica I Bioquímica II Ecologia de Comunidades Ecologia de Populações Física aplicada à Biologia Fisiologia Humana Comparada Fisiologia Vegetal Genética Histologia I Histologia II Zoologia I Zoologia II Zoologia III Zoologia IV Tópicos em Bioética Biologia do Sistema Imune Biologia Parasitária	Biodiversidade, serviços ecossistêmicos e valorização ambiental Bioindicadores Bioinformática Biologia do Desenvolvimento Bioquímica Experimental Biossegurança Botânica Econômica Citogenética Cultura de Tecidos Vegetais Diagnóstico Molecular Etnobiologia e Etnoecologia Genética da Conservação Genética de Microrganismos Genética de populações e Quantitativa Genética Humana e Genômica Proteômica	Formação Profissional do Biólogo - no bacharelado é obrigatório na licenciatura é optativa;  Geologia - no bacharelado é obrigatória e na licenciatura é optativo;  Taxonomia e Ecologia de Fungos - no bacharelado é optativa e na licenciatura é obrigatória.	TCC I TCC II Cálculo I C Metodologia científica Filosofia da Ciência Química Experimental	Agroecologia Análise de dados em genética de populações Biologia de Aracnídeos Biologia de Campo Biologia Reprodutiva de Plantas Ciência de Animais de Laboratório Citogenética Clínica Citogenética Molecular Direito Ambiental Ecologia comportamental Ecologia Molecular Ecologia Numérica Ecologia Vegetal: teoria e prática Entomologia Farmacologia Experimental Farmacologia Básica Fisiologia do Exercício Genética do Câncer Oncologia Molecular Radiobiologia Tópicos em Evolução Tópicos em Fisiologia Tópicos Especiais em Evolução	Educação em Ciências e Biologia I Educação em Ciências e Biologia II Epistemologia da Ciência Estágio Curricular Obrigatório III Fundamentos Filosóficos e Sócio-Históricos da Educação Gestão e Organização do Trabalho Ped. Libras Metodologia da Pesquisa em Educação Políticas Educacionais Psicologia da Educação I Psicologia da Educação II Química	Biotecnologia Vegetal Biodiversidade do Cerrado Biologia Celular e Molecular do Câncer Biologia Comportamental Conservação e Manejo de Fauna e Flora Ecologia do Cerrado Educação Científica Educação em Ciências na Educação de Jovens e Adultos Educação e Saúde Educação, Comunicação e Mídias Espécies Ameaçadas Estudo de Impactos Ambientais Formação Profissional do Biólogo Educação para as Relações Étnico-Raciais no Ensino de Ciências Fundamentos de Educação Ambiental Genética Molecular História Natural Ilustração Científica

<p>Morfo. e Sist. de Espermatófitas  Paleobiologia  Química Geral Teórica  Sistemática de Criptógamos  Estágio Curricular Obrigatório I  Estágio Curricular Obrigatório II</p>	<p>Identificação de Plantas do Cerrado  Limnologia  Marcadores Moleculares  Melhoramento Genético de Microrganismos  Métodos e técnicas em genética  Microrganismos fotossintetizantes  Mutagênese ambiental  Redação Científica  Sistemática  Tópicos em Biologia I  Tópicos em Biologia II  Tópicos em Biologia Molecular  Tópicos em Bioquímica  Tópicos em Genética  Zoologia de Campo</p>			<p>Tópicos Especiais em Fisiologia  Tópicos Especiais em Genética</p>	<p>Orgânica</p>	<p>Produção de Material Didático para Microscopia Ótica  Química Ambiental  Radiofotobiologia  Sementes e Viveiros Florestais  Técnicas de Coleta e Preparação de Material Biológico  Tópicos em Geologia I – Oceanografia Básica  Tópicos em Paleontologia - Micropaleontologia Geral e Introdução ao Petróleo</p>
--	--	--	--	---	-----------------	---

## APÊNDICE C - Plano de ensino



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



### PLANO DE ENSINO – 2022/2

#### I. IDENTIFICAÇÃO

<b>Curso:</b>	<b>Licenciatura/Bacharelado em Ciências Biológicas;</b>		
<b>Disciplina:</b>	Tópicos em Biologia II: Temas Variados Afinal, somos apenas códigos genéticos?		
<b>CH Teórica:</b>	64 horas		
<b>Professoras:</b>	Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar Elisa Vaz Borges Silva Felipe Naves Silva		
<b>Departamento:</b>	Educação em Ciências (DEC)	<b>Semestre Letivo:</b>	2022/2

#### II. EMENTA

Compreensão dos aspectos sociais, históricos, filosóficos e epistemológicos da Biologia enquanto ciência única. Estudo da rede conceitual que constitui a transmissão gênica. Apropriação do conceito de transmissão gênica, pautada em uma perspectiva da didática desenvolvimental.

#### III. CONTEÚDO

- Relações entre herança e meio ambiente com princípios de genética de populações e evolução.
- O estudo do movimento lógico e histórico do conceito de transmissão gênica.
- Conceitos básicos da teoria da herança: bases citológicas da herança; Leis da herança; padrões da herança.
- Estudo da estrutura do DNA e suas funções, os mecanismos que regem a transmissão gênica.
- Divisão Celular - mitose/meiose; Teoria cromossômica da herança.

#### IV. OBJETIVOS

##### GERAL

Promover a apropriação da rede conceitual que constitui a transmissão gênica - elemento nuclear da Biologia, enquanto ciência única.

##### ESPECÍFICOS

- Correlacionar herança e meio ambiente a partir dos princípios de genética de populações e evolução.
- Compreender os conceitos que perpassam pela rede conceitual da transmissão gênica e suas relações com outros conceitos da Biologia enquanto ciência.
- Evidenciar uma visão integrada dos fundamentos das leis da herança através da compreensão do conceito nuclear da transmissão gênica.
- Explicar os mecanismos que fundamentam a transmissão gênica e suas relações com a estrutura do DNA.
- Relacionar os processos de divisão celular e a variabilidade genética.



## V. METODOLOGIA

Os trabalhos da disciplina consistirão de atividades tanto coletivas, como individuais que irão fundamentar a formação do pensamento conceitual a partir de práticas alicerçadas teoricamente. O conjunto dos procedimentos e estratégias didáticas que constituem a aula enquanto práxis educativa será composto por: leituras de artigos científicos, sua discussão em sala de aula; a produção individual e coletiva de sínteses críticas; elaboração e desenvolvimento de seminários; produção coletiva de modelagens, representações imagéticas; reflexões coletivas e individuais dos acadêmicos a serem integradas no grupo em momentos pré-estabelecidos e a exposição oral dos novos argumentos.

## VI. PROCESSOS E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E CRONOGRAMA DE AVALIAÇÃO

A avaliação de modo processual, por meio da participação dos acadêmicos em todas as atividades propostas, considerando-se a autonomia, a responsabilidade, a criticidade e a criatividade.

A avaliação e notas da disciplina serão construídas a partir do acompanhamento das produções individuais (tarefas), quando necessário, e coletivas (produção de sínteses críticas, construções de representações imagéticas) dos acadêmicos conforme o regimento da Universidade.

Cada atividade a ser desenvolvida valerá 10 pontos, sendo realizada a média aritmética de todas as atividades do bimestre, para compor a nota final do bimestre (N1 e N2) e a média entre N1 e N2, constitui-se a média final (NF).

## VII. CRONOGRAMA\* (\* O cronograma poderá ser alterado no decorrer do período letivo.)

DATA	CONTEÚDO/TAREFAS
<b>UNIDADE TEMÁTICA I</b>	
<b>Transmissão gênica enquanto conhecimento historicamente construído</b>	
17/10 (AULA 1) Estágio docência Elisa	Apresentação da pesquisa, dos estudantes e da disciplina
24/10 FERIADO Aniversário de Goiânia	<u><b>A RELAÇÃO UNIVERSAL DA BIOLOGIA</b></u>  <i>Textos para leitura:</i>
31/10 (AULA 2) Estágio docência Elisa	MAYR, Ernest. Como se estruturam as ciências da vida? <i>In</i> : MAYR, Ernest. <b>Isto é Biologia</b> : ciência do mundo vivo. Trad. Claudio Angelo. São Paulo, Companhia das Letras, 2011. p. 151-172.  Texto adaptado de Silva (2020) - A Ciência Biologia - relações entre História Natural e História Social
07/11 (AULA 3) Estágio docência Elisa	<u><b>A RELAÇÃO UNIVERSAL DA BIOLOGIA</b></u>  <b>Tarefa de estudo 1:</b> Modelagem das caixas  Orientações para a tarefa de estudo 2, referente a próxima aula. Síntese - como os povos antigos pensavam e explicavam sobre a transmissão?
14/11 FERIADO	<u><b>A RELAÇÃO UNIVERSAL DA BIOLOGIA</b></u>  <i>Textos para leitura:</i>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



<p>Proclamação da República</p> <p>21/11 (AULA 4) CONPEEX Estágio docência Elisa</p>	<p>NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes. <b>Construção de Estatutos de Ciência para a Biologia numa Perspectiva Histórico-Filosófica:</b> Uma Abordagem Estruturante para seu Ensino. 2010. 437f. Tese (Doutorado em Educação Para Ciência), Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Itens: 5.1 A filosofia da biologia (p. 323-326);</li> <li>- 5.11.1 Uma reflexão heurística da biologia (p. 376-383)</li> </ul>
<p>28/11 (AULA 5) JOGO DA SELEÇÃO Estágio docência Elisa</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>A RELAÇÃO UNIVERSAL DA BIOLOGIA</u></b></p> <p style="text-align: center;">28/11 - Brasil x Suíça - 13h (de Brasília)</p> <p><i>Texto para leitura:</i></p> <p>MAYR, Ernest. <b>O desenvolvimento do pensamento biológico:</b> diversidade, evolução e herança. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1107p., 1998.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capítulo 14. Teorias primitivas e experimentos de cruzamento (p. 705 a 707);</li> <li>- Item: As teorias da hereditariedade entre os antigos (p. 707 a 710)</li> </ul> <p>Entregar - <b>tarefa de estudo 2.2-</b> com as contribuições dos demais grupos</p>
<p>05/12 (AULA 6) Estágio docência Elisa</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>A RELAÇÃO UNIVERSAL DO CONCEITO DE TRANSMISSÃO GÊNICA: GÊNESE E DESENVOLVIMENTO</u></b></p> <p><b>Tarefa de estudo 3:</b> Modelagem - Como se dá a relação geral estabelecida entre os vários elementos que constituem a rede conceitual da transmissão gênica?</p>
<p>12/12 (AULA 7) Estágio docência Elisa</p>	<p><i>Texto para leitura:</i></p> <p>Texto adaptado de Silva (2020) - O desenvolvimento lógico e histórico do conceito "transmissão gênica"</p> <p><b>Tarefa de estudo 3.2:</b> Nova versão da modelagem - Como se dá a relação geral estabelecida entre os vários elementos que constituem a rede conceitual da transmissão gênica?</p>
<p><b>UNIDADE TEMÁTICA II</b> <b>Transformações da forma pura do conceito</b></p>	
<p>19/12 (AULA 8) Estágio docência Felipe</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>OS PRINCÍPIOS DA HEREDITARIEDADE - LEIS DA HERANÇA</u></b></p> <p><b>Tarefa de estudo 4:</b> Quadro comparativo com as principais teorias e suas contribuições.</p> <p><i>Textos para leitura:</i></p> <p>Texto adaptado de: MOORE, Jhon. Science as a Way of Knowing - Genetics. <b>Amer. Zool.</b> v. 26: p. 583-747, 1986.</p> <p>NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes. <b>Construção de Estatutos de Ciência para a Biologia numa Perspectiva Histórico-Filosófica:</b> uma abordagem estruturante para seu ensino. 2010. 437f. Tese (Doutorado em Educação Para Ciência), Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010.</p>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



	<p>- Cap. 2- Item - 2.5.2 A questão da herança – préformismo e epigênese (p. 111).</p> <p>PRESTES, Maria Elice Brzezinski; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Antes de Mendel: Joseph Koelreuter e as pesquisas de hibridização de plantas. <b>Genética na Escola</b>, v. 11, n. 2, p. 266-271, 2016. Disponível em: <a href="http://media.wix.com/ugd/b703be_ccc49539901244d1abb9321754b2316a.pdf">http://media.wix.com/ugd/b703be_ccc49539901244d1abb9321754b2316a.pdf</a>. Acesso em: 30 ago. 2022.</p>
09/01/2023 (AULA 9) Estágio docência Felipe	<p><b><u>OS PRINCÍPIOS DA HEREDITARIEDADE- LEIS DA HERANÇA</u></b></p> <p><i>Textos para leitura:</i></p> <p>MENDEL, Gregor Johann. <b>Experimentos de hibridação em plantas</b>. Tradução de William Bateson, revista por Roger Blumberg. MendelWeb Project. 1985. Disponível em <a href="http://www.mendelweb.org/">http://www.mendelweb.org/</a> Acesso em: 22 jul.2022.</p> <p><b>Tarefa de estudo 5:</b> Construção de uma tabela que evidencie os resultados dos estudos de Mendel</p> <p><b><u>Encerramento N1</u></b></p>
16/01/23 (AULA 10) Estágio docência Felipe	<p><b><u>OS PRINCÍPIOS DA HEREDITARIEDADE- LEIS DA HERANÇA</u></b></p> <p><i>Textos para leitura:</i></p> <p>GRIFFITHS, Anthony; MILLER, Jeffrey; SUZUKI, David Takayoshi; LEWONTIN, Richard Charles; GELBART, William Michael. <b>Introdução à Genética</b>. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.</p>
23/01/23 (AULA 11) Estágio docência Felipe	<p><b><u>A COMPREENSÃO DOS MECANISMOS QUE REGEM A TRANSMISSÃO GÊNICA</u></b></p> <p><b>Tarefa de estudo 6:</b> Construção de modelos das estruturas de DNA</p> <p><i>Textos para leitura:</i></p> <p>SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. <b>Ciência &amp; Educação</b> (Bauru), v. 11, n. 2, p. 223-233. 2005. Disponível em: <a href="https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200006">https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200006</a> Acesso em: 22 jul. 2022.</p> <p>SILVA, Marcos Rodrigues da. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. In: MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira <i>et al.</i> (Org.). <b>Filosofia e história da biologia 2</b>. São Paulo: MackPesquisa, 2007. p. 297-310.</p>
30/01/23 (AULA 12) Estágio docência Felipe	<p><b><u>A COMPREENSÃO DOS MECANISMOS QUE REGEM A TRANSMISSÃO GÊNICA</u></b></p> <p><b>Tarefa de estudo 7:</b> Modelando a mitose e meiose</p> <p><i>Textos para leitura:</i></p>



	KLUG, W. S.; CUMMINGS, M. R.; SPENCER, C. A.; PALLADINO, M. A. <b>Conceitos de Genética</b> , 9a ed. Porto Alegre, Artmed, 2010. (partes do livro disponíveis no Google Acadêmico).
<b>UNIDADE TEMÁTICA III</b> <b>Gene, organismo e ambiente</b>	
<b>AS RELAÇÕES ENTRE HERANÇA E EVOLUÇÃO</b>	
06/02/23 (AULA 13) Estágio docência Felipe	<p><b>Tarefa de estudo 8:</b> Genética de populações (Seleção Natural- O caso das joaninhas )</p> <p><i>Textos para leitura:</i></p> <p>DUTRA, Matheus Ganiko; CESCHIM, Beatriz; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Nem só de seleção natural se constrói uma teoria evolutiva. In: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade (Org.). <b>Didática e epistemologia da Biologia</b>. São Paulo: Espelho D'alma, 2020. p. 53 -86.</p> <p>SANTOS, Cintia Graziela; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Theodosius Dobzhansky e as relações entre genética e evolução. <b>Filosofia e História da Biologia</b>, v. 8, n. 3, p. 395-412, 2013. Disponível em: &lt;<a href="https://www.abfhib.org/FHB/FHB-08-3/FHB-8-3-02-Cintia-Graziela-Santos_Lilian-Al-Chueyr-Pereira-Martins.pdf">https://www.abfhib.org/FHB/FHB-08-3/FHB-8-3-02-Cintia-Graziela-Santos_Lilian-Al-Chueyr-Pereira-Martins.pdf</a>&gt;</p>
13/02/23 (AULA 14) Estágio docência Felipe	<p style="text-align: center;"><b>TÉCNICAS DE CRUZAMENTOS</b></p> <p>Aula a campo Agendado na EMBRAPA</p>
AULA 15 Estágio docência Felipe	<i>Online</i>
20/02/23 CARNAVAL	Tarefa de estudo final: síntese do conceito de transmissão gênica pautado nas discussões da disciplina.
27/02/23 (AULA 16) Estágio docência Elisa	Autoavaliação e entrega de notas

### VIII. REFERÊNCIAS

#### Básica

SILVA, Elisa Vaz Borges. **O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia:** a transmissão gênica como objeto do conhecimento. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

GRIFFITHS, Anthony.; MILLER, Jeffrey; SUZUKI, David Takayoshi.; LEWONTIN, Richard Charles.; GELBART, William Michael. **Introdução à Genética**. 10ª ed.. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

MAYR, Ernest. **O desenvolvimento do pensamento biológico:** diversidade, evolução e herança. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1107 p., 1998.

#### Complementar



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



- MENDEL, Gregor Johann. **Experimentos de hibridação em plantas**. Tradução de William Bateson, revista por Roger Blumberg. MendelWeb Project. 1985. Disponível em <http://www.mendelweb.org/> Acesso em 22/07/2022.
- MAYR, Ernest. **O desenvolvimento do pensamento biológico**: diversidade, evolução e herança. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1107p., 1998.
- MOORE, John Alexander. Science as a way of knowing - Genetics. **American Zoologists**, v. 26, p. 583-747, 1986.
- NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes. **Construção de Estatutos de Ciência para a Biologia numa Perspectiva Histórico-Filosófica**: Uma Abordagem Estruturante para seu Ensino. 2010. 437f. Tese (Doutorado em Educação Para Ciência), Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010.
- SANTOS, Cintia Graziela; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Theodosius Dobzhansky e as relações entre genética e evolução. **Filosofia e História da Biologia**, v. 8, n. 3, p. 395-412, 2013.
- PRESTES, Maria Elice Brzezinski; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Antes de Mendel: Joseph Koelreuter e as pesquisas de hibridização de plantas. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, p. 266-271, 2016. Tradução. Disponível em: [http://media.wix.com/ugd/b703be\\_ccc49539901244d1abb9321754b2316a.pdf](http://media.wix.com/ugd/b703be_ccc49539901244d1abb9321754b2316a.pdf). Acesso em: 30 ago. 2022.

#### IX. LOCAL DE DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

As notas serão divulgadas no ambiente virtual de aprendizagem e no SIGAA.

#### XI. OBSERVAÇÕES

Abaixo estão elencadas algumas medidas/resoluções, as quais deverão ter a ciência e concordância de todos os envolvidos nas atividades de ensino previstas para esta disciplina.

- 1) No desenvolvimento das aulas, algumas das atividades previstas poderão ser gravadas. Dessa forma, poderá haver a captura de imagem e voz do professor e dos estudantes. A gravação das aulas ocorrerá a partir da anuência conjunta da docente responsável pela disciplina e dos estudantes, nela regularmente matriculados.
- 2) Poderão ter acesso ao ambiente virtual de aprendizagem, apenas a professora e os estudantes regularmente matriculados nesta disciplina. Depende de autorização da professora, o acesso de terceiros ao ambiente virtual de aprendizagem (AVA), que porventura não estejam diretamente envolvidos com as atividades nela desenvolvidas.
- 3) Os materiais didáticos que porventura forem disponibilizados pela professora não poderão ser objeto de divulgação ao público externo, seja por meio de redes sociais, filmagens, vídeos, impressos de fotografias e quaisquer outros meios de publicação e comunicação.
- 4) O material didático produzido e fornecido pela professora deve ser utilizado apenas para fins educacionais e pedagógicos da disciplina.
- 5) É proibida a reprodução e/ou a distribuição de trechos ou da integralidade das aulas gravadas sem a autorização expressa da professora.

## APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



### TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada **O desenvolvimento do pensamento teórico por licenciandos e bacharéis em Ciências Biológicas: um estudo a partir da apropriação do conceito científico de transmissão gênica**. Meu nome é **Elisa Vaz Borges Silva**, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é **Educação em Ciências e Matemática**, sendo estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM/UFG) da Universidade Federal de Goiás, sob a orientação da Profa. Dra. Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, em qualquer etapa da pesquisa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pela pesquisadora responsável, via e-mail [elisavaz@discente.ufg.br](mailto:elisavaz@discente.ufg.br) ou [elisa3ton@gmail.com](mailto:elisa3ton@gmail.com) e, através do seguinte contato telefônico: (62) 985136747, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás, pelo telefone (62)3521-1215, que é a instância responsável por dirimir as dúvidas relacionadas ao caráter ético da pesquisa. O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CEP-UFG) é independente, com função pública, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

A presente pesquisa tem como objetivo geral: **explicitar as possíveis contribuições para o desenvolvimento do pensamento teórico em estudantes de licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas, a partir da apropriação do conceito de transmissão gênica, no contexto de um experimento didático-formativo**. Você será convidado(a) a participar da pesquisa por meio das discussões e atividades realizadas nas aulas realizadas durante a disciplina optativa “Tópicos em Biologia II: Temas Variados” ofertada no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas durante o 2º semestre de 2022. Você tem direito ao ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa, inclusive transporte e alimentação, se for o caso.

Em caso de danos, você tem o direito de pleitear indenização, conforme previsto em Lei. Se você não quiser que seu nome seja divulgado, está garantido o sigilo que assegure a privacidade e o anonimato. As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas. Em relação aos *riscos da pesquisa*, cabe ressaltar que, na medida que a pesquisa propõe intervenções, como sugestões, questionamentos, atividades, diálogo, além do cansaço poderá causar algum constrangimento, trazendo desconforto ético, moral ou emocional individual e/ou para o coletivo de professores em formação. Em relação aos *benefícios da pesquisa*, entendemos que a presente pesquisa contribuirá, sobremaneira, na formação acadêmica e profissional dos estudantes de licenciatura/bacharelado em Ciências Biológicas, quanto ao estudo de

1



conceitos biológicos, especificamente, do conceito de transmissão gênica. Tendo em vista os riscos e os benefícios da pesquisa, a pesquisadora se compromete a tomar os *danos mínimos possíveis*, principalmente por um rigoroso preparo prévio tanto metodológico quanto ético, tornando os benefícios maiores e mais expressivos.

Durante todo o período da pesquisa e na divulgação dos resultados, sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de alguma forma, identificar-lhe, será mantido em sigilo. Todo material ficará sob minha guarda por um período mínimo de cinco anos. Para condução das atividades pertinentes ao experimento formativo é necessário o seu consentimento para gravação das aulas, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão.

- (                    ) Permito a utilização de gravação durante as aulas da disciplina.  
(                    ) Não permito a utilização de gravação durante as aulas da disciplina.

As gravações serão utilizadas na transcrição e análise dos dados, sendo resguardado o seu direito de ler e aprovar as transcrições. Pode haver necessidade de utilizarmos sua voz em publicações. Faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (                    ) Autorizo o uso de minha voz em publicações.  
(                    ) Não autorizo o uso de minha voz em publicações.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos sua opinião em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (                    ) Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.  
(                    ) Não Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver também, a necessidade de utilizarmos sua imagem em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (                    ) Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.  
(                    ) Não Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.

## 1.2 Consentimento da Participação da Pessoa como Sujeito da Pesquisa:

Eu, ....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo **“O desenvolvimento do pensamento teórico por**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



**licenciandos e bacharéis em Ciências Biológicas: um estudo a partir da apropriação do conceito científico de transmissão gênica”.** Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente esclarecido (a) pela pesquisadora responsável **Elisa Vaz Borges Silva** sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, ..... de ..... de .....

---

Assinatura por extenso do(a) participante

---


Elisa Vaz Borges Silva  
Pesquisadora responsável

Espaço destinado a assinatura de participante iletrado.


Testemunhas (no caso de participante iletrado):

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

## APÊNDICE E - Questionário de diagnose socioeconômico



**TÓPICOS EM BIOLOGIA II**  
**AFINAL, SOMOS APENAS**  
**CÓDIGOS GENÉTICOS ?**  
2022-02



## Pesquisa aos estudantes da disciplina "Afinal, somos apenas códigos genéticos?" - 2022/2

Olá,

Este formulário foi criado pelos docentes Adda Echalar, Elisa Vaz e Felipe Naves para os estudantes matriculados no componente optativo de Tópicos em Biologia II. Almejamos saber mais sobre vocês e as atividades de ensino no contexto da nossa disciplina. Pedimos, por favor, que respondam com bastante sinceridade.

Grande abraço,  
Adda, Elisa e Felipe

**E-mail \***

Seu e-mail \_\_\_\_\_

**Nome completo e contato do WhatsApp \***

Sua resposta \_\_\_\_\_

Qual o seu email institucional? Caso ainda não o tenha, favor seguir passo a passo presente do tutorial : <https://ufgemcasa.ufg.br/p/33200-e-mail-institucional-estudante> Ele deve constar no seu cadastro do SIGAA e fazer uso dele em nossa disciplina. \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

**Qual a sua idade? \***

20 anos

21 anos

22 anos

23 anos

24 anos

Outro: \_\_\_\_\_

Qual o seu estado civil? \*

- Solteiro(a)
- Casado(a)

Com quem você mora? \*

- Com meus pais
- Com meus irmãos
- Com meus pais e irmãos
- Sozinho(a)
- Outro: \_\_\_\_\_

Você reside em que tipo de moradia? \*

- Própria
- Alugada
- Cedida

Qual a média salarial da sua renda familiar? \*

- Até R\$1.000,00
- De R\$1.000,00 até R\$2.000,00
- De R\$2.000,00 até R\$3.000,00
- De R\$3.000,00 até R\$4.000,00
- De R\$4.000,00 até R\$5.000,00
- Mais que R\$5.000,00

Como você avalia o seu estado de saúde (física e mental) para o ensino hoje? \*

Fale sobre isso de forma breve e objetiva.

Sua resposta \_\_\_\_\_

Qual o principal meio de transporte que você utiliza para chegar à universidade? \*

- Condução própria
- Transporte coletivo
- Caminhando/bicicleta
- Outro: \_\_\_\_\_

Qual o seu curso? \*

- Bacharelado em Ciências Biológicas
- Licenciatura em Ciências Biológicas

Qual(is) o(s) principal(s) motivos que levou você a optar pelo seu curso?

Sua resposta \_\_\_\_\_

Você está cursando qual período do curso? \*

- 2º período
- 3º período
- 4º período
- 5º período
- 6º período
- 7º período
- 8º período

Quais as suas expectativas para cursar esta disciplina? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Você trabalha ou realiza estágio remunerado? Se sim, onde?

Sua resposta \_\_\_\_\_

Você participa ou já participou de grupo de estudo? Caso responda sim, marque \* também a opção OUTROS e descreva qual o foco dos estudos do grupo que participa ou já participou.

- Não
- Sim
- Já participei
- Outro: \_\_\_\_\_

Você participa ou já participou de algum Programa de Iniciação Científica (PIBID, \* RP, PIBIC, PROLICEN, PET)? Caso responda sim, marque também a opção OUTRO e descreva qual o foco dos estudos do grupo que participa ou já participou.

- Não
- Sim
- Já participei
- Outro: \_\_\_\_\_

Tem feito cursos e/ou assistido lives sobre conhecimentos relacionados ao \* estudo da Biologia? Se sim, nos diga algumas na opção OUTRO.

- Sim
- Não
- Outro: \_\_\_\_\_

Tem algo que gostaria de dizer sobre a temática da disciplina e o estudo dos \* conceitos da Biologia?

Sua resposta \_\_\_\_\_

## APÊNDICE F - Textos

**“COMO SE ESTRUTURAM AS CIÊNCIAS DA VIDA?” “A CIÊNCIA BIOLOGIA -  
 RELAÇÕES ENTRE HISTÓRIA NATURAL E HISTÓRIA SOCIAL**

---

## Sumário

Prefácio .....	9
1. O que significa “vida”? .....	19
2. O que é ciência? .....	47
3. Como a ciência explica o mundo natural? .....	73
4. Como a biologia explica o mundo vivo? .....	97
5. A ciência avança? .....	116
6. Como se estruturam as ciências da vida? .....	151
7. Perguntas do tipo “O quê?”: o estudo da biodiversidade .	173
8. Perguntas do tipo “Como?”: a construção de um novo indivíduo .....	207
9. Perguntas do tipo “Por quê?”: a evolução dos organismos .....	238
10. Que perguntas faz a ecologia? .....	278
11. Qual é o lugar do homem na evolução? .....	303
12. Pode a evolução explicar a ética? .....	331
Notas .....	359

## 6. Como se estruturam as ciências da vida?

A biologia, da forma como existe hoje, é uma ciência extraordinariamente diversificada. Parte disso se deve ao fato de ela lidar com organismos tremendamente variados, que vão de vírus e bactérias a fungos, plantas e animais. Ela também lida com muitos níveis hierárquicos, de macromoléculas orgânicas e genes até células, tecidos, órgãos e organismos inteiros, e as interações e a organização desses organismos em famílias, comunidades, sociedades, populações, espécies e biota. Cada nível de atividade e organização é uma área de especialização com seu próprio nome — citologia, anatomia, genética, sistemática, etologia ou ecologia, para citar só algumas. Além disso, a biologia tem uma ampla gama de aplicações práticas e deu origem a, ou pelo menos está envolvida em, numerosos campos aplicados, como a medicina, a saúde pública, a agricultura, a silvicultura, o melhoramento animal e vegetal, o controle de pragas, a pesca, a oceanografia biológica e assim por diante.

Embora a biologia enquanto ciência moderna tenha se originado em meados do século XIX, suas raízes, como vimos, remontam aos antigos gregos. Duas tradições distintas, que surgiram há

mais de 2 mil anos, são reconhecíveis ainda hoje: a tradição médica, representada por Hipócrates e seus predecessores e sucessores, e a tradição da história natural. A tradição médica, tendo atingido seu apogeu no mundo antigo com o trabalho de Galeno (ao redor dos anos 130-200), levou ao desenvolvimento da anatomia e da fisiologia, enquanto a tradição da história natural, tendo culminado na *História dos animais*, de Aristóteles, e em seus outros trabalhos biológicos, acabaria dando origem à sistemática, à biologia comparativa e à biologia evolutiva.

A separação entre a medicina e a história natural continuou durante a Idade Média e o Renascimento. As duas tradições, no entanto, estavam ligadas pela botânica, porque esse campo, embora fosse um ramo da história natural, se dedicava às plantas que se acreditava terem propriedades medicinais. Com efeito, todos os principais botânicos do século XVI ao final do XVIII — ou seja, de Cesalpino a Lineu — eram médicos, sendo John Ray a única exceção. Os componentes biológicos mais estritos da medicina, no tempo devido, acabaram sendo a anatomia e a fisiologia, e a botânica e a zoologia se tornaram os da história natural, enquanto a paleontologia ficou ligada à geologia. Essa classificação das ciências da vida predominou do final do século XVIII até boa parte do XX.<sup>1</sup>

A Revolução Científica teve um impacto reduzido sobre a biologia. O efeito mais decisivo foi a descoberta, nos séculos XVII e XVIII, da diversidade quase inimaginável das faunas e floras de diferentes partes do mundo. O rico butim trazido por viagens oficiais e por exploradores individuais (como os alunos de Lineu, que coletavam plantas) levou à fundação de coleções de história natural e museus, e favoreceu uma ênfase na sistemática (ver o capítulo 7). Com efeito, a biologia na era de Lineu consistia quase inteiramente em sistemática, exceto pelos estudos de anatomia e fisiologia nas escolas médicas.

Quase todo o trabalho nas ciências da vida durante aquele período era descritivo. Seria um erro, no entanto, considerar esse período da biologia como conceitualmente estéril. Foram o trabalho em história natural de Buffon, a fisiologia de Bichat e Magendie, a morfologia idealista de Goethe, o trabalho de Blumenbach e seus seguidores Cuvier, Oken e Owen e as especulações da *Naturphilosophie* [filosofia natural] que lançaram os alicerces da maioria dos avanços subsequentes. Ainda assim, em vista da enorme diversidade e singularidade do mundo vivo, a biologia precisou de uma base factual muito mais ampla que as ciências físicas. Essa base não foi construída somente pela sistemática, mas também pela anatomia comparada, paleontologia, biogeografia e pelas ciências afins.

O termo *biologia* foi introduzido na literatura por volta de 1800 por Lamarck, Treviranus e Burdach.<sup>2</sup> Mas, a princípio, não havia na verdade nenhum campo de pesquisa digno desse nome. O termo indicava, no entanto, uma tendência ou objetivo, e significava um afastamento dos esforços estritamente descritivos, taxonômicos, e um movimento no sentido de um interesse maior nos organismos vivos. Treviranus (1802: 4) oferece a seguinte descrição: “O assunto das nossas investigações será as várias formas e manifestações da vida, as condições e leis que controlam sua existência e as causas pelas quais isso se dá. A ciência que se ocupa desses temas designaremos *biologia* ou *ciência da vida*”.

As origens da ciência da biologia tal como a conhecemos hoje tiveram lugar entre 1828 e 1866, e estão associadas com os nomes Von Baer (embriologia), Schwann e Schleiden (teoria celular), Müller, Liebig, Helmholtz, DuBois-Reymond, Bernard (fisiologia), Wallace e Darwin (filogenia, biogeografia, teoria evolutiva) e Mendel (genética). Esse período vibrante foi coroado pela publicação de *A origem das espécies*, em 1859. Avanços nesses 38 anos levaram à maioria das disciplinas que conhecemos hoje na biologia.

OS MÉTODOS COMPARATIVO  
E EXPERIMENTAL NA BIOLOGIA

Desde o *kosmos* grego até os tempos modernos, filósofos e cientistas têm se valido de duas abordagens principais em sua busca de alguma ordem subjacente na natureza. A primeira é a procura de leis que dêem conta das regularidades observadas por eles. A outra é a procura de “relacionamentos”. Isso não significava, a princípio, uma relação filogenética — mas, simplesmente, “ter coisas em comum”. Algo que só podia ser estabelecido por meio de comparações.

O método comparativo obteve seu maior triunfo com o trabalho de Cuvier e seus associados, quando estes desenvolveram a morfologia comparativa. A princípio esse era um esforço puramente empírico, mas após a proposta da teoria da origem comum por Darwin, em 1859, tornou-se um método científico cada vez mais rigoroso. O método comparativo se tornou tão bem-sucedido que foi aplicado a outras disciplinas biológicas, levando à fisiologia comparativa, à embriologia comparativa, à psicologia comparativa e assim por diante. A macrotaxonomia moderna é quase exclusivamente comparativa.

Um grande impulso dado à nova ciência da biologia foi a invenção e o desenvolvimento de novos instrumentos. Instrumentos inventados por Johannes Müller e seus alunos e por Claude Bernard foram decisivos para os avanços pioneiros da fisiologia. Nenhum outro instrumento, no entanto, teve um impacto maior sobre a ascensão da biologia do que o microscópio, continuamente aperfeiçoado. Ele resultou no desenvolvimento de duas novas disciplinas, a embriologia e a citologia.<sup>3</sup>

Depois de 1870, a biologia sofreu uma cisão, por razões que não foram bem compreendidas na época. A biologia das causas evolutivas (com sua ênfase quase exclusiva na filogenia) era baseada

em comparações ou em inferências a partir de observações (que seus oponentes chamavam de especulação). A biologia das causas próximas, por outro lado (primariamente a fisiologia e a embriologia experimental), destacavam abordagens experimentais. Representantes dessas duas escolas da biologia debatiam ferozmente qual das duas estava certa. Hoje, logicamente, está claro que ambos os conjuntos de perguntas devem ser respondidos.

Quando se descobriu que a estrutura e a função das células era a mesma em animais e plantas, e que isso também valia para o modo de herança das características do indivíduo, a velha divisão entre botânica e zoologia deixou de ter muito sentido. Isso era especialmente verdadeiro depois que se descobriu que todos os processos moleculares em ambos os reinos eram bastante similares, virtualmente idênticos mesmo, e depois que se estabeleceu que fungos e procariontes eram diferentes tanto do reino animal quanto do vegetal. Ficou cada vez mais óbvio que, em uma nova classificação, seria preciso procurar novos princípios ordenadores, que não fossem baseados no tipo de organismo.

Depois do desenvolvimento da biologia celular e molecular, algumas pessoas argumentaram que a zoologia e a botânica não seriam mais necessárias. No entanto, em certas áreas, como a taxonomia e a morfologia, a necessidade de lidar com plantas e animais separadamente permaneceu. O desenvolvimento e a fisiologia são, da mesma maneira, bastante diferentes em plantas e em animais, e os estudos do comportamento dizem respeito a animais somente. Por mais brilhantes que sejam os avanços na biologia molecular, a biologia de organismos inteiros continua a ser uma necessidade vital, embora essa biologia talvez precise ser organizada de maneira muito diferente da tradicional.

Fora essas exceções, no entanto, todos os problemas da biologia dizem respeito a plantas e animais. O que é particularmente interessante na origem das várias novas disciplinas biológicas é

que ela teve contribuições equivalentes de estudiosos tanto de plantas quanto de animais. O botânico Brown descobriu o núcleo da célula, e o botânico Schleiden com o zoólogo Schwann propuseram a teoria celular, desenvolvida por Virchow, que veio da zoologia e da medicina. O problema da fertilização, da mesma forma, foi resolvido por meio de uma série de descobertas feitas por botânicos e zoólogos, e isso é igualmente válido para a citologia e, mais tarde, para a genética.

Já se tentou diversas vezes desenvolver uma classificação racional de todas as disciplinas da biologia, para lidar com o enorme leque de fenômenos unidos sob a bandeira da biologia, mas nenhuma dessas tentativas teve sucesso. De todas as classificações propostas ao longo do tempo, nenhuma foi mais enganosa que aquela que reconhecia três ramos da biologia: a descritiva, a funcional e a experimental. Essa classificação não só excluía campos inteiros da biologia (como a biologia evolutiva), como também ignorava o fato de que a descrição é uma necessidade de quase todas as partes da biologia, e que a experimentação é parte crucial das análises somente na biologia funcional. Além disso, os experimentos são mais importantes não tanto como meio de coleta de dados, mas para testar conjecturas.

Driesch revelou quão pouco ele entendia a estrutura da biologia quando observou quão acertado era o fato de que as universidades alemãs agora só contratavam biólogos experimentais e nenhum taxonomista. Aqui ele aglutinou a biologia evolutiva, a etologia e a ecologia com a taxonomia e considerou todas as partes da biologia de organismos como ciências puramente descritivas, pelo fato de não serem experimentais. O comentário de Gillispie de que a taxonomia não interessa ao historiador é outra concepção errônea das diferentes disciplinas biológicas.

#### NOVAS TENTATIVAS DE ESTRUTURAR A BIOLOGIA

Em 1955, o Conselho de Biologia organizou um simpósio especial dedicado a analisar os conceitos da biologia e a como melhor representar a estrutura da biologia.<sup>4</sup> Os critérios pelos quais vários autores propuseram dividir a biologia em disciplinas eram excessivamente variados. Bastante favorecida foi a divisão de Mainx em morfologia, fisiologia, embriologia e outras poucas matérias-padrão, em geral hierarquicamente subdivididas em citologia, histologia, fisiologia de órgãos completos e assim por diante, com base em considerações morfológicas. Outra classificação amplamente aceita, proposta por P. Weiss, escolheu uma abordagem mais ou menos hierárquica: biologia molecular, biologia celular, biologia genética, biologia do desenvolvimento, biologia regulatória, biologia de grupo e ambiental.<sup>5</sup> Muitos dos comitês de avaliação da Fundação Nacional de Ciências [dos Estados Unidos] foram rotulados de acordo com essa classificação. É interessante (e não surpreende) que o experimentalista Weiss tenha agrupado todos os aspectos da biologia de organismos (as biologias sistemática, evolutiva, ambiental e comportamental) em uma única categoria, "biologia de grupo e ambiental", enquanto reservou cinco categorias de igual peso para níveis hierárquicos abaixo de organismos inteiros.

Em geral, os critérios de classificação que qualquer autor sugere são fortemente influenciados por sua formação. Se ele vier das ciências físicas, tenderá a destacar a experimentação, a redução e os componentes unitários, e a se concentrar em processos funcionais.<sup>6</sup> Por outro lado, os biólogos formados como naturalistas tenderão a destacar a diversidade, a singularidade, as populações, os sistemas, as inferências a partir de observações e os aspectos evolutivos.

Em 1970, o Comitê para as Ciências da Vida da Academia Nacional reconheceu doze categorias, das quais as últimas três

eram áreas aplicadas: (1) biologia molecular e bioquímica, (2) genética, (3) biologia celular, (4) fisiologia, (5) biologia do desenvolvimento, (6) morfologia, (7) biologia evolutiva e sistemática, (8) ecologia, (9) biologia comportamental, (10) nutrição, (11) mecanismos de doenças, (12) farmacologia.<sup>7</sup> Embora fosse uma melhora em relação aos outros sistemas, este também tinha problemas, como considerar a biologia evolutiva e a sistemática uma única disciplina.

Finalmente, acabou-se por perceber que o tipo de pergunta que se faz na pesquisa científica pode ajudar a levar a uma classificação mais lógica das disciplinas biológicas. As três grandes questões são: “O quê?”, “Como?” e “Por quê?”.

#### *Perguntas do tipo “O quê?”*

Não é possível fazer ciência, qualquer ciência, sem primeiro estabelecer uma base factual sólida — ou seja, registrar as observações e descobertas nas quais se baseia uma dada teoria. A descrição é, portanto, uma parte importante de qualquer disciplina científica.

Curiosamente, anexar a palavra “descritiva” a qualquer disciplina científica sempre teve uma conotação um tanto pejorativa. Os fisiologistas tendiam a chamar o trabalho dos morfólogos de descritivo, embora, estritamente falando, o trabalho dos fisiologistas fosse em sua maior parte tão descritivo quanto o dos morfólogos. Alguns biólogos moleculares confessaram ter vergonha de que uma parte tão grande do trabalho publicado em seu campo não seja nada além de um registro de fatos (descrição). Não há necessidade de tal vergonha, porque a biologia molecular, sendo uma área nova, precisa, como todos os ramos da ciência, passar por essa fase descritiva.

Seria enganoso reconhecer uma disciplina separada chamada biologia descritiva. A descrição é o primeiro passo de qualquer

ramo da biologia. A taxonomia, o reconhecimento de espécies e táxons mais elevados, não é mais descritiva do que boa parte da biologia celular ou molecular ou, a propósito, o projeto genoma. A descrição não deveria nunca ser vilipendiada, porque ela é o alicerce indispensável de toda pesquisa explanatória e interpretativa na biologia.<sup>8</sup>

O surpreendente é que os próprios taxonomistas, antes de Rensch, Mayr, Simpson e Hennig, tinham pouca noção do valor da própria disciplina. Em um debate intitulado “Tendências atuais na teoria biológica”, o grande taxonomista de formigas W. M. Wheeler (1929: 192) disse que a taxonomia “é a única ciência biológica que não tem teoria, sendo meramente diagnóstico e classificação”. Quão errada estava essa idéia é algo que foi esclarecido, por exemplo, pelas publicações de Hennig, Simpson, Ghiselin, Mayr, Bock, Ashlock e Hull.<sup>9</sup>

Todas as ciências lidam com fenômenos e com processos, mas em algumas ciências predomina o estudo de fenômenos, em outras o de processos. Os fisiologistas, que se ocupam de explicar o maquinário da vida, lidam quase exclusivamente com processos. Os biólogos evolutivos, no entanto, também lidam com processos, aqueles que levaram à mudança evolutiva, especialmente a novas adaptações e a novos táxons. Mas uma das principais ocupações do naturalista sempre foi o estudo da diversidade da vida. O estudo da diversidade orgânica é a área de concentração especial de muitas disciplinas biológicas, sobretudo a taxonomia e a ecologia. Ele envolve uma interação entre sistemas completos e requer uma estratégia diferente, por exemplo, da usada na análise de processos fisiológicos simples, como os estudados no laboratório.

O estudo da diversidade requer invariavelmente, como seu primeiro passo, uma descrição precisa e completa. Isso é particularmente verdade para a taxonomia (incluindo a paleontologia e a parasitologia), a biogeografia, a autecologia e todos os ramos da

biologia comparativa (incluindo a bioquímica comparativa). Essa base descritiva permite as comparações que conduzem às generalizações características das várias subdisciplinas da biologia evolutiva. A crítica se justifica somente quando os cientistas nunca vão além da descrição. Os resultados mais importantes da ciência são as generalizações e teorias que derivam do material factual bruto.

Em qualquer área, a fase de coleta de dados raramente chega a se completar. Não só a ciência como um todo tem uma fronteira infinita, como cada uma de suas subdivisões também tem. Sempre que novos métodos de coleta de dados se tornam disponíveis, horizontes inteiros se abrem à vista. Exemplos disso são o advento do microscópio eletrônico em citologia, os equipamentos de mergulho para pesquisa em águas rasas ou os novos métodos para coletar animais no dossel das florestas tropicais. A zoologia de invertebrados fez grandes avanços quando se desenvolveram tecnologias para coletar a meiofauna na camada de baixo do oceano, a fauna pelágica e a benthica em águas profundas e os organismos associados com as chaminés vulcânicas nas profundezas do mar.

Olhando para trás na história da biologia, os biólogos quase ficam com vergonha ao constatar quão negligenciados foram todos os organismos que não eram animais nem plantas superiores. Por exemplo, tudo aquilo que não era claramente um animal era tido como pertencente a domínio da botânica. Apenas recentemente os biólogos se deram conta de quão diferentes os fungos são das plantas (de fato, eles são mais aparentados com os animais) e, ainda mais recentemente, perceberam quão incrivelmente diferentes os procariontes (bactérias e seus parentes) são dos eucariontes (incluindo os protistas, os fungos, as plantas e os animais). Os *Prokaryota* são hoje reconhecidos como um super-reino separado e dão um exemplo notável da fronteira infinita que existe na biologia, mesmo no nível descritivo.

#### *Perguntas do tipo "Como?" e "Por quê?"*

Só as respostas às perguntas do tipo "O quê?" não bastaram para produzir uma solução satisfatória para o problema de como classificar as subdivisões da biologia. Portanto, precisamos agora nos voltar para as perguntas do tipo "Como?" e "Por quê?".<sup>10</sup> Na biologia funcional, bem como em todos os aspectos da fisiologia — do nível molecular até o dos órgãos completos —, as pesquisas lidam primariamente com perguntas do tipo "Como?". Como determinada molécula desempenha sua função? Por que via um órgão completo funciona? Tais questões, que lidam com o aqui e o agora, são conhecidas como o estudo das causas próximas. Esse campo, do nível molecular até o dos organismos completos, lida primariamente com a análise de processos.

"Como?" é a pergunta mais freqüente nas ciências físicas e levou à descoberta das grandes leis naturais. Esta foi também a pergunta dominante na biologia até o início dos anos 1800, porque as disciplinas biológicas principais de então, a fisiologia e a embriologia, eram dominadas pelo pensamento fiscalista. Essas duas disciplinas se preocupavam quase exclusivamente com o estudo das causas próximas. É claro que perguntas do tipo "Por quê?" também eram feitas, mas, sendo o cristianismo então a ideologia predominante no mundo ocidental, tais questões inevitavelmente levavam à resposta fácil: Deus, o Criador (criacionismo), Deus, o Fazedor de Leis (fiscalismo) e Deus, o Projetista [Designer] (teologia natural).

Questões do tipo "Por quê?" lidam com os fatores históricos e evolutivos responsáveis por todos os aspectos dos organismos vivos que existem ou existiram no passado. Por que os beija-flores são exclusivos do Novo Mundo? Por que os animais do deserto geralmente têm a mesma cor do seu substrato? Por que as aves insetívoras das zonas temperadas migram no outono para áreas subtropicais ou tropicais? Tais questões, em geral relacionadas com

adaptações ou com a diversidade orgânica, são tradicionalmente conhecidas como a busca das causas últimas. Perguntas do tipo “Por quê?” não se tornaram questões científicas antes da proposta da evolução e, mais particularmente, antes de 1859, quando Darwin propôs um mecanismo concreto para a mudança: a seleção natural.

Muito pouca gente se deu conta de que foi Darwin o responsável por dar legitimidade científica às perguntas do tipo “Por quê?”. E, ao fazer essas perguntas, ele fez toda a história natural ingressar no reino da ciência. Os fisicalistas, como Herschel e Rutherford, haviam excluído a história natural da ciência porque ela não se conformava aos princípios metodológicos da física. A natureza dos objetos inanimados, que não têm um programa genético historicamente adquirido, não pode ser elucidada por perguntas do tipo “Por quê?”. O que Darwin fez foi acrescentar uma importantíssima metodologia nova ao ferramental da ciência.

A terminologia das causas próximas e últimas tem uma longa história, talvez recuando até os tempos da teologia natural, quando “última” se referia à mão de Deus. Tem sido dito que Herbert Spencer falava de causas próximas e últimas, mas a referência mais antiga que consegui encontrar a essa terminologia está em uma carta que G. J. Romanes (1897: 98) escreveu a Darwin nos anos 1880: “Postular [...] movimentos moleculares [...] como a explicação completa da hereditariedade me parece a mesma coisa que dizer que a causa, digamos, de uma doença obscura como o diabetes é a persistência da força. Sem dúvida esta é a causa última, mas o patologista precisa de uma causa mais próxima se quiser que sua ciência tenha algum valor”.

Considerando quão vaga é essa formulação, não surpreende que tenham se passado mais quarenta anos até um uso mais bem definido ser introduzido na literatura por John Baker (1938: 162). É interessante citar na íntegra o uso que ele faz desses termos:

Os animais desenvolveram a capacidade de responder a certos estímulos por meio do acasalamento. Em climas frios e temperados, está geralmente claro que a estação adotada [para o acasalamento] permite aos filhotes crescer em condições climáticas favoráveis, e pode-se dizer que em certo sentido essas condições são a causa última de a temporada de acasalamento acontecer em uma dada época. Não há, é claro, razão nenhuma para supor que as condições ambientais específicas favoráveis aos filhotes sejam necessariamente aquela ou aquelas que constituem a causa próxima e estimulam os pais a se reproduzir. Assim, a abundância de insetos para comer pode ser a causa última, e a duração do dia pode ser a causa próxima, do período de acasalamento.

David Lack (em 1954) tomou emprestada essa terminologia de Baker, e eu (em 1961) a adotei de ambos os autores (mesmo embora, após Darwin, a causa última tenha passado a significar simplesmente a causa evolutiva). O conceito foi rapidamente detalhado por Orians (1962) e por alguns etólogos. Mesmo antes de 1961, biólogos sagazes entenderam bem que a biologia tem dois lados. Weiss (1947: 524), por exemplo, declarou: “Todos os sistemas biológicos têm um aspecto dual. Eles são mecanismos causais bem como produtos da evolução [...]. A fisiologia pode querer ficar do lado dos fenômenos repetitivos e controláveis e querer deixar a causa singular e não-repetitiva da evolução para outros”. Mas nem Weiss nem ninguém mais se aprofundou nessas sugestões até eu formular a distinção, em 1961.

Causas próximas estão relacionadas com a função de um organismo e com suas partes, bem como com seu desenvolvimento, investigado de sua morfologia funcional até a sua bioquímica. Elas lidam com a decodificação de programas genéticos e somáticos. As causas evolutivas (históricas ou últimas), por outro lado, tentam explicar por que um organismo é como é, como pro-

duto da evolução. Elas explicam a origem e a história dos programas genéticos. As causas próximas são geralmente a resposta a perguntas do tipo “Como?”, enquanto as causas últimas são geralmente a resposta a perguntas do tipo “Por quê?”.

Infelizmente, durante boa parte da história da biologia nos últimos 130 anos, foram feitos esforços para explicar os fenômenos biológicos exclusivamente em termos de uma ou outra dessas duas causalidades. Os experimentalistas diriam que o desenvolvimento se devia inteiramente a processos fisiológicos no embrião, enquanto os biólogos evolutivos ressaltariam que um ovo de peixe sempre se tornaria um peixe e um de rã se tornaria uma rã, e também que fenômenos como a recapitulação não fariam sentido a menos que os aspectos evolutivos fossem levados em conta. Muitas das grandes controvérsias da biologia no passado, como a disputa entre as escolas da natureza e da criação no tocante à herança e ao comportamento, ou a rebelião dos *Entwicklungsmechaniker* contra os embriologistas comparativos haeckelianos,<sup>11</sup> foram o resultado desse unilateralismo.

A eterna confusão entre questões relacionadas com causalidades próximas e últimas é particularmente aparente nos escritos dos chamados estruturalistas e dos morfólogos funcionais. Seu raciocínio básico é anti-selecionista e até teleológico; eles vêem lógica, ordem e racionalidade no domínio biológico.<sup>12</sup> O acaso, como princípio explicativo, é recebido com um franzir de cenho e sempre considerado uma alternativa a processos seletivos direcionais, não como um processo simultâneo. Considerações sobre os componentes “históricos” (evolutivos) dos fenômenos biológicos devem ser evitadas sempre que possível.<sup>13</sup> Os estruturalistas não vêem que ambas as causalidades devem ser consideradas na maior parte das explicações biológicas, exceto aquelas puramente físico-químicas.

O reconhecimento de que a investigação biológica pode ser quebrada nessas duas questões tão diferentes ajudou a resolver

várias controvérsias conceituais na biologia, e levou ao esclarecimento metodológico (qual método usar e quando) e a uma demarcação mais clara entre várias disciplinas biológicas. Também chamou a atenção para o aspecto histórico das causas últimas e para os mecanismos fisiológicos envolvidos nas causas próximas, e demonstrou que a maioria dos biólogos são, em geral, estudiosos ou das causas últimas ou das causas próximas, devido à escolha de seu campo de trabalho. No entanto, como sempre insisti, nenhum fenômeno biológico pode ser inteiramente explicado até que tanto suas causas últimas quanto suas causas próximas sejam iluminadas. Mesmo que a maioria das disciplinas biológicas se concentre em um ou em outro desses conjuntos de questões, cada uma dessas disciplinas, em maior ou menor grau, precisa considerar também o outro tipo de causalidade.

Deixe-me ilustrar isso para a biologia molecular. Uma dada molécula tem um papel funcional em um organismo. Como ela desempenha esse papel, como interage com outras moléculas, seu papel no balanço energético da célula e assim por diante — essas questões resultam em um estudo das causas próximas. Mas quando perguntamos por que a célula contém essa molécula, que papel ela desempenhou na história da vida, como ela pode ter mudado durante a evolução, como e por que ela difere de moléculas homólogas em outros organismos e perguntas semelhantes, então estamos lidando com causas últimas. O estudo de ambas é igualmente legítimo e indispensável.

O estudo do comportamento animal é outra área que demonstra a conexão particularmente próxima entre os dois tipos de causalidade. Por que dado tipo de organismo demonstra dados componentes de comportamento é um resultado da evolução. Mas explicar a neurofisiologia de um comportamento específico requer um estudo das causas próximas, por meio de pesquisas neurofisiológicas.

As causas próximas podem afetar o fenótipo, isto é, a morfologia e o comportamento; as causas últimas podem ajudar a explicar o genótipo e sua história. As causas próximas são em grande parte mecânicas; as causas últimas são probabilísticas. As causas próximas ocorrem aqui e agora, em um momento particular, em um estágio particular do ciclo de vida de um indivíduo; as causas últimas têm estado ativas por longos períodos, mais especificamente no passado evolutivo de uma espécie. As causas próximas envolvem a decodificação de um programa genético ou somático existente; as causas últimas são responsáveis pela origem de novos programas genéticos e por suas mudanças. A determinação das causas próximas é geralmente facilitada pela experimentação, e das causas últimas, por inferências a partir de narrativas históricas.

*Uma nova classificação baseada em "Como?" e "Por quê?"*

Que classificação das ciências da vida seria possível adotar se fosse para dividi-las entre as causas próximas e as últimas somente com base em seu objetivo principal? Toda a fisiologia (a de órgãos, a de células, a sensoria, a neurofisiologia, a endocrinologia e assim por diante), a maior parte da biologia molecular, da biologia funcional, da biologia do desenvolvimento e da genética fisiológica se encaixam melhor nas causas próximas. A biologia evolutiva, a genética de transmissão, a etologia, a sistemática, a morfologia comparada e a ecologia se encaixam melhor nas causas últimas.

Essa tentativa de divisão rende de imediato algumas dificuldades, como a necessidade de partir a genética em genética de transmissão (e de populações) e a genética fisiológica, ou de dividir a morfologia entre funcional e comparada. No entanto, essas disciplinas já foram conceitualmente separadas há muito tempo, mesmo estando cobertas por um rótulo único. A morfologia funcional, por exemplo, é geralmente estudada por morfólogos des-

critivos, e estudiosos de filogenia fazem extenso uso de métodos moleculares. A ecologia é difícil de classificar; ela lida com sistemas complexos e, portanto, a maioria dos problemas ecológicos envolve tanto causas próximas quanto últimas. Quando, no século XIX, a teoria celular foi desenvolvida por Schleiden, Schwann e Virchow, ela era claramente um ramo da morfologia, e ainda o foi na alvorada da microscopia eletrônica. Mas a biologia celular moderna é praticamente biologia molecular.

#### TROCAS DE PODER NA BIOLOGIA

A reestruturação atual da biologia não poderia acontecer sem uma boa quantidade de tensão, controvérsia e deslocamentos. Sempre que uma nova subdisciplina se tornava bem-sucedida, ela lutava por seu lugar ao sol e tentava drenar o máximo possível de atenção e de recursos das disciplinas estabelecidas. Às vezes um novo campo estabelecia praticamente um monopólio. Quando obtive meu Ph. D. em Berlim, em 1926, vários zoólogos respeitáveis me aconselharam a partir para a *Entwicklungsmechanik*, se fosse para escolher a zoologia acadêmica como carreira. "Spemann preenche todas as cadeiras vagas", eles me diziam. DuBois-Reymond nunca escondeu seu desprezo pela "zoologia descritiva" de seu professor Johannes Müller, mesmo que, olhando em retrospecto, as descobertas de sua própria pesquisa não tenham sido comparativamente tão impressionantes. A última vez que isso aconteceu foi quando a biologia molecular teve seu primeiro florescimento. O bioquímico George Wald proclamou em alto e bom som que só havia uma biologia, a biologia molecular; toda biologia é molecular, ele disse. Em várias universidades dos Estados Unidos, a maioria dos biólogos de organismos, ou todos eles, foi na época substituída por biólogos moleculares.

Com as ciências físicas tradicionalmente favorecidas com prêmios Nobel, em eleições para a Academia Nacional, em cargos consultivos no governo e pela indústria, as porções da biologia mais próximas do material e do pensamento das ciências físicas sempre foram favorecidas pelo governo, enquanto outros aspectos da biologia, como o estudo da biodiversidade, eram negligenciados. A origem dessa diversidade, um dos dois principais problemas da biologia evolutiva, era quase totalmente ignorada pela genética evolutiva antes da síntese evolucionista. A biologia médica, por razões óbvias, sempre foi favorecida pelas agências de fomento. Projetos equivalentes geralmente conseguem financiamentos muito maiores quando apoiados pelo Instituto Nacional de Saúde do que quando apoiados pela Fundação Nacional de Ciências.

A botânica, em especial, sofreu com essa discriminação. Nos tempos de Lineu, ela era a *scientia amabilis*, e até o começo do século xx havia vários botânicos entre os principais biólogos. Isso valia especialmente para a citologia e a ecologia. Todos os três redescobridores de Mendel, como eram chamados (DeVries, Correns e Tschermak), eram botânicos. Mas então uma série de derrotas teve início. O estudo dos fungos (micologia) foi removido da botânica e se tornou um campo independente; e, mais importante ainda, o mesmo aconteceu também com o estudo dos procariontes. Após 1910, os zoólogos, em sua maioria, haviam se tornado especialistas em citologia, genética, neurofisiologia, comportamento e assim por diante, e sentiam que estavam lidando com fenômenos biológicos básicos e quiseram ser chamados de biólogos em vez de zoólogos — uma palavra que, corretamente ou não, sempre pareceu ligada à morfologia e à taxonomia. A palavra “biológica” passou a ser usada com cada vez mais frequência para a combinação de botânica e zoologia. Por exemplo, em 1931, nos Laboratórios Biológicos de Harvard, foi estabelecido um Departamento de Biologia. Nesse novo departamento ainda havia profes-

sores que ensinavam matérias estritamente botânicas, como morfologia vegetal, fisiologia vegetal, taxonomia vegetal e biologia reprodutiva vegetal, mas agora eles se acotovelavam com outros biólogos, especializados em matérias zoológicas.

Quando o Instituto Americano de Ciências Biológicas (American Institute of Biological Science — AIBS) foi fundado, em 1947, ele incluía botânica, zoologia e todas as outras disciplinas biológicas. Os botânicos, no entanto, estavam com medo (não sem uma boa dose de razão) de que as características únicas das plantas fossem esquecidas se a consolidação da área na biologia fosse longe demais. Quando, em 1975, a Academia Nacional reorganizou suas subdivisões, a seção de zoologia foi abolida e substituída por uma seção de biologia de populações, evolução e ecologia. Os botânicos foram convidados a fazer o mesmo, mas preferiram preservar sua seção. Eles sustentaram que abandonar a seção de biologia vegetal levaria a negligenciar as propriedades únicas das plantas. Diversos botânicos, no entanto, saíram da seção de biologia vegetal e se juntaram a seções biológicas gerais como a de genética ou a de biologia de populações.<sup>14</sup>

Mas a botânica não foi de forma alguma obliterada. Ela assumiu a liderança, por exemplo, no estudo da biologia tropical. Os herbários e os periódicos botânicos continuam a dar contribuições importantes à biologia, e os departamentos de botânica ainda são ativos em muitas faculdades e universidades. Com efeito, na onda do atual movimento conservacionista, a botânica hoje voltou a ser mais produtiva do que era no período anterior.

Quase invariavelmente os representantes de uma tradição, os fundadores de uma nova disciplina, acham que ela torna obsoleta alguma das divisões clássicas da biologia. Na verdade, mesmo os ramos mais tradicionais da biologia — a sistemática, a anatomia, a embriologia e a fisiologia — ainda são necessários, não só como bancos de dados, mas também pelo fato de todos eles serem fron-

teiras infinitas e inacabadas, e de todos serem necessários para completar a nossa visão do mundo vivo. Cada disciplina parece ter uma época áurea, e muitas delas têm várias. Mas, mesmo depois de a lei de retornos decrescentes\* ter predominado, não há justificativa para abolir uma disciplina que tenha se tornado “clássica.”<sup>15</sup>

#### BIOLOGIA, UMA CIÊNCIA DIVERSIFICADA

Os capítulos 1 e 2 enfatizaram as características e os conceitos distintivos da biologia quando comparada com as ciências físicas, a teologia, a filosofia e as humanidades. Quase tão importantes são as diferenças conceituais que existem dentro da própria biologia. Cada ramo da biologia tem seus próprios bancos de dados, seu próprio conjunto de teorias, seus próprios livros-texto, periódicos e suas próprias sociedades científicas. Claro, há semelhanças entre as disciplinas biológicas que lidam com causas próximas, assim como as que se especializam em causas últimas, mas mesmo estas diferem de maneira notável na natureza de suas teorias dominantes e de seus conceitos fundamentais.

Para fazer tal análise para todas as áreas especiais da biologia, seria preciso muito mais espaço do que o disponível neste volume, e seria exceder em muito minha competência. O que tentarei fazer nos capítulos que se seguem, no entanto, é uma análise de amostras de quatro áreas — sistemática, biologia do desenvolvimento, evolução e ecologia —, de modo a ilustrar a natureza da disputa entre conceitos rivais e a relativa maturidade do arcabouço conceitual atual dessas áreas.

\* Lei de retornos decrescentes: princípio da economia segundo o qual o investimento contínuo de energia e talento em uma tarefa qualquer tende a produzir menos resultados depois que se atinge certo patamar. (N. T.)

Mas, antes de embarcar nessa tarefa, talvez eu devêsse elaborar sobre uma questão colocada no prefácio — minhas razões para não incluir algumas disciplinas na minha análise. Algumas disciplinas biológicas se relacionam com tudo o que diga respeito aos organismos vivos. Isso é certamente verdade para a genética. O programa genético é o fator subjacente a tudo o que os organismos fazem. Ele tem um papel decisivo no estabelecimento da estrutura de um organismo, de seu desenvolvimento, de suas funções e suas atividades.

Didaticamente, a maneira mais informativa de lidar com os conceitos da genética seria usar a história da genética como o veículo. Tentei fazer isso no meu *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Mas ali só lidei com a genética de transmissão. Devido à ascensão da biologia molecular, a ênfase agora mudou para a genética do desenvolvimento, e esse tipo de genética virtualmente se tornou um ramo da biologia molecular.

Mais formidáveis, e talvez mais intransponíveis, são os problemas colocados pela biologia molecular. Quer tratemos de fisiologia, desenvolvimento, genética, neurobiologia ou comportamento, os processos moleculares são em última instância os responsáveis por tudo o que acontece. Alguns fenômenos unificadores já são aparentes, como os homeoboxes; outros podem ser fracamente distinguíveis. Mas todas as vezes que tentei apresentar uma visão panorâmica da biologia molecular fui atropelado por uma massa de detalhes. Por essa razão, nenhuma seção especial deste livro será dedicada à biologia molecular, embora nos capítulos 8 e 9 eu tenha destacado algumas grandes generalizações (“leis”) descobertas pelos biólogos moleculares. A razão pela qual não dediquei mais espaço a essa disciplina não é que a considere menos importante que outras partes da biologia — pelo contrário —, mas que seu tratamento requer uma competência que não tenho. O mesmo vale para a neurobiologia e a psi-

## “A CIÊNCIA BIOLOGIA - RELAÇÕES ENTRE HISTÓRIA NATURAL E HISTÓRIA SOCIAL”

### A Ciência Biologia - relações entre História Natural e História Social<sup>1</sup>

As raízes da Biologia enquanto Ciência remontam aos antigos gregos, porém o termo Biologia foi utilizado primeiramente em 1800 pelo médico alemão Karl Friedrich Burdach (1776 - 1847); dois anos depois foi utilizado na literatura pelo naturalista alemão Gottfried Reinhold Treviranus (1776 - 1837) e pelo francês Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), mas sem, contudo, apresentar campos de pesquisas, indicando apenas um interesse particular por um olhar específico – o biológico – aos organismos vivos (FREZZATTI Jr., 2003; NASCIMENTO Jr., 2010; MAYR, 2011).

Entre os séculos XV e XVIII o objeto de estudo da Biologia era dividido entre a medicina (anatomia e fisiologia humanas), a história natural e a botânica. Entre os séculos XVII e XVIII a história natural que, até então, era constituída por taxonomistas tratava de tudo aquilo que era criado por Deus e avançou da descrição de animais, plantas ou homem para um conjunto de disciplinas científicas com seus próprios métodos, distintos das Ciências Físicas. As escolas médicas avançaram em estudos sobre anatomia e forneceram importantes contribuições para a anatomia comparativa e para a embriologia, proporcionando uma base para a fisiologia (MAYR, 1998).

A revolução científica possibilitou mudanças na organização da Ciência e nas formas de ver o mundo na Idade Moderna, o que proporcionou o desenvolvimento da Biologia enquanto Ciência única por volta do século XIX. Considerando o contexto histórico no qual a Biologia foi elaborada, o europeu, no qual o modo de produção era mais moderno do que aquele desenvolvido nos países periféricos e nas colônias, é possível afirmar que foi em um cenário de acúmulo de riqueza e grande desigualdade social que a ciência moderna começou a se formar. A tecnologia já se destacava na confecção de instrumentos eletrônicos, de precisão na coleta e análise de dados (NASCIMENTO Jr., 2010).

A ideia de natureza construída ao longo da história pela Filosofia foi um dos principais fatores da criação da Ciência Moderna. O século XIX foi um período marcado por conflitos entre perspectivas que possuíam diferentes filosofias, em que se buscava a delimitação e caracterização do objeto e dos métodos de investigação, constituindo um olhar específico sobre a natureza. Nesse período algumas áreas já se formavam, porém, ainda articuladas à Filosofia da Natureza, sendo que foi por esta época, segundo Nascimento Jr. (2010), que a Biologia foi inaugurada.

Inicialmente o conhecimento biológico se constitui em três teorias principais: celular, do equilíbrio interno e da seleção natural e origens das espécies. Neste período, a Filosofia reconhece a Biologia como Ciência, analisando sua estrutura constitutiva, papel social e formas lógicas de pensamento. Nas faculdades de medicina esta nova ciência

---

<sup>1</sup> Texto para uso exclusivo em sala de aula pelos professores da disciplina Tópicos em Biologia II- Afinal somos apenas códigos genéticos? - UFG, 2022/02. Pede-se não reproduzir sem autorização. Foram utilizados na elaboração deste texto ideias de: SILVA, E. V. B. **O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia: a transmissão gênica como objeto do conhecimento.** 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

ganha forças ao fornecer recursos à prática médica, visando melhorias da vida humana e enriquecimento capital (NASCIMENTO Jr., 2010).

O desenvolvimento da Biologia partiu de duas diferentes visões de mundo. Na primeira, que é a perspectiva de Hegel, a natureza era vista como processo em constante transformação, o que contribuiu com os pensamentos evolutivo, ecológico e biogeográfico. Essa perspectiva sustentou as atividades dos naturalistas e se preocupou com as populações, fundamentando as teorias de caráter histórico, sendo elas a da evolução e parte da teoria do ecossistema. A outra visão de mundo era baseada na perspectiva de Descartes e Newton, na qual a natureza era vista como um mecanismo sustentando a ideia de constituição estrutural e funcional do organismo. Essa perspectiva contribuiu com a prática experimental desenvolvida nos laboratórios e foi responsável pela base das teorias da homeostase, celular e herança (NASCIMENTO Jr., 2010).

Assim, esta Ciência não surgiu de uma vez só ou por meio de um documento fundador, já que não havia uma mesma Biologia em toda a Europa. Os fundamentos preponderantes, ou seja, mais consensuais sobre o pensamento biológico, variavam entre correntes incompatíveis - concomitantes a um dado momento histórico, ou com posições intermediárias, como, por exemplo, as ideias de pré-formação e epigênese, mecanicismo e vitalismo (FREZZATTI Jr., 2003).

A profissionalização da Ciência e a divulgação de periódicos científicos são evidências do século XIX, marcando de formas diversas o desenvolvimento da Biologia em diferentes países. O pensamento biológico não pode ser compreendido apenas por um conjunto diminuto e delimitado de ideias, pois ao mesmo tempo em que se desenvolviam novas frentes de estudo, novas técnicas alteravam a estrutura do fazer científico e a perspectiva filosófica se articulava à investigação biológica (FREZZATTI Jr., 2003).

A Biologia, atualmente, é constituída por disciplinas voltadas ao estudo dos seres vivos e assim como a Química e a Física possui sua identidade; porém se difere destas em aspectos como o seu objeto de estudo, sua história, seus métodos e sua filosofia. Os conceitos e teorias biológicas, e até mesmo os organismos vivos, não podem ser reduzidos às leis da Física e da Química. Tais reduções não podem explicar muitos aspectos da natureza que são exclusivamente referentes ao estudo da vida (MAYR, 2011).

O objeto de estudo da Biologia nos remete à base do seu pensamento biológico que parte da premissa “o que é a vida”, que certamente é um questionamento presente desde o tempo de nossos primeiros ancestrais, sendo discutido como objeto de estudo ao longo da história por abordagens diferentes de pensamento, identificadas como correntes filosóficas, a saber: vitalismo, fisicalismo e organicismo (MAYR, 2011).

No período entre 1789 e 1848 o mundo ficou marcado por transformações decorrentes da Revolução Francesa de 1789 e da Revolução Industrial (inglesa), as quais Hobsbawm (2017a) denomina de dupla revolução. Elas refletiram no desenvolvimento da Ciência formando novas exigências e novas possibilidades, levando o homem a se confrontar com novos problemas e sugerindo novos padrões de pensamento. O avanço da Ciência não é linear, cada estágio determina a solução de novos problemas e de novas maneiras de enfocar ou solucionar os antigos. A Ciência se beneficiou com o

surpreendente estímulo dado à educação científica e técnica nesse período (HOBSBAWM, 2017a).

#### A Revolução Industrial significou para este período

um conjunto de transformações em diferentes aspectos da atividade econômica (indústria, agricultura, transportes, bancos, etc.), que levou a uma afirmação do capitalismo como modo de produção dominante, com suas duas classes básicas: a burguesia, detentora dos meios de produção e concentrando grande quantidade de dinheiro; e o proletariado, que, desprovido dos meios de produção, vende a sua força de trabalho para subsistir. Significou, sobretudo, uma revolução no processo de trabalho (ANDERY et al., 1996, p. 257).

Aqui a influência da revolução dupla é bastante clara: modificou os modos de produção visando atender a expansão do mercado e trouxe uma nova visão científica do mundo que contrastava com a visão até então predominante de elementos da religião e da filosofia antiga. Para explicar a vida em uma corrente filosófica que contestava o sobrenatural, alegavam que os seres vivos não se diferenciavam da matéria inanimada. Esse movimento foi denominado mecanicismo por alguns historiadores e, posteriormente, por fisicalismo (Século XVII até século XIX).

Os fisicalistas refutavam o pensamento mágico predominante nesse período, buscando uma explicação natural para os fenômenos físicos, 54 ressaltando que não há um componente metafísico da vida e que ela poderia ser explicada pela Física e pela Química (MAYR, 2011). O movimento vitalista (século V a. C. até o século XIX) tem origem na Grécia antiga, mas se fortalece na modernidade. Essa corrente se opunha ao fisicalismo e era um contra movimento à filosofia mecanicista da Revolução Científica, pois buscava explicar os fenômenos naturais estabelecendo diferenças entre o mundo orgânico e inorgânico, buscando uma delimitação entre as Ciências Biológicas e as Ciências Físicas (NASCIMENTO JR., 2010).

Seus adeptos afirmavam que os organismos vivos possuíam propriedades que não poderiam ser encontradas na matéria inanimada. Entre os vitalistas existiam diversas maneiras de explicar a vida: alguns defendiam que os seres vivos possuíam uma substância especial, o protoplasma; outros sustentavam a questão da existência de uma força vital e que a vida existia por um propósito específico; e havia ainda aqueles que faziam uso de forças psicológicas para explicar os processos biológicos. As divergências entre o fisicalismo e o vitalismo não solucionaram a questão da essência da vida, mas proporcionaram investigações e estudos acerca desse problema, desenvolvendo um conhecimento cada vez mais claro (FREZZATTI Jr., 2003).

Os argumentos explicativos dos vitalistas não conseguiam mais sustentar a ideia da força vital para entender a essência da vida e, neste momento, teve início o seu declínio entre os adeptos. Os vitalistas não possuíam um método para testar a força vital e todos os experimentos realizados para demonstrar a sua existência não obtinham resultados satisfatórios. O conceito de protoplasma desapareceu quando a Bioquímica estabeleceu a verdadeira composição do citoplasma. O desenvolvimento de novas áreas da Biologia, a genética e o estudo da evolução, por exemplo, ofereceram interpretações válidas para os fenômenos que os vitalistas explicavam apenas com sendo resultados da força vital (MAYR, 2011).

O século XIX foi um século de grande desenvolvimento do capitalismo e de mudanças radicais no mundo. A primeira metade desse século foi caracterizada pela expansão do capitalismo nos países industrializados, pelo seu impulso inicial nos países não desenvolvidos e pela sua primeira grande crise nos países desenvolvidos (1830-1840). Nesse período, assistiu-se à expansão e ao crescimento das forças produtivas, da economia, associados ao imenso avanço da Ciência. Em consequência do crescimento econômico e da riqueza cresceu também a classe trabalhadora em número, em pobreza e em consciência política. A segunda metade do século se caracterizou pela expansão do sistema capitalista 55em nível mundial. Nesse período o conhecimento científico adquire, segundo Marx, o caráter de ferramenta a serviço da compreensão do mundo para sua transformação (ANDERY et al., 1996). De acordo com Oliveira (2019, p. 135),

No modo de produção capitalista, a associação do conhecimento científico aos interesses econômicos é tratada como uma condição importante para o desenvolvimento tecnológico, em especial na era industrial. No entanto, nesta relação, a ciência é submetida à tecnologia, de forma que o conhecimento seja produzido para atender finalidades econômicas. Há um acesso desigual ao conhecimento historicamente acumulado, situação semelhante ao acesso à tecnologia, que é utilizada como instrumento de dominação pela classe dominante.

Foi nesse contexto, juntamente com o avanço na Ciência, que foi despertada uma nova maneira de ver o mundo, denominada de organicismo; esta incorporou os melhores princípios do fisicalismo e do vitalismo, descartando algumas ideias desses movimentos. O organicismo (século XIX até os dias atuais) surgiu a partir da observação do desenvolvimento dos organismos, se apoiando nas constantes mudanças da natureza. Defende que os seres vivos possuem uma organização e que não são formados apenas por características ou moléculas, onde “o todo é mais do que a soma de suas partes” (MAYR, 2011, p. 39). Neste sentido, o mesmo autor afirma que a interação e a organização entre as partes controlam o sistema inteiro, não sendo possível explicar um sistema por meio das propriedades de seus componentes isolados. Considerando o organismo como um todo, o organicismo afirma que essa totalidade deve ser analisada e estudada.

Em cada período que estudamos um conceito científico é evidenciado o modo pelo qual os homens produzem seus meios de vida, o que de acordo com Marx e Engels (2007), se vincula aos meios de vida já encontrados. O modo de produção é uma forma determinada pela atividade e pelo modo de vida dos indivíduos, sendo que o que eles são “coincide (...) com sua produção, tanto com o que produzem, como o modo como produzem” (MARX; ENGELS, 2007, p. 87). Ao compreender que o modo de produção é determinante das condições materiais e objetivas de cada período fica evidente sua influência sobre o estudo e desenvolvimento do conhecimento científico.

Reconhecemos, pois, a manifestação da vida na Natureza como o objeto de estudo da Biologia, e na busca por apreender o movimento de gênese e desenvolvimento de um conhecimento científico se faz necessário investigar seu processo de formação a partir de suas relações com a História Natural e Social do homem, articulando neste processo a perspectiva de cada corrente filosófica.

## REFERÊNCIAS

ANDERY, M. A.; MICHELETTO, N.; SÉRIO, T. M. P.; RUBANO, D. R.; MOROZ, M.; PEREIRA, M. E.; GIOIA, S. C.; GIANFALDONI, M.; SAVIOLI, M. R.; ZANOTTO, M. de L. **Para compreender a Ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, São Paulo: EDUC, 1996. 446p.

FREZZATTI Jr., W. A. Haeckel e Nietzsche: aspectos da crítica ao mecanicismo no século XIX. *Scientiae Studia*, v. 1, n. 4, p. 435-61, 2003.

HOBBSAWM, E. J. **A Era das Revoluções: 1789 - 1848**. 27ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017a. 315p.

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã: crítica mais recente da filosofia alemã em seus representantes Feuerbach, B. Bauer e Stiner, e do socialismo alemão em seus diferentes profetas (1845/1846)**. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2007.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1107p., 1998.

MAYR, E. **Isto é Biologia: ciência do mundo vivo**. Trad. Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 428p., 2011.

NASCIMENTO Jr., A. F. **Construção de Estatutos de Ciência para a Biologia numa Perspectiva Histórico-Filosófica: uma abordagem estruturante para seu ensino**. 2010. 437f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista. 2010.

OLIVEIRA, N. C. de. **As relações entre ciência e tecnologia no ensino de Ciências da Natureza**. 2019. 306f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2019.

SILVA, E. V. B. **O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia: a transmissão gênica como objeto do conhecimento**. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

## APÊNDICE G - a tarefa final

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



### Tarefa Final – Afinal, somos apenas códigos genéticos?

**Prazo final para entrega: 23/02/23 (quinta-feira)**

- **FORMATAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho deverá ser entregue digitado, com a seguinte formatação:

Fonte: Times New Roman ou Arial, tamanho 12.

Espaçamento entre linhas: 1,5, sem espaçamento adicional

Margens: direita, esquerda, inferior e superior - 2,5, cada

Parágrafo justificado.

**A tarefa final deverá conter os seguintes elementos:**

#### Afinal, somos apenas códigos genéticos?

- **Capa:** deve seguir as normas da ABNT e com a identificação do estudante.
- **Introdução**
  - fazer um breve texto explicativo sobre a pergunta: Afinal, somos apenas códigos genéticos?
  - após dissertar sobre a pergunta, revisitem as tarefas anteriores (modelagens e sínteses), revejam o processo de discussão dos conceitos buscando evidenciar a distinção entre os conceitos: transmissão gênica, transmissão genética, hereditariedade ou ainda um outro conceito que considere essencial a essa rede.
- **Análise do conceito**
  - Ao responder a provocação, fazer as aproximações e distanciamentos entre os conceitos que poderiam ser considerados como o cerne do conhecimento historicamente construído no estudo da transmissão gênica, evidenciando sua rede conceitual estudada no decorrer da disciplina.
  - na síntese textual construa uma rede conceitual amarrando os conceitos essenciais ao estudo;
- **Representação imagética**
  - partindo dos elementos nucleares da síntese conceitual, apresente uma representação imagética para evidenciar o que se distingue entre os conceitos que são essenciais ao estudo da herança genética.
- **Referências**
  - apresente as referências utilizadas na produção desta tarefa, com a lista de livros, artigos, sites, vídeos, etc. Utilize as normas da ABNT.

## APÊNDICE H - formulário para registro dos dados do experimento




UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



### Experimento - Caixa de ovos de Mendel

#### Formulário para registro dos dados do experimento

 = ALELO V

 = ALELO v

Completar os quadros a seguir conforme o desenvolvimento da atividade:

ÁREA I = **Geração parental**

PLANTA	Genótipo	FENÓTIPO
1A	VV	Verde
1B	VV	Amarelo

ÁREA II = **Gametas da geração parental**

GAMETA	ALELO	
2A e 3A	v	v
2B e 3B	V	V

ÁREA III = **Geração F<sub>1</sub>**

PLANTA	ALELO	
5A	Vv	Amarelo
5B	Vv	Amarelo
6A	Vv	Amarelo
6B	Vv	Amarelo

Proporção Fenotípica da Geração F<sub>1</sub> = **100% Amarelo**

Proporção Genotípica da Geração F<sub>1</sub> = **100% Vv**

Proporção Fenotípica da Geração F2 = **50% Vv; 25% vv; 25% VV**

Proporção Genotípica da Geração F2 = **75% Amarelo; 25% Verde**

- **Procedimentos**

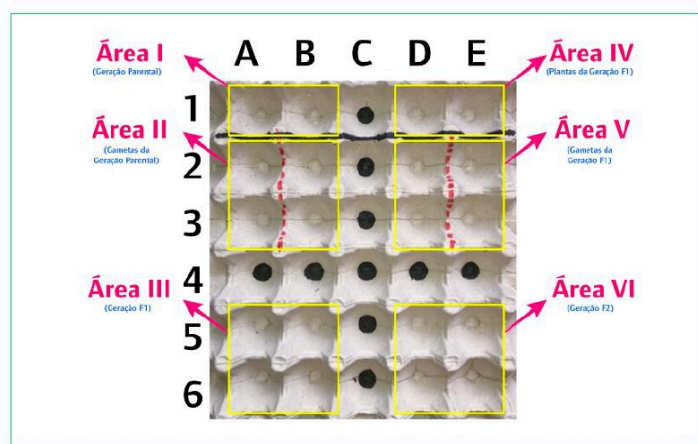
**A geração parental**

- 1- Colocar na caixa de ovos um par de cromossomos, confeccionados em massa de modelar, com bolinhas da cor verde no espaço 1A e outro par com bolinhas amarelas no espaço 1B. Na área I estão representadas as plantas puras para a cor da ervilha (VV e vv) como as que Mendel utilizou em seus experimentos. Elas representam a Geração Parental.
- 2- Anotar no formulário individual os fenótipos e genótipos dessas plantas, usando as informações contidas na Tabela abaixo.

Genótipo	Fenótipo
verde-verde (vv)	ervilhas verdes
amarelo-amarelo (VV)	ervilhas amarelas
amarelo-verde (Vv)	ervilhas amarelas

**Correspondência entre os alelos do gene SGR(V e v) e os fenótipos gerados pela combinação de uma dupla de alelos**

- 3- Verificar, na Figura abaixo, as seis diferentes áreas da caixa de ovos (I a VI). Preencher no seu formulário qual geração está representada nessa área.



Áreas da caixa

- 4- Os cromossomos das plantas de ervilha são separados na formação dos gametas durante a meiose. Representar a separação dos cromossomos colocando os gametas formados nos espaços da mesma coluna correspondente à planta.

Esquema:

Planta 1A = Gametas 2A e 3A;

Planta 1B = Gametas 2B e 3B.

Todos os gametas possíveis serão colocados nos dois espaços da mesma coluna.

- 5- Fazer a união dos gametas da planta da coluna 1A (gametas 2A e 3A) com os gametas da planta da coluna 1B (gametas 2B e 3B), de forma a simular todas as possíveis combinações entre as duas plantas. Esquema: 2A x 2B; 2A x 3B; 3A x 2B e 3A x 3B. Os cromossomos voltam a ficar em pares após a fecundação. Colocar os resultados do cruzamento nos espaços 5A, 5B, 6A e 6B.
- 6- Selecionar duas plantas da geração anterior (5A, 5B, 6A e 6B) e colocar seus genótipos nos espaços 1D e 1E. Essas plantas representam o cruzamento entre as plantas da geração F1. Fazer primeiro a representação da formação dos gametas. Lembrar que o processo de formação dos gametas é a meiose e o esquema a ser feito é o seguinte:

Planta 1D = gametas 2D e 3D;

Planta 1E = gametas 2E e 3E.

- 7- Fazer a união dos gametas da planta da coluna 1D (2D e 3D) com os da planta da coluna 1E (2E e 3E), simulando todas as possíveis combinações de gametas produzidos pelas duas plantas.  
O cruzamento deverá ser aleatório, contudo, todos os cruzamentos seguintes deverão ocorrer independentemente da ordem. Esquema de cruzamento: 2D x 2E; 2D x 3E; 3D x 2E e 3D x 3E.  
Colocar as combinações de cromossomos nos espaços 5D, 5E, 6D e 6E

#### Discutir com os colegas e responder às questões abaixo.

- A. Os gametas se encontram na fecundação. O que acontece com os cromossomos no processo de fecundação? E com os alelos?  
**Os gametas carregam apenas um dos cromossomos homólogos, durante a fecundação e os gametas são unidos em uma nova célula. Com essa união, os homólogos com alelos são novamente reunidos no núcleo da célula.**
- B. Como são denominados os indivíduos produzidos pela união de gametas portando os alelos VV e vv?  
**Tais indivíduos são denominados de homocigóticos porque carregam alelos iguais do mesmo gene.**
- C. Como são denominados os indivíduos produzidos pela união de gametas portando os alelos Vv? O que são alelos?  
**Tais indivíduos são denominados de heterocigóticos pois carregam alelos diferentes do mesmo gene.**

- D. Na geração F1 você encontra os mesmos fenótipos presentes na geração Parental?  
Não, a geração F1 é composta por indivíduos com apenas um dos fenótipos parentais, que é o da ervilha com semente amarela.
- E. Qual é a proporção de fenótipos das plantas da geração F1?  
100% dos fenótipos são de ervilhas amarelas.
- F. Qual será o resultado da meiose nas plantas da geração F1? Que tipos de gametas foram formados?  
Cada planta da geração F1, após a meiose, produzirá gametas que carregarão um único alelo do gene que determina a cor da ervilha, ou seja, eles terão ou o alelo V ou o alelo v.
- G. Como os gametas se encontram no processo de fecundação?  
Considerando que cada planta heterozigótica Vv pode produzir dois tipos diferentes de gameta, um carregando o alelo V e outro levando o alelo v, os gametas podem se encontrar nas seguintes combinações: VV, Vv ou vv.
- H. Consultando a tabela 1, quais são os fenótipos da geração F2?  
Em F2, os fenótipos são ervilhas amarelas e ervilhas verdes.
- I. Qual é a proporção esperada de plantas com ervilhas verdes e com ervilhas amarelas?  
A proporção esperada de ervilhas amarelas é de 3 em 4 (3/4 ou 75%) e de ervilhas verdes de 1 em 4 (1/4 ou 25%), a famosa proporção de 3:1 (lê-se três para um).
- J. Qual é a proporção de heterozigotos?  
A proporção de heterozigotos será a metade dos genótipos esperados, ou seja, de 1/2 (50%).