

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TABATTA CRISTINA FRITZEN DA SILVA LAVARDA

SENTIDOS SOBRE A BIOLOGIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO:  
POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM  
ENFOQUE NOS ESTUDOS DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (ECTS)

CURITIBA

2019

TABATTA CRISTINA FRITZEN DA SILVA LAVARDA

SENTIDOS SOBRE A BIOLOGIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO: POTENCIALIDADES  
E LIMITAÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ENFOQUE NOS ESTUDOS DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (ECTS)

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática, no Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Patrícia Barbosa Pereira

CURITIBA

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

L396s

Lavarda, Tabatta Cristina Fritzen da Silva

Sentidos sobre a biologia molecular no ensino médio: potencialidades e limitações de uma sequência didática com enfoque nos estudos da ciência, tecnologia e sociedade (ECTS) [recurso eletrônico] / Tabatta Cristina Fritzen da Silva Lavarda. – Curitiba, 2019.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, 2019.

Orientador: Patrícia Barbosa Pereira .

1. Biologia molecular. 2. Biologia (ensino médio). 3. Ciência – estudo e ensino. I. Universidade Federal do Paraná. II. Pereira, Patrícia Barbosa. III. Título.

CDD: 574.88

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR CIÊNCIAS EXATAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA - 40001016068P7

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **TABATTA CRISTINA FRITZEN DA SILVA LAVARDA** intitulada: **Sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio: potencialidades e limitações de uma sequência didática com enfoque nos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS)**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 22 de Fevereiro de 2019.

PATRÍCIA BARBOSA PEREIRA

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

SUZANI CASSIANI

Avaliador Externo (UFSC)

LEONIR LORENZETTI

Avaliador Interno (UFPR)





## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Patrícia Barbosa Pereira por seus ensinamentos, carinho e paciência nas orientações que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Ao programa de Pós-Graduação Educação em Ciências e em Matemática (PP-GECEM) e a todos os professores que contribuíram com minha formação acadêmica, possibilitando a construção desta pesquisa.

Aos professores convidados para a banca, Leonir Lorenzetti e Suzani Cassiani, pelas contribuições que trouxeram.

À toda minha família, que com carinho me apoiaram para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao meu esposo Jairo Vinícius Lavarda, pessoa com quem amo partilhar a vida. Por ter me incentivado a fazer o mestrado; dedicar tempo, amor e paciência durante as conversas sobre CTS; discutir e me ensinar incansavelmente sobre a normalização de pesquisas científicas e por me acalmar nos momentos que eu pensei que não daria conta.

Aos amigos, em especial aos do mestrado que compartilharam comigo momentos de aprendizado e desespero.

A todos os participantes desta pesquisa, profissionais da educação que pertencem ao colégio onde ela foi realizada, obrigada pela acolhida.

Aos estudantes que me receberam com afeto e disposição para que eu pudesse realizar este trabalho.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - (CAPES), pela bolsa concedida durante um ano do meu curso.

*“Não há ensino sem pesquisa  
e pesquisa sem ensino.”  
(Paulo Freire)*

## RESUMO

A partir das dificuldades enfrentadas cotidianamente por professores de Biologia para despertarem o interesse dos estudantes em aprenderem assuntos relacionados à Biologia Molecular, propusemos, neste trabalho, a discussão de uma abordagem de ensino dessa disciplina pela implementação de uma sequência didática fundamentada em estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações dos Estudos sobre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) de referenciais latino-americanos. Buscamos analisar os processos de construção de sentidos dos estudantes acerca dos conteúdos discutidos em sala de aula, além de evidenciar a importância da linguagem e a contribuição da leitura e da escrita na construção desses sentidos. Como referencial teórico-metodológico utilizamos os ECTS e a Análise de Discurso (AD) de linha francesa. A partir de uma abordagem qualitativa, de natureza interpretativa, com observação participante, esta pesquisa foi desenvolvida em um Colégio da Rede Estadual, no município de Curitiba, com 34 estudantes do 1º ano do Ensino Médio. A constituição dos dados foi realizada por meio de atividades produzidas pelos estudantes, observações das aulas, diários de bordo e das gravações em áudio. Para o tratamento dos dados foi utilizada a AD. Os resultados demonstraram que a sequência didática permeada pelos ECTS proporcionou condições para que os estudantes pudessem construir redes de sentidos a partir dos assuntos discutidos em sala de aula, tais resultados contribuíram, também, para o desenvolvimento de processos de argumentação e o senso crítico dos estudantes, estimulando posicionamentos sobre questões científicas e tecnológicas que venham à interferir na sociedade em que estão inseridos. Dentre algumas limitações em relação à abordagem ECTS no Ensino de Biologia, podemos destacar que elaboração da sequência didática exige uma dedicação considerável, na qual o professor precisa escolher os temas sócio-científicos e organizar as discussões de acordo com o tempo das aulas.

**Palavras-chave:** Ensino de Biologia, ECTS, sequência didática, leitura e escrita.

## ABSTRACT

From Biology teachers' difficult that are faced everyday to awakening the curiosity and interest of students to learn Molecular Biology, the present study aim to discuss a teaching approach of that subject by a didactic sequence based on teaching-learning strategies focus in the relationship proposed by Science, Technology and Society Studies (STSS). Therefore, we are looking for analyze the construction process of students' meaning about the contents discussed in classroom, emphasizing language importance and reading and writing contribution in the construction of meanings. As a theoretical-methodological reference, the ECTS and French Discourse Analysis (DA) is used. This research was conducted in a College of State Network, in Curitiba, with 34 students of 1st year of High School. This study is based on qualitative research approach, with interpretative point of view and participant observation. The data construction was made by students' productions, classes observation, logbooks and audio records. For data treatment was used DA. The results shown that didactic sequence with STSS strategies can provide conditions for students construct meaning related to the subjects discussed in the classroom and contributing, as well, for the develop of argumentation process and critical sense of the students to be able to have position on scientific and technological issues, with responsibly, in the society that they are part. Some limitations related to STSS approach in the Biology Teaching, we can highlight the considered portion of time required by elaboration of didactic sequence, in which professor must choose socio-scientific subjects, organizing discussions in class time.

**Keywords:** Biology Teaching, STSS, didactic sequence, reading and writing



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A essência da educação CTS. . . . .	39
Figura 2 – Representação da organização dos conteúdos CTS. . . . .	39
Figura 3 – Trecho da HQ utilizada para abordar a estrutura do DNA. . . . .	86
Figura 4 – Trecho de HQ sobre recombinação gênica. . . . .	102
Figura 5 – HQ produzida por M. . . . .	112
Figura 6 – HQ produzida por L. . . . .	114
Figura 7 – HQ produzida por M. e E. . . . .	114
Figura 8 – HQ produzida por C. . . . .	115
Figura 9 – HQ produzida por Ca. . . . .	115
Figura 10 – HQ produzida por J. . . . .	116
Figura 11 – HQ produzida por K. . . . .	116
Figura 12 – HQ produzida por P. e J. . . . .	117
Figura 13 – HQ produzida por Ma. . . . .	119
Figura 14 – Estrutura do DNA. . . . .	155
Figura 15 – Trecho de HQ sobre recombinação gênica. . . . .	157
Figura 16 – Trecho de HQ sobre tecnologia e recombinação gênica. . . . .	159

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sequência didática “Desvendando o código genético”. . . . .	76
Quadro 2 – Primeira etapa da sequência didática. . . . .	83
Quadro 3 – Segunda etapa da sequência didática. . . . .	99
Quadro 4 – Sentidos dos estudantes que apontam para as vantagens e desvantagens dos transgênicos. . . . .	108
Quadro 5 – Terceira etapa da sequência didática. . . . .	120

## LISTA DE SIGLAS

AC	Aplicação do Conhecimento
AD	Análise de Discurso
BID	Banco Ibero-americano de Desenvolvimento
BSCS	<i>Biological Science Curriculum Studie</i>
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina
CRISPR	<i>Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats</i>
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCE	Diretrizes Curriculares Estaduais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
DDT	Inseticida diclorodifeniltricloroetano
DEA	Organização dos Estados Americanos
ECTS	Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
HQ	História em quadrinho
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OC	Organização do Conhecimento
OGM	Organismo geneticamente modificado
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PI	Problematização Inicial
PLACTS	Pensamento Latino Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade
PSSC	<i>Physical Science Study Committe</i>
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>ESTUDOS SOBRE A CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E O ENSINO DE BIOLOGIA</b> . . . . .	<b>20</b>
2.1	ORIGENS DO MOVIMENTO CTS – UM OLHAR PARA A AMÉRICA LATINA	25
2.2	OS ECTS E A EDUCAÇÃO . . . . .	33
2.3	ECTS E O ENSINO DE BIOLOGIA . . . . .	44
<b>3</b>	<b>LEITURA E ESCRITA NO ENSINO DE BIOLOGIA</b> . . . . .	<b>49</b>
3.1	CONTRIBUIÇÕES DA LEITURA E DA ESCRITA NOS PROCESSOS DE ENSINO - APRENDIZAGEM . . . . .	49
3.2	HISTÓRIAS EM QUADRINHOS (HQ) NA EDUCAÇÃO . . . . .	56
<b>4</b>	<b>CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO DA PESQUISA</b> . . . . .	<b>61</b>
4.1	CAMINHOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS . . . . .	61
4.2	A INSTITUIÇÃO DE ENSINO – LOCAL DA PESQUISA . . . . .	66
4.3	OS SUJEITOS DA PESQUISA . . . . .	67
4.4	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA . . . . .	71
<b>5</b>	<b>ALGUNS SENTIDOS SOBRE A BIOLOGIA MOLECULAR</b> . . . . .	<b>81</b>
5.1	PRIMEIRA ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO E ANÁLISE .	82
5.2	SENTIDOS QUE APONTAM PARA A CIÊNCIA COMO UMA CONSTRUÇÃO SOCIAL . . . . .	90
5.3	SENTIDOS QUE APONTAM PARA A IGUALDADE DE GÊNERO . . . . .	94
5.4	SEGUNDA ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO E ANÁLISE .	98
5.5	SENTIDOS QUE CONVERGEM PARA A RELAÇÃO ENTRE A BIOLOGIA MOLECULAR E OS ECTS . . . . .	110
5.6	TERCEIRA ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO E ANÁLISE	120
5.7	SENTIDOS QUE APONTAM PARA A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO DO DNA HUMANO . . . . .	124
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	<b>130</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>135</b>
	<b>APÊNDICE A</b> <b>TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> . . . .	<b>140</b>



<b>APÊNDICE B</b>	<b>TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO . . .</b>	<b>144</b>
<b>APÊNDICE C</b>	<b>MODELO DE DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE . . . . .</b>	<b>148</b>
<b>APÊNDICE D</b>	<b>PERFIL DO ESTUDANTE . . . . .</b>	<b>149</b>
<b>APÊNDICE E</b>	<b>ENTREVISTA COM A PROFESSORA . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>APÊNDICE F</b>	<b>QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>CONHEÇA A HISTÓRIA DA DESCOBERTA DE WATSON E CRICK</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>INSULINA: “UM DOS PRIMEIROS TRANSGÊNICOS DO MUNDO”</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ALIMENTOS TRANS- GÊNICOS . . . . .</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO D</b>	<b>TRANSCRIÇÃO DO DNA . . . . .</b>	<b>160</b>
<b>ANEXO E</b>	<b>TRADUÇÃO DO DNA . . . . .</b>	<b>166</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Vinda de uma formação tradicional e conteudista tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, em minha prática em sala de aula eu reproduzia a forma de ensinar que eu havia conhecido.

Por mais que durante minha graduação eu houvesse cursado as disciplinas de Didática e Metodologias para o Ensino de Ciências, a falta de maturidade por ser muito jovem na época e a falta de experiências em sala de aula não me permitiram compreender que a finalidade do Ensino de Ciências não é formar mini cientistas ou pessoas que sabem de memória todo o conteúdo científico preestabelecido pelos currículos.

Enquanto professora do Ensino Médio me preocupava muito em preparar meus alunos da escola pública para concorrerem com alunos de escolas particulares em provas como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e os vestibulares.

Com aulas conteudistas, pouco relacionadas ao cotidiano dos alunos, muitas vezes acreditando que a linguagem é transparente e levando muito pouco em consideração as histórias de vida dos que esperavam aprender comigo eu acreditava, que estava fazendo o melhor possível pela educação deles. Foi agindo dessa forma no início da minha carreira, que encontrei dificuldades para despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes para aprender assuntos referentes a disciplina de Biologia.

Essa percepção me trouxe reflexões e questionamentos sobre a minha prática pedagógica de forma constante e eu senti a necessidade de melhorar a qualidade das minhas aulas. O desejo de aprender e desenvolver um trabalho pedagógico diferenciado me levaram a frequentar três cursos de especialização. Porém, com o tempo percebi que toda essa formação não era suficiente para trazer os saberes que eu precisava para mudar verdadeiramente a minha prática.

Com o objetivo de adquirir saberes para melhorar minhas aulas, comecei a pensar em projetos para conseguir chegar ao mestrado, pois algo me dizia que lá eu encontraria os conhecimentos necessários.

Nesse tempo, conheci uma História em Quadrinhos (HQ) com conteúdo da Biologia chamado “Mangá de Biologia Molecular”, elaborei um projeto que envolvia o uso de HQ no

Ensino de Biologia e consegui chegar ao tão sonhado curso de Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática da Universidade Federal do Paraná.

Por meio das leituras e discussões dos Estudos sobre a Ciência, Tecnologia, Sociedade (ECTS) realizadas durante as aulas do mestrado, passei por um processo de amadurecimento teórico e compreendi o conhecimento científico na perspectiva de uma construção social.

Passei então a perceber que o Ensino de Biologia precisa estar fortemente imbricado aos aspectos de cunho social, para que os estudantes tenham interesse e curiosidades de compreenderem as implicações dos conteúdos dessa disciplina no seu dia a dia.

Nesta perspectiva passei a compreender como os ECTS no contexto escolar, principalmente nas aulas de Biologia, podem contribuir para a efetivação de um processo de ensino-aprendizado de forma contextualizada e reflexiva, que desenvolva nos estudantes a capacidade de serem críticos, argumentar e agir frente à diversas informações, proporcionando instrumentos para a construção de uma alfabetização científica comprometida efetivamente com a instrumentalização para a cidadania.

Cassiani e Linsingen (2010) destacam o ECTS como uma alternativa para uma educação tecnocientífica, que envolva o âmbito das especificidades sociais, culturais e políticas, buscando deslocar o imaginário de ciência como neutra e potencialmente salvadora e da tecnologia como autônoma e determinante em termos sociais.

O conhecimento científico e tecnológico sobre a sociedade se tornou relevante à medida que as influências destes campos de conhecimento se intensificaram e as pessoas começaram a perceber suas influências no cotidiano. Logo, essas transformações afetaram o contexto educacional e hoje é possível conhecer algumas pesquisas que abrangem o Ensino da Biologia envolvendo as relações CTS, como por exemplo, a pesquisa sobre os limites e as potencialidades da ECTS no ensino de genética (SOUSA, 2013).

Neste sentido, parece que algumas iniciativas já são vislumbradas no contexto escolar, porém, ainda é possível perceber que as práticas dos professores acabam conduzidas, na maioria das vezes, de uma maneira fragmentada, o que já é inerente até mesmo à formação inicial do professor, a qual, muitas vezes é tradicional e disciplinar.

Tenho observado também, em minha experiência em sala de aula e em buscas de

revisões bibliográficas, que é pouco crescente a presença de HQ como recurso didático para o Ensino de Biologia. Isso também constitui uma forte motivação para o desenvolvimento deste trabalho, principalmente porque acredito que as HQ, quando aliadas a um enredo de conteúdo científico, podem auxiliar os professores em alguns momentos de sua prática.

As HQ podem ser utilizadas para desencadear discussões e reflexões sobre diversos assuntos, estimulando o debate de conteúdos específicos, permitindo ao aluno compreender, inclusive, conteúdos abstratos, muitas vezes considerados difíceis, fazendo-o gostar e se interessar por eles, uma vez que “as histórias em quadrinhos apresentam uma sobreposição de palavras e imagens” (EISNER, 2005, p. 2) e isso pode facilitar e complementar o estudo de assuntos tratados na disciplina de Biologia, pois, cria oportunidades para uma aprendizagem lúdica, interativa e criativa, além disso, podem servir como instrumento de avaliação quando produzidas pelos estudantes.

Durante o primeiro ano do mestrado, participei de um grupo de pesquisas onde pude ter contato com o aporte teórico da Análise de Discurso (AD) de linha francesa, que tem como precursora no Brasil Eni Pulcinelli Orlandi, que se baseia nos trabalhos do francês Michel Pêcheux.

Os estudos da AD, procuram compreender a língua fazendo sentido, enquanto trabalho simbólico, desta forma, se propõe a estudar a prática da linguagem, a palavra em movimento, o discurso. A AD teve seu início nos anos 60 e foi criada pelas relações entre a Linguística, o Marxismo e a Psicanálise, propondo estudar o sujeito fazendo uso da linguagem, que é afetada pela história usando um discurso que é interpelado pelo inconsciente e pela ideologia (ORLANDI, 2002).

Por esse referencial dar grande importância ao discurso e a linguagem fazendo sentido, me fez pensar sobre a maneira parafrástica que a Biologia Molecular geralmente é abordada nas escolas, ou seja, de uma forma conteudista, utilizando apenas aulas expositivas como metodologia para ensinar uma disciplina tão abstrata e complexa, assim como era abordada por mim, em minha prática enquanto professora.

Por meio do contato com o aporte teórico da AD pude compreender a importância de se pensar na não transparência da linguagem em sala de aula, entendendo, que o que se diz, e como se diz, interfere na produção de sentidos dos estudantes em relação aos



conteúdo que se quer ensinar.

Outro aspecto importante que a AD tem me proporcionado é pensar sobre a importância da leitura e da escrita no Ensino de Biologia, e a necessidade de o professor levar em consideração as diferentes condições de produção e as histórias de leitura dos estudantes, pois, mesmo que eles vivam inseridos em uma comunidade, compartilhando de uma cultura em comum, cada sujeito possui suas particularidades e elas interferem na aprendizagem e nos processos de autoria.

A AD me fez compreender que na escola, o professor pode contribuir para um aprendizado mais significativo do estudante quando propicia a ampliação das histórias de leitura do aluno e leva em consideração as condições de produção do conhecimento que está sendo construído, estabelecendo, quando necessário, as relações intertextuais e resgatando a história dos sentidos do texto (ORLANDI, 2001).

Por esses motivos, utilizei a AD em minha pesquisa como referencial teórico-metodológico, ao considerar que a linguagem não é transparente e que o sujeito não é dado a priori, pois resulta de uma estrutura complexa, tendo existência no espaço discursivo, é descentrado, e se constitui entre o “eu” e o “outro”; considerando a incompletude como condição da produção dessa linguagem, dos sujeitos e dos sentidos. (ORLANDI, 2002).

Acredito que as reflexões da AD e dos ECTS dão possibilidades para se pensar o Ensino de Biologia de uma maneira diferente da abordagem tradicional tão presente nas escolas, permitindo proporcionar aos estudantes uma formação crítica de sujeitos que aprenderam a argumentar, se posicionar e serem atuantes nos processos de decisão e produção de conhecimentos científicos e tecnológicos, sabendo que essa produção pode interferir na vida dos cidadãos.

Sendo assim, a partir da emergência desses estudos e com base na reflexão sobre tais necessidades é que foi formulado o seguinte problema da pesquisa relacionando o ECTS e a Análise de discurso na tentativa de compreender: como se dão os processos de construção de sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática fundamentada em estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações propostas pelos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) no Ensino de Biologia?

A busca por respostas para este questionamento me levou a delinear alguns objetivos a serem alcançados a partir da elaboração e utilização de uma sequência didática pautada nos aportes teóricos mencionados acima. Além do objetivo geral da pesquisa que se caracterizou por analisar os processos de construção de sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática fundamentada em estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações propostas pelos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) outros objetivos foram elencados:

- a) Compreender como os conteúdos curriculares da Biologia Molecular, envolvendo as relações ECTS, podem contribuir para a construção de sentidos dos estudantes do Ensino Médio;
- b) Discutir a importância do Ensino da Biologia Molecular de forma menos abstrata e fragmentada;
- c) Investigar diferentes formas de se trabalhar conteúdos científicos em sala de aula, tendo em vista a valorização da leitura e da escrita no Ensino de Ciências;
- d) Analisar o funcionamento da sequência didática no processo de produção e circulação de sentidos sobre a Biologia Molecular e discutir suas potencialidades e limitações.

Para desenvolver as ações propostas nesta pesquisa, foi desenvolvida uma sequência didática planejada para o ensino de assuntos relacionados a Biologia Molecular, seguindo algumas das estratégias de ensino-aprendizagem difundidas pelo ECTS no Ensino de Biologia na Educação em Ciências.

Em busca dos sentidos construídos pelos estudantes do Ensino Médio sobre a Biologia Molecular foram utilizadas fundamentalmente as perspectivas da Análise de Discurso que levam em consideração as condições de produção dos estudantes, suas histórias de vida, de leitura e os processos de autoria.

Esta pesquisa se constitui também num espaço de reflexão acerca das possibilidades de abordagem dessa subárea da Biologia nas práticas escolares, pois a forma como é abordada interfere na produção de sentidos pelo estudante, levando em conta que ele

“[...] é sujeito à língua e à história, pois para se constituir, para (se) produzir sentidos ele é afetado por elas” (ORLANDI, 2002, p. 42).

Este texto de dissertação contém, além da introdução outros cinco capítulos: os dois primeiros são dedicados aos referenciais teóricos, o terceiro as condições de produção da pesquisa, o quarto às análises dos sentidos sobre a Biologia Molecular e o quinto é dedicado às considerações finais.

O chapter 2 - Estudo sobre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e o Ensino de Biologia é dedicado a apresentação dos referenciais teóricos que caracterizam a abordagem ECTS no Ensino de ciências.

São apresentadas ainda, reflexões realizadas sobre a importância do Ensino de Biologia, evidenciando a necessidade de melhorias nos processos de ensino-aprendizagem dessa disciplina, para que ela possa favorecer aos estudantes a tomada de decisões informadas, sobre os assuntos abordados nessa disciplina que podem influenciar suas próprias vidas a respeito de problemas que envolvam a Ciência e a Tecnologia.

É abordado o movimento CTS, com ênfase para seu surgimento no contexto das discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade na América Latina, seus impactos no campo educacional e suas contribuições para a proposição de modificações no âmbito da educação científica, especialmente no Ensino de Biologia.

Na sequência, o chapter 3 - Ensino-aprendizagem, leitura e escrita é dedicado à discussão sobre a importância da leitura e da escrita nos processos de ensino-aprendizagem da Biologia. Nesse capítulo são abordadas também as contribuições das HQ na educação.

No chapter 4 – Condições de produção da pesquisa, é apresentado o delineamento metodológico adotado para esta investigação, no qual foi abordado mais uma vez o aporte teórico da Análise de Discurso, utilizado como referencial teórico-metodológico nesta pesquisa. Além disso, são apresentados detalhes que caracterizaram a elaboração da sequência didática e os instrumentos de constituição dos dados.

No chapter 5 – Análises dos sentidos sobre a Biologia Molecular são abordados os processos de análise dos dados da pesquisa e a discussão dos resultados.

Na conclusão, chapter 6, é especificado como foram atingidos os objetivos desta pesquisa e apresentado os principais resultados deste estudo.

Com isso, intenciono contribuir para um maior conhecimento de pesquisadores e educadores que se propõem a trabalhar nessa perspectiva, para que os mesmos possam perceber os desafios e as potencialidades dessa proposta para a área do Ensino de Biologia.

Em suma, espero que esta pesquisa contribua para o desenvolvimento de processos educativos que contemplem a abordagem das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade para a formação de cidadãos críticos e participativos.



## **2 ESTUDOS SOBRE A CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E O ENSINO DE BIOLOGIA**

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - Lei 9.394/96, em seu artigo 22, determina que a Educação Básica deve proporcionar ao educando um ensino que lhe oportunize uma formação indispensável para o exercício da cidadania (BRASIL, 1996).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE), também integram essa tendência e salientam que as mudanças que ocorreram no Brasil em relação a consolidação do regime democrático, a modernização e a industrialização impactaram o cenário contemporâneo e demandaram uma abordagem metodológica que possibilite aos estudantes uma formação geral para exercer criticamente sua cidadania na sociedade contemporânea (BRASIL, 1998; BRASIL, 2000; BRASIL, 2013; PARANÁ, 2008).

A Biologia (do grego *bios* – vida, *logos* – estudo), é uma ciência historicamente constituída, que estuda todos os seres vivos e os mecanismos que regem a vida. Esta ciência, quando transposta para o contexto escolar, possui o potencial para ampliar a compreensão dos processos biológicos e tecnológicos que permeiam a sociedade, permitindo ao estudante analisar os aspectos éticos, morais e econômicos envolvidos, oportunizando maior autonomia para fazer escolhas individuais e coletivas, com vistas à sua transformação pelo exercício consciente de suas ações e do seu modo de vida.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) o Ensino de Biologia deve possibilitar a compreensão da natureza viva e dos limites dos diferentes sistemas explicativos, a contraposição entre os mesmos e a compreensão de que a ciência não tem respostas definitivas para tudo, podendo essas serem questionadas e refutadas, se necessário. Além disso, deve proporcionar a compreensão de que os modelos na ciência servem para explicar tanto aquilo que podemos observar a olho nu, como também aquilo que só podemos inferir; que tais modelos são produtos da mente humana e não a própria natureza. O Ensino de Biologia deve, ainda, subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja

avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa (BRASIL, 2000).

Sendo assim, a Biologia se torna uma disciplina de extrema relevância para a formação de cidadãos, pois a concepção do conhecimento nesse campo de estudo (do Ensino de Biologia) favorece a compreensão dos estudantes acerca dos fenômenos da vida, da ciência e da tecnologia (KRASILCHIK, 2004).

Os conhecimentos biológicos são necessários para que a sociedade utilize os recursos naturais de forma sustentável e consciente, proporcionando a preservação e conservação do meio ambiente; podem auxiliar na promoção da saúde e do bem estar da humanidade, ou seja, por meio da aplicação desses conhecimentos é possível alcançar avanços na agricultura e na agropecuária, proporcionando uma produção em quantidade e diversidade de alimentos, o que é uma das condições básicas para a manutenção da vida, esses conhecimentos podem auxiliar ainda na contenção de pragas e no melhoramento genético de plantas e animais.

Os avanços advindos da associação entre a ciência e a tecnologia nas últimas décadas, como os produzidos pela biotecnologia, biologia molecular, engenharia genética e o próprio Projeto Genoma, além das crescentes necessidades de tomada de decisão e posicionamento da sociedade em relação a esses assuntos, faz com que a disciplina de Biologia se torne uma necessidade fundamental para a formação de qualquer cidadão, pois está intrinsecamente relacionada a importantes questões sociais e éticas.

De acordo com Krasilchik (2004) os objetivos do ensino de Biologia são aprender conceitos básicos dessa ciência, compreender os processos da pesquisa científica e analisar as implicações sociais da ciência e da tecnologia.

Podemos citar aqui vários assuntos ligados à Biologia e suas implicações que são, ou deveriam ser, consideradas relevantes para os cidadãos, em geral, tais como: transgênicos, células-tronco, aconselhamento genético, biologia reprodutiva, melhoramento genético com base na recombinação gênica, clonagens de animais, teste de paternidade, terapia gênica etc.

É inegável que todas as soluções trazidas pela Biologia e as subáreas que dela derivam, parecem muito promissoras e eficazes, porém, é dever da escola ensinar que

nem toda solução científica é totalmente isenta de riscos e problemas, e que os avanços científicos e tecnológicos podem muitas vezes afetar positiva ou negativamente a sociedade e o meio ambiente.

No entanto, esse não é o significado atribuído aos processos relacionados ao Ensino de Biologia que ainda está fortemente presente nas escolas brasileiras. Conforme apontado por Krasilchik (2004), ainda se pode observar, na prática escolar, a fragmentação dos conteúdos e, conseqüentemente, da visão de mundo por parte dos estudantes. Outro ponto que se pode destacar é o ensino meramente transmissivo, no qual estratégias expositivas tem sido metodologia pedagógica mais utilizado nas aulas de Biologia, em que os professores repetem, mecanicamente, o que está nos livros didáticos, enquanto os estudantes, passivamente, ouvem sem fazer questionamentos. Ou seja, não há possibilidade de conexão com a realidade desses estudantes, tampouco estímulo à criticidade, já que o habitual, nesse tipo de prática é um direcionamento quase que exclusivamente para a memorização de enormes quantidades de conceitos e informações, unicamente para que sejam reproduzidas pelos estudantes, do mesmo modo como foram a eles apresentadas.

Segundo Chassot (2003), são vários os exemplos de situações como a descrita anteriormente, vivenciadas por estudantes durante o período em que estão na escola:

Talvez mais de um dos leitores deste texto poderá recordar quantos conhecimentos inúteis amalhou – especialmente quando foram feitas as primeiras iniciações na área de ciências – que há muito, afortunadamente, **os deletou**. Quantas classificações botânicas, quantas famílias zoológicas cujos nomes ainda perambulam em nossas memórias como cadáveres insetos, quantas configurações eletrônicas de elementos químicos, quantas fórmulas de física sabidas por um tempo – até o dia de uma prova – e depois desejadamente esquecidas (CHASSOT, 2003, p. 90, grifo do autor).

Ainda sobre a fragmentação dos conteúdos Andreatta e Meglhiortti (2009) atribuem à divisão do Ensino de Biologia em diferentes subáreas, tais como, Biologia Molecular, Genética, Zoologia e Botânica - sem a devida conexão entre elas, a causa de o aluno não conseguir representar os fenômenos naturais de forma integrada. Isso, segundo os autores pode levar a uma perda no interesse pelo conhecimento biológico, uma vez que o aluno não vê coerência nos temas estudados, e não entende como os conteúdos abstratos abordados na Biologia Molecular e na Genética se relacionam com as explicações dadas sobre os

seres vivos na Zoologia e na Botânica.

Como um exemplo da falta de relações entre os conceitos abordados merece destaque a abordagem da estrutura molecular do DNA em salas de aula de Biologia. Assim, muitos alunos não entendem onde essa estrutura se localiza e nem a interação dessa molécula na dinâmica celular e orgânica. Ou seja, impressão é de que, para alguns estudantes o DNA como é um conjunto de letras (A-T, C-G), o qual não tem significado real para eles. Isso indica uma confusão entre conceitos de célula, molécula, átomo e tecido por alunos da Educação Básica (PEDRANCINI et al., 2007).

Nessa discussão, podemos destacar a importância da linguagem no Ensino da Biologia. Para a Análise de Discurso a linguagem não se trata apenas da transmissão de uma informação, ela não é transparente. Muitas vezes os professores falam ou se referem a alguma informação, baseando-se em código (como as letras do DNA), regras ou fórmulas, imaginando que o estudante capta esses códigos e os decodifica, segundo os sentidos esperados pelo professor. Porém, o discurso do professor pode possibilitar uma multiplicidade de sentidos, inclusive para estudantes que estão inseridos numa mesma série, pois a compreensão e a produção de sentidos por cada um dos estudantes vão depender de suas histórias de leituras e de seus contextos sócio-histórico e culturais.

Sendo assim, o professor precisa levar em conta a não transparência da linguagem, perceber que existem diferentes especificidades dentro da sala de aula e que se faz necessário buscar diferentes maneiras de abordar um assunto para que os alunos possam re-significar os conhecimentos científicos relacionados à Biologia, ampliando suas compreensões sobre os assuntos que podem interferir na sociedade, tornando-os mais críticos para exercerem sua cidadania, com possibilidades de argumentar e agir frente a diversas informações.

Corroborando com este ponto de vista, as Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006) sugerem que se estabeleça uma relação entre os conhecimentos prévios dos alunos e o conhecimento escolar historicamente construído, tendo como ponto de partida a contextualização para o estudo e a compreensão da Biologia.

Se a realidade dos alunos, seus conhecimentos e vivências prévias, forem considerados como ponto de partida, o ensino da Biologia fará sentido

para o aluno e a compreensão dos processos e fenômenos biológicos será possível e efetiva. Concorre a favor da contextualização o fato de que estamos inseridos em um mundo biológico, mais do que isso, fazemos parte dele. Além disso, em um mundo cada vez mais globalizado, acontecimentos distantes podem afetar diretamente a vida do aluno e constituir pontos de partida para tornar os conteúdos biológicos mais atraentes (BRASIL, 2006, p. 34).

Segundo Lopes (2002), o conceito de contextualização se fundamenta na ideia da aprendizagem de modo a considerar, nos processos de ensino-aprendizagem, a vivência de situações do dia-a-dia dos estudantes, segundo seus próprios interesses, além do desenvolvimento de atividades desvinculadas da pura transmissão de conceitos.

Para Ricardo (2005) a contextualização, completa-se no momento em que se parte da realidade e a ela retorna, mas, com um novo olhar, com possibilidades de compreensão e ação, pois, nesse segundo momento se dispõe de ferramentas intelectuais para tal. A contextualização sucede a problematização e a teorização e/ou modelização, esse ciclo não começa nem termina na realidade, mas deveria assegurar uma relação dialética entre o homem e o mundo.

Para Machado (2005), a contextualização pode oferecer possibilidade de desenvolvimento ativo dos estudantes nas aulas, pois oferece uma visão sistêmica e interdisciplinar de um determinado conteúdo.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) contextualizar o conteúdo que se pretende ensinar significa, primeiramente, assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. Na escola, o conhecimento é quase sempre produzido a partir das situações originais nos quais acontece sua produção e, por essa razão, quase sempre o conhecimento escolar se vale de uma transposição didática, na qual a linguagem tem papel importante. Aliada a essa transposição, a contextualização é um recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo, permitindo que o conteúdo a ser ensinado provoque aprendizagens significativas. Portanto, a contextualização evoca áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural do educando, mobilizando competências cognitivas já adquiridas (BRASIL, 2000).

Ainda nos PCNEM, temos um exemplo de como devem ser contextualizados conteúdos sobre o organismo humano no Ensino de Biologia. Nesse sentido, o documento

traz indicações de que o estudante não apenas deve saber como funcionam os muitos órgãos do corpo, mas também precisa entender como funcionam os sistemas que formam seu organismo e as implicações que as decisões pessoais, tais como: fazer dieta, usar drogas ou consumir gorduras, podem acarretar sobre a sua saúde. A adolescente que aprendeu tudo sobre aparelho reprodutivo, mas, não entende o que se passa com seu corpo a cada ciclo menstrual, não aprendeu de modo significativo.

Em presença da necessidade de uma preparação adequada dos alunos para a tomada de decisões e o exercício pleno da cidadania, precisamos construir propostas educacionais que apontem possibilidades para melhorias dos processos de ensino-aprendizagem na área da Biologia. Por esse motivo, escolhemos a implementação da abordagem dos Estudos sobre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) latino-americanos nessa pesquisa, pois se preocupa com os problemas locais e não com uma leitura de problemas de outros contextos muito distantes dos nossos. Assim, acreditamos que suas propostas colaborarão para a efetivação de um ensino de Biologia menos fragmentado, que valorize as histórias de leitura dos estudantes, que abra possibilidades para a intertextualidade, estimule a polissemia e promova a autoria para além das habilidades previstas na aprendizagem dessa disciplina.

## 2.1 ORIGENS DO MOVIMENTO CTS – UM OLHAR PARA A AMÉRICA LATINA

As questões que envolvem as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) não são novas e, para melhor situar as origens desses movimentos, este texto apresentará um breve histórico, com a descrição de suas vertentes e suas preocupações com a educação.

Segundo Garcia, Cerezo e López (1996) o movimento CTS surgiu entre os anos 60 e 70 do século XX, fazendo críticas à concepção tradicional da ciência e da tecnologia e sua relação com a sociedade que era essencialista e triunfalista, pregando um modelo linear de desenvolvimento, defendendo que mais ciência e mais tecnologia conduziriam necessariamente a uma maior riqueza e a um maior bem-estar social.

Os estudos sobre CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais às

consequências ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança (GARCIA; CERREZO; LÓPEZ, 1996, p. 125).

As discussões CTS estão presentes em várias partes do mundo, em países da Europa e da América. Iniciaram-se nessas regiões com enfoques diferenciados, porém, hoje se relacionam e se influenciam no campo acadêmico, nas políticas públicas e na educação e são denominados de acordo com sua região. Sendo assim, temos o movimento Europeu, o movimento Norte Americano e o Pensamento Latino Americano em CTS (PLACTS).

A tradição europeia ou acadêmica caracterizada por sua institucionalização de origem acadêmica, proposta por cientistas, sociólogos e humanistas, preocupava-se em mostrar como o conhecimento científico influencia na sociedade.(GARCIA; CERREZO; LÓPEZ, 1996).

De acordo com Avellaneda e Linsingen (2014) a tradição europeia era articulada com um programa acadêmico conhecido como Programa Forte da Sociologia que se apoia nas reflexões de Thomas Kuhn e se preocupa em mostrar como o conhecimento científico e tecnológico é produzido e como existem interesses de diferentes ídoles misturados nesses processos.

A tradição norte americana ou social é caracterizada por ter sido proveniente de uma reação de caráter mais prático ou social nos Estados Unidos, apesar de muitos movimentos terem se desenvolvido nas universidades. Esta tradição foi evidenciada por movimentos sociais dos quais fizeram parte grupos ativistas dos direitos humanos, grupos pacifistas, associação de consumidores e a preocupação geral desses grupos era com as consequências sociais e ambientais que ocorriam por meio das mudanças científicas e tecnológicas. Esses grupos davam maior ênfase nas consequências sociais advindas da tecnologia percebida como um produto capaz de influenciar na dinâmica da sociedade (GARCIA; CERREZO; LÓPEZ, 1996).

Segundo Avellaneda e Linsingen (2014) dentre os protestos realizados pelos grupos ativistas na época destacam-se os relacionados ao Napalm, um líquido inflamável utilizado na guerra do Vietnã, e ao DDT, um inseticida muito utilizado os anos 1960 nos Estados Unidos. Foram esses movimentos que inspiraram as críticas feitas nas reflexões

de Rachel Carson em sua obra intitulada “Primavera Silenciosa”, considerada um marco importante para o movimento CTS estadunidense, pois expunha questões relativas aos riscos associados aos inseticidas e saúde da população, alimentando assim as reações dos movimentos sociais.

Buscando contextualizar as origens do PLACTS será esboçada, a seguir, uma breve reconstrução do contexto histórico na América Latina envolvendo o surgimento da tradição CTS Latino-Americana.

Sendo assim, merecem destaque as discussões iniciadas na América Latina por Amílcar Herrera, Jorge Sábato e Oscar Varsavsky, da Argentina; José Leite Lopes, do Brasil; Miguel Wionczek, do México; Francisco Sagasti, do Peru; Máximo Halty Carrere, do Uruguai e Marcel Roche, da Venezuela; entre outros, que configuram o Pensamento Latino Americano em CTS – PLACTS (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996).

Para falar sobre o pensamento latino-americano de CTS é necessário descrever as características econômicas e de industrialização na América Latina que se deram a partir dos anos de 1930. Nessa época alguns países implementaram políticas públicas de industrialização que se deu pela substituição da importação de produtos industriais das potências imperialistas, por produtos produzidos em indústrias nacionais, e o papel do estado consistia em intervir na produção de bens e tecnologias (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996). Essa política é conhecida também em alguns países da América Latina como “compre nacional”.

Essas indústrias nacionais que foram implantadas de maneira elementar nos países latino-americanos apresentaram limitações como a carência de maiores investimentos de capitais que permitissem a continuidade do processo de industrialização nacional, fragilidade nos setores industriais importantes como a de bens e serviços devido a ineficaz implementação da política compre nacional e a defasagem tecnológica. Isso serviu como base para um novo desenvolvimento industrial de pós segunda guerra mundial, dando início ao movimento expansivo de capital internacional, cujo núcleo era formado por empresas multinacionais, que atuavam no mercado internacional através da prestação de bens e serviços (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996; SANTOS, 1998).

Esta nova realidade da economia e da política criou um consenso de que o sub-



desenvolvimento significava a falta de desenvolvimento e esse fato tem como resultado histórico o desenvolvimento do capitalismo onde um sistema mundial produz ao mesmo tempo desenvolvimento e subdesenvolvimento (SANTOS, 2008).

A política de industrialização por substituição de produção tendeu a demandar crescentes cotas de importação de tecnologia dos países centrais para os países em desenvolvimento e, dessa forma, os países que importavam a tecnologia não as desenvolviam, apenas faziam adequações e inovações menores como ajustes de escala, adequações em maquinarias ou condições de uso dos bens produzidos. Isso gerou um processo de aprendizagem tecnológico importante, porém limitado, pois não estimulava a produção de novos produtos e processos, resultado da falta de necessidade de ampliar e diversificar a base científica e tecnológica local. Essas importações acabaram prejudicando a geração de tecnologias significativas, o que tornou, dessa forma, os países subdesenvolvidos dependentes da tecnologia dos países desenvolvidos (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996; SANTOS, 1998).

A Comissão Econômica para a América Latina – CEPAL originada em 1948 exerceu um papel importante na industrialização latino-americana. Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento econômico da América Latina, buscou explicar os processos da industrialização, apontando obstáculos e propondo soluções para problemas políticos e econômicos. O pensamento “cepalino” elaborou críticas contundentes às teorias econômicas clássicas, na qual cada país deveria se especializar na produção de determinados produtos. Pois assim, os subdesenvolvidos estariam submetidos a exportação de bens primários aos países desenvolvidos e se constituiriam como periferia no sistema econômico, enquanto os países industriais seriam centrais nesse processo. Tal fenômeno se identificava justamente como sendo o motor do subdesenvolvimento latino-americano (SANTOS, 2008).

Ainda sobre as críticas estabelecidas pelo pensamento “cepalino” esse autor também destaca as reflexões sobre o modelo linear de desenvolvimento preconizado pelo relatório Bush no fim da Segunda Guerra Mundial, segundo o qual o desenvolvimento científico determinaria o aumento do bem-estar social das nações.

Contudo, a política econômica efetivada pelos Estados latino-americanos não respondeu às previsões desenvolvimentistas da CEPAL. As limitações apresentadas pela

política de industrialização por substituição de importação, significou a continuidade da América Latina na condição de subdesenvolvimento. Diante dessas limitações começa a se formar um novo pensamento, bastante influenciado pelo conceito de centro-periferia elaborada pela CEPAL, a Teoria da Dependência que surgiu na segunda metade da década de 1960 (SANTOS, 2008).

A Teoria da Dependência é caracterizada por uma formulação teórica desenvolvida por intelectuais de várias áreas do conhecimento, como economistas, sociólogos, historiadores e gestores públicos refletindo sobre questões de dependência econômica, política e cultural dos países subdesenvolvidos. A teoria tinha como objetivo compreender as limitações de um desenvolvimento iniciado num período em que a economia mundial já estava constituída sob a hegemonia de grandes grupos econômicos e poderosas forças imperialistas controlando as relações internacionais (SANTOS, 2008).

De acordo com o autor supracitado as ideias centrais defendidas pelos teóricos da Teoria da Dependência se resumem em quatro:

- O subdesenvolvimento é associado a expansão dos países desenvolvidos.
- O desenvolvimento e o subdesenvolvimento são condições diferentes dentro de um mesmo processo mundial.
- O subdesenvolvimento não pode ser considerado como condição necessária para um processo evolucionista.
- A dependência não é um aspecto característico que só se manifesta no cenário externo, mas influência sobre diferentes aspectos internos como: sociais, ideológicos e políticos.

Como os assuntos a respeito da gestão do desenvolvimento não são neutros e nem podem ser resolvidos apenas através da tecnologia e estão relacionados à valores culturais e éticos, as proposições e desdobramentos da Teoria da Dependência tiveram muitas controvérsias entre seus teóricos quanto às propostas para o desenvolvimento da América Latina, com destaque ao nacionalismo o qual podia ser considerado como um fator limitador ou libertador para o desenvolvimento dos países. Como um exemplo do

nacionalismo, podemos citar o contexto do desenvolvimento industrial onde os que defendiam o crescimento e o fortalecimento da indústria nacional no mercado de exportações acabavam por demandar maior importação de tecnologias, insumos e financiamentos dos países centrais. Esta condição era vista negativamente por outros membros envolvidos na Teoria da Dependência, os quais apontavam que o melhor caminho para o desenvolvimento industrial era o incentivo a criação de tecnologias nacionais (FALETTO, 1998).

Assim, o PLACTS nasceu no início da década de 1970 elaborado por professores argentinos das ciências duras (engenharias) que desejavam para a América Latina, a independência científica e tecnológica de países desenvolvidos, isso se deu, porque esses professores queriam fazer pesquisas científicas e tecnológicas e não encontravam condições para tanto, pois ao invés de se investir em pesquisas nacionais o conhecimento científico e tecnológico era importado. Sendo assim, os professores iniciam discussões em relação as preocupações em torno da política, da ciência, da tecnologia e do desenvolvimento industrial latino americano, concentrando-se em discutir como os países subdesenvolvidos poderiam obter o conhecimento necessário para industrializar-se (DAGNINO, 2015)

Dois fenômenos paralelos influenciaram o surgimento do PLACTS, em primeiro lugar estão os movimentos sociais que marcaram os anos de 1960, como as manifestações pelos direitos civis e pelo meio ambiente e as críticas ao consumismo exacerbado. Um segundo elemento foi o descontentamento de parte da comunidade de pesquisadores em relação as recomendações políticas que apresentava estreitas relações com a visão linear da relação entre ciência, tecnologia e desenvolvimento presente no relatório Bush pregada por organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura (UNESCO), pelo Banco Ibero americano de Desenvolvimento (BID) e pela Organização dos Estados Americanos (DEA) (DIAS, 2005).

Ainda, de acordo com Dias (2005), o PLACTS guarda estreitos laços com as contribuições da CEPAL compartilhando da esperança depositada nos modelos de planificação econômica que se opunha ao modelo linear de desenvolvimento e com a Teoria da Dependência, pois ela compartilhava das preocupações ligadas aos elementos estruturais determinados historicamente, como as relações de poder.

Para Dagnino (2015) o PLACTS aponta que a falta de demanda por conhecimentos

científicos e tecnológicos tem como causa fundamental a debilidade dos sistemas de ciências e tecnologias latino-americanos. O PLACTS destaca que isso não ocorre pela falta de capacidade desses países para desenvolver boa ciência e que isso também não tem relação com suas heranças ibéricas ou indígenas, nem mesmo tem a ver com o determinismo geográfico como era vinculado nos anos 1960. Segundo o autor, existia na América Latina capacidade científica suficiente para remover os obstáculos cognitivos ao nosso desenvolvimento, porém a escassa demanda social por pesquisa e desenvolvimento foi o entrave pervasivo, estrutural, histórico e politicamente determinado por nossa condição periférica.

O PLACTS, desde sua origem, caracteriza-se por se preocupar em como ocorre o subdesenvolvimento e a dependência tecnológica dos países latino-americanos, crítica a política de transferência de tecnologias e considera ser imprescindível uma posição ativa dos Estados em relação à seleção de tecnologias que deve se dar de maneira relativamente centralizada, a partir de critérios macroeconômicos. Como este movimento surgiu no meio acadêmico, com professores pesquisadores de ciências duras, há destaque para a insatisfação, por parte desta comunidade, com as recomendações de desenvolvimento feita por organizações internacionais para a criação de um modelo institucional de desenvolvimento de ciência e tecnologia, o qual estava relacionado com o modelo linear de desenvolvimento, contrário às necessidades regionais latino-americanas (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996).

Sem dúvidas, os referenciais citados aqui não são as únicas publicações que descrevem o acontecido durante todos esses anos, cada um dos autores citados foi influenciado, de uma maneira ou outra, por ideias que perpassam o imaginário de uma época, como sugere o referencial da Análise de Discurso (AD), as ideias e os sentidos apresentados em um discurso não têm origem no enunciador, são antes disso, o reflexo de suas histórias de leitura, das discussões que participou em sua época e ficaram marcadas na sua memória discursiva, que tem nuances subjetivas influenciadas por um contexto de produção imediato, mas, ao mesmo tempo, são próprias do momento histórico e do contexto social e ideológico que constituem o contexto de produção de cada um dos autores.

É visto que a divisão entre as tradições CTS pode ser considerada superada e

hoje os Estudos sobre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) provenientes de diversos programas filosóficos, sociológicos e históricos compartilham de um certo núcleo comum, enfatizando tanto a dimensão social da ciência quanto da tecnologia. Dentre as reflexões desses grupos podemos citar:

- A crítica à concepção da ciência como uma atividade neutra e linear.
- O rechaço à imagem da tecnologia como ciência aplicada e neutra.
- A importância da participação pública nas tomadas de decisões que envolvem a ciência e a tecnologia.

Sendo assim, o movimento CTS discute a autonomia da ciência e da tecnologia, tanto pelos resultados negativos na área ambiental e social quanto pela ideia de neutralidade e de determinismo científico e técnico presente nos processos de produção de conhecimento. Para fazer essa crítica, tal movimento declara que na atividade científica existem interesses morais, profissionais e econômicos, assim como, convicções religiosas, etc. (AVELLANEDA; LINSINGEN, 2014).

Auler (2002) aponta que o movimento CTS pleiteia um novo olhar sobre o desenvolvimento tecnológico, contrapondo-se a ideia de que a ciência e a tecnologia salvarão a humanidade de quaisquer problemas ambientais sociais ou econômicos que possam ocorrer.

Em suma, os estudos e programas CTS, independente da vertente, estadunidense, europeia ou latino-americana seguem três direções que se relacionam e se influenciam (GARCIA; CERESO; LÓPEZ, 1996)<sup>1</sup>:

- No campo da investigação ou campo acadêmico: Os ECTS promovem uma visão menos essencialista e triunfalista e mais contextualizada da ciência e da tecnologia.
- No campo das políticas públicas: Os ECTS intercede pela participação pública em questões que envolvem ciência e tecnologia defendendo a abertura à participação social na tomada de decisões relativas ao desenvolvimento científico e tecnológico.

<sup>1</sup> Garcia, Cerezo e López (1996) não se refere ao contexto latino-americano quando apresenta essa classificação, contudo, entende-se que a mesma cabe para este contexto.

- No campo da educação: Os ECTS propõe um delineamento para um Ensino de Ciências mais crítico e contextualizado propiciando a participação da sociedade em questões relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Linsingen e Cassiani (2010) complementam que os pressupostos ECTS se preocupam em criar condições para transmissão de poder social aos cidadãos em geral, pensando em problemas locais; promover o desenvolvimento de capacidades cognitivas especialmente orientadas para uma mudança de visão quanto a natureza do fenômeno científico tecnológico e de seu produtos, favorecendo a transformação social; produzir interações significantes e imediatas com sentidos dominantes de ciências, tecnologia e de suas relações com o social; preocupar-se com o funcionamento da linguagem na educação científica e tecnológica desfazendo a ilusão de transparência da linguagem.

Consideramos pertinente demarcar os diferentes aspectos dessas contribuições históricas envolvidas sob o acrônimo CTS, problematizando-os, para poder compreender o atual contexto da educação brasileira e buscar evidenciar novos sentidos que podem ser construídos sobre essas relações e suas repercussões sobre o Ensino de Ciências.

## 2.2 OS ECTS E A EDUCAÇÃO

Um dos caminhos que pode garantir o desenvolvimento dos sujeitos em todas as suas dimensões para se tornarem cidadãos críticos no contexto em que vivem é a educação. Desta forma, ela precisa ser aperfeiçoada para garantir o desenvolvimento do educando, seu preparo para a cidadania e a sua qualificação para o trabalho.

O Ensino de Ciências na América possui pressupostos pedagógicos tradicionais devido à influência Europeia em seus currículos. De acordo com Avellaneda e Linsingen (2014) o lançamento do Sputnik pela União Soviética em 1956, provocou nos Estados Unidos uma forte preocupação com a educação, em especial à formação de cientistas e engenheiros e, em paralelo, a motivação de crianças e jovens para aprender ciência, pois não queriam ficar para trás no desenvolvimento tecnológico, militar e industrial.

Essa motivação pela educação científica trouxe mudanças na forma de ensinar e aprender ciências, o que deu origem a alguns projetos como o *Biological Science Curriculum*

*Studie* (BSCS) e o *Physical Science Study Committe* (PSSC), liderado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que elaborou novos textos de Física, Química e Biologia e ainda construiu novos laboratórios, tendo em vista uma transformação do Ensino de Ciências, dando ênfase à experimentação e não mais ao ensino tradicional.

Buscando melhorias para a Educação em Ciências esses materiais foram traduzidos e utilizados na América Latina, porém, foi desconsiderada a necessidade de se compreender o contexto e os problemas locais. Sendo assim, desde o começo de sua utilização foram encontradas dificuldades, pois não havia quantidade suficiente de professores formados e nem infraestrutura adequada para a realização de experimentações propostas pelo material, ou seja, havia pouca relação com a realidade da América Latina, inclusive pelas temáticas predefinidas e pelo conteúdo programado (AVELLANEDA; LINSINGEN, 2014).

A transnacionalização do currículo americano segundo Cassiani e Barbosa (2015) é uma forma de colonialidade, na qual, é feita a transferência de saberes, sem diálogo, para outras sociedades sem levar em consideração a realidade e os conhecimentos locais. Sendo assim, proposta do CTS latino-americano é enfrentar os problemas da educação científica na América Latina oriundos dessa colonização.

Hamburger (2007) afirma que mesmo com essas dificuldades na utilização de tal material, os currículos em Ciências em países da América Latina continuaram sendo inspirados em pressupostos pedagógicos dos projetos liderados pelo MIT que envolviam as disciplinas de Química, Física e Biologia.

Todos os problemas já citados, como: a falta de professores, de infraestrutura e, principalmente, a falta de conexão entre a realidade dos conteúdos desse currículo com o contexto da América Latina, faz com que pesquisadores da área da Educação desenvolvam pesquisas para discutir maneiras de se abordar os ECTS no ensino, buscando uma educação contextualizada, repleta de sentidos para o educando, na intenção de formar cidadãos críticos e reflexivos sobre as consequências do desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Investigadores do campo do Ensino das Ciências refletem sobre as relações CTS no ensino a partir da abordagem do cotidiano do aluno em sala de aula.

Educar, numa perspectiva CTS é, fundamentalmente, possibilitar uma formação para maior inserção social das pessoas no sentido de se tornarem aptas a participar dos processos de tomadas de decisões conscientes e negociadas em assuntos que envolvam ciência e tecnologia. Em outras palavras, é favorecer um ensino de/sobre ciência e tecnologia que vise à formação de sujeitos com a perspectiva de se tornarem cômicos de seus papéis como participantes ativos da transformação da sociedade em que vivem (LINSINGEN, 2007, p. 13).

Sendo assim, a escola deve promover a compreensão de que a produção científica e tecnológica deve ser percebida como sujeita aos interesses sociais, econômicos, políticos, morais e éticos, desfazendo a imagem de um cientista, como um ser isolado do mundo, que produz conhecimentos sozinho, movido pela curiosidade, desvinculado de um contexto que propõe necessidades, dentro de uma ciência que é linear, e sem erros em seus processos, e que constrói conhecimentos apenas para o bem social, ou seja, uma visão de ciência perfeita.

A escola precisa oferecer ao educando uma formação reflexiva e crítica sobre o uso e a aplicabilidade da ciência e da tecnologia, proporcionando a ele a oportunidade de se posicionar como sujeito autônomo na sociedade.

Yager (1996 apud BOCHECO, 2011) apresenta o ECTS como uma forma de promover uma prática docente diferente da prática tradicional, ou seja, um novo meio de promover novos objetivos educacionais. Para o autor, o ECTS permite proporcionar uma intenção de ensino que parta de uma situação problema – uma questão ou um tópico – onde a mediação do professor pode ajudar aos estudantes a desenvolver habilidades, a criatividade, e a identificar a utilidade e o potencial dos conceitos científicos abordados nessa situação de ensino. nesse sentido o ECTS:

Significa partir do estudante e de suas questões, utilizando todos os recursos disponíveis para trabalhar pela resolução do problema e sempre que possível avançar ao estágio de tomada de atitudes individualmente ou em grupos para resolver questões verdadeiras. Significa lidar com os estudantes nos seus próprios ambientes e com suas próprias situações de referência. Significa chegar ao mundo das aplicações, ao mundo da tecnologia, o mundo onde o estudante faz sua própria conexão com sua vida e com as disciplinas tradicionais. Significa que os conceitos e processos são úteis porque eles são encontrados quando o estudante precisa deles para lidar com problemas por ele identificado. Isto ocorre por causa da alta motivação e interesse e porque o estudante formulou questões, ofereceu explicações e está interessado na validade destas informações (YAGER, 1996 apud BOCHECO, 2011).



Em seu trabalho, Bocheco (2011) aponta diferenças entre uma metodologia tradicional de ensino e ECTS. De acordo com o autor, esse enfoque questiona a metodologia tradicional ainda muito utilizada nas escolas para ensinar Ciências e busca promover a democratização do conhecimento. O enfoque dessa educação não é formar mini cientistas, ou seja, estudantes que saibam definir conceitos científicos perfeitamente. O que se pretende é que os estudantes se apropriem de conceitos e conhecimentos suficientes para compreender os fenômenos que ocorrem no dia a dia e que podem interferir em suas escolhas, sejam elas relacionadas a alimentação, saúde, bem-estar, dentre outras. Busca-se dessa forma, despertar o desejo de aprender, pois o conhecimento construído não será utilizado apenas para realizar as avaliações propostas pelo professor, mas sim, nas situações e experiências com as quais irão se deparar por toda a vida.

Em relação as habilidades que devem ser desenvolvidas nos estudantes durante sua vida escolar Yager (1996 apud BOCHECO, 2011), o ECTS destaca que um dos objetivos da educação CTS é fazer com que os estudantes se sintam protagonistas da construção do próprio conhecimento, admitindo que são capazes de utilizar em sua vida o que aprenderam na escola em vez de atuarem como espectadores da Ciência, com uma falsa impressão de que ela é neutra e resolve todos os problemas da humanidade.

Outro importante objetivo do ECTS é promover o interesse dos estudantes para que sejam capazes de perceber a incompletude do conhecimento e a importância de buscarem re-significar o que aprenderam durante cada etapa da vida escolar pelas quais passaram, trabalhando e estudando continuamente para a ascensão da polissemia (LINSINGEN; CASSIANI, 2010).

Discute-se, ainda, em Bocheco (2011) o contraste em relação a criatividade desenvolvida nos estudantes a partir da metodologias tradicional e da ECTS. Para o autor, nesse enfoque, os estudantes se percebem como protagonistas da construção de seus conhecimentos e tornam-se mais críticos e questionadores dos processos de construção do conhecimento científico, aguçando assim, sua própria curiosidade e a de seus colegas para aprenderem informações úteis para planejar e executar suas ações no dia a dia, enquanto que na metodologia tradicional os estudantes veem a ciência como informações a serem aprendidas através do professor.

Em relação à aplicação do conhecimento o estudante, ao qual lhe foi proporcionado um ensino com estratégias ECTS consegue relacionar os conteúdos científicos abordados durante todas as etapas escolares com as situações por ele vivenciadas no cotidiano, desde a utilização sustentável da água em sua casa, a promoção da saúde através da alimentação, até seus posicionamentos políticos para a solução de problemas sociais. Além disso, com a proposta do ECTS na educação, o estudante se percebe como um cidadão responsável pela busca de informações para o progresso científico e tecnológico, pois esta estratégia de ensino lhe possibilita relacionar o uso da ciência e da tecnologia com os conhecimentos científicos abordados em sua vida acadêmica (BOCHECO, 2011).

Essas reflexões, de certo modo, indicam que o ECTS anseia por uma nova forma de ensino e aprendizagem das ciências, tendo os professores um importante papel de mediação, pois são eles que decidem quais conhecimentos da ciência irão apresentar aos estudantes e quais as metodologias que serão utilizadas para alcançar a construção do conhecimento. Sendo assim, pode-se concluir que o propósito da ECTS é estabelecer novos objetivos para o Ensino de Ciências, mediante uma nova relação com os conhecimentos científicos, tecnológicos e a sociedade.

De acordo com Aikenhead (1994) o objetivo central proposto pelo ECTS no Ensino de Ciências é promover a alfabetização científica e tecnológica, propiciando aos estudantes a construção de conhecimentos, habilidades e valores necessários para se tornarem cidadãos críticos com responsabilidade social na tomada de decisões que envolvam a aplicação de conhecimentos científicos e tecnologias que interferem na sociedade. Lorenzetti (2000) define a Alfabetização Científica como sendo “um processo pelo qual a linguagem das Ciências Naturais adquire significado, constituindo-se um meio para o sujeito ampliar o seu universo de conhecimentos, a sua cultura como cidadão inserido na sociedade”.

Para Bybee (1987) os pressupostos da ECTS apresentam três objetivos gerais: a) aquisição de conhecimentos; b) desenvolvimento de habilidades para resolução de problemas e tomada de decisões; c) desenvolvimento de valores e ideias para lidar questões locais, políticas públicas e problemas globais.

Tudo isso supõe um rompimento com a forma tradicional de ensino, que não levava em consideração o contexto sócio-histórico e cultural dos estudantes, muito menos fazia

relação entre os conhecimentos construídos pela ciência, a tecnologia e suas influências sobre a vida de cada estudante, cidadão pertencente a sociedade.

A escola precisa propiciar aos estudantes a construção de sentidos sobre diversos aspectos em relação a ciência e da tecnologia, levando em conta a história de vida de cada um deles, lembrando que as experiências de vida, não são as mesmas e, portanto, é necessário levar em consideração a não transparência da linguagem e utilizar de várias estratégias para que o maior número possível de estudantes possam fazer interpretações sobre o assunto abordado e consigam construir conhecimentos.

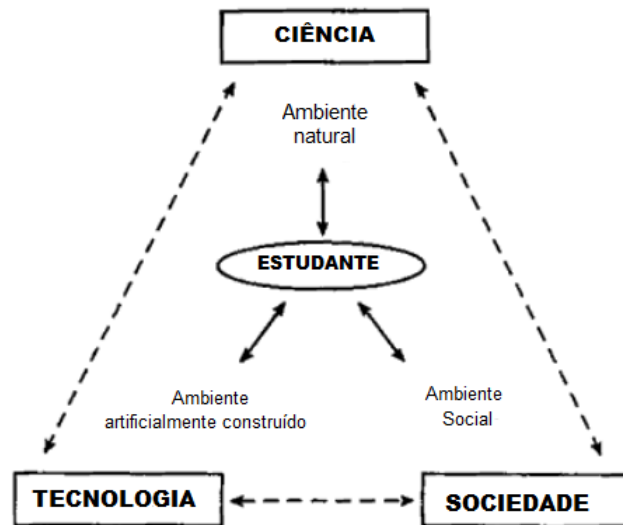
Destacamos então, a importância de as pesquisas na área de Ensino de Ciências elaborarem teorias, aprimorar metodologias e abordagens, propondo alternativas que sobreponha as fortes características do ensino tradicional na prática do professor, oferecendo-lhe caminhos e estratégias que possam auxiliar sua prática em sala de aula, para alcançar uma educação de qualidade que faça sentido para os estudantes e possibilite a construção do conhecimento, formando cidadãos críticos para participarem das tomadas de decisões políticas em relação aos avanços da ciência e da tecnologia que influenciam a sociedade em que vive e vice-versa.

Aikenhead (1994) ilustra como ocorre a produção de sentidos dos estudantes quando relacionam a ciência, a tecnologia e a sociedade com suas experiências de vida. A princípio no esforço de compreender suas experiências diárias os estudantes integram seus entendimentos lógicos ou pessoais ao seu ambiente social, natural (ciência) e aos ambientes construídos artificialmente pelo homem (tecnologia), essa integração está representada pelas setas contínuas na Fig. 1 que ligam simultaneamente o aluno a cada um dos três ambientes.

De acordo com o autor supracitado o Ensino de Ciências com pressupostos no ECTS, se refere aos fenômenos naturais de uma forma que incorpora a ciências aos ambientes tecnológicos e sociais do aluno. As setas pontilhadas tentam sobrepor uma estrutura pedagógica que se harmoniza com as setas contínuas com o objetivo de ajudar ao estudante a compreender suas experiências cotidianas, fazendo conexões com a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Com relação as estratégias de ensino e abordagens CTS Aikenhead (1994) sugere

Figura 1 – A essência da educação CTS.

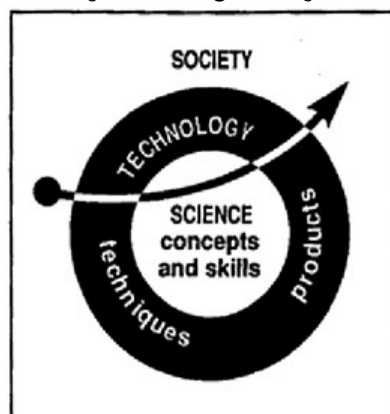


Fonte: Aikenhead (1994) - tradução da autora.

que a organização de conteúdos seja realizada na seguinte sequência: (1) introdução de um problema social; (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social; (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado e (5) discussão da questão social original como representa a Fig. 2.

A instrução CTS começa na esfera da sociedade, representada pela caixa na Fig. 2, na qual uma questão-chave ou um problema social deve ser colocado e problematizado, por exemplo: “devemos nos preocupar com possíveis consequências do consumo de produtos transgênicos?” A fim compreender a pergunta ou o problema social exposto, há geralmente alguma tecnologia a conhecer, mesmo em um nível superficial.

Figura 2 – Representação da organização dos conteúdos CTS.



Fonte: Aikenhead (1994).

O domínio da tecnologia é representado pela esfera preta na Fig. 2. As questões sociais estão quase sempre relacionadas com a tecnologia. Os estudantes são afetados muito mais por seu mundo tecnológico do que por seu mundo científico, mas ambos criam a necessidade de conhecer algum conteúdo científico representado pelo círculo central na Fig. 2, um exemplo de conteúdo científico nesse caso pode ser, “como ocorre a replicação do DNA?” este conteúdo científico vai ajudar os alunos a compreenderem a tecnologia e a questão social.

A sequência da instrução sugerida pela seta na Fig. 2 começa no domínio da sociedade, move-se através dos domínios da tecnologia e da ciência tradicional, e perpassa novamente a tecnologia, essa revisita ao domínio da tecnologia que os alunos já haviam estudado anteriormente (produtos transgênicos), propiciará uma melhor compreensão de seus aspectos, usando os conhecimentos da ciência que acabaram de aprender.

Finalmente, a seta na Fig. 2 termina no domínio da sociedade. Aqui os estudantes frequentemente retornarão à pergunta ou problema social inicial e então poderão utilizar suas habilidades e valores desenvolvidos durante o percurso para uma tomada de decisão, como por exemplo, podem decidir que políticas devem ser adotadas em relação a venda de produtos transgênicos nos mercados, sendo assim, ao final, as dimensões sociais do tema serão novamente postas em evidência e apontarão novos conceitos a serem estudados, e assim sucessivamente, ocorrerá um modelo curricular em espiral que permitirá que os conteúdos programáticos propostos sejam esgotados.

Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988 apud SANTOS; MORTIMER, 2002) apontam diversas atividades utilizadas para promover CTS, tais como: palestras, demonstrações, sessões de discussão, solução de problemas, jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas a autoridades, pesquisa de campo e ação comunitária. Essas atividades podem ser realizadas individualmente, como a redação de cartas, e em grupos para encontrar soluções para problemas ou desempenhar papéis, e ainda podem ser realizadas discussões que envolvam toda a sala de aula.

Utilizando de várias estratégias como as descritas acima, é possível que o professor consiga atingir um maior grau de envolvimento e participação dos estudantes em sala de aula, pois quando algum dos estudantes apresentar dificuldades para expressar seus

pensamentos e aprendizagens em uma das atividades, certamente poderá se manifestar em outras.

Ainda discutindo sobre estratégias para abordar o CTS em sala de aula podemos lembrar Santos e Mortimer (2002) quando sintetizam e apresentam uma categorização estabelecida por Aikenhead referente aos tipos de programas CTS na Educação Básica, com o objetivo de verificar a proporção existente entre conteúdos científicos tradicionais e conteúdo CTS. Dentre as categorias estão:

1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação: Ensino tradicional de ciências, acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes.
2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático: Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciência. O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores.
3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático: Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciência, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores.
4. Disciplina científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS: Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciência e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina. A lista dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a sequência possa ser bem diferente.
5. Ciências por meio de conteúdo de CTS: CTS organiza o conteúdo e sua sequência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências.

6. Ciências com conteúdo de CTS: O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.
7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS: O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência.
8. Conteúdo de CTS: Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências.

Santos e Mortimer (2002) e Aikenhead (1994) entendem que apesar de nenhuma das categorias representar o modelo “real” de CTS, as categorias de 3 a 6 são as que sintetizam a visão mais comumente citada na literatura. Compreende que um curso classificado na categoria 1 porventura nem pudesse ser considerado como CTS, devido à grande proporção de conteúdos científicos tradicionais e a baixa proporção de conteúdo CTS. No entanto, a categoria 8 remete-se a cursos radicais de CTS onde conteúdos científicos tradicionais praticamente não são abordados. Percebe então, que até a categoria 4 existe uma maior proporção de conteúdos científicos tradicionais e a partir da categoria 5, a ênfase é dada aos conteúdos CTS.

Para pensar na educação CTS brasileira podemos recorrer as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) que desde 1998 apresentam recomendações de elementos CTS, que propiciam um Ensino de Ciências e suas tecnologias com foco em uma formação que desenvolva a autonomia e o pensamento crítico, para que os estudantes se tornem cidadãos que possam atuar na sociedade de maneira refletida e relevante (PAIVA; KAWAMURA, 2016).

Levando em conta que as DCN brasileiras partem de conteúdos científicos tradicionais e que apresentam recomendações de elementos CTS, acreditamos que os sentidos da educação brasileira se filiam na categoria 4, proposta por Aikenhead (1994). Sendo assim, nossas pesquisas precisam avançar para que possamos incluir cada vez mais os pressupostos CTS na educação deste país.

Destacamos também, que na escola participante desta pesquisa, assim como na grande maioria das escolas brasileiras, a disciplina de Biologia segue um currículo com conteúdos científicos pré-estabelecidos pelos PCNEM e pelas DCE e que por isso geralmente os temas CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciência e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir do currículo da disciplina.

Por esses motivos a sequência didática organizada para a realização desta pesquisa apresenta elementos da categoria 4. Os temas CTS que serão abordados durante o desenvolvimento da sequência didática, tais como: transgênicos, engenharia genética, biotecnologia, suplementação alimentar, aconselhamento genético, entre outros, serão utilizados para organizar a sequência dos conteúdos científicos relacionados a produção de proteínas pelo DNA, a partir do currículo da disciplina de Biologia.

Santos (2008) relata que as pesquisas envolvendo a temática CTS na educação científica brasileira tiveram como marco a década de 1990, sendo apontadas como pioneiras as pesquisas realizadas por Santos (1992), Trivelato (1993), Amorim (1995), Cruz (2001) e Auler (2002).

Strieder (2012) apresenta uma síntese das pesquisas de Santos e Auler com a intenção de mostrar a diversidade dos pontos de vista, e destaca que Santos (1998) se preocupou em definir os objetivos para o enfoque CTS e discutir maneiras de implementar seus pressupostos no campo educacional brasileiro, destacando a necessidade da construção de uma perspectiva CTS própria e condizente com a realidade brasileira, e a elaboração de materiais didáticos e a formação de professores. Já Auler (2002) articula CTS à perspectiva freiriana e defende que a implementação dos pressupostos CTS na educação podem contribuir para a formação de sujeitos capazes de transformar a realidade em que vivem.

Propondo mostrar o ponto de vista algo mais recente sobre CTS no contexto escolar brasileiro, destacamos a pesquisa realizada por Oliveira (2015) que analisou em uma intervenção pontual a partir de uma sequência didática, os limites e as potencialidades da abordagem CTS no Ensino de Química na Educação Básica. Essa análise forneceu subsídios para que o pesquisador creditasse que, de fato, essa abordagem contribui para



a apropriação de conceitos químicos e apresentou indícios de que as discussões dos conteúdos científicos tradicionais interligados com as interações CTS propiciam mudanças de percepção dos alunos em relação a natureza da ciência, da tecnologia e da importância do contexto científico-tecnológico na sociedade atual.

Assim, podemos perceber que as pesquisas sobre a educação CTS no Brasil já perpassaram o campo dos registros puramente teóricos e chegam as escolas, buscando suprir as preocupações de Auler (2002) acerca da implementação dos pressupostos CTS na educação brasileira e a produção de estratégias didáticas para o nosso contexto.

### 2.3 ECTS E O ENSINO DE BIOLOGIA

Os ECTS assumem um papel importante nas sociedades atuais, sendo assim, o Ensino de Biologia não deve negligenciar a interferência da ciência e da tecnologia na sociedade nos currículos escolares, portanto, precisa fornecer uma percepção integradora da organização e da construção de saberes científicos, estabelecendo relações entre esse saber, as aplicações tecnológicas e a sociedade.

Segundo Krasilchik (2004) a Biologia como é apresentada hoje nas escolas no Ensino Médio, ainda reflete o momento histórico do grande desenvolvimento científico das décadas de 1950 e 1960, onde a esperança era depositada na ciência para a solução dos problemas da humanidade e dos problemas decorrentes do uso da ciência e da tecnologia, embora a partir dos anos 1970 terem eclodido enormes problemas sociais demonstrando que essas esperanças eram infundadas e terem ocorrido mudanças em documentos legais da educação, o Ensino de Biologia em sala de aula pouco tem mudado.

A autora destaca ainda, que o Ensino de Biologia deve preparar os estudantes para enfrentar problemas, alguns com nítidos componentes biológicos, como o aumento da produtividade agrícola, a preservação do meio ambiente, a violência etc.

Podemos apontar várias aplicações da Biologia utilizada pelos seres humanos que podem nos colocar frente a problemas e a necessidade de um posicionamento crítico em relação a influência da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, seja na esfera individual ou coletiva. São elas: a utilização de técnicas de transgenia para a produção de

plantas e animais mais produtivos, resistentes a pragas, doenças e estresses ambientais como seca e frio, produção de alimentos com propriedades nutricionais diferenciadas, mais ricos em proteínas ou micronutrientes com atividades funcionais de importância médica, favorecendo a boa saúde humana; utilização de testes genéticos para diagnosticar doenças, investigações forenses para elucidação de crimes e identificação de pessoas; utilização de conhecimentos genéticos para realizar testes de paternidade; testes genômicos que podem auxiliar no diagnóstico e prognóstico de doenças; utilização de células-tronco no tratamento de lesões e doenças; uso da Genética no sentido de minimizar efeitos negativos da ação humana sobre o meio ambiente, como a técnica de biorremediação (uso de microrganismos ou plantas para a limpeza ou descontaminação de áreas ambientais afetadas por poluentes) e no controle de pragas agrícolas, a inserção de genes que fazem as células das plantas produzirem proteínas tóxicas aos insetos, mas sem qualquer impacto sobre a saúde humana (GOUVEIA, 2010).

Sendo assim, para Krasilchik (2004) diversas são as dimensões que devem ser consideradas no tratamento de vários tópicos no Ensino de Biologia:

- Ambiental: o estudante deve ser motivado a analisar o impacto da atividade humana no meio ambiente e a buscar soluções para os problemas decorrentes;
- Filosófica, cultural e histórica: deve se orientar o estudante para compreender o papel da ciência na evolução da humanidade e compreender as relações entre a ciência, a religião, a economia, e a tecnologia;
- Médicas: o estudante deve se apropriar de conceitos biológicos para aprender sobre a prevenção e a cura de doenças.
- Ética: problemas sociais ou individuais e sua divulgação se tornam essenciais para que os estudantes possam argumentar e analisar criticamente tópicos como o aborto, a eutanásia, a biodiversidade e relações internacionais e a propriedade das descobertas científicas.

Desse modo, quando se pretende articular uma proposta de ensino a partir de um enfoque CTS, há que se ter em mente a função social do Ensino de Biologia, e seu

potencial transformador, pois, os processos de ensino-aprendizagem da Biologia precisam ultrapassar a mera transferência e memorização de conhecimentos, e sim assumirem espaços de discussões, argumentações, defesas de pontos de vista e esclarecimentos, buscando sempre desenvolver o olhar crítico daqueles envolvidos nos processos. Todas essas maneiras de abordar os conteúdos são estratégias de ensino em uma educação CTS e podem contribuir na compreensão de conceitos científicos.

No Ensino de Biologia essas estratégias podem levar o estudante a se interessar pela ciência e facilitar a compreensão de assuntos que envolvem problemáticas transformações atreladas à Biologia, contribuindo para a educação científica do estudante, o que vai lhe possibilitar a participação ativa em debates sociais.

Por tudo isso, o Ensino de Biologia se torna cada vez mais importante, pois as consequências do analfabetismo científico e tecnológico hoje são muito mais penosas do que em qualquer época passada. Neste sentido Bocheco (2011) esclarece que:

Em determinados momentos, uma tomada de decisão individual, isenta de conhecimentos científicos e tecnológicos, pode ocasionar riscos à população. Um cidadão que decide pela automedicação toma uma decisão arriscada por desconhecer a relação do corpo humano com substâncias químicas. Um pescador que negligência o caráter probabilístico da previsão do tempo e se lança ao mar poderá correr riscos por desconhecer as limitações que cercam os equipamentos tecnológicos (BOCHECO, 2011, p. 22).

Estando certos de que para a percepção das situações de risco, como as mencionadas pelo autor supracitado, é necessária uma articulação de conhecimentos de várias áreas, sendo assim, não podemos ignorar a importância do papel dos conhecimentos específicos da Biologia nesse contexto. Especialmente se considerarmos como destaca Krasilchik (2004) que um dos principais objetivos do Ensino de Biologia para formar cidadãos, é que ele aprenda conceitos e informações básicas da Biologia e faça uso disso para sua participação efetiva na sociedade tecnológica em que vive.

Acerca das relações entre o Ensino de Biologia e os ECTS podemos ainda apresentar como esta perspectiva está contemplada nas intensões dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médico (PCNEM). Esses documentos destacam habilidades necessárias para garantir uma visão sistêmica dos estudantes para compreender a natureza como

uma intrincada rede de relações, um todo dinâmico, do qual o ser humano é parte integrante, com ela interage, dela depende e nela interfere. Para tanto, importa que o estudante saiba:

Relacionar degradação ambiental e agravos à saúde humana, entendendo-a como bem-estar físico, social e psicológico e não como ausência de doença; compreender a vida, do ponto de vista biológico, como fenômeno que se manifesta de formas diversas, mas sempre como sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia; compreender a diversificação das espécies como resultado de um processo evolutivo, que incluem dimensões temporais e espaciais; compreender que o universo é composto por elementos que agem interativamente e que é essa interação que configura o universo, a natureza como algo dinâmico e o corpo como um todo, que confere à célula a condição de sistema vivo; dar significado a conceitos científicos básicos em Biologia, como energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio dinâmico, hereditariedade e vida; formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais a partir de elementos da Biologia, colocando em prática conceitos, procedimentos e atitudes desenvolvidos no aprendizado escolar (BRASIL, 2000, p. 20).

No âmbito do estado do Paraná, a educação no Ensino Médio é norteadas pelas Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE), instituídas em 2008 e produto do trabalho coletivo que envolveu professores da rede estadual de ensino.

Esse documento, em seus princípios teóricos, propõe que o currículo da Educação Básica deve priorizar uma estrutura curricular que valorize e contextualize os conteúdos disciplinares, “estabelecendo-se, entre eles, relações interdisciplinares e colocando sob suspeita tanto a rigidez com que tradicionalmente se apresentam quanto o estatuto de verdade atemporal dado a eles” (PARANÁ, 2008, p. 14).

Especificamente em relação ao Ensino de Biologia, as Diretrizes Estaduais estabelecem como prioridade a oferta de uma educação que apresente significado para os alunos, através de novos direcionamentos (e abordagens) da prática docente voltados para formar um aluno que se aproprie dos conhecimentos biológicos e seja capaz de refletir criticamente sobre o meio em que está inserido (PARANÁ, 2008).

Desta forma, compreendemos que na busca por um Ensino de Biologia que integre os ECTS e promova a alfabetização científica dos estudantes é necessário superar o modelo da educação tradicional, ainda praticado em muitas escolas, que notoriamente se pauta na mera transmissão de conteúdo, conceitualizações e leis isoladas, exigindo quase sempre, mera memorização de conceitos, definições e fórmulas, atribuindo excessiva importância

aos aspectos teóricos em níveis de abstração inadequadas (KRASILCHIK, 2004).

Sendo assim, a formação inicial e continuada de professores de Biologia deve despertar a consciência de que, para que o estudante possa perceber as múltiplas faces do conhecimento biológico e produzir sentidos sobre ele, se faz necessário relacionar os conteúdos tradicionalmente abordados em sala de aula com os acontecimentos de seu cotidiano, já que tanto a vida diária como o entorno social do estudante estão repletos de relações tecnológicas e científicas. Sendo assim, esses conhecimentos são de vital importância para uma leitura integrada de mundo.

Os ECTS discutidos neste capítulo e a valorização da leitura e escrita que serão abordados na sequência, são ferramentas importantes para um ensino da Biologia mais contextualizado. Assim sendo, exploraremos no próximo capítulo conceitos importantes sobre o processo da leitura e escrita e a importância de se levar em conta o contexto sócio-histórico e cultural do estudantes a partir da valorização de suas histórias de vida, suas condições de produção do conhecimento e suas histórias de leitura durante os processos de ensino-aprendizagem.

### 3 LEITURA E ESCRITA NO ENSINO DE BIOLOGIA

Este capítulo é dedicado à discussão sobre a importância da leitura e da escrita nos processos de ensino-aprendizagem da Biologia, nele abordaremos também as contribuições das Histórias em Quadrinhos (HQ) na educação.

#### 3.1 CONTRIBUIÇÕES DA LEITURA E DA ESCRITA NOS PROCESSOS DE ENSINO - APRENDIZAGEM

Para o desenvolvimento desta pesquisa percebemos a necessidade de compreender a importância da formação do leitor e entender os desafios para o desenvolvimento da autoria nos estudantes. Para isso, recorreremos à perspectiva teórica da Análise de Discurso (AD) da linha francesa, baseada nos trabalhos de Orlandi (2002).

A partir desse referencial, exploramos conceitos importantes sobre os processos de leitura e escrita e suas possibilidades no Ensino de Biologia, percebemos que os estudantes não leem ou escrevem todos da mesma maneira e que existem graus de habilidades e diferentes contextos de leitura e escrita, e que o professor precisa levar tudo isso em consideração, para que seus alunos possam avançar na construção de seus conhecimentos.

De acordo com Orlandi (2001) na AD não existe apenas a decodificação ou a apreensão de um único sentido (uma informação) na leitura de um texto, que já esteja dado nele. Para a AD um texto nunca é tratado apenas como um produto pronto e acabado, mas sim, atrelado ao processo de sua produção e de sua significação. Conseqüentemente, de acordo com essa perspectiva discursiva, o leitor não apreende meramente um único sentido do que está exposto no texto, pelo contrário, o leitor atribui sentidos ao texto, conforme suas condições de produção, em especial, as condições de produção de leitura desse texto. Sendo assim, “a leitura deve ser considerada no seu aspecto mais conseqüente, que não é o da mera decodificação, mas o da compreensão (ORLANDI, 2001, p. 38).

Para Orlandi (2001) a leitura implica em alguns fatores: o leitor (os sujeitos-leitores, suas histórias de vida e de leituras), o que é lido (os textos, conteúdos e seus significados sociais), onde ocorre a leitura (ações e representações dentro de uma instituição, o local social do leitor), como é realizada a leitura (práticas específicas de abordagem do texto)

e para que se lê (considerando-se a indução e a expectativa de leitura, dentro da sala de aula e fora dela). Esses fatores se baseiam na busca pela delimitação das condições de produção dos textos e os efeitos de sentido produzidos (o que se diz, quem diz, para quem, onde e quando), além disso, está em jogo o que não é dito, pois, para AD, o silêncio também produz significados.

A autora destaca ainda, alguns componentes das condições de produção da leitura, sendo eles: os sujeitos (autor e leitor), a ideologia, os diferentes tipos de discurso, a distinção entre leitura parafrástica (que busca repetir o que o autor disse) e a leitura polissêmica (que atribui vários sentidos ao mesmo texto), as histórias de leituras do texto e as histórias de leituras do leitor, os deslocamentos de sentido e o equívoco.

Toda leitura tem sua história, um mesmo texto pode ter diferentes leituras em diferentes épocas e, assim, as leituras que não são possíveis hoje, podem vir a ser no futuro. Podemos perceber isso em nossas próprias leituras, lemos diferente um mesmo texto em épocas diferentes, pois no cotidiano estamos sempre complementando nossas histórias de leituras, de acordo com nossas vivências, e assim passamos, por um processo de re-significação e deslizamentos de sentidos, segundo as condições de produção, e a intertextualidade (um texto tem relação com outros textos) que estamos sujeitos. “O conjunto das leituras feitas configuram, em parte, a compreensibilidade de cada leitor específico” (ORLANDI, 2001, p. 43).

Leituras já feitas configura – dirigem, isto é, podem alargar ou restringir – a compreensão de texto de um leitor. O que coloca, também para a história do leitor, tanto a sedimentação de sentidos como a intertextualidade, como fatores constitutivos da sua produção (ORLANDI, 2001, p. 43).

Refletindo sobre o tipo de leitura que predominantemente ainda temos em nossas escolas, podemos descrever uma leitura baseada no método tradicional de ensino, onde o professor não leva em conta nas condições de produção, as histórias de leituras dos estudantes, ou seja, não considera suas vivências e experiências do cotidiano, que são únicas, e influenciam na produção de sentidos que cada sujeito tem de um texto, esperando de todos os estudantes uma interpretação única. Para Cassiani, Giraldi e Linsingen (2012, p. 46) “os sentidos esperados pelo professor devem ser trabalhados como um dos constituintes

da produção de sentidos, mas não como o único constituinte”.

Para Orlandi (2001) as leituras têm suas histórias no plural, pois a história é capaz de produzir a imprevisibilidade, que advém do contexto histórico-social do leitor.

Nessa dinâmica entre as leituras previstas para um texto e as novas leituras possíveis é que tenho situado o limite difícil de ser traçado na relação de interação que a leitura envolve: aquilo que o leitor não chegou a compreender, o mínimo que se espera que seja compreendido (limite mínimo) e aquilo que ele atribui indevidamente ao texto, ou seja, aquilo que já ultrapassa o que se pode compreender (limite máximo). O que tenho colocado como risco para menos, da leitura parafrástica, e o risco para mais, da leitura polissêmica (ORLANDI, 2001, p. 43).

Sendo assim, segundo a autora, para identificar se uma leitura é, ou não, uma leitura possível (limite máximo), e/ ou razoável (limite mínimo) o critério está na observação da história de leitura. Na escola, o professor pode modificar as condições de produção da leitura do estudante propiciando a construção de suas histórias de leituras, estabelecendo quando necessário, as relações intertextuais, com resgate para a historicidade dos sentidos do texto.

No entanto, ainda existem escolas nas quais os professores esperam de seus alunos apenas as leituras previstas de um texto, como se ele fosse fechado para diferentes produções de sentidos, excluindo-se, dessa forma, qualquer relação do texto, e do leitor, com o contexto histórico-social, cultural e ideológico.

Em termos de escola, o que gostaria de ressaltar é que as leituras previstas para um texto devem entrar como um dos constituintes das condições de produção da leitura e não como o constituinte determinante delas, uma vez que, entre outros, a história das leituras do leitor também se constitui um fator relevante para o processo de interação que a leitura estabelece (ORLANDI, 2001, p. 45).

Tendo em vista toda a dinâmica sobre a leitura, aos professores cabe provocar nos estudantes o desejo de ler e escrever para transformar e desenvolver suas histórias de leitura, pois é isso o que vai lhes proporcionar a polissemia no processo de leitura, ou seja, a possibilidade da multiplicidade de sentidos a partir de um texto, superando, assim, a supervalorização da leitura parafrástica, na qual, espera-se uma única interpretação, quase como um sinônimo do que o autor quis dizer.



Geralmente quando a construção de sentidos de um texto por um estudante é diferente da esperada pelo professor, isso é considerado um erro ou incompetência do aluno para interpretar. Esse é um argumento muito comum entre os professores frente as dificuldades encontradas no Ensino de Ciências. Muitas vezes, quando os professores afirmam que os estudantes não sabem interpretar, na verdade eles querem dizer que o aluno não sabe encontrar no texto o sentido único visto pelo professor, que tem uma visão de leitura somente como localização de informações em um texto.

Geraldi (2003) aponta quatro “tipos” de relações que podem ser estabelecidas entre texto e leitor:

- Vai ao texto em busca de respostas a perguntas prévias que faz a si mesmo. É o que o autor chama de leitura com busca de informações;
- Pode ir ao texto para estudá-lo, para retirar dele tudo o que possa oferecer. Essa é chamada leitura estudo de texto;
- Pode ir ao texto nem para perguntar, nem para estudá-lo, mas para usá-lo na produção de outras obras, inclusive textos. É a leitura pré-texto;
- E pode ir ao texto sem nenhuma das intenções anteriores, mas desfrutando da gratuidade da presença do texto. É a leitura-fruição.

Segundo pesquisas de Andrade e Martins (2006), professores do Ensino de Ciências tendem a polarizar sua compreensão de leitura entre a leitura busca de informações – para textos didáticos e científicos – e a leitura-fruição para textos literários, por exemplo. Isto interfere na sua prática com atividades de leitura em sala de aula, pois apesar de compreenderem sua importância na formação dos estudantes e valorizarem a utilização de textos nas aulas, os professores que participaram dessa pesquisa vêem seus estudantes como não-leitores, pois não oportunizam a multiplicidades de sentidos a seus alunos, atribuindo assim aos textos científicos sentidos únicos, dando a leitura um caráter de busca e assimilação da informação.

Cassiani, Giraldi e Linsingen (2012) acreditam que a abordagem polissêmica sobre temas da ciência possibilita condições de produção de autoria, ou seja, possibilita a tomada

de posição dos sujeitos diante dos textos sobre ciências. Afirmam ainda que quando o professor abre espaço para a polissemia em sala de aula, ele instaura um discurso que se aproxima do polêmico, que é aquele em que ocorre disputa de sentidos no jogo entre a paráfrase e a polissemia e traz a vida de fora da escola para dentro dela.

Defendendo a importância da polissemia em sala de aula, destacamos o que Bachelard (1996) denominou de obstáculo verbal do conhecimento, o qual está associado à linguagem. Esse obstáculo é definido como sendo uma falsa explicação do conteúdo científico, uma vez que, uma única imagem ou até mesmo uma única palavra, constitui toda a explicação, tornando-se um impedimento ao desenvolvimento do pensamento. Em sua obra Bachelard faz referência a autores que utilizam a palavra esponja para explicar vários fenômenos, como exemplo “A Terra é uma esponja e o receptáculo dos outros elementos” *Cosmopolite* (1742 apud BACHELARD, 1996, p. 142). Nesse caso, ao invés de o professor dar abertura para a polissemia explicando o que de fato faz com que a água e outras substâncias penetrem no solo, ele pode causar um obstáculo no desenvolvimento dos pensamentos dos estudantes, uma vez que muitos deles sentirão a sensação de ter compreendido o fenômeno e saciado a sua curiosidade.

Nos referindo ainda a obstáculos associados a linguagem lembramos que Bachelard (1996) chama a atenção para o mau uso de analogias e metáforas que também podem se tornar um obstáculo para aprendizagem e dificultar o desenvolvimento do pensamento do estudante. Nesse sentido, Bachelard (1996) adverte que não se pode confiar com tanta veemência nessas figuras de linguagem, pois elas podem saciar a curiosidade do estudante, assim como, quando o professor se utiliza de uma única imagem ou uma única palavra para a explicação de um fenômeno natural. O autor alerta que essas figuras de linguagem podem ser imagens particulares e distantes do fenômeno a ser conhecido e, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais, obstaculizando o conhecimento. “O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem” (BACHELARD, 1996, p. 101).

Isso não significa que Bachelard (1996) é contrário ao uso de analogias e metáforas e no ensino, ele defende que estas devem ser usadas depois da teoria e não antes, servindo

como um auxílio ao professor para os processos de ensino-aprendizagem e não como o foco principal, pois uma analogia ou uma metáfora mau utilizada em sala de aula, seja num texto didático como as histórias em quadrinhos, na fala do professor quando se empenha para explicar um conteúdo ou até mesmo o livro didático, podem contribuir para obstaculizar a construção do conhecimento do estudante. “Apenas a ilustração que opera depois do concreto, acrescentando um pouco de cor aos traços essenciais, pode ajudar o pensamento científico” (BACHELARD, 1996, p. 97).

Oliveira e Carvalho (2005) destacam a importância da escrita nas aulas de Ciências e apontam a necessidade de os professores olharem com mais atenção as produções escritas dos estudantes nessas aulas, a fim de os perceberem como um todo e compreenderem em que nível se encontram a respeito dos conhecimentos científicos trabalhados em sala de aula.

Sem dúvida o olhar do professor sobre as produções escritas dos estudantes, para verificar o nível de compreensão por eles alcançado, é muito importante, no entanto, estes registros não podem receber atenção apenas em avaliações como provas e trabalhos que valem notas e podem ser julgados como “certos ou errados”. Essas produções escritas precisam corroborar para a polissemia de sentidos a respeito dos conteúdos abordados em sala de aula e superar os objetivos de repetição de informações e conceitos preestabelecidos. Agindo dessa forma, o professor proporcionará a liberdade de autoria ao aluno que poderá expressar livremente seus pensamentos e suas histórias de leituras.

Com objetivo de identificar princípios de autoria, discutir a escrita como uma atividade que pode permitir a expressão da aprendizagem e do pensamento dos estudantes, Oliveira (2001) realizou pesquisas sobre a leitura de textos variados e escrita de gêneros como carta, diário, relato e conto com estudantes da oitava série do Ensino Fundamental. Além desse objetivo, a pesquisadora também procurou investigar os tipos de repetições que ocorriam na produção dos estudantes, buscando perceber a influência dos textos lidos em sala e das aulas ministradas. A repetição a que se refere aqui é no sentido atribuído pela AD Francesa, que considera que:

Na repetição empírica, o estudante apenas exercita a memória para dizer o mesmo, o já dito em outro texto ou pelo professor; na repetição formal,

o aluno explicita o já dito, mas com uma nova roupagem, com outras palavras; e na repetição histórica ocorre a incorporação de sentido próprio do estudante à memória constitutiva, ou seja, o aluno assume o discurso, é a autoria, na qual, inclusive, ocorrem deslocamentos de sentido (CASSIANI; ALMEIDA, 2005, p. 369)

Ainda para Oliveira (2001), a utilização de diferentes formas de escritas nas aulas de Ciências, torna as produções escritas dos estudantes menos restritivas do que as tradicionalmente utilizadas e abre espaço para a expressão e a criatividade por parte dos estudantes, uma vez que a intensão por parte deles de atender as exigências e preferências do professor é amenizada.

Para Cassiani, Giraldi e Linsingen (2012) o desafio de se formar leitores no Ensino de Ciências, para além de conceitos científicos preestabelecidos, tem a ver com o que se pensa a respeito dos objetivos desse ensino, ou seja, que o ensino dos conceitos não deve ser, afinal, um fim, um objetivo definido e fechado, mas sim, um meio para a formação de pessoas que possam participar ativamente da vida em sociedade transformando-a.

As pesquisas na área do Ensino de Biologia precisam elaborar diferentes teorias, metodologias e abordagens, sugerindo alternativas que sobreponham as fortes características do ensino tradicional que prevalece tanto no currículo como na prática da grande maioria dos educadores no Brasil.

É necessário transformar a postura tradicional do professor, oferecendo-lhe caminhos e estratégias que possam auxiliar sua prática em sala de aula para alcançar uma educação de qualidade - que agregue significados para a vida dos estudantes, possibilite a processos de participação na construção do conhecimento (e não somente a perspectiva da transmissão-recepção) e forme cidadãos críticos em sua sociedade para se envolverem nas tomadas de decisões políticas em relação aos avanços da ciência e da tecnologia.

Dentre os diversos recursos e estratégias que podem auxiliar o professor no Ensino de Biologia, utilizaremos nesta pesquisa às Histórias em Quadrinhos (HQ) essa escolha se dá devido ao fato de sua presença nos livros didáticos, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio e, por muitas edições abarcarem conteúdos científicos que podem servir ao professor para iniciar uma discussão ou construir um conceito sobre algum fenômeno da natureza.

Nesse sentido, acreditamos que as HQ podem despertar o interesse pela leitura e escrita, promovendo os processos de ensino-aprendizagem, pois “as imagens apoiam o texto e dão aos alunos pistas contextuais para o significado da palavra. Os quadrinhos atuam como uma espécie de andaime para o conhecimento do estudante” (LUYTEN, 2011a).

### 3.2 HISTÓRIAS EM QUADRINHOS (HQ) NA EDUCAÇÃO

Indubitavelmente, os quadrinhos estão presentes hoje no mundo inteiro e representam um meio de comunicação de massa com grande influência popular, circulando com uma grande variedade de títulos e impressões de milhares de exemplares, e são utilizados por professores para o ensino de Ciências. Assim, o objetivo dessa sessão é apresentar uma revisão bibliográfica contendo um rápido histórico das HQ e as potencialidades de sua articulação no Ensino de Ciências.

As HQ abrigam vários gêneros, como exemplo: cartuns, charges, tirinhas, e estão presentes no cotidiano das pessoas nos livros, jornais, internet e materiais didáticos (RAMOS, 2010).

De acordo com Vergueiro (2016) a comunicação através de imagem gráfica ocorre na história da humanidade desde os primórdios. O ser humano primitivo registrava em paredes de cavernas elementos de comunicação para seus contemporâneos e assim conseguia, por exemplo, vangloriar-se por uma boa caçada registrando sua história contada por uma sessão de imagens. Mesmo com o desenvolvimento humano e o surgimento da escrita simbólica, a formulação do primeiro alfabeto guardou estreita relação com a imagem, constituindo o que se conhece por escrita ideográfica.

O surgimento do alfabeto fonético, agilizou a comunicação e representou um avanço extraordinário para a humanidade, pois permitiu ampliar grandemente a transmissão de mensagens e alcançou um grau de comunicação que apenas o desenho não conseguiria atingir. Entretanto, por muito tempo o alfabeto fonético atingiu apenas a classe mais alta da sociedade, o que fez com que a imagem gráfica continuasse a ser um dos principais elementos de comunicação, mesmo com o surgimento da imprensa (VERGUEIRO, 2016).

O desenvolvimento da indústria tipográfica e o surgimento de grandes cadeias jor-

nalísticas criaram condições para que os quadrinhos se tornassem um meio e comunicação em massa, com seus fortes elementos linguísticos. Foi nos Estados Unidos que as HQ atingiram seu apogeu no final do século XIX, devido ao desenvolvimento tecnológico que o país possuía e sua cultura consumista, o que favoreceu a consolidação desse tipo de linguagem como um artigo de consumo das massas (VERGUEIRO, 2016).

O período pós-guerra e o início da Guerra Fria foram os cenários propícios para a criação de descrédito em relação às HQ. Tal processo se deu através do livro *Seduction of the Innocent* (Sedução dos Inocentes) publicado em 1954, cujo autor foi o psiquiatra alemão Fredric Wertham radicado nos Estados Unidos. O autor se esforçou para alertar a população sobre os pretensos malefícios que os quadrinhos poderiam trazer para os adolescentes, e, inclusive, propôs demonstrar que esses propiciavam a violência (LUYTEN, 2011a). O livro ainda defendia que as crianças leitoras das HQ do Batman poderiam se tornar homossexuais, porque esse herói e seu companheiro Robin representavam o sonho de dois homossexuais que viviam juntos, ou que a criança poderia se jogar de uma janela se tivesse um intenso contato com as histórias de super-heróis como o Superman, pois iriam procurar imitá-lo (VERGUEIRO, 2016).

Ainda de acordo com Vergueiro (2016), no final da década de 1940 editores estadunidenses elaboraram um código de ética para as publicações da indústria das HQ para barrar a censura e reverter a queda nas vendas. Esse código buscava garantir a pais e educadores que o conteúdo das histórias não prejudicaria o desenvolvimento intelectual e moral das crianças e adolescentes. Desta forma, a grande maioria das HQ passaram a vincular histórias pífias, nada muito criativas, que pouco contribuíam para o desenvolvimento intelectual dos leitores, fazendo com que qualquer discussão sobre seu uso pedagógico fosse descartada e as tentativas acadêmicas de dar credibilidade as histórias em quadrinhos eram consideradas absurdas.

Luyten (2011a) relata que nos anos 1960 as HQ no Brasil também passaram por um processo semelhante ao dos Estados Unidos, entretanto, afirma que hoje já não mais existe esse radicalismo.

Segundo Vergueiro e Ramos (2009) houve um tempo no Brasil em que levar as HQ para a sala de aula era algo inaceitável. O autor lembra que a popularidade dos quadrinhos

gerava uma espécie de desconfiança quanto aos efeitos que poderia provocar em seus leitores, sendo assim, pais e mestres desconfiavam que as aventuras fantasiosas das HQ pudessem afastar crianças e jovens de leituras mais profundas, desviando-os, dessa forma, de um amadurecimento sadio e responsável. Outros motivos observados em relação ao preconceito seguido do desuso dos quadrinhos nas salas de aula era seu apelo comercial, junto a sua produção em larga escala.

Para Vergueiro e Ramos (2009) as HQ passaram a ser mais bem aceitas nas escolas na década de 1990, após avaliação feita pelo Ministério da Educação. Nesse período sua utilização foi reconhecida e recomendada e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Assim, ganharam espaço em livros didáticos, bem como em provas de vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e, com isso, tornaram-se bem-vindas às escolas como um recurso didático que pode auxiliar o professor nos processos de ensino-aprendizagem. A partir de 2006 houve outro movimento no sentido de inserir as HQ nas escolas - elas foram incluídas no Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE) que tem o objetivo de promover o acesso à cultura e o incentivo à leitura para alunos e professores, principalmente por meio da distribuição de acervos de obras de literatura.

Luyten (2011b) indica que as HQ são formadas por dois códigos de signos: a imagem e a linguagem escrita, e destaca, ainda, que todos os textos desse tipo de história são drasticamente reduzidos, e que isso possibilita um aproveitamento sintético da linguagem.

Santos e Vergueiro (2012) afirmam que não basta apenas ler o elemento textual (diálogo e textos narrativos) de uma história em quadrinhos. É necessário ir além e identificar os tipos de balões (de fala ou de pensamento), as metáforas visuais (quando a personagem tem uma ideia, por exemplo, apresenta-se uma lâmpada sobre a cabeça; quando aparecem estrelas, elas indicam que a personagem está sentindo dor, etc.) ou as onomatopeias (representação de sons como explosões ou tapas, etc.), dentre outros elementos.

Sendo assim, conhecer a linguagem dos quadrinhos é um dos primeiros desafios do professor. Nesse sentido, Vergueiro e Ramos (2009, p. 14) afirmam que “ler os quadrinhos é ler sua linguagem tanto em seu aspecto verbal quanto visual (não verbal)”. Os autores ainda ressalta que dominar a linguagem dos quadrinhos e seus conceitos básicos é condição para a efetiva compreensão da história e para a utilização dos quadrinhos em sala de aula.

Assim, a perspectiva estética das HQ deve ser considerada pelos professores ao utilizá-las em sala de aula. De acordo com Eisner (2005, p. 2) “as histórias em quadrinhos apresentam uma sobreposição de palavras e imagens, e, assim, é preciso que o leitor exerça suas habilidades interpretativas visuais e verbais”, destacando ainda que “a leitura da história em quadrinhos é um ato de percepção estética e de esforço intelectual”. Pois, devido a sua estrutura, os quadrinhos formam uma imagem descontínua e o leitor precisa preencher rapidamente em sua mente os espaços em branco entre um quadrinho e outro para formar uma imagem contínua, como se fosse um filme ou um desenho animado. E a função desse espaço em branco é fazer o cérebro pensar (LUYTEN, 2011b).

Para a autora supracitada, as HQ são um meio de expressão ideográfica que não precisam de um código para ser interpretado, crianças e adolescentes são capazes de entendê-las naturalmente e elas podem ajudar na habilidade de leitura, compreensão e imaginação.

As HQ, quando aliadas a um enredo de conteúdo científico, podem desencadear discussões e reflexões sobre diversos assuntos, estimulando o debate de conteúdos específicos, permitindo ao aluno compreender, inclusive, conteúdos mais abstratos, muitas vezes considerados difíceis, fazendo-o gostar e se interessar por eles, tornando-se, assim, um material potencialmente significativo para o ensino-aprendizado. De acordo com Santos e Vergueiro (2012, p. 91), “os quadrinhos também propiciam a divulgação científica e a abordagem de questões inerentes à ciência, que podem subsidiar as aulas”.

As HQ abordam diversos conteúdos de forma divertida, em especial conteúdos conceituais, com imagens e textos que podem complementar o estudo de assuntos tratados nos livros didáticos, pois criam oportunidades para uma aprendizagem lúdica, interativa e criativa. Vergueiro (2016) destaca vários motivos que levam os quadrinhos a terem um bom desempenho nas escolas:

- a) Os estudantes desejam ler os quadrinhos;
- b) Palavras acompanhadas de imagens, ensinam de forma mais eficiente;
- c) Há um alto nível de informação nos quadrinhos;
- d) Possibilitam ao estudante ampliar seu leque de meios de comunicação, incorpo-



ando a linguagem gráfica às linguagens oral e escrita;

- e) Propiciam o desenvolvimento do hábito de leitura;
- f) Enriquecem o vocabulário dos estudantes;
- g) O caráter dinâmico da linguagem quadrinhística obriga o estudante a pensar e imaginar;
- h) Os quadrinhos têm caráter globalizador, o que possibilita a interdisciplinaridade;
- i) Podem ser utilizados em qualquer nível de ensino e abordar uma infinidade de temas;

Sendo assim, as HQ, por serem um produto de comunicação em massa, estarem presente em provas de vestibulares, em livros didáticos e terem superado sua descredibilidade no meio acadêmico, vêm despertando o interesse de pesquisadores de várias áreas do conhecimento, dentre elas, o Ensino de Biologia.

Embora a valorização da leitura e escrita ainda estejam muito centradas na disciplina de Língua Portuguesa é somente iniciando o debate sobre essas ferramentas no Educação em Ciências apresentado nesse capítulo que vamos avançar e enfrentar os problemas relacionados a interpretação de textos, visando contribuir com uma educação que promova a habilidade de leitura, compreensão, imaginação e a autoria dos estudantes.

Isso posto, no próximo capítulo apresentamos as condições de produção desta pesquisa.

## 4 CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO DA PESQUISA

Neste capítulo serão apresentadas as condições de produção da pesquisa, nas quais serão abordadas algumas considerações metodológicas, bem como os principais referenciais teóricos e metodológicos que a conduziram. Além disso, serão apresentadas as etapas da sequência didática, as ações que foram desenvolvidas durante todo processo e os instrumentos utilizados para a constituição e análise dos dados.

Em consonância com Lüdke e André (1986) uma pesquisa é fruto da curiosidade, de inquietações, reflexões e atividades investigativas, a partir, e em continuação, do que já foi elaborado e sistematizado por aqueles que trabalharam o assunto anteriormente. Nesse sentido, a pesquisa é uma ocasião que reúne pensamentos e ações de uma pessoa ou de um grupo, no esforço de elaborar o conhecimento de aspectos da realidade que deverão servir para a composição de soluções propostas aos seus problemas.

Caracterizando a pesquisa como uma interação contínua, este trabalho recorreu aos aportes teóricos e metodológicos da Análise de Discurso (AD) que visa compreender como os objetos simbólicos produzem sentidos. Isso é possível, já que a AD não estaciona na interpretação, ela trabalha seus limites, seus mecanismos, como parte dos processos de significação, não buscando um único sentido verdadeiro através de uma “chave” de interpretação, pois essa, não existe, o que há são gestos de interpretação que o analista se atém a compreender (ORLANDI, 2002).

### 4.1 CAMINHOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Desde o primeiro momento o intuito desta pesquisa era investigar algo relacionado à construção de sentidos dos estudantes sobre a Biologia Molecular, utilizando como recurso didático as Histórias em Quadrinhos (HQ), diante da caracterização de uma problemática sobre as potencialidades e os limites da utilização das HQ no Ensino de Biologia.

Porém, durante os estudos permeados por novas leituras, indagações e descobertas constantes, pouco a pouco, num processo de amadurecimento teórico, foi se percebendo a necessidade de incluir diversos recursos metodológicos no intuito de enriquecer e ampliar as condições de produção do conhecimento por parte dos estudantes e, assim, foi se

reestruturando o principal objetivo desta pesquisa, que consiste em analisar os processos de construção de sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática fundamentada em estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações propostas pelos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) no Ensino de Ciências.

Para proporcionar a interação dos estudantes do 1º ano do Ensino Médio na disciplina de Biologia, com os conteúdos CTS e diferentes metodologias de ensino, foi elaborada uma sequência de atividades integradas à proposta curricular do estabelecimento de ensino, que compuseram o que será denominado aqui de “sequência didática”.

Na perspectiva de Zabala (1998, p. 18) a sequência didática é definida como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos”.

Com o intuito de constituir elementos para a análise intencionada no objetivo central desta pesquisa, houve a escolha, prioritária, de uma metodologia que permitisse a coparticipação da pesquisadora na investigação da dinâmica da realidade sociocultural dos estudantes. Assim, este trabalho se orienta por uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa e com observação participante, cujas características principais de tal abordagem serão detalhadas a seguir.

De acordo com André (2013) a abordagem qualitativa é subjetiva, o pesquisador se preocupa em interpretar os significados dos fenômenos a serem estudados a partir de uma visão holística, na qual leva em conta todos os componentes de uma situação em suas interações e influências recíprocas.

Ainda, caracteriza-se por se desenvolver numa situação natural e com o pesquisador como seu principal instrumento; ser composta por dados descritivos, pois eles são resultado de interpretações de fenômenos associados a um contexto e momento específicos; possuir um plano aberto e flexível, centrar-se de forma mais efetiva nos processos do que nos produtos, pois, não basta constituir dados antes e no final do processo (para através da comparação entre esses dados tecer considerações sobre o fenômeno investigado); e focalizar a realidade de forma complexa e contextualizada (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Esta abordagem foi utilizada por entendermos que seu foco não está em seguir regras e procedimentos rígidos, mas, sim, em buscar compreender os fenômenos estudados em todas as etapas do processo de pesquisa, assim como confirma Chizzotti (2014, p. 26): “As pesquisas qualitativas, não têm um padrão único, porque admitem que a realidade é fluente e contraditória e os processos de investigação dependem também do pesquisador-sua concepção, seus valores e seus objetivos.”

Moreira e Caleffe (2006) esclarecem que a pesquisa qualitativa compõe uma metodologia que se trata de uma abordagem essencialmente interpretativa, na qual os pesquisadores:

- veem a linguagem como um sistema simbólico estabelecido sobre cujos significados as pessoas podem diferir;
- rejeitam a visão positivista de que o mundo social pode ser entendido em termos de relações causais expressas em generalizações universais, pois para o pesquisador interpretativo as ações humanas são baseadas nos significados sociais, tais como crenças e intenções, e esses significados transforma-se por meio da interação social;
- acreditam que por meio do questionamento e da observação, eles possam transformar a situação que estão estudando e se reconhecem como viáveis potenciais na investigação;
- consideram que o propósito da pesquisa é descrever e interpretar o fenômeno do mundo em uma tentativa de compartilhar significados com outros, levando em consideração que a interpretação pode oferecer possibilidades, mas não certezas sobre o que poderá ser o resultado de acontecimentos futuros;
- inevitavelmente estudam particularidades, mas diferem nas suas visões sobre até que ponto as evidências examinadas de várias particularidades possam ser expressas na forma de generalizações;
- coletam dados usualmente verbais, assim como anotações de campo e transcrições de conversas, dos quais podem ser dados que serão analisados numericamente, mas não dão abertura para análises estatísticas usadas por positivistas.

Sendo assim, a abordagem interpretativa se preocupa em descrever e investigar a realidade social por meio do seu entendimento subjetivo, buscando compartilhar significados. Esse processo de pesquisa é caracterizado por uma interação contínua, desde o seu início até o seu término, no qual “o investigador e o investigado estão interligados de uma tal forma que os resultados da investigação são uma criação literal do processo de investigação” (MOREIRA; CALEFFE, 2006, p. 63).

Na abordagem interpretativa, de acordo com Moreira e Caleffe (2006) os dados devem ser coletados no ambiente natural, pois, não é possível um trabalho em campo com um projeto de pesquisa hermético, que estabeleça a priori um esquema do que é significativo e importante encontrar. Assim, o pesquisador é o principal instrumento de constituição dos dados, pois o “instrumento” tem de ser capaz de reconhecer, classificar e distinguir as sutilezas do significado que emerge, e o pesquisador se reconhecendo como instrumento, encontra ferramentas e técnicas para ajudá-lo na constituição e gravação dos dados: a) na observação participante; b) nas entrevistas; c) em diários; d) memórias analíticas; e também, e) gravações de vídeos e áudios.

Sobre a observação participante, Moreira e Caleffe (2006) frisam que essa é uma técnica que possibilita ao pesquisador adentrar no mundo social dos participantes do estudo. O pesquisador vai a campo com o objetivo de captar a dinâmica do fenômeno analisado no contexto natural em que ocorre e do qual também se faz parte integrante. Ao aceitar a ideia do pesquisador como parte do processo de análise, foi feita a opção pela interação direta entre os atores envolvidos. Assim, a pesquisadora atuou como professora regente da turma durante o desenvolvimento da pesquisa.

Caracterizado este trabalho como sendo uma pesquisa de interação pedagógica, o desenvolvimento da sequência didática com os estudantes e a análise dos sentidos construídos por eles sobre assuntos relacionados a Biologia Molecular, ponto fundamental desta pesquisa, teve como principal referencial teórico-metodológico a Análise de Discurso (AD) de linha francesa, proposta por Michel Pêcheux na França e que tem como principal propagadora no Brasil a autora Eni Orlandi.

De acordo com essa autora, a AD busca refletir sobre a maneira como a linguagem está materializada na ideologia e como a ideologia se manifesta na língua. Além disso,

considera que a linguagem não é transparente e, desse modo, ela não procura atravessar o texto para encontrar um sentido do outro lado, mas questiona: “como esse texto significa?” (ORLANDI, 2002, p. 17).

Ressaltamos, ainda, que na perspectiva da AD, tudo aquilo que significa (um gesto, uma imagem, um diálogo, uma música, um desenho etc.) é considerado um texto, e não é uma unidade de análise fechada. Pelo contrário, um texto sempre está relacionado com outros textos, com as condições de produção e com o interdiscurso (sua exterioridade), através de sua incompletude.

O contato com as leituras relacionadas a esse aporte teórico, oferece alicerces para o desenvolvimento desta pesquisa, pois possibilita caminhos para uma interpretação sobre a construção de sentidos por parte dos estudantes sobre a Biologia Molecular e as relações dos ECTS, além de possibilitar a compreensão de suas condições de produção, analisar suas histórias de leitura, processos de autoria, deslocamentos de sentido e equívocos sobre os assuntos abordados em sala de aula durante o desenvolvimento da sequência didática.

O principal motivo da sequência didática que foi utilizada nesta pesquisa não ter apresentado uma rigidez durante o processo se deve ao referencial teórico e metodológico escolhido como norteador. A AD, que tem em vista os seres humanos em sua história e considera os processos e as condições de produção da linguagem, através da análise da relação estabelecida pela língua com os sujeitos que a falam e as situações em que se produz o dizer (ORLANDI, 2002).

Ainda de acordo com Orlandi (2002, p. 15), a AD privilegia a linguagem, se preocupa em situá-la como forma de mediação e, assim, procura “compreender a língua fazendo sentido, enquanto trabalho simbólico, parte do trabalho social geral, constitutivo do homem e da sua história”.

Assim, a partir desse referencial podemos olhar para a linguagem de forma menos ingênua e naturalizada, levando em consideração a sua não transparência em sala de aula, buscando compreender suas maneiras de significar (PEREIRA, 2008). Para isso será necessário um olhar aprofundado para condições de produção do discurso, ou seja, a interação entre os interlocutores, o contexto desta interação, além do contexto histórico e social (ORLANDI, 2002).

Pensando na relevância das condições de produção, é importante salientar que a AD, como sugere Orlandi (2002), não parte da exterioridade para o texto e sim busca reconhecer esta exterioridade pela maneira como os sentidos funcionam no texto e em sua discursividade, através da interação dos interlocutores com o mesmo.

Tendo tudo isso em mente, consideramos que os estudantes não se relacionam da mesma forma com o conteúdo e com o professor pesquisador, também não reagem da mesma maneira aos recursos metodológicos utilizados assim como não se expressam igualmente de acordo com os temas sócio- científicos abordados durante o desenvolvimento da sequência didática em sala de aula. Cada estudante interage de acordo as condições de produção de seu discurso influenciado pelo seu contexto sócio-histórico e suas histórias de leitura e escrita ao longo de suas vivências, para além das escolares.

## 4.2 A INSTITUIÇÃO DE ENSINO – LOCAL DA PESQUISA

No desenvolvimento desta pesquisa, se buscou analisar os processos de construção de sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática fundamentada em estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações propostas pelos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) no Ensino de Ciências.

A pesquisa foi realizada em um Colégio Estadual, localizado na cidade de Curitiba - PR. A escolha por esse colégio se justifica pelo mesmo ser uma instituição pública de ensino, oferecer o Ensino Médio, situar-se em um bairro afastado do centro da cidade e apresentar uma realidade comum a várias escolas brasileiras: reproduz um ensino de Biologia ainda com características marcantes de um ensino tradicional, direcionado à cursos técnicos que preparam os estudantes para o mercado de trabalho, se volta à preparação dos estudantes para os exames vestibulares, ou para o ENEM, de maneira conteudista e pouco dedicada à formação para a cidadania. Outra justificativa, é que a pesquisadora já atuou por dois anos como professora nessa instituição e tem proximidade com a direção e o corpo docente, que prontamente aceitaram participar da pesquisa.

Esta instituição oferta cursos em nível médio (formação geral e técnica) e em nível

fundamental e atende um público de cerca de 2.870 estudantes. Possui alunos provenientes de vários bairros e localidades do município de Curitiba, além de atender alguns alunos oriundos de cidades próximas, por conta dos cursos técnicos e a boa estrutura da escola.

A pesquisa foi realizada com uma turma do 1º ano do Ensino Médio, com sistema de avaliação trimestral e aulas no período vespertino. Composta por, aproximadamente, 34 alunos, com faixa etária entre 14 e 17 anos. O fato de os estudantes virem de diversos bairros da cidade faz com que a turma seja bastante heterogênea, em relação a suas experiências escolares e suas histórias de leitura pois, cursaram o Ensino Fundamental em escolas diferentes.

A escolha dessa turma se deu principalmente por se constituir como a única turma de 1º ano no período da tarde, pois alguns dias antes de iniciar a implementação da sequência didática a pesquisadora responsável foi convocada em concurso público para professora do Estado do Paraná e começou a lecionar em outra escola no período da manhã.

O perfil da turma foi conhecido dias antes do início da pesquisa, assim que o projeto foi liberado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, da Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Desde então, se pode em todos os momentos, repensar junto aos estudantes, a constituição da sequência didática com base nos aportes teóricos da AD e dos Estudos CTS na Educação em Ciências, que foi utilizada durante a intervenção. Na seção a seguir detalharemos o perfil da turma que participou desta pesquisa.

### 4.3 OS SUJEITOS DA PESQUISA

Com o intuito de repensar, junto aos estudantes e a professora da turma, a constituição da sequência didática, apoiada nos aportes teóricos da AD e dos Estudos CTS na Educação em Ciências, se iniciou o contato com eles e com a professora da turma a partir de uma conversa e o convite a participarem da pesquisa. Nesse momento, foram esclarecidos os objetivos desta pesquisa e enfatizada a importância de conhecê-los um pouco mais, para compreendermos minimamente sobre o contexto sócio-histórico ao qual estão inseridos. Além de observações, o esforço para conhecer os estudantes se deu,



principalmente, por meio da implementação de um questionário intitulado perfil do estudante (Apêndice D). Isso possibilitou conhecer melhor a turma e assim elaborar uma sequência de atividades adequadas a sua realidade.

Entendemos ser importante a apresentação do perfil da turma em que desenvolvemos a intervenção, pois assim, possibilitaremos ao leitor um olhar para as condições de produção de sentidos dos educandos devido a realidade a qual estão inseridos. Nesse sentido, acreditamos que esta apresentação promoverá maior compreensão sobre os constructos da AD que serão aqui apresentados durante a realização das análises mais adiante.

A preocupação em conhecer a turma, para além do apoio em repensar da sequência de atividades, se fundamenta no fato de que “nem a linguagem, nem os sentidos, nem os sujeitos são transparentes: eles têm sua materialidade e se constituem em processos em que a língua, a história e a ideologia concorrem conjuntamente” (ORLANDI, 2002, p. 48), ou seja, não se pode assumir que todo estudante terá uma relação direta com o discurso do professor, pois isso depende da posição do sujeito em uma ou outra formação discursiva.

Durante o processo de convite à direção e à equipe pedagógica da escola nos sentimos muito bem recebidas na expectativa de que a proposta auxiliasse a amenizar alguns conflitos entre a professora regente e a turma.

Para compreender esses conflitos e conhecer melhor a professora regente da turma, propomos uma entrevista semiestruturada (Apêndice E) na qual ela nos relatou ser formada em Ciências Física e Biológicas, na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro no ano de 1984.

A professora tem 25 anos de carreira, pertencente ao quadro próprio do magistério no Paraná e tem formação no Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE). Leciona nos três anos do Ensino Médio, porém destaca preferência pelo 2º ano pois, os conteúdos são menos abstratos que os do 1º e 3º ano. Segundo relatos da professora os alunos da turma participante desta pesquisa são bastante imaturos, ainda apresentam atitudes de crianças do Ensino Fundamental e esperam que os professores ajam com eles da mesma forma que agem com as crianças. Pois, se acontece uma aula, fora dos padrões que eles são acostumados (cópias do quadro e explicação do conteúdo) eles acham que não é aula.

Sendo assim, se o professor foge dessa forma tradicional, eles consideram que o professor não está lecionando, não está “dando aula”.

A turma, logo em primeiro contado, demonstrou não gostar da disciplina de Biologia, alegando ser esta uma disciplina difícil, na qual a professora usava palavras muito complexas para apresentar o conteúdo. Também pudemos perceber que os estudantes dessa turma gostavam de dialogar e expressar suas opiniões, porém isso não estava sendo possível nas aulas de Biologia.

Sendo assim, o questionário para compreender perfil do estudante nos indicou possíveis motivos para o conflito entre a turma e a professora, dentre os quais, a falta de discussões sobre temas socio-científicos durante as aulas de Biologia. Identificamos assim, que essa seria uma atividade enriquecedora durante o desenvolvimento de nossa sequência didática com a turma.

Percebemos também que tais estudantes apresentavam bastante interesse por dialogar em vez de copiar conteúdo do quadro e ouvir explicações sequenciais. Aqui ressaltamos este dado, pois houve um indicativo através de algumas respostas do perfil do estudante, como por exemplo, a de número 17 - “Qual o tipo de aula que você mais gosta de participar? Aulas nas quais apenas o professor fala para explicar o conteúdo ou aulas onde os alunos discutem o assunto com o professor? Por que?”. Para este questionamento, algumas das respostas mais frequentes foram relacionadas as seguintes:

“Quando os alunos discutem com o professor, porque é mais fácil esclarecer as dúvidas” (M).

“Nas aulas que os alunos discutem com o professor, pois conseguimos aprender mais e temos uma noção do que o professor fala e passa” (R).

“Aulas de debates, pois aprendemos mais, de um jeito mais divertido” (A).

“Quando os dois [professor e alunos] discutem, pois assim conseguimos esclarecer dúvidas” (V).

“Onde se discute com o professor, porque você aprende melhor, tira mais dúvidas e presta mais atenção” (G).

“Alunos discutem com o professor. A aula fica mais dinâmica, divertida e fácil de aprender” (B).

Quanto à profissão que gostariam de exercer no futuro, vinte e quatro alunos responderam querer exercer cargos que exigem graduação em nível superior como: engenharias, direito, medicina, pedagogia, licenciatura em educação física, jornalismo, medicina, design e nutricionista, cinco pretendem exercer profissões que não exigem curso de graduação

como: jogadores de futebol, músico e atores e cinco não souberam responder.

Em relação às disciplinas escolares de maior preferência dos estudantes, apenas dois deles responderam que a disciplina que mais gostam é a Biologia, sendo, coincidentemente, os mesmos que responderam que gostariam de ser médicos.

Quando questionados sobre a disciplina de menor preferência, muitos citaram a Matemática e a Física por consideram os cálculos difíceis, alguns citaram o Português, por terem dificuldades de interpretar, três citaram a História, porque só aprendem sobre o passado e durante as aulas não fazem correlações com o presente. E seis dos estudantes responderam que a disciplina que menos gostam é a Biologia, com argumentos relacionados as dificuldades da disciplina e de entendimento/compreensão da mesma.

Procurando problematizar questões relacionadas à leitura, na oitava questão indagamos “Qual é o seu tipo de leitura preferida? Por quê?”. Percebemos que a grande maioria dos estudantes tem o hábito de ler algo. Muitos citaram os gêneros literários que gostam, outros citaram os assuntos sobre os quais se identificam para leitura, como o esporte e assuntos aleatórios na internet. Porém, sete alunos responderam que não leem. Isso nos trouxe uma indagação sobre como funcionaria o uso de textos sobre temas sócio-científicos durante o desenvolvimento da sequência didática durante as aulas.

Destacamos aqui a importância dessa pergunta para a construção da sequência didática, pois a partir do entendimento das atividades de leitura como processo de atribuição de sentidos do sujeito, nos interessavam também suas histórias de leitura. Vale lembrar também que para a AD a leitura está diretamente envolvida ao processo de produção de sentidos pelos sujeitos que com ela entram em contato, além de não se resumir aos textos escritos (verbais), como normalmente é considerada.

Em relação à escrita, em uma das questões indagamos “*Você gosta de escrever fora da escola, textos na internet ou diários, por exemplo?*”. Nove estudantes responderam que sim, que gostam de escrever, porém, apenas um especificou que gosta de escrever poemas no caderno. Já os demais estudantes responderam que não gostam de escrever fora da escola.

Tudo isso nos apresentou um desafio, o de fazer com que os estudantes tomassem gosto pelo conhecimento, pela leitura e pela escrita, criando condições para que eles

compreendessem e gostassem da Biologia e, assim, ampliassem a leitura, a compreensão dos assuntos de outras disciplinas e passassem a se interessar pelas Ciências sob um ponto de vista mais social.

#### 4.4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com o propósito de investigar e analisar alguns processos de construção de sentidos sobre a Biologia Molecular a partir de estratégias propostas pelos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) no Ensino de Ciências, a primeira ação foi uma análise preliminar do currículo da disciplina de Biologia, a partir da leitura da proposta pedagógica curricular do estabelecimento de ensino. Optou-se por uma turma do 1º ano do Ensino Médio, por nesse serem abordados os assuntos relacionados a Biologia Molecular propostos na sequência didática. Para tal, foram selecionados os conteúdos específicos da disciplina de Biologia, mais especificamente da subárea Biologia Molecular e relacionados à temática proposta, sendo eles: A estrutura da molécula de DNA, replicação, transcrição e tradução dessa molécula para a produção de proteínas.

A partir dessa escolha foi então planejada a articulação desses conteúdos com as relações dos ECTS para, assim, ser feita a proposição de uma sequência de atividades, distribuídas em 14 aulas de 50 minutos cada uma. Juntamente com esta articulação, os assuntos foram organizados a cada aula, segundo a dinâmica recomendada pelos três momentos pedagógicos, que será detalhada na próxima subseção.

Dessa forma, foi pré-constituída a sequência didática intitulada “Desvendando o código genético” – composta por 14 aulas, a serem ministradas no período de 7 semanas, já que no primeiro ano são ofertadas duas aulas de Biologia a cada semana.

Com intuito de explicar o processo de desenvolvimento dinâmico dos trabalhos durante as 14 aulas propostas na sequência didática, conversamos com os estudantes uma semana antes do início das atividades e informamos a todos que, por se tratar de conteúdos previstos no planejamento anual da disciplina, estas atividades estariam integradas ao cronograma da professora e, desse modo, seriam realizados os procedimentos avaliativos e o registro de frequência normalmente. Informamos também sobre os objetivos desta

pesquisa e convidamos os estudantes a participarem, através do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice A), que continha informações de que seus direitos seriam respeitados e de que receberiam todas as informações sobre o estudo, em qualquer momento que tivessem dúvidas. Também foi solicitada a autorização dos responsáveis, por meio de um termo específico, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), (Apêndice B), para que seus dependentes, menores de 18 anos, pudessem participar do estudo.

Levando em consideração a natureza desta pesquisa e as afirmações de Moreira e Caleffe (2006) quando argumentam que o pesquisador, ao buscar a interpretação do contexto investigado, aceita a si próprio como instrumento para constituição de dados e encontra ferramentas e técnicas para ajudá-lo, foram utilizadas como técnicas de constituição de dados: entrevista semiestruturada, gravações em áudio das aulas, questionários com questões semiestruturadas, atividades escritas desenvolvidas pelos alunos, relatos das aulas em diários produzidos pelos alunos e pelo professor (denominados aqui como diários de bordo).

Como parte integrante do processo avaliativo e, conseqüentemente, da composição da nota trimestral da disciplina de Biologia, os estudantes e seus responsáveis foram informados, antes do início do desenvolvimento da sequência didática, que cada estudante ficaria responsável por produzir as atividades propostas durante as 14 aulas ministradas e entregar esses registros.

Essas atividades consistiram em diários de bordo elaborados no formato de um texto narrativo, cartas, HQ, dentre outros formatos e gêneros textuais, como, por exemplo, discussões em júri simulados. Nesses materiais os estudantes puderam apresentar suas impressões sobre a aula e compartilhar alguns dos sentidos por eles construídos durante as aulas. Assim, tivemos o cuidado de salientar aos estudantes de que sua nota trimestral também estava condicionada a produção e entrega desses materiais.

Levando em conta que a pesquisadora que realizou a intervenção também é parte integrante do processo da pesquisa, essa produziu seu próprio diário de bordo (diário da pesquisadora), registrando suas experiências e impressões, bem como os eventuais problemas enfrentados.

Para avaliar a sequência didática junto aos alunos, pedimos que eles respondessem um questionário (Apêndice F) no qual puderam registrar suas impressões sobre a dinâmica das aulas, a temática, fazer observações em relação a metodologia empregada, os recursos didáticos utilizados. Também puderam realizar uma autoavaliação sobre sua participação no decorrer do desenvolvimento da sequência didática.

As bases para a construção da sequência didática se situaram em Pereira (2008); Cassiani-Souza (2000); Galieta e Dorvillé (2017); Bocheco (2011); Delizoicov e Angotti (1994); Aikenhead (1994); Oliveira (2001); Orlandi (2001); Sousa (2013), por alguns desses autores discutirem os ECTS na educação sinalizando a importância da aquisição crítica de conhecimentos básicos atrelados aos avanços tecnocientíficos e por outros destacarem a importância da leitura e da escrita no Ensino de Ciências e Biologia a partir do aporte teórico da Análise de Discurso.

Sabendo que cada turma de estudantes tem suas especificidades, e que, de acordo com a AD, as condições de produção incluem o contexto imediato e também o contexto sócio-histórico e ideológico nos quais estão inseridos, é essencial o conhecimento dessas condições de produção e do contexto de aplicação da sequência didática para que, então, seja realizada uma análise dos sentidos produzidos a partir dos desdobramentos de sua implementação.

Assim, a sequência didática foi inicialmente elaborada de maneira a permitir uma abertura para que, na interação com os estudantes e com a professora da disciplina de Biologia, e a partir dos diferentes materiais encontrados na escola na qual será realizada a pesquisa, pudessem haver alterações, de acordo com a necessidade.

Dessa forma, tal sequência didática se caracteriza como do tipo semiestruturada, passível de adaptações e modificações necessárias para melhor atender a turma participante desta pesquisa.

A organização da sequência didática elaborada se caracterizou como algo próximo a categoria de ensino CTS “4” proposta por Aikenhead (1994), na qual “a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina”. Nesse caso, utilizamos conteúdos de Biologia Molecular que fazem parte da disciplina escolar Biologia, porém, “os temas de CTS são utilizados para organizar esse conteúdo” (AIKENHEAD, 1994, p. 55-56).

Essa sequência didática envolveu elementos sobre a abordagem CTS, pois com a busca por um ensino que contribua para a mudança da compreensão do status da Ciência (STRIEDER, 2008). Como explicitado no primeiro capítulo, tudo isso, pode ajudar os estudantes a construir uma visão menos neutra, mais crítica e reflexiva sobre as atividades científicas e tecnológicas.

Ainda com relação à elaboração e utilização da sequência didática em sala de aula, na perspectiva de envolver os ECTS no ensino da Biologia Molecular seguimos os passos adotados por Delizoicov e Angotti (1994) e utilizamos como estratégia didática os Três Momentos Pedagógicos (3MP), levando em conta a necessidade de estratégias de ensino e de uma dinâmica para o andamento das aulas que incentive a participação dos estudantes, valorize seus conhecimentos e busque a superação do dogmatismo que caracteriza as aulas tradicionais de Biologia.

A metodologia dos três momentos pedagógicos possibilita ao professor uma estratégia diferenciada para a sua prática, pois permite dialogicidade em sala de aula, invertendo a lógica da metodologia tradicional, na qual o professor apresenta respostas prontas antes de qualquer questionamento. Com essa metodologia o professor sai de foco como único detentor do saber e valoriza os conhecimentos prévios dos alunos, instigando-os a pensar sobre problemas apresentados, busca despertar a curiosidade dos estudantes e os mobiliza a participar ativamente das aulas. Essa estratégia didática se pauta em três etapas: Problematização Inicial (PI), Organização do Conhecimento (OC) e Aplicação do Conhecimento (AC).

1º) Problematização Inicial: inicialmente são apresentadas aos estudantes questões problemáticas ou situações para discussão, com o intuito de fazer a conexão do conteúdo a ser estudado em sala de aula com situações que os estudantes conhecem ou presenciam e que provavelmente não possuem conhecimentos científicos suficientes para interpretar total ou corretamente. Neste momento cabe ao professor assumir a postura de não apresentar respostas imediatas aos problemas propostos, incentivando a discussão e buscando potencializar a problematização através de novos questionamentos sobre os argumentos apresentados pelos estudantes. “O ponto culminante dessa problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que

ainda não detém” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 201).

2º) Organização do Conhecimento: neste momento são trabalhados os conteúdos necessários para a solução dos problemas levantados na problematização inicial, sob a orientação do professor. Para isso, surge a necessidade de discutir com profundidade os conceitos científicos e a resolução de problemas e exercícios, como os apresentados nos livros didáticos, podem auxiliar na apropriação de conhecimentos específicos.

3º) Aplicação do Conhecimento: ocorre a retomada da situação inicial, utilizando os conceitos desenvolvidos nas etapas anteriores para sua análise e interpretação. Esta etapa:

... destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar todas as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial das que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994, p. 55).

O Quadro 1 tem o propósito de apresentar, a sequência didática intitulada “Desvendando o código genético” formada por 3 etapas em que cada uma delas contempla os 3 MP objetivando a articulação entre os conteúdos científicos, tecnológicos e sociais que envolvem o tema. O quadro também indica, de forma resumida, as metodologias de ensino utilizadas para a realização desta sequência.



Quadro 1 – Sequência didática “Desvendando o código genético”.

Momentos Pedagógicos	Metodologias de ensino	Articulações CTS
E T A P A 1	PI <p>1ª aula – Exposição dos objetivos da sequência didática.</p> <p>Situações a serem problematizadas: Como você descreve um cientista? Os canais de comunicação são detalhistas e imparciais ao divulgar as informações sobre pesquisas? Você já ouviu falar sobre ética na pesquisa? Como seria se a ciência fosse neutra e imparcial em todos os casos? Por que grande parte das pessoas acreditam que as pesquisas sempre visam a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos? Leitura e problematização de um texto sobre a descrição da dupla hélice do DNA e prêmio Nobel de Medicina em 1962.</p>	<p>Ao explorar as relações entre a não linearidade e a não neutralidade da ciência e desmistificar a visão salvacionista que a maioria dos estudantes tem dela, assim como, o endeusamento dos cientistas, esperamos que os estudantes percebam a necessidade de se ter um olhar mais crítico em relação a divulgação do conhecimento e o uso dele no desenvolvimento de tecnologias que podem influenciar suas vidas. Além disso, esperamos preparar os estudantes para que sejam capazes de fazer reflexões sobre a influência da ciência e seu uso no desenvolvimento de tecnologias, em questões sociais, culturais e econômicas.</p>
	OC <p>2ª Aula sobre a estrutura do DNA e o pareamento das bases nitrogenadas. (conceitos que apareceram no texto da aula anterior).</p> <p>3º aula: Realização de um experimento no laboratório de Ciências, que consiste na extração e observação do DNA do morango. Discussões sobre a influência da genética e do ambiente em nossas características. Consequência das pesquisas sobre o DNA no cotidiano das pessoas.</p> <p>4º aula: - Uso de vídeo para estudar e discutir sobre a história da descoberta da dupla hélice do DNA, questão de gênero na pesquisa, o trabalho dos cientistas, questões éticas, políticas e econômicas que envolvem as pesquisas, as formas de divulgação da ciência.</p>	

(continua)

(continuação)

Momentos Pedagógicos		Metodologias de ensino	Articulações CTS
	AC	<p>5ª aula – Produção de texto: Após estudar sobre trajetória da ciência e discutir sobre isso com os colegas e a professora. Escreva uma carta contando para um extraterrestre sobre as concepções de ciência que você tinha anteriormente e sobre os pensamentos que mudaram em você em relação a ciência, após as discussões levantadas durante a aula. Imagine que este extraterrestre ao qual você está falando pretende vir a terra fazer pesquisas, e então conte a ele como a ciência funciona em nosso planeta.</p>	
E T A P A 2	PI	<p>6ª aula - Situações a serem problematizadas: Qual o papel da Biologia Molecular para a sociedade? Quando se fala em OGMs o que lhes vem à cabeça? Você conhece algum produto derivado de OGMs? É possível vocês já terem consumido produtos transgênicos? Como os transgênicos poderiam ser importantes para a humanidade? Quais as vantagens e desvantagens dos produtos transgênicos?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitura e problematização de um texto sobre a insulina transgênica para oportunizar eventual problematização por parte dos alunos.</li> <li>- Solicitação de atividade individual para aula seguinte: Fazer um levantamento dos alimentos que possuem em suas casas e apresentam o selo de produtos transgênicos.</li> </ul>	<p>Ao apresentar o papel da Biologia Molecular nas pesquisas sobre a manipulação do DNA para produção de OGMs e produtos deles derivados, pretendemos que os estudantes estabeleçam relações entre os conteúdos científicos estudados com as tecnologias empregadas nesse processo.</p>

(continua)

(continuação)

Momentos Pedagógicos		Metodologias de ensino	Articulações CTS
E T A P A 2	OC	<p>7ª aula - Socialização dos produtos transgênicos encontrados em casa pelos alunos.</p> <p>- Uso de um vídeo e um texto sobre o que são e como são produzidos os OGMs, aspectos econômicos dos transgênicos em relação a produtividade, aos preços dos alimentos e a luta contra a fome mundial, aspectos ambientais dos transgênicos em relação a conservação do meio ambiente, possíveis problemas de saúde decorrentes do consumo de produtos transgênicos, questões políticas em relação ao plantio, a comercialização, industrialização e distribuição desses produtos.</p> <p>8ª aula - Aula com o uso de HQ e o livro didático sobre a estrutura do DNA, sua replicação e transcrição.</p>	<p>Ao abordar sobre os produtos derivados de OGMs, assim como, a insulina e alguns alimentos, almejamos que os estudantes possam estabelecer relações entre as vantagens e as desvantagens da transgenia para a saúde o e meio ambiente de modo que questionem políticas referentes a esse assunto que influenciam o modelo econômico presente na sociedade, que praticamente nos impõe o consumo de transgênicos. Ao tratar sobre a transgenia intencionamos despertar nos estudantes elementos para a criticidade e a argumentação sobre o assunto, para que possam expor opiniões sobre a utilização ou não desses produtos em suas vidas.</p>
	AC	<p>9ª aula - Tempestade de ideias sobre a estrutura do DNA e sua manipulação, e as vantagens e desvantagens da produção de produtos transgênicos.</p> <p>- Produção de um texto a partir das seguintes questões: (este texto pode ter formatos variados, dentre eles, uma HQ, tirinha, entrevista gravada, carta, desenhos etc.).</p> <p>1- Se você pudesse escolher entre consumir um produto transgênico e um não transgênico, qual deles escolheria? (o aluno deve justificar sua resposta)</p> <p>2- Qual é a sua opinião em relação a presença da informação de produto transgênico na embalagem? 3- O que você acha que deveria ser feito enquanto existem divergências entre os cientistas quanto ao meio ambiente e a saúde com relação ao consumo de produtos transgênicos?</p>	

(continua)

(continuação)

Momentos Pedagógicos		Metodologias de ensino	Articulações CTS
E T A P A 3	PI	<p>10ª aula - Situações a serem problematizadas: Por que os cientistas acreditam que a manipulação do DNA é o futuro para a prevenção de doenças?</p> <p>- Leitura e problematização de um texto sobre doenças causadas pela mutação do DNA.</p>	<p>Ao expor os motivos pelos quais as pessoas desenvolvem doenças como a anemia falciforme e o câncer pretendemos que os estudantes estabeleçam relações entre os conteúdos científicos estudados com as técnicas de manipulação do DNA e as tecnologias empregadas em pesquisas que buscam a cura para essas doenças.</p>
	OC	<p>11ª aula - Uso de HQ e o livro didático para estudar sobre a tradução do DNA e o mapeamento genético.</p> <p>12ª aula - Aula com o uso de vídeo sobre terapia gênica e o CRISPR, uma técnica para inserir genes funcionais em células humanas. Estudo e discussão sobre técnicas de manipulação do DNA para curar doenças genéticas e questões éticas, culturais e ideológicas que envolvem a utilização das mesmas.</p>	<p>Além disso, pretendemos que os estudantes percebam a necessidade de se posicionar em relação a ao uso de técnicas de manipulação do DNA, pois seu posicionamento crítico pode influenciar nas tomadas de decisões da família quando se decide ou não fazer o uso da manipulação do DNA para curar uma doença.</p>
	AC	<p>13ª aula – Júri simulado: Terapia gênica e o uso do crispr (análise crítica sobre a utilização, benefícios e riscos da terapia genica; análise crítica dos avanços científicos e tecnológicos em função da saúde humana).</p> <p>14ª aula – Avaliação da sequência didática com os alunos.</p>	<p>Também intencionamos que os estudantes percebam que o uso de técnicas de manipulação do DNA pode ter implicações na saúde de um sujeito, na cultura de um povo (em relação a ética religião) na economia (em relação aos investimentos para o uso dessas técnicas e nas políticas públicas que regulamentam as pesquisas sobre a manipulação do DNA).</p>

Na primeira etapa, o foco foi explorar situações relativas a ciência e a tecnologia de uma forma mais abrangente. Tratando a ciência como uma construção humana, passiva de interesses sociais, políticos e econômicos. Partindo desse contexto de caráter mais amplo e envolvendo o contexto local, ou seja, o cotidiano dos estudantes, abordou-se a necessidade de se ter um olhar crítico em relação as divulgações do conhecimento e das tecnologias que podem influenciar suas vidas.

A segunda etapa procurou discutir o papel da Biologia Molecular na sociedade a partir de uma abordagem abrangente sobre os transgênicos, tratando de questões socioeconômicas de caráter amplo, envolvendo situações que extrapolaram o contexto local e se voltaram para o cenário nacional e internacional.

Já a terceira etapa procurou trazer e discutir o papel da ciência e da tecnologia na sociedade a partir de assuntos relacionados a manipulação do DNA por meio de discussões sobre a terapia gênica, tratando de questões que exploram o cotidiano do estudante em relação ao seu posicionamento crítico em relação ao uso dessa técnica, e questões mais amplas de caráter econômico, cultural e ideológico.

Os temas com enfoque nos ECTS foram escolhidos a partir dos conteúdos da disciplina de Biologia que permeiam a sequência didática, pois o ensino dessa disciplina, praticado na escola está vinculado a uma programação de conteúdos fortemente estabelecidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e pelas Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE), sendo assim, esclarecemos que para se trabalhar em sala de aula tendo como aporte os estudos sobre CTS, não foi necessário abandonar a programação curricular da escola.

A partir da implementação da sequência didática apresentada no quadro anterior, foram constituídos dados que possibilitaram algumas análises dos sentidos construídos pelos estudantes sobre a Biologia Molecular a partir de estratégias propostas pelos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) no Ensino de Ciências. E, para melhor apresentar essas análises, fizemos alguns recortes por etapas da sequência didática que serão apresentadas no capítulo seguinte.

## 5 ALGUNS SENTIDOS SOBRE A BIOLOGIA MOLECULAR

Neste capítulo buscamos analisar alguns processos de construção de sentidos dos estudantes a respeito dos assuntos relacionados a Biologia Molecular, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática fundamentada em estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações propostas pelos Estudos sobre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) no Ensino de Ciências.

A constituição do *corpus* de análise desta pesquisa se deu tendo em vista os referenciais teóricos e os objetivos que a direcionam. O lugar onde situamos este trabalho “lugar em que se mostra a alteridade do cientista, a leitura outra que ele pode produzir” (ORLANDI, 2002). Para a AD a própria organização da sequência didática e a escolha do *corpus* já constituem momentos de análises, esse referencial teórico da ao analista de discurso de se colocar em uma posição deslocada, que lhe permite trabalhar os limites da interpretação, contemplando os processos de produção de sentidos em suas condições (ORLANDI, 2002).

Desta maneira, apresentamos como *corpus* de análise as produções dos estudantes dentre elas cartas, HQ, discussões em júri simulado, além de meus registros em diários de bordo, construídos durante a implementação da sequência didática com a turma.

Com o intuito de melhor organizar e apresentar essas análises, elas foram divididas de acordo com cada uma das três etapas da sequência didática. Em cada etapa, primeiramente, será apresentada uma descrição do desenvolvimento das aulas propostas e em seguida serão apresentadas reflexões e análises sobre as produções dos estudantes.

As descrições e análise contidas nesse capítulo serão direcionadas ao leitor na primeira do singular quando referidas à implementação da sequência didática na escola, já que uma das pesquisadoras esteve com a turma de alunos, desenvolveu a sequência didática junto a eles e realizou registros dos acontecimentos durante cada aula de forma mais pessoal em seu diário de bordo. Já a análise dos dados será apresentada no plural, pois inclui reflexões mais coletivas das pesquisadoras.

Uma questão que levamos em consideração na delimitação das análises pelas etapas da sequência didática foi a prática dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e

Angotti (1994) que estão contemplados em cada uma delas.

Também levamos em conta os aspectos dos ECTS e uma série de constructos teóricos da Análise de Discurso, tais como: a não transparência da linguagem, as condições de produção do discurso, o mecanismo de antecipação, a formação imaginária, a ideologia, o esquecimento, os silenciamentos, a paráfrase, a polissemia, o interdiscurso, o intertexto, a formação discursiva, a autoria, entre outros, que serão apresentados e definidos no decorrer das análises.

Esses constructos teóricos da AD foram escolhidos para fazer parte do dispositivo analítico, na expectativa de possibilitarem a análise da construção dos sentidos dos estudantes em relação a Biologia Molecular proposta como objeto de estudo desta pesquisa

A AD também possibilita a procura da explicação dos processos de significação presentes em um objeto simbólico (enunciado, texto, pintura, música etc.) e permite que se possam vislumbrar outros sentidos que ali estão, compreendendo como eles se constituem (ORLANDI, 2002).

Sendo assim, levamos sempre em consideração a não transparência da linguagem, considerando que cada estudante é interpelado pela história e constituído como sujeito pela ideologia e pelo inconsciente (ORLANDI, 2002) e isso faz com que cada um deles construa sentidos diferentes em relação a um mesmo objeto simbólico.

Dito isso, passamos a apresentação das análises realizadas nas quais buscamos investigar os processos de construção de sentidos dos estudantes a respeito de assuntos relacionados a Biologia Molecular.

## 5.1 PRIMEIRA ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO E ANÁLISE

A primeira etapa da sequência didática foi importante para que pudéssemos identificar os sentidos que os estudantes construíram sobre as relações entre a não linearidade e a não neutralidade da ciência, assim como a visão salvacionista que muitos deles têm dela, o endeusamento dos cientistas, seus olhares sobre a divulgação do conhecimento e o seu uso no desenvolvimento de tecnologias que influenciam a vida das pessoas.

Vale destacar que na elaboração e aplicação da sequência didática não utilizamos

os 3MP em cada uma das aulas, eles foram contemplados no conjunto das atividades durante cada etapa da sequência didática. Assim, algumas aulas, como a 2ª e 3ª, por exemplo, foram elos para o processo de construção de sentidos, para uma leitura e escrita que ressignificasse a ciência como construção social.

Desta forma, por meio da sequência das atividades de leitura, escrita e discussões propostas para essa etapa, pudemos acessar e ampliar as histórias de leituras dos estudantes estabelecendo, quando necessário, relações intertextuais, para a ressignificação de sentidos sobre a ciência como uma construção social.

Quadro 2 – Primeira etapa da sequência didática.

<b>Aula</b>	<b>MP</b>	<b>Objetivos de ensino-aprendizagem</b>	<b>Caminhos Metodológicos</b>
1ª	PI	Problematizar a ciência como uma construção humana, transitória e sujeita a influências internas e externas ao seu processo de construção.	Problematização por meio de textos de divulgação científica e HQ.
2ª	OC	Reconhecer o DNA como uma substância química, presente no núcleo das células, composta por nucleotídeos que se diferenciam pelas bases nitrogenadas e que apresenta uma estrutura de dupla hélice, bem como, compreender a importância dos estudos científicos sobre a sua manipulação.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de HQ, quadro e giz.
3ª	OC	Extrair e observar o DNA do morango para reconhecê-lo como uma substância química presente no interior das células.	Aula prática em laboratório.
4ª	OC	Estimular a construção de sentidos sobre a ciência como uma construção humana, bem como refletir e elaborar argumentos para discutir criticamente a respeito de questões de gênero na pesquisa.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de vídeo.
5ª	AC	Trabalhar a leitura, a escrita e o processo de autoria dos estudantes.	Elaboração de cartas aos extraterrestres contendo os sentidos sobre os cientistas e a ciência.

Fonte: a autora (2019)

### 1ª aula

A primeira aula da primeira etapa da sequência didática foi dedicada a uma problematização com o intuito de investigar a filiação dos sentidos dos estudantes sobre os cientistas e a ciência.



Após momentos de boas-vindas à aula que se iniciava, questionei aos estudantes se eles poderiam descrever um cientista. Dentre as respostas, foram comuns as seguintes ocorrências: (A identificação dos estudantes será dada pela inicial de seus nomes).

“**um homem**” (C).

“*uma pessoa, muito nerd*” (V).

“*que discute sobre Biologia*” (J).

“*que usa jaleco*” (P).

Percebendo que os estudantes não apresentavam respostas diferentes as já trazidas pelos colegas, questionei: E onde vocês imaginam esse cientista trabalhando? Então vários alunos responderam juntos:

“*em um laboratório*”

Aguardei alguns instantes e como nenhum estudante trouxe uma resposta diferente a essa anterior, então questionei: Onde mais?

“*na NASA*” (V).

“*no mar*” (C).

Acredito que a filiação de sentidos que remete a um cientista trabalhar na NASA ou no mar, seja mobilizada pelo intertexto relacionado com o que esses estudantes assistiram na televisão sobre esses locais de pesquisa, pois, com frequência, os programas jornalísticos divulgam pesquisas sobre astronomia e sobre os malefícios que os plásticos causam à vida marinha.

Outra questão que levantei foi: Vocês acreditam que os canais de comunicação são detalhistas e imparciais em suas informações sobre as pesquisas?

“*Eu penso assim, tipo, na NASA por exemplo, você pensa que eles divulgam tudo sobre os alienígenas?*” (M).

“*Depende, porque dependendo do assunto pode causar pânico na sociedade.*” (V).

Houve um grande murmúrio dos estudantes após este questionamento, porém, apenas esses dois se manifestaram para a sala toda. Mesmo assim, foi possível perceber que eles acreditam que a ciência não divulga todo o conhecimento construído.

Esse sentido pode estar atrelado ao modelo de aulas conteudistas de Biologia, ainda muito presentes nas escolas brasileiras. Em que os professores se preocupam muito em ensinar conteúdos conceituais, tendo como único recurso o livro didático que,

geralmente, não aborda ou aborda muito pouco, conteúdos relacionados aos estudos da ciência, da tecnologia e a sociedade. Deixando, de lado a questões sócio-científicas e tecnológicas, que podem auxiliar no processo de discussão e compreensão a respeito do papel da ciência (KRASILCHIK, 2004).

Propondo aguçar a discussão, perguntei: Vocês acreditam que na ciência, as pesquisas são sempre para o bem, podem acontecer pesquisas para o mal ou elas são sempre neutras?

“**sim**” (um grande número de alunos)

“**paz e amor**” (C).

“**a ciência produz armas**” (J).

“**não**” (M).

A cada pergunta vários estudantes se manifestavam, alguns apenas expressavam que estavam pensando sobre o assunto, mas não esboçavam respostas diferente as dos seus colegas. Assim, pude perceber que a grande maioria dos estudantes demonstraram acreditar que sim, a ciência é neutra. Porém, quando um menino se manifestou enfatizando acreditar que a ciência servia tanto para o bem quanto para o mal e deu o exemplo da produção de armamentos para guerra, a sala toda concordou com o colega.

Buscando problematizar questões relacionadas à ética na ciência, questionei se eles já tinham ouvido falar sobre ética na pesquisa. Dentre as respostas, surgiram as seguintes falas:

“**ética é o cientista documentar suas descobertas, ser verdadeiro e publicar seus estudos**” (V).

“**os cientistas deveriam usar seus conhecimentos apenas para o bem**” (A).

“**tem o plágio, que é crime**” (P).

As respostas dadas as minhas perguntas durante a aula, me fizeram perceber que alguns dos estudantes não vêem a ciência como uma construção humana e passível de interesses. Sendo assim, percebi a importância de continuar discutindo em sala de aula a autonomia da ciência, pois o aporte teórico sobre os ECTS destaca que na atividade científica existem sim interesses morais, profissionais e econômicos, assim como convecções religiosas (AVELLANEDA; LINSINGEN, 2014).

Então, propondo abrir espaço para uma maior problematização sobre o assunto,

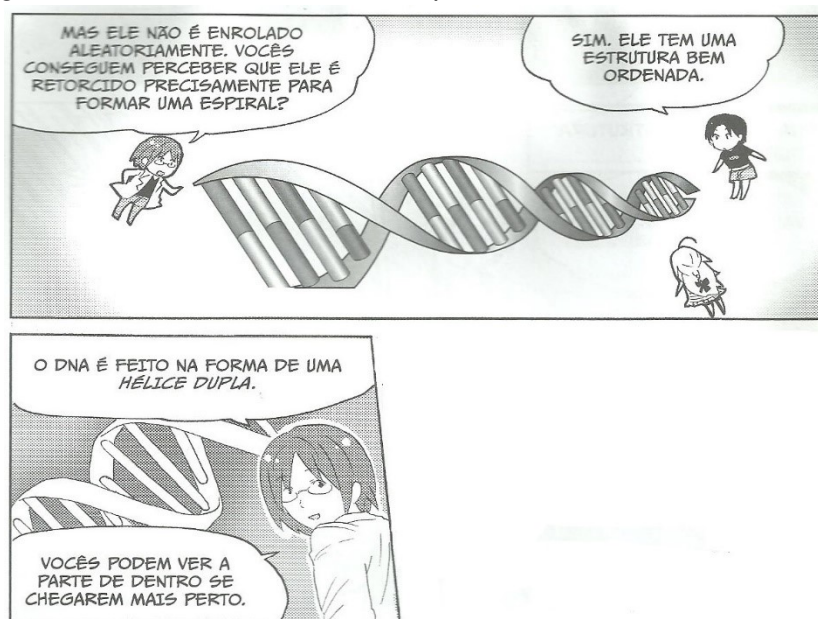
propus para a turma a leitura e discussão de um texto de apoio que contava sobre a história da dupla hélice do DNA e o Prêmio Nobel de Medicina de 1962 (Anexo A). Além de o texto ter sido útil para provocar algumas inquietações sobre o processo da construção do conhecimento sobre a dupla hélice do DNA. Esta atividade me fez perceber a necessidade de ensinar alguns conceitos científicos para prosseguir as discussões sobre as questões sócio-científicas propostas na sequência didática.

## 2ª aula

Nessa aula, senti a necessidade de explicar aos alunos sobre a estrutura do DNA e seu formato de dupla hélice, para que eles pudessem compreender com mais afinco os conceitos citados no texto de divulgação científica sobre o Prêmio Nobel de Medicina de 1962 utilizado na aula anterior. Isso permitiria os estudantes organizar o conhecimento sobre a molécula para podermos avançar no estudo dos assuntos propostos na sequência didática.

Iniciei com a explanação da molécula de DNA e seu arranjo em dupla hélice, a partir de uma aula expositiva e dialogada com auxílio de uma HQ, visto na Fig. 3, que apresentava a estrutura do DNA, o quadro e uma maquete para explicar toda a composição da molécula. Nessa figura apresentamos parte da HQ utilizada nessa aula.

Figura 3 – Trecho da HQ utilizada para abordar a estrutura do DNA.



Fonte: Takemura (2014)

### **3ª aula**

Iniciei a aula encaminhando os estudantes para o laboratório de Ciências e me impressionei com o bom comportamento no local, perguntei se eles estavam acostumados com o laboratório e eles me responderam que sim, pois sempre vinham com a professora de química (a professora de Biologia nunca os havia levado).

Expliquei que a proposta da aula era extrair e observar o DNA do morango e então expus no quadro o roteiro para a realização do experimento. Os estudantes participaram da aula com entusiasmo, tomando cuidado para não destruir a molécula que queriam observar.

Enquanto esperávamos as reações para a realização das observações, propus aos estudantes um exercício sobre a replicação do DNA e discutimos sobre a importância do desenvolvimento científico e tecnológico para a realização de pesquisa e construção de conhecimentos, assim como a produção de supercomputadores e microscópios para a realização de pesquisas de manipulação do DNA, na busca da cura de doenças genéticas e para a produção de alimento para os seres humanos.

### **4ª aula**

Para iniciar aula, relembramos alguns dos sentidos sobre cientista produzidos pelos estudantes, o que eles pensavam sobre a ética na ciência e o papel da mídia na divulgação dos conhecimentos construídos pelos cientistas.

Feito isso, com auxílio de um vídeo intitulado “A construção social da ciência” desenvolvido pela UFSCar<sup>1</sup>, procurei demonstrar aos estudantes que a Ciência é uma atividade realizada por seres humanos, condicionada a erros e acertos, e que um conhecimento é construído pela contribuição de vários estudiosos, sejam eles contemporâneos ou não. Assim como destacam (GARCIA; CERESO; LÓPEZ, 1996) tratei a ciência-tecnologia como sendo um processo inerentemente social onde valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais e pressões econômicas desempenham um papel decisivo na gênese e na consolidação das ideias científicas e dos artefatos tecnológicos.

Levando isso em conta, esclareci aos estudantes que a ciência e seus produtos não têm respostas para todos os problemas da sociedade e que ela não comunga de uma neutralidade. Ressaltei ainda a influência dos contextos sócio-históricos no desenvolvimento

<sup>1</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkaM18>

científico e tecnológico como: as vantagens que muitos cientistas possuem por estarem em uma instituição A e não B e os interesses de alguns investidores em financiar certas pesquisas.

Após a exposição do vídeo houve uma significativa participação dos estudantes, expondo suas indignações em relação a forma como muitos conhecimentos são divulgados, em que apenas um ou dois cientistas possuem seus nomes vinculados a construção de um conhecimento, quando, na verdade, existiu a contribuição de várias pessoas para se chegar a uma conclusão. Esse, inclusive, é o caso da descrição da dupla hélice do DNA, comentada no vídeo, e que os estudantes tiveram acesso.

Discutimos também sobre o fato de as atividades realizadas por pesquisadores nem sempre serem imparciais, ainda mais pesquisas que podem influenciar na economia de uma empresa ou de um país, como é o caso da Monsanto<sup>2</sup>, uma grande financiadora de pesquisa e distribuidora de sementes transgênicas.

Durante as discussões sobre o vídeo apresentado, meu intuito foi ressignificar o sentido de cientista presente na formação imaginária de alguns estudantes. Com a identificação do cientista como cisgênero masculino, que está sempre em laboratório, usando um jaleco branco, possuidor de um conhecimento superior aos das demais pessoas e, muitas vezes, considerado quase um Deus, por muitos na sociedade. Essa descrição coincide com as palavras de um dos estudantes durante a discussão do tema:

*“talvez eu tinha essa imagem do cientista por assistir desenhos como o Dexter onde o **personagem do cientista estava sempre vestindo jaleco, tinha inteligência superior os demais e o personagem era do sexo masculino.**” (M).*

A partir da análise da fala desse aluno podem ser identificadas algumas origens das filiações de sentidos que alguns estudantes apresentam em relação aos cientistas, que são construídas a partir da memória (ORLANDI, 2002). A imagem que os estudantes têm do cientista é regida pela maneira como essa formação imaginária está na história e foi

<sup>2</sup> Utilizamos a Monsanto como exemplo por ser a maior produtora de sementes transgênicas do mundo e, inclusive, pelo fato de essas sementes serem resistentes aos herbicidas produzidos pela própria empresa. Além disso, o fato dessas sementes serem patenteadas, obriga aos agricultores a utilizá-las para apenas um plantio, não podendo reivindicar o direito de guardar uma parte das sementes para o próximo ano como se faz na agricultura tradicional. Tudo isso, nos possibilitou discutir as relações CTS nas aulas de Biologia.

apresentada a alguns deles por meio dos discursos de desenhos animados.

Para tentar ressignificar essa filiação de sentidos, ressaltei o motivo da minha presença na escola, que estou vinculada a uma instituição de pesquisa, que é a universidade, e que o que estou realizando com eles é uma pesquisa. Portanto, eles estão fazendo parte da construção de um conhecimento que busca melhorar a educação. Neste momento os estudantes ficaram admirados por não terem pensado nisso antes e me perceberam como uma pessoa totalmente diversa daqueles sentidos pré-construídos sobre o que é ser cientista, já que quem estava ali era uma pesquisadora, cisgênero feminino, que não está em um laboratório e que não tem um conhecimento soberano.

Propondo discutir a igualdade de gênero na sociedade e, principalmente, na ciência, apresentei aos estudantes um vídeo intitulado “A ciência tem gênero?” também desenvolvido pela UFSCar. Procurei discutir com os estudantes a participação da mulher na construção do conhecimento e no desenvolvimento de pesquisas. Os alunos puderam perceber que antigamente o número de mulheres no meio acadêmico era menor e que a participação delas vem aumentando a cada dia.

Discutimos também sobre o preconceito sofrido por mulheres na ciência, principalmente nas ciências exatas, em que, muitas vezes, existe a crença de que os homens têm maior aptidão para cálculos.

### **5ª aula**

Nessa quinta e última aula dessa etapa da sequência didática, busquei valorizar a escrita no ensino de Biologia e abrir espaço para os estudantes expressarem os sentidos que estavam construído em relação a ciência e ao cientista. Pra isso, propus aos estudantes que escrevessem uma carta a um extraterrestre, contando o que compreendiam por ciência e os pensamentos que foram modificados (ou não) após as discussões realizadas em sala de aula.

A atividade foi aceita com entusiasmo pelos estudantes, pois eles consideraram divertido escrever para um extraterrestre. Isso não quer dizer que eles tiveram facilidade em iniciar a escrita da carta, porém mesmo assim se dedicaram a realizar a atividade proposta. As análises dessas cartas serão apresentadas a seguir.

## 5.2 SENTIDOS QUE APONTAM PARA A CIÊNCIA COMO UMA CONSTRUÇÃO SOCIAL

Com relação à produção de sentidos que apontam para a ciência como uma construção social, analisaremos nessa seção as cartas escritas pelos estudantes direcionadas aos extraterrestres, a partir da situação hipotética supradescrita, proposta em aula. O intuito dessa atividade foi valorizar a escrita num formato mais pessoal, contemplando a narrativa e abrindo para a possibilidade de investigar os deslocamentos de sentidos dos estudantes por meio dos indícios das leituras produzidas, a partir dos textos utilizados em sala de aula.

Ademais, a atividade de escrita se embasa na estratégia metodológica proposta pelos referenciais da abordagem ECTS no Ensino de Ciências, como sugerem Santos e Mortimer (2002) como: palestras, demonstrações, sessões de discussão, jogos de simulação, fóruns e debates, redação de cartas às autoridades, pesquisa de campo e ação comunitária, entre outras.

Assim como Souza e Almeida (2005) consideramos que a valorização da escrita assume uma possibilidade para além da aprendizagem de conteúdos científicos, ela abre espaço para os estudantes expressarem seus sentidos em relação a ciência como uma construção humana, incluindo suas histórias de leitura, suas memórias e suas expectativas, além de permitir a expressão dos deslocamentos de sentidos dos estudantes em relação ao cientista e a ciência, como podemos verificar nos trechos das cartas escritas por eles.

De acordo com Alves (1981) as formações imaginárias de pessoas comuns quando pensam nas palavras ciência ou cientista são: a) o gênio louco, que inventa experimentos fantásticos ou coisas fantásticas b) o tipo excêntrico que pensa o tempo todo sobre fórmulas incompreensíveis aos meros mortais c) um ser que fala com autoridade, que conhece o que está falando e os demais devem ouvir e acatar, isso é possível observar no trecho seguinte:

**“Eu via a ciência como uma espécie de divindade, via a ciência como neutra e absoluta, sem desigualdade ou falta de ética. Para mim, era algo tão iminente, que eu pensava que todos que estudam a ciência tivessem total ética e sabedoria. Mas, eu, descobri que não é bom assim. Começando pelo fato de como eu via um cientista um homem “nerd”, de jaleco num laboratório. Quando eu aprendi sobre a descoberta do DNA pensei que apenas dois homens faziam parte da história da ciência: Crick e Watson. Porém, eu descobri que muitas, muitas pessoas participaram significativamente da história.**

Foi daí em diante que **eu vi, não só os cientistas, mas a ciência de uma forma totalmente diferente.** As aulas de biologia que eu tive ultimamente,

também me ajudaram a ter esse ponto de vista diferente. Ao longo das aulas eu vi que vários cientistas fizeram coisas muito importantes, já **outros roubaram ideias e descobertas para si mesmos**.

A ciência funciona no nosso planeta como uma ferramenta para fazer coisas extraordinárias basta decidir-se **e ter ética** seja bem-vindo.” (J) (grifos nossos).

Nas falas dos estudantes podemos perceber a desconstrução dessa formação imaginária do cientista como um ser iluminado, detentor absoluto do conhecimento e da ética, pois eles demonstram compreender que ciência e os cientistas são passíveis de interesses e erros devido as subjetividades que existem na construção do conhecimento científico.

“Olá, então, a ciência não é um **“Deus”** que vai resolver todos os nossos problemas. A ciência serve para descobrir ou concretizar conhecimentos, são muitos estudos até chegar numa determinada conclusão. Os cientistas **não são como imaginamos**, às vezes, como eu, que **sempre imaginei um cientista no laboratório, homem, de óculos, de jaleco** e tudo mais, que alguns pensamos, não é bem assim, **cientistas não precisam estar só no laboratório, um cientista não precisa de óculos, jaleco e ser homem pra ser cientista**, temos que mudar esse pensamento.” (B) (grifos nossos).

“Bom a ciência evoluiu muito de uns tempos pra cá, mas só avisando, não venha para o Brasil porque aqui a ciência não é tão “idolatrada”. Então vá para outros estados unidos ou outro país que a ciência seja tratada como prioridade. Deixa eu te encontrar outra coisa sabia que dá pra tirar DNA do morango eu não fazia a mínima ideia que dava pra fazer isso. Então como eu disse ali em cima, **não venha para o Brasil, porque é um país onde o governo não tá nem aí para a ciência, não investe nisso e nem recurso para fazer uma boa pesquisa o Brasil tem.**” (G) (grifos nossos).

“Saudações extraterrestre, como vai? Soube que pretende visitar o planeta terra, e então fazer algumas pesquisas de seu interesse. Sendo assim, irei eu lhe explicar algumas coisas relacionadas à ciência em meu respectivo planeta. A princípio, sem muito conhecer minha perspectiva, **achava eu que cientistas eram loucos, que de vez em quando descobriam algo novo**, não dava muita importância a ele e até necessariamente conhecer o trabalho dos mesmos.

Logo após ter estudado brevemente sobre o trabalho dos cientistas e sobre sua influência, mudei eu mesma de opinião.

**Cientistas são profissionais de grande conhecimento sobre diversas coisas.** Eles que **são os responsáveis de nos explicarem tudo o que se refere a ciência desenvolvendo estudos/pesquisas** sobre.

O trabalho deles certamente é de grande avanço a toda a humanidade, mesmo que alguns habitantes do nosso planeta sejam mente fechada ou **usem seu talento para coisas perversas, no caso de armas bombas e explosivos em geral...**

Mas, entretanto, recomendo sim que venha ao nosso planeta, será bom conhecê-lo, até mais explorador!!!” (P) (grifos nossos).



Os trechos acima também apontam para a ideia de cientista, ressignificada como um profissional, que precisa ser valorizado enquanto trabalhador, depende de financiamento para suas pesquisas e responde por suas atitudes éticas e morais. A partir disso, podemos concluir que os estudantes compreenderam a ciência como uma construção social que depende de aspectos sociais, políticos e econômicos para seu desenvolvimento.

“A ciência é uma maneira de achar respostas a perguntas relacionada a diversas coisas, como por exemplo, como são formadas as frutas, como é o DNA e etc.

**A ciência pode ser praticada em qualquer lugar, como, em um laboratório, em casa, no parque, na escola, enfim, a ciência pode estar em todo lugar.** Na ciência, também, **são várias pessoas que contribuem para encontrar uma resposta**, um bom exemplo disso é a corrida para a descoberta da dupla hélice do DNA.

Na corrida para a descoberta da dupla hélice do DNA tiveram várias pessoas que contribuíram com a descoberta Watson e Crick [...] nessa corrida também entra outro fator importante da ciência, a ética, durante a corrida Watson e Crick **usaram a pesquisa de outros cientistas sem darem crédito.**

Encontre usam **a ciência não é algo individual**, e possui certas regras de ética que não são sempre seguidas.” (M) (grifos nossos).

“**Antes eu pensava que a ciência era composta apenas por pessoas honestas e verdadeiras com suas pesquisas, que ficavam apenas em seus laboratórios e criavam apenas coisas para o bem**, porém aprendi que não bem assim.

Através do que a professora disse dos vídeos da UFSCAR (Universidade Federal) pude entender que **muitos cientistas roubaram pesquisas de outros** cientistas como Watson e Crick que pegaram muitas informações de pesquisas de outras pessoas, mas apenas seus nomes estavam na pesquisa publicada para receber o prêmio.” (V) (grifos nossos).

“Ser um cientista **não é só ficar no laboratório**, ele pode ficar no escritório, no quarto, na sala de sua casa; eu já disse que me veio à mente o resto deixa que você venha descobrir.” (R) (grifos nossos).

“Olá extraterreste, meu nome é Ana, hoje vim te contar minha percepção sobre a ciência, **que aliás mudou muito graças a Tabatta.**

Antigamente **eu via ciência como algo que só pensava no nosso bem e os cientistas eram malucos se todos os homens.** Porém graças as aulas de biologia, a professora nos mostrou como a ciência realmente funciona.” (A) (grifos nossos).

Gil-Pérez et al. (2001) afirma que uma das formações imaginárias deformadas da ciência e do cientista é a visão individualista e elitista na qual os conhecimentos científicos são considerados obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e

cooperativo do intercâmbio entre equipes, o que pode gerar discriminações de natureza social e sexual, nas quais a ciência é apresentada como uma atividade iminentemente masculina.

Examinando falas dos estudantes, podemos deduzir que as estratégias ECTS utilizadas na sequência didática colaboraram para a desconstrução da visão individualista e elitista da ciência visto que eles abordam o envolvimento de pelo menos três cientistas que se dedicaram na construção do conhecimento sobre a dupla hélice do DNA. Ademais, os estudantes citaram conflitos que ocorreram entre os cientistas desde os caminhos percorridos na construção desse conhecimento até a sua forma injusta de divulgação, demonstrando que percebem os aspectos sociais que envolvem a atividade.

“Extraterrestre, preciso de contar o que anda acontecendo aqui na terra. Esta nova professora já me ensinou tanta coisa, em tão pouco tempo...

**Sempre achei que a ciência era feita só para o bem, sem trapaça, tinha uma visão totalmente diferente do que aprendi.** Ela ensinou a verdadeira ciência! **A ciência que não é feita só por homens, a que investe em armamento e que trapaceia. Mas também é usada para o bem,** uma dessas coisas boas foi a criação do DNA feita pelos homens chamados Watson e Crick. Havia uma disputa muito grande para ver quem iria descobrir primeiro, nesta corrida só havia uma mulher chamada de Rosalind. **Ela fez uma descoberta e mostrou para eles, e assim, eles “roubaram” dela.** [...] desde então o DNA vem sendo usado para quase tudo na ciência, para a insulina e para vários outros benefícios. Até o morango tem DNA, você sabia? Eu não, **só fui descobrir isso durante uma aula** em que ela fez. **Estou gostando de estudar pela primeira vez!** (N) (grifos nossos).

Além das estratégias do ECTS propiciarem a desconstrução da imagem de um cientista no padrão cisgênero masculino, isolado do mundo, que produz conhecimentos sozinho, movido pela curiosidade, desvinculado de um contexto que propõe necessidades, dentro de uma ciência que é linear e sem erros em seus processos, que constrói conhecimentos apenas para o bem social, ela oportunizou aos estudantes relacionarem os conteúdos conceituais da Biologia com suas vivências e experiências do cotidiano.

Nessa aula, os alunos demonstraram compreender a não neutralidade da ciência, a construção do conhecimento como algo coletivo e não como posse de um único estudioso. Perceberam que não devemos endeusar a ciência, pois nem sempre ela terá a solução para os problemas da humanidade, e demonstraram compreender a importância da valorização da mulher tanto no meio acadêmico quanto na sociedade.

Desta forma, podemos afirmar que a articulação entre os referenciais dos ECTS e a AD nos permitiu promover a construção e circulação de sentidos que se relacionam a produção científica e tecnológica como sujeita aos interesses sociais, econômicos, políticos, morais e éticos durante as aulas de Biologia e ainda nos propiciou problematizar e desconstruir a ideia de uma ciência perfeita, a qual sabemos que não existe.

### 5.3 SENTIDOS QUE APONTAM PARA A IGUALDADE DE GÊNERO

Os assuntos abordados durante a primeira etapa da sequência didática, também possibilitaram a discussão sobre a presença da mulher na ciência. Tendo em vista que a ciência sempre foi considerada uma atividade masculina durante os séculos XV, XVI e XVII, acredito ser de fundamental importância debater sobre isso com os estudantes para que todos percebam que podem participar da construção do conhecimento, independentemente do gênero.

Os séculos XV, XVI e XVII foram marcados por vários eventos e mudanças na sociedade, que culminaram no surgimento da ciência que conhecemos hoje. É sabido que poucas foram as mulheres aristocráticas que exerceram grandes papéis na ciência, realizando atividades de interlocutoras e tutoras de renomados filósofos naturais e dos primeiros experimentalistas. Pois, apesar de possuírem qualidades e competências, não era permitido o acesso a mulheres em intensas e calorosas discussões que aconteciam nas sociedades científicas, crescentes no século XVII por todo o continente europeu (LETA, 2003).

Chassot (2004) parte do princípio que a ciência não é masculina por acaso, o autor não tem dúvidas que o machismo foi um processo cultural, no qual as mulheres não tiveram espaço e liberdade de expressão. Ele ainda declara que a ciência não é uma exceção, e cita outras áreas como: a arte, na qual são conhecidos nomes predominantemente masculinos de grandes pintores, compositores e escultores; na filosofia, onde se encontra nomes de poucas mulheres; na religião, que tem como seus líderes figuras masculinas e, inclusive, ordens femininas fundadas por homens; na política, na qual a grande maioria dos parlamentares são homens; assim como no esporte.

Em consonância, a listagem de prêmios Nobel indica o quão masculina a ciência é, já que no total de premiações constam apenas 16 nomes femininos, dentre os quais 14 são inerentes à mulheres que dividem o prêmio com homens e apenas 2 indicam que o obtiveram sozinhas.

Para Cunha, Alves e Almeida (2014) uma das causas prováveis para essa diferença entre homens e mulheres na carreira científica pode estar associada ao processo de educação, pois enquanto os meninos são estimulados a lidar com instrumentos associados ao mundo masculino, como ferramentas, carros, máquinas, computadores e outros, as meninas passam por um processo de educação e socialização diferenciado e são incitadas a lidarem com assuntos que envolvem as áreas da saúde, educação e bem-estar, o que acaba influenciando em seus interesses futuros. Os autores destacam que essa formação acontece por meio da educação informal estabelecida pela família, mídia e relações sociais.

Ainda de acordo com Cunha, Alves e Almeida (2014) outra justificativa para a defasagem das mulheres em relação aos homens na carreira científica, mais especificamente na área de exatas, pode ser associada aos estereótipos sociais, que considera que homens e mulheres têm aptidões diferentes para a Matemática.

Ao analisar as cartas que os estudantes escreveram para os extraterrestres percebemos a filiação de seus sentidos em relação a ausência da participação da mulher na ciência, já que vários trechos indicam um silenciamento dessa presença.

“Estou pensando mais sobre a ciência, no entanto, eu achava que só homens eram cientistas, **mas eu vi que uma mulher passou pela história da ciência**”. (G) (grifos nossos).

Para a AD isso ocorre devido as condições de produção e da memória dos estudantes, talvez pelo fato de, historicamente, a ciência ter sido vista como um empreendimento masculino (LETA, 2003). Como podemos observar nos sentidos expressados por um estudante na frase abaixo.

“**Eu pensava que existiam apenas homens nessa área de trabalho** [ciência] e que mulheres não tinham tanta capacidade e determinação para essa profissão. Minha forma anterior de pensar para as características dos cientistas, eram homens com aparência inteligente [...] **descobri que mulheres podem sim predominar essa área** [...] Rosalind Franklin foi uma cientista que participou para a descoberta da dupla hélice do DNA, junto

com outros cientistas e sofreu machismo e plágio nesse processo”. (C) (grifos nossos).

Nesses trechos escritos pelos estudantes, é possível perceber que seus sentidos estão filiados a não participação da mulher na ciência. Para a AD isso pode ser atrelado ao silenciamento sobre a participação das mulheres e o enaltecimento da participação dos homens na ciência, pois ao longo de todo dizer, há uma margem de não-ditos que também significam, ou seja, os silêncios têm participação fundamental na constituição de sentidos (ORLANDI, 2002).

A filiação de sentidos dos estudantes descrevendo um cientista homem, de jaleco, com uma inteligência superior às demais pessoas, não surge ao acaso em suas definições. Esse sentido é construído pelas condições de produção e pela memória, através da ideologia da educação familiar, da ampla divulgação de nomes masculinos e o silenciamento da participação das mulheres na ciência.

Tudo isso nos leva a refletir sobre dizeres que não são dos estudantes, mas que surgem neles pela influência do contexto sócio-histórico e cultural no qual o aluno está inserido. Esse é um esquecimento relacionado a paráfrase, que produz em nós a impressão da realidade do pensamento. Na AD essa impressão é denominada de ilusão referencial, e nos faz acreditar que há uma relação direta entre o pensamento, a linguagem e o mundo, de tal modo que o que pensamos só pode ser assim (ORLANDI, 2002).

Para AD ainda que todo sentido se filie a uma rede de constituição, ele pode sofrer um deslocamento nessa rede, fazendo fluir o discurso, atravessando as evidências do imaginário e refazendo o irrealizado irromper no já estabelecido (ORLANDI, 2002). Isso pode ser propiciado pelo professor, quando ele busca contribuir para ampliar as histórias de leituras de seus alunos.

Tal deslocamento de sentido, pode ser percebido quando um estudante relatou ao extraterrestre que:

“Na sociedade ela [ciência] é vista dentro de um padrão, de um homem de jaleco, bem nerd, e que vive em um laboratório, mas em nossas aulas, **desmascaramos que esse estereótipo de que tem que ser um homem**, pois as mulheres também são competentes”. (R) (grifos nossos).

Cassiani, Giraldi e Linsingen (2012) ressaltam, a partir de exemplos de estudos feministas, que os discursos científicos estão impregnados de valores socioculturais e que a quebra do silêncio no Ensino de Ciências pode favorecer a construção de novos sentidos, relacionados às relações de poder de gênero.

Em consonância, Santos (2008) destaca ser importante uma abordagem crítica dos assuntos a serem desenvolvidos, buscando a transformação do modelo racional de ciência e tecnologia excludente para um modelo voltado para a justiça e a igualdade social.

Dessa forma, perpassando pelo campo dos ECTS, é importante ressaltar o posicionamento crítico desses estudantes em relação a denúncia do machismo dentro da ciência como podemos perceber abaixo em alguns trechos de cartas dos estudantes. Nesses trechos vemos um movimento parafrástico, no qual, os estudantes estão atrelando uma multiplicidade de sentidos construídos em relação a discriminação, o preconceito e a injustiça, e o machismo sofridos por mulheres na carreira científica, a partir das discussões durante as aulas.

“A ciência é cheia de teorias e ao mesmo tempo, mostra a **discriminação** de gênero (que é algo totalmente desnecessário). As pessoas (cientistas) sendo hipócritas e roubando informações para se beneficiar”. (M) (grifos nossos).

“O **preconceito** que nem deveria existir, porém existe, contra as mulheres, que muitas vezes tem um papel importante nas pesquisas, mas acabam ocultando seu projeto final apenas pela fama e machismo”. (J) (grifos nossos).

“[...] Essa não é a única **injustiça** que pude perceber na ciência [plágio], mulheres também são injustiçadas, apenas por serem mulheres”. (V) (grifos nossos).

“Apreendi que no mundo ainda **hoje as mulheres são minimizadas**, não tanto quanto antigamente, mais são, ao contrário dos homens. E a ciência está nessas situações também. Eu acho que eu sempre vi assim isso, a respeito das mulheres, mesmo sendo errado”. (C) (grifos nossos).

Nesses trechos os estudantes se expressam como sujeitos críticos, conscientes da importância da igualdade de gênero para as relações sociais, cientes do direito das pessoas de terem as mesmas oportunidades, que reconhece a partir de uma reflexão as potencialidades das mulheres na ciência.

Diante do panorama que, infelizmente, ainda se apresenta nos dias de hoje, pode-se dizer que a abordagem da construção do conhecimento e da tecnologia na escola é, na maioria das vezes, realizada de forma fragmentada, que isola o contexto social.

Sendo assim, destacamos a necessidade de se considerar a relação entre o Ensino de Biologia e os Estudos CTS, com vistas à construção de uma visão sistêmica da igualdade de gênero na ciência por parte dos estudantes, buscando minimizar a visão masculina da ciência e estimular meninas e meninos a serem o que quiserem inclusive, cientistas.

Concordando sobre a importância das atividades apoiadas na valorização da das histórias de leitura e da escrita dos estudantes, assim como Pereira, Cassiani e Linsingen (2012) acreditamos que esse enfoque, além de possibilitar a aprendizagem de conteúdos científicos, permite levar em conta as histórias de vida de cada estudante, seus interesses, suas expectativas, suas memórias e os sentidos possíveis sobre qualquer assunto abordado.

#### 5.4 SEGUNDA ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO E ANÁLISE

Buscamos elaborar para esta segunda etapa, uma sequência de aulas permeadas por estratégias de leitura, escrita e debates que pudessem promover nos estudantes a compreensão de que a produção científica e tecnológica deve ser vista como sujeita a interesses sociais, culturais, econômicos, políticos éticos e morais.

Tudo isso foi importante para que os estudantes pudessem compreender como se dá a não neutralidade da ciência no dia-a-dia, percebendo que ela é interpelada pelos interesses supracitados

Ademais, os estudantes puderam entender que a ciência não tem a solução para todos os problemas da sociedade, ou seja, muitos desconstruíram a visão salvacionista que tinham da ciência.

Nos preocupamos ainda, em despertar o interesse dos estudantes para uma reflexão crítica sobre os produtos da ciência e da tecnologia, com o intuito de fazê-los compreender a necessidade de serem sujeitos participantes nas tomadas de decisões sobre os assuntos que afetam a sociedade.

Quadro 3 – Segunda etapa da sequência didática.

Aula	MP	Objetivos de ensino-aprendizagem	Caminhos Metodológicos
1 <sup>a</sup>	PI	Problematizar a produção e utilização de OGM, visando discutir criticamente sobre suas vantagens e desvantagens na busca da qualidade de vida dos seres humanos.	Problematização do tema por meio de textos de divulgação científica.
2 <sup>a</sup>	OC	Entender que é necessário ter um olhar crítico em relação aos transgênicos que a ciência e a tecnologia desenvolvem, em vez de consumir cegamente o que as indústrias produzem.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de vídeo e HQ.
3 <sup>a</sup>	OC	Assimilar os processos de replicação e transcrição do DNA, para compreender o funcionamento da molécula e como se dá a sua manipulação.	Aula expositiva e dialogada com HQ, quadro e giz.
4 <sup>a</sup>	AC	Elaborar argumentos, que possibilitem discutir as vantagens e desvantagens da produção de transgênicos para a economia, alimentação humana e o meio ambiente.	Dinâmica “tempestade de ideias” e realização de textos e desenhos a partir de uma questão problematizadora sobre OGM.

Fonte: a autora (2019)

### 1<sup>a</sup> aula

Iniciei a primeira aula desta etapa da sequência didática objetivando identificar as filiações de sentidos dos estudantes acerca da Biologia Molecular e dos produtos transgênicos, a partir de alguns questionamentos, no intuito de problematizar o assunto e estimular os estudantes a expressarem suas ideias. Para tanto, perguntei o que eles sabiam sobre a Biologia Molecular.

Muitos me olharam com expressões de curiosidade para saber o que isso queria dizer, outros nem se arriscaram a deduzir uma resposta, porém, dentro de alguns segundos um estudante respondeu:

*“É a ciência que realiza o estudo das moléculas.”* (J)

Procurei estimular a discussão para encorajar mais alguns alunos a falarem, porém, não tive muito sucesso. Então, perguntei se eles sabiam me dizer alguma importância dessa ciência para a sociedade, e o mesmo estudante, imediatamente, e em tom de dúvida, respondeu:

*“Busca conhecer a cura para doenças?”* (J)

Percebi que os demais estudantes estavam se sentido meio acuados em respon-



derem porque, para eles, o colega sabia todas as respostas para as perguntas que a professora estava fazendo. Talvez isso estivesse acontecendo pela falta de costume desta turma em expor suas ideias sobre os assuntos estudados durante as aulas de Biologia. Outra justificativa é que, enquanto eu analisava o perfil da turma, pude perceber que sua rotina de aula se resumia em copiar conteúdo do quadro sem muitas explicações da matéria, em razão da falta de entendimento entre os estudantes e a professora, por causa da metodologia utilizada nas aulas.

Sendo assim, esperei por mais uns instantes para ver se alguns deles tomavam coragem para falar, porém, nenhum outro estudante se dispôs a responder minha indagação. E então, pensei em mudar o assunto e questionei o que lhes vinha à cabeça quando ouviam falar em OGM.

Prontamente um aluno deduziu que a letra “O” se referia a palavra “organismos” e, nesse momento, vários estudantes tentaram por inúmeras vezes adivinhar quais palavras as outras letras representavam. Assim, conseguiram decifrar a sigla quando eu lhes disse para recordarem o conteúdo que estudamos nas aulas anteriores, o DNA. Então, vários deles, cada um de uma maneira, responderam que eram Organismos Geneticamente Modificados, mas, não sabiam o que essa expressão significava.

Na sequência, pedi que me dissessem uma outra palavra, mais comum, utilizada para substituir a sigla OGM, porém, não tive sucesso em minha solicitação. Após estimular e esperar por respostas da turma, me propus a sanar os olhares de interesse e curiosidade respondendo que poderíamos utilizar a palavra transgênicos. Para minha surpresa, prontamente, uma aluna se manifestou:

*“Isso não é comum professora.” (P)*

Mesmo com essa resposta da colega, muitos estudantes fizeram gestos e murmúrios que me permitiram compreender que eles já haviam ouvido falar sobre, porém, não sabiam explicar o que era. Mesmo assim, perguntei qual produto transgênico eles conheciam. Dentre as respostas, indicaram: “Frutas, verduras, tofu, queijo, milho, pipoca, canjica, shoyu”. E para alguns produtos foram fazendo as relações do material básico para a sua elaboração e então compreendiam porque esses produtos eram transgênicos, como exemplo, o tofu, que vem da soja transgênica.

Aproveitando a deixa, indaguei se era possível eles terem comido algum produto transgênico no dia de hoje. Um aluno respondeu:

*“Sim, eu comi fandangos que vem do milho.” (G)*

Então a sala toda riu dele, mas não expressaram outras respostas, apenas murmuraram entre si. Na busca de continuar instigando-os a falarem e a se acostumarem com a discussão sobre os assuntos que seriam abordados em nossas aulas durante o desenvolvimento da sequência didática, perguntei se eles enxergavam alguma importância ou alguma desvantagem dos produtos transgênicos. Dentre as respostas:

*“Para ter mais variedade de produtos.” (J)*

*“Para economizar, rendendo mais.” (V)*

*“Professora, não é aí que entra a questão do glúten?” (P)*

Deixei que eles ficassem com essas inquietações, com o intuito de aguçar a curiosidade e a vontade de conhecer e continuei a problematização sobre os transgênicos, seguindo os pressupostos dos ECTS, que propõem um ensino de Ciências organizado a partir de temas sociais referentes à Ciência e Tecnologia.

Com o desejo enriquecer esse momento, distribuí aos alunos um texto intitulado: “Insulina: um dos primeiros transgênicos do mundo” (Anexo B), a fim de apresentar questões reais que eles conhecem e presenciam, como é o caso da doença diabetes, cada vez mais comum devido ao estilo de vida e alimentação que as pessoas têm.

Quando os alunos viram o título do texto, logo ficaram curiosos para saber o que era a insulina. Então aproveitei esse momento para abordar a parte conceitual e fisiológica relacionada à insulina, como ela funciona no organismo e o problema decorrente de sua má função.

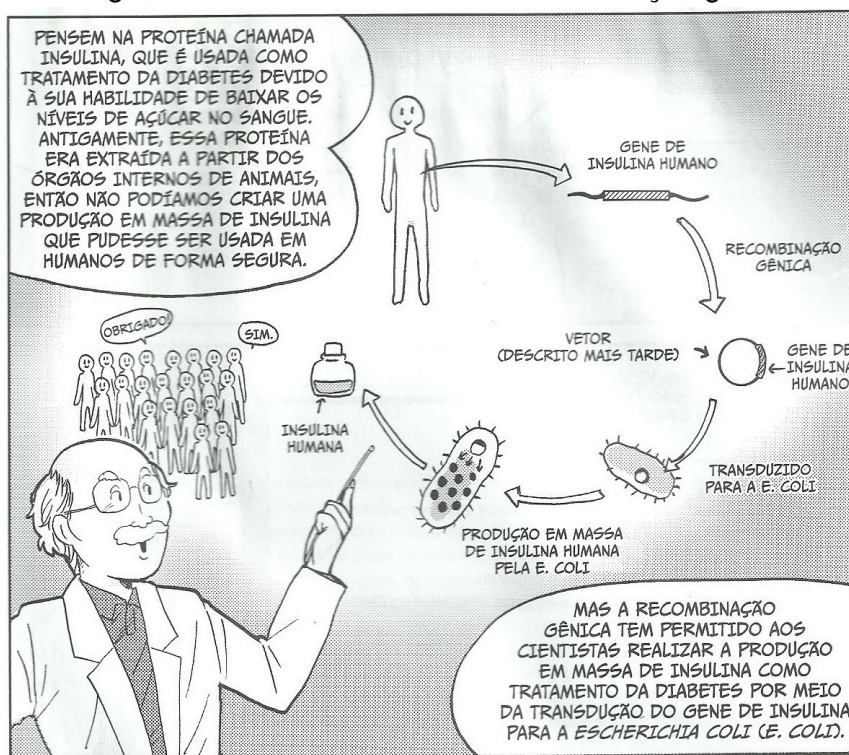
Após esse momento, começamos a leitura do texto com o objetivo de criar situações que mobilizassem os alunos a exporem seus conhecimentos prévios sobre o tema, além de provocá-los, semeando dúvidas e inquietações que os fizessem sentir vontade de construir conhecimentos sobre os assuntos tratados durante as aulas.

No decorrer dessa aula, percebi que muitos estudantes gostaram de participar da problematização do conteúdo a ser estudado, eles demonstraram gosto em pensar em possíveis respostas para as minhas indagações. A dinâmica funcionou muito bem e eles

manifestavam curiosidade em conhecer. Assim, acredito ter realizado a função central do professor no momento da problematização inicial como sugerem Delizoicov e Angotti (1994), nesse momento, a função coordenadora do professor concentra-se mais em questionar e lançar dúvidas sobre o assunto do que em responder ou fornecer explicações.

Remetendo ao segundo texto alternativo ao livro didático utilizado nessa aula, destaco a HQ, representada pela Fig. 4, que aborda a recombinação gênica para a produção de um organismo transgênico. Os estudantes disseram gostar desse tipo de texto e afirmaram que ele ajudou para compreender o processo de recombinação dos genes.

Figura 4 – Trecho de HQ sobre recombinação gênica.



Fonte: Takemura (2014)

Para finalizar, encaminhei como atividade individual, que os estudantes procurassem em casa alimentos que apresentassem o selo de produto transgênico e trouxessem para a escola na aula seguinte, a fim de socializarem com os colegas.

## 2ª aula

Essa aula teve foco nos aprofundamentos sobre as pesquisas realizadas pela Biologia Molecular em relação aos OGM, abordados superficialmente no encontro anterior. Iniciamos socializando os produtos transgênicos encontrados em casa e trazidos pelos estudantes, dentre os quais podemos citar: o amido de milho, óleos de cozinha, margarina,

fermento químico, salgadinhos a base de milho, trigo e batata que, inclusive, os estudantes chegaram comendo em sala de aula.

O exercício de procurar exemplares de transgênicos em suas casas, serviu para os estudantes conhecerem e identificarem o símbolo que indica a presença de OGM nos produtos alimentícios.

Em seguida, perguntei aos estudantes se alguém poderia explicar como são feitos os OGM, de acordo com o que lembravam das explicações da aula anterior. Então, muitas respostas surgiram, como:

*“Os OGM são organismos modificados geneticamente com o intuito de favorecer as características desejadas de um organismo como o tamanho.” (J)*

*“A durabilidade também.” (V)*

*“A cor professora...” (P)*

*“Quantidade de nutrientes.” (J)*

Isso me deu um indicativo de que os estudantes estão, pouco a pouco, construindo alguns conhecimentos sobre o assunto e se acostumando com um novo modelo de aula, menos conteudista, sem a rotina de simplesmente copiarem conteúdos conceituais no caderno, e que estão se acostumando com a introdução da leitura e discussão de textos para abordar conteúdos nas aulas de Biologia.

Prossegui a aula com a exposição de um vídeo intitulado “OGM (comida geneticamente modificada)”<sup>3</sup>. Como a legenda do vídeo não funcionou, o modelo de aula também foi um pouco diferenciado, porque durante a exibição eu ia traduzindo, pousando e explicando os assuntos abordados pelo vídeo em relação a definição dos OGM, suas vantagens e desvantagens.

Esse vídeo ilustrou de maneira didática e criativa a estrutura do DNA, a recombinação gênica, a degradação ambiental advinda da produção dos OGM, a influência econômica e política nos empreendimentos agrícolas e a importância do posicionamento crítico da sociedade em relação a empreendimentos da ciência e da tecnologia. Deu destaque também para os problemas envolvidos no consumo de produtos oriundos dos OGM, principalmente a alergia ao glúten.

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=djq9jC3yxz8>

Seguindo os pressupostos da Educação CTS, nos quais o ensino de Ciências deve ser organizado a partir de temas sociais referentes à ciência e a tecnologia, distribuí aos alunos um texto intitulado: “As vantagens e desvantagens dos alimentos transgênicos” (Anexo C), com o intuito de reafirmar sobre a importância de conhecer se posicionar criticamente em relação ao consumo de produtos modificados geneticamente no dia a dia, pela grande maioria da população.

Também aproveitei o texto para promover reflexões sobre a ciência e a tecnologia e discutir suas relações com questões, políticas, ambientais, bem como os incentivos industriais à produção em larga escala relacionadas aos OGM, intencionando contribuir para o desenvolvimento da criticidade dos estudantes em relação aos produtos que eles consomem, ainda mais depois de perceber que eles comem, sem critérios, vários tipos de salgadinhos e óleos vegetais que, além de transgênicos, não são produtos saudáveis para a dieta.

Esta aula despertou a participação e o interesse dos educandos, visto que os mesmos discutiram, argumentaram, expressaram seus pensamentos sobre os assuntos em pauta e questionaram sobre a possibilidade de a manipulação genética feita hoje em plantas e animais ser feita em seres humanos.

Essa indagação pode denunciar o mecanismo de antecipação da AD, que no caso, os estudantes projetam para o papel da ciência enquanto produtora de conhecimentos para desenvolver técnicas que possibilitem a manipulação do DNA humano. O sujeito antecipa assim, os sentidos que as palavras do interlocutor produzem nele (ORLANDI, 2002). Atribuo aqui a possibilidade desse mecanismo de antecipação aos aspectos CTS que permeiam a sequência didática, possibilitando abordar o papel da ciência e da tecnologia e a necessidade de sermos críticos-reflexivos em relação aos seus produtos.

Ainda com relação a esse envolvimento e participação com as temáticas trabalhadas sob um enfoque CTS, uma aluna questionou:

*“Professora, sei que não são divulgadas pesquisas que comprovam que os transgênicos podem causar doenças, mas o fato deles avisarem na embalagem que o produto contém transgênicos, já não quer informar que se a pessoa consumir ela pode ter uma doença no futuro?”. (P).*

Discursos como esse indicam que o desenvolvimento da sequência didática, lhes

está possibilitando construir argumentos críticos-reflexivos em relação aos produtos que a ciência e a tecnologia oferecem à sociedade.

Seguindo nossas discussões sobre vantagens e desvantagens da produção de transgênicos, os educandos demonstraram perceber que a ciência e a tecnologia estão agindo tanto em benefício do bem estar da população mundial, quando conseguem produzir maior quantidade de alimentos com mais baixos custos, quanto a favor dos interesses do mercado e do monopólio, devido ao fato de as sementes transgênicas serem posse de poucas grandes empresas.

Destaco aqui um dos indicativos do potencial da educação CTS para o Ensino de Biologia que permite que os estudantes percebam a não neutralidade da ciência e a vejam como uma construção humana, passiva de interesses econômicos e políticos

### **3ª aula**

Nessa aula, apresentei aos estudantes conceitos científicos sobre a transcrição do DNA, um conteúdo curricular para o 1º ano do Ensino Médio, que são indicados pelas orientações curriculares do estado, como necessário para as aulas de Biologia.

Para isso, distribuí aos estudantes uma História em Quadrinhos (HQ) (Anexo D) com ênfase no processo de transcrição do DNA. No intuito de explicar como o processo ocorre, essa HQ fazia uma analogia utilizando uma forma para produzir bonecos uns iguais aos outros, com vistas a explicar que, para a produção de RNA, uma a fita de DNA é sempre usada como molde.

Levando em conta que essa analogia utilizada pela HQ poderia conduzir os estudantes a um obstáculo verbal do conhecimento científico associado a linguagem, definido por Bachelard (1996) como sendo uma falsa explicação do conteúdo, uma vez que uma imagem ou uma palavra podem constituir toda explicação, tomei cuidado em, primeiramente, apresentar de forma expositiva o conteúdo científico sobre como o DNA utiliza uma fita semiconservativa para produzir o RNA e, só então, passei a utilizar a HQ com o intuito de reforçar a explicação.

Para isso, fui até o quadro, esbocei uma célula e fui questionando os alunos sobre os conteúdos científicos básicos relacionados ao DNA, estudados nas primeiras aulas desta sequência didática. Esses conteúdos serviriam de base para a construção do conhecimento

sobre a produção de RNA e, posteriormente, sobre a produção de proteínas pela molécula de DNA.

Nesse processo de construção de conhecimentos, primeiramente, pedi para que os estudantes citassem algumas estruturas de seus corpos, que identificavam como sendo compostas por proteína. Dentre as respostas surgiram: “cabelo”, “unha”, “músculo”, “pelos”, “hormônios”, “enzimas”. Então perguntei a eles o que comandava a produção dessas estruturas e eles responderam: “o DNA”.

Para continuar a organização do conhecimento, questionei qual organela produzia todas essas proteínas? Muitos alunos erraram a resposta, mas alguns deles responderam corretamente “o ribossomo”. Assim, perguntei como o ribossomo “saberia” qual tipo de proteína ele teria que produzir. Um aluno respondeu: “ele vai fazer o RNA”, o que, provavelmente, indica que esse aluno leu a HQ assim que a recebeu.

Para estimulá-los a lembrar sobre a estrutura do DNA que expliquei em aulas anteriores, questionei quais eram as bases nitrogenadas do DNA, prontamente me responderam: “timina”, “guanina”, “citosina” e “adenina”.

Desta maneira, questionando os processos, parte por parte, construí no quadro, com ajuda dos estudantes, uma fita de DNA e o pareamento de suas bases. Após este momento, destinado a lembrar os conteúdos conceituais sobre a estrutura e replicação do DNA, iniciei junto aos estudantes a leitura da HQ e, paralelamente, fui esboçando a transcrição de DNA no quadro e explicando os conteúdos contemplados na HQ.

Por meio das atividades propostas para as aulas, dentro de uma perspectiva dos ECTS, pude perceber que, a partir da discussão de temas sócio-científicos, é possível estimular reflexões sobre implicações políticas, econômicas, sociais e ambientais em relação aos produtos da ciência e da tecnologia, bem como despertar a curiosidade e o interesse dos estudantes para aprenderem conteúdos conceituais da *Biologia Molecular*, pois o discurso desse modelo de aula possibilita a construção de uma multiplicidade de sentidos possíveis a todos os estudantes.

Essa estratégia, torna o processo de ensino-aprendizagem sobre a estrutura do DNA menos fragmentado, no qual, geralmente, os professores enfatizam o ensino do pareamento das bases nitrogenadas, mas não abordam as questões relativas as implicações

CTS.

Com a intenção de compreender o funcionamento dos textos alternativos ao livro didático que eu estava utilizando durante o desenvolvimento da sequência didática, já no final desta aula, questionei aos estudantes se eles haviam gostado de receber o conteúdo conceitual na forma de HQ e, prontamente, me deram resposta positiva, dizendo que a HQ os auxiliou na compreensão do conteúdo.

Entendo que essa resposta foi afirmativa pois como defende Luyten (2011b) as histórias em quadrinhos formam uma imagem descontínua, e o leitor, fazendo o cérebro pensar, preenche os espaços em branco. Sendo assim, acredito que esse jogo de imagens, palavras e momentos criativos articulados aos ECTS, puderam levar os estudantes a compreenderem os conteúdos abstratos da Biologia Molecular, fazendo-os gostar e se interessar por ele, visto que, durante as aulas pude perceber que eles estavam conseguindo assimilar conceitos e processos do conteúdo científico.

#### **4ª aula**

Para iniciar a quarta aula desta etapa da sequência didática utilizei como estratégia metodológica uma dinâmica chamada “tempestade de ideias”. Esta atividade foi pensada com intuito de relembrar e avaliar os sentidos que os estudantes estavam construindo sobre os OGM no decorrer das últimas aulas.

Uma das questões abordadas para a dinâmica foi em relação as vantagens e desvantagens dos transgênicos, em que fui estimulando os estudantes a exporem seus pensamentos e reflexões a respeito desses produtos. A partir dessa dinâmica foi possível identificar alguns sentidos filiados a elementos conceituais trabalhados durante as aulas como os apresentados no Quadro 4 a seguir.

Após todos esses apontamentos, realizei uma rápida enquete com os estudantes, a partir da seguinte questão: Se para o lanche da escola, existissem duas filas, uma com transgênicos e a outra com produtos crioulos, você iria na fila com alimentos transgênicos? Nesse momento, todos os estudantes responderam que sim, iriam na fila onde estava sendo distribuída a merenda feita com produtos transgênicos.



Quadro 4 – Sentidos dos estudantes que apontam para as vantagens e desvantagens dos transgênicos.

<b>Transgênicos</b>	<b>Respostas dos estudantes</b>
Vantagens	<p>“Os transgênicos têm grande importância porque se não fosse eles, teríamos escassez de alimentos” (J)</p> <p>“Se não fossem os transgênicos teríamos poucas variedades de alimentos”. (E)</p> <p>“Tem o algodão transgênico que é usado para fazer roupas”. (V)</p> <p>“Maior quantidade de alimento e mais barato, tendo melhor custo benefício”. (J)</p> <p>“Eles têm maior quantidades de vitaminas”. (A)</p> <p>“Maior proteção das plantas contra os insetos”. (J)</p> <p>“A produção de remédios [insulina] contra a diabetes”. (C)</p>
Desvantagens	<p>“Algumas pessoas têm alergia ao glúten”. (J)</p> <p>“O monopólio das sementes”. (V)</p> <p>“Sobre as sementes elas podem ir para o meio das outras [plantações] e misturar”. (V)</p> <p>“Diminui a biodiversidade, usam grandes áreas para fazer plantação da mesma coisa”. (A)</p>

Fonte: a autora (2019)

Um aluno justificou que ele iria para a fila que contém alimentos transgênicos por que ele quer comer um monte de coisas. No momento exemplificou, os salgadinhos, que hoje em dia são feitos com milho transgênicos e ele quer continuar comendo esse tipo de alimento.

Uma aluna disse que já comia produtos transgênicos, antes mesmo de saber o que eram, então ela continuaria comendo, enquanto não tivesse nem um problema de saúde. E ainda afirmou que as pessoas não ligam em comer transgênicos, pois o sabor dos alimentos não muda muito quando se compara um alimento transgênico e um não transgênico. Outro aluno justificou que consumiria os transgênicos pois “vai pelo mais barato”.

Já que os alunos afirmaram que continuariam comendo transgênico, questionei se eles acham que tem necessidade de as indústrias avisarem nas embalagens que o produto contém transgênicos? Mais uma vez, a resposta positiva, foi unânime. Os estudantes justificaram que é interessante que quem está comprando saiba que o produto é transgênico, pois as pessoas que não concordam com o consumo desses produtos e as que têm alergias tem o direito de decidir se compram ou não.

Como observado nas falas dos estudantes há pelo menos cinco pontos, que apontam para aspectos sociais da ciência e da tecnologia a serem problematizados: 1) a notória aceitação da produção dos transgênicos 2) a ênfase no combate a fome 3) a evidência dos aspectos ambientais 4) a predominância do fator econômico frente a escolha do tipo de alimento 5) menções sobre a presença da informação da presença de transgênicos na embalagens dos produtos.

Em relação a aceitação da produção dos transgênicos por parte dos estudantes e a argumentação com ênfase no combate à fome devido a maior produção. Podemos avaliar que isso se dá, devido que, no cenário das pesquisas realizadas para a análise de riscos dos OGM ainda não existem evidências que indicam os malefícios desses produtos a saúde humana de uma forma geral, e sim casos pontuais de alergias ao glúten (NODARI; GUERRA, 2003).

Os estudantes, de forma geral, se posicionaram criticamente em relação à produção dos transgênicos frente aos possíveis danos relacionados à biodiversidade, devido a monocultura, bem como em relação às empresas que financiam as pesquisas sobre as tecnologias para o desenvolvimento de OGM, que, por sua vez, se beneficiam do monopólio das sementes e dos lucros que as mesmas podem proporcionar, complicando assim o desenvolvimento da agricultura familiar.

E mesmo percebendo por parte dos estudantes uma grande aceitação dos produtos alimentícios que contém transgênicos, pudemos verificar a presença do senso crítico em suas falas em relação a presença da identificação dos transgênicos nas embalagens dos produtos. Essa colocação nos indica que o desenvolvimento de nossa sequência didática com a turma, possibilitou a eles caminharem em direção ao senso crítico e reflexivo em relação as produções da ciência e tecnologia e a implicação de seus resultados e produtos na sociedade.

Ainda levando em consideração a importância da leitura e escrita no Ensino de Ciências, após o encerramento da dinâmica, antes de finalizar a aula, orientei para que os estudantes fizessem a produção e um texto refletindo sobre o seguinte enunciado:

1. *“Se você pudesse escolher entre consumir um produto transgênico e um não transgê-*

*nico, qual deles escolheria?*

2. *Qual a sua opinião em relação a presença da informação de produto transgênico na embalagem? Você acha que a indústria deve informar a presença de transgênicos ou não é necessário? Por quê?*
3. *O que você acha que deveria ser feito enquanto existem divergências entre os cientistas quanto ao meio ambiente e a saúde com relação ao consumo de produtos transgênicos?"*

Esses textos poderiam ser elaborados por duplas ou trios e entregues na próxima aula, e a proposta era a de que fossem elaborados em diversos formatos: tirinhas, Histórias em Quadrinhos (HQ), cartas, desenhos ou entrevista gravada em áudio e vídeo com colegas de outras salas ou familiares, questionando se eles sabem o que são os transgênicos e que eles pensam sobre. As produções entregues pelos estudantes serão apresentadas e analisadas na próxima seção.

Lembramos que a língua está intrinsecamente exposta ao equívoco. Assim, todo enunciado é suscetível a outro, ou seja, pode ter o sentido deslocado para derivar um outro. E a sequência de enunciados, descritível linguisticamente, oferece lugar à interpretação, sendo assim, cada equipe irá elaborar textos a partir dos sentidos que construíram a respeito dos transgênicos.

## 5.5 SENTIDOS QUE CONVERGEM PARA A RELAÇÃO ENTRE A BIOLOGIA MOLECULAR E OS ECTS

Considerando a possibilidade de os estudantes escolherem o tipo de texto que mais lhes agrada para falar sobre os transgênicos (tirinhas, HQ, carta, desenhos ou entrevista gravada em áudio e vídeo com colegas de outras salas ou familiares) a partir da problematização inicial realizada em sala, para minha surpresa todas as produções entregues pelos estudantes, foram dentro do gênero textual de HQ.

Na AD essa situação é explicada pelo mecanismo de antecipação por meio da qual, o sujeito se coloca no lugar de seu interlocutor (ORLANDI, 1996). Sendo assim, é

possível que os estudantes, a partir desse mecanismo de antecipação tenham pensado em agradar ou satisfazer de alguma forma a vontade da professora, se colocando em seu lugar, imaginando os trabalhos que ela gostaria de receber. Isso pode ser justificado pela frequência com que eu usava as HQ durante nossas aulas de Biologia.

A principal intenção com essa atividade de produção de texto foi captar indícios das leituras produzidas pelos estudantes a partir dos textos utilizados durante as aulas e, dessa forma, perceber os sentidos construídos por eles em relação aos transgênicos.

Lembrando que para a AD tudo aquilo que significa é considerado um texto, então, uma imagem, um vídeo, uma explicação expositiva, os gestos de colegas e da professora, ou seja, todo recurso didático a partir dos quais os estudantes puderam construir sentidos em sala são aqui considerados textos.

Além de procurar captar indícios das leituras produzidas pelos estudantes, a intenção foi permitir uma produção livre, dando a eles condições de se desprenderem da autoridade do professor para elaborarem produções que pudessem expor o que eles pensam sobre os transgênicos e expressar a ideia que eles defenderiam sobre o tema, sem se prenderem necessariamente à apresentação de um texto repleto de conteúdos conceituais que, geralmente, o professor levaria em consideração para aferir uma nota.

Sendo assim, acreditamos ter dado espaço para que os estudantes assumissem a condição de autores, a partir da ampliação de suas histórias de leituras durante as aulas de Biologia. Possibilitando uma abertura maior para a polissemia dos sentidos, que de acordo com Orlandi (2002) acontece quando temos deslocamento e ruptura de processos de significação. Desse modo, na polissemia, os estudantes não reproduzem diferentes reformulações do dizer do professor, eles refletem sobre os assuntos discutidos e opinam criticamente sobre eles.

Em várias HQ, é possível perceber que os estudantes não reproduziram uma supervalorização nem simples repetição do conteúdo conceitual sobre os transgênicos, muito além disso, eles apresentaram uma reelaboração sobre o assunto expondo a relação entre os transgênicos e os aspectos sociais, políticos e econômicos. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) afirmam que é preciso superar a tradicional transmissão de conhecimentos escolares, abandonando um modelo de ensino orientado para a memorização e

supervalorização de conceitos distantes da realidade dos alunos.

Figura 5 – HQ produzida por M.



Fonte: o estudante.

Na Fig. 5 podemos observar que o estudante expressa suas filiações de sentidos em relação aos aspectos sociais relacionados a falta de opção das pessoas mais humildes que não podem comprar produtos crioulos, mesmo que conheçam as vantagens e desvantagens dos transgênicos, e se veem na obrigação de consumi-los por estarem presentes na maioria das opções de alimentação mais barata.

Partindo do pressuposto que nossa sequência didática é permeada pelos estudos CTS, que manifestam como preocupação central a discussão dos aspectos sociais decorrentes da prática científica e tecnológica, vinculada diretamente à formação da cidadania (KOEPEL, 2003). Podemos destacar na HQ produzida pelo estudante a presença dos sentidos sobre CTS, que se relacionam os aspectos sociais, uma vez que ele demonstra compreender que a ciência e a tecnologia estão longe de atender todas as demandas da sociedade.

Analisando a partir da perspectiva da linguagem é possível perceber que os estudantes expressaram em suas HQ, paráfrases nas quais apresentam os sentidos que eles construíram sobre a temática OGM. Para a AD “os processos parafrásticos são aqueles pelos quais em todo dizer há sempre algo que se mantém, isto é, o dizível, a memória”

(ORLANDI, 2002).

Sendo assim, podemos afirmar que a partir dos discursos do professor sobre os OGM em sala de aula, há sempre algo que os estudantes guardam para si e constroem sentidos. De alguma forma, esse discurso ou parte dele, estará em sua memória, e poderá ser apresentado ou exposto em momentos de avaliação, no caso da escola, ou de aplicação do conhecimento durante o exercício da cidadania.

De acordo com Orlandi (2002) a paráfrase é a matriz do sentido, pois não há sentido sem repetição. Os sujeitos e os sentidos, pela repetição, estão sempre tangenciando o novo, o possível o diferente, ou seja, é a partir da repetição do discurso do professor, construído por meio de outros discursos que os estudantes constroem suas memórias e seus sentidos.

Os sentidos construídos pelos estudantes são passíveis ao movimento, devido a incompletude do sujeito, dos sentidos e da linguagem. Entretanto existem também injunções à estabilização, que podem bloquear o movimento da construção de sentidos e nesse caso ele não flui e o sujeito não se desloca, não constrói novos sentidos, novos conhecimentos. Ao invés disso, ele é fixado em lugares já estabelecidos, num imaginário em que sua memória não reverbera, ela estaciona, só repete (ORLANDI, 2002).

Sendo assim, a AD propõe a distinção por três formas de repetição: a) a repetição empírica que é a do efeito papagaio. Só repete; b) a repetição formal que se constitui em outro modo de dizer o mesmo; c) a repetição histórica que corresponde aquela que se desloca, que permite o movimento, pois historiciza o dizer e o sujeito, fazendo fluir o discurso, nos seus percursos, trabalhando o equivoca, a falha, atravessando as evidências do imaginário e fazendo o irrealizado irromper no já estabelecido (ORLANDI, 2002).

Observando as HQ produzidas pelos estudantes podemos inferir que a paráfrase por eles apresentada se aproxima da repetição histórica, pois é possível observar movimentos de sentidos, e não apenas um efeito papagaio de repetição empírica do discurso do professor e dos textos utilizados em sala de aula. Esses discursos tampouco se resumem em uma preocupação de proferir o mesmo discurso com outro modo de dizer, apresentando assim, uma ressignificação dos conteúdos abordados em sala.

Na Fig. 6, podemos reconhecer que o estudante construiu sentidos em relação a ciência e na tecnologia como ferramentas para resolver problemas sociais relacionados à

fome, pois nela o estudante destaca a produção de tomates transgênicos saudáveis para alimentação das pessoas.

Figura 6 – HQ produzida por L.



Fonte: o estudante (2018).

Desta maneira consideramos que as proposições fundamentais dos ECTS no Ensino de Biologia que permearam a sequência didática e possibilitaram a atividade de autoria dos estudantes, viabilizaram a construção de sentidos em relação a manipulação genética dos organismos, pois eles demonstram na materialização de seus desenhos e suas histórias contidas nas HQ um movimento em relação aos sentidos presentes na fala da professora/pesquisadora e dos textos utilizados em sala de aula.

Figura 7 – HQ produzida por M. e E.



Fonte: os estudantes (2018).



Nota-se na Fig. 7 e na Fig. 8 a preocupação dos estudantes com a formação da população no sentido de as pessoas se tornarem aptas a participar de forma crítica das tomadas de decisões sobre processos que envolvem a ciência e a tecnologia e podem interferir na sociedade. A partir do conteúdo das HQ podemos afirmar que os estudantes se apropriaram dos conteúdos científicos suficientes para compreenderem como a ciência e a tecnologia podem afetar em suas escolhas no dia-a-dia, sejam elas relacionadas a alimentação, saúde ou bem estar.

Figura 8 – HQ produzida por C.



Fonte: o estudante (2018).

São ainda relevantes na Fig. 9 e na Fig. 10 a presença dos sentidos sobre as relações CTS. Destacamos aqui a criticidade dos estudantes sobre a identificação dos transgênicos nas embalagens, e partir dessa observação, podemos inferir pensamentos críticos-reflexivos, em relação à preocupação com o consumo desse produto.

Figura 9 – HQ produzida por Ca.



Fonte: o estudante (2018).



Isso comprova que esses estudantes construíram sentidos sobre os conceitos científicos relacionados à produção e comercialização dos OGM e a partir de suas reflexões demonstram terem ampliado os seus conhecimentos sobre o produto, suas vantagens e desvantagens, pois, instigam o leitor, propondo um posicionamento sobre ser contra ou a favor aos transgênicos.

Figura 10 – HQ produzida por J.



Fonte: o estudante (2018).

Para a AD a leitura e a escrita estão relacionadas as diferentes compreensões e interpretações, processos inerentes a linguagem, que os estudantes assumem na medida em que interagem com os textos e ainda com outros sujeitos, como os colegas e o professor, já que as relações sociais e históricas sempre se dão entre os pares (ORLANDI, 2002).

Figura 11 – HQ produzida por K.

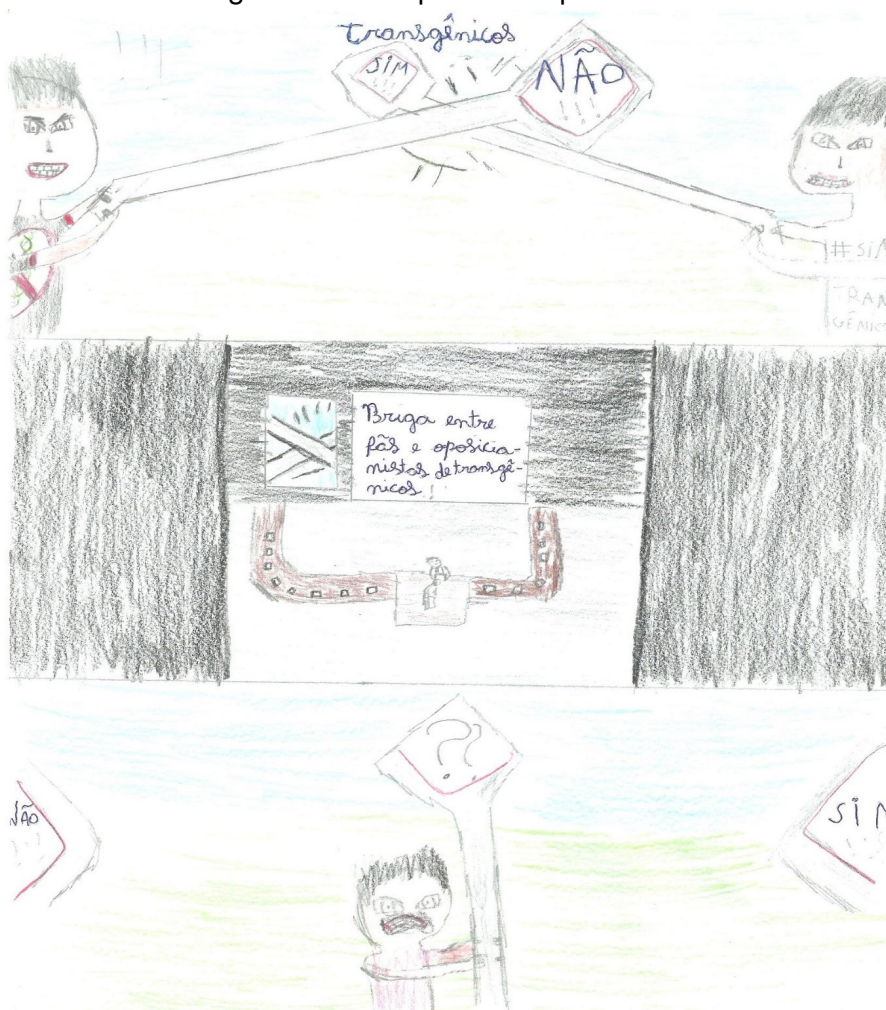


Fonte: o estudante (2018).

Os diferentes sentidos apresentados pelos estudantes acerca dos transgênicos são possíveis, pois cada estudante constrói diferentes memórias discursivas durante as aulas e em suas experiências de vida. Essas memórias constituem uma história de sentidos que pela incompletude do sujeito, dos sentidos e da linguagem podem apontar deslocamentos, que os estudantes tiveram a oportunidade de expressar durante seus momentos de autoria.

Na Fig. 11 os estudantes incitam o leitor a refletir sobre a produção e o consumo dos transgênicos e, por meio de questionamentos, direcionam também o leitor a uma reflexão sobre as vantagens e desvantagens do consumo desses produtos. Percebe-se assim, o desenvolvimento de uma leitura crítica da realidade, a partir da qual dos estudantes poderão lidar com diferentes problemas relacionados aos produtos da ciência e da tecnologia.

Figura 12 – HQ produzida por P. e J.



Fonte: os estudantes (2018).

Na Fig. 12, os alunos parecem demonstrar a compreensão da existência de posicionamentos políticos, ambientais, econômicos, e mercadológicos em grupos da sociedade em

relação aos transgênicos. E ao mesmo tempo, demonstram perceber a preocupação das pessoas que não sabem em qual lado se posicionar, talvez pelo fato de ainda não existirem pesquisas que provam os malefícios da ingestão dos produtos transgênicos pelos seres humanos.

Esse quadrinho, parece ainda apontar para o posicionamento do discurso do estudante, Orlandi (2002) explicita que o indivíduo é sujeito à língua e à história, pois é afetado por elas quando produz sentidos, e ele necessita disso, pois se não produz sentidos, não se constitui como sujeito. Sendo assim, o estudante se sente pressionado a posicionar seu discurso em relação ao discurso do outro, uma vez que ele está inserido em um tempo e espaço social.

Em razão disso, entendemos que os estudantes são sujeitos socializados que discursam de acordo com suas marcas sociais já que em muitos momentos durante as aulas, vários estudantes se sentiram como o cidadão que levanta a placa com os pontos de interrogação, argumentando que não sabem como se posicionar, já que os alimentos transgênicos são mais baratos e portando acessíveis a grande maioria da população e principalmente pelo fato de eles se darem conta que já comiam transgênicos todos os dias, sem mesmo saber que comiam. Porém sabem que esse mesmo produto que pode auxiliar na qualidade de vida de muitas pessoas, pode provocar prejuízos ambientais.

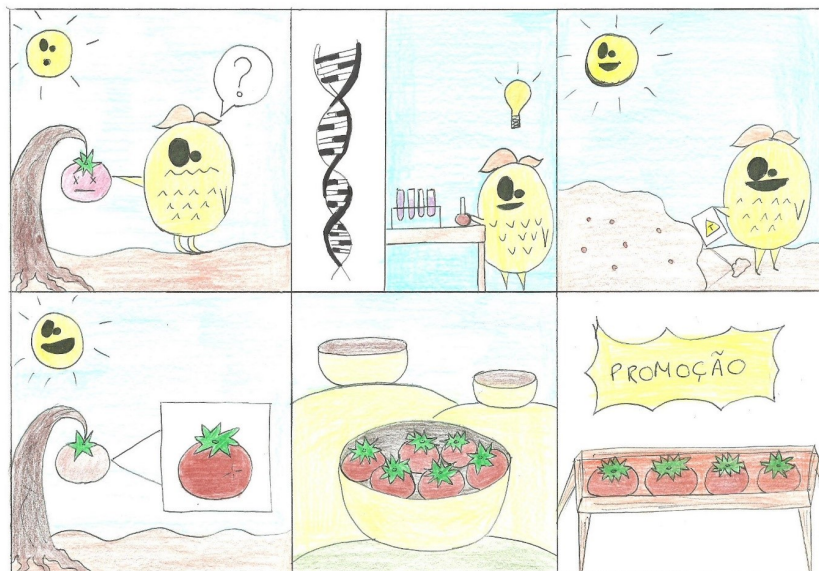
Posto isso, destacamos aqui a importância das discussões sobre assuntos sócio-científicos no Ensino de Biologia, embasadas nos referenciais dos ECTS, as quais possibilitam os estudantes se posicionarem de formas mais críticas sobre os produtos provenientes da ciência e da tecnologia para terem o poder de decisão e escolha sobre sua utilização ou não.

Na Fig. 13, a HQ apresentada pelo estudante reflete, ao nosso olhar, que eles compreenderam os conteúdos conceituais sobre o pareamento das bases nitrogenadas; a dupla hélice do DNA; o papel do cientista nos processos de manipulação da molécula e o que são os produtos transgênicos, definidos durante as aulas.

Eles também apresentaram uma fuga ao sentido único da formação imaginária de cientista, quando não o desenham como um homem, de jaleco branco, realizando pesquisas unicamente no laboratório, visto que, em seus desenhos o cientista foi a campo conhecer

as condições de produção de sua pesquisa para poder desenvolver a tecnologia e colocar em prática suas ideias e projetos.

Figura 13 – HQ produzida por Ma.



Fonte: o estudante (2018).

Além dos estudantes construírem sentidos sobre a parte conceitual do conteúdo durante as aulas, eles demonstram compreender a existência de aspectos econômicos relacionados a ciência e a tecnologia quando representam uma maior produção de tomates e relacionam isso ao barateamento dos produtos.

Ao perceber que os estudantes construíram sentidos sobre os conteúdos científicos relacionados ao DNA, propostos no currículo do 1º ano do Ensino Médio e, ademais, construíram sentidos sobre aspectos sociais, políticos e econômicos em relação aos produtos desenvolvidos pela ciência e a tecnologia, podemos afirmar que abordar uma educação CTS no Ensino de Biologia não requer, em momento algum, o abandono do conteúdo científico curricular, pelo contrário, os estudantes demonstram maior interesse em aprender os conteúdos conceituais por meio das relações com a ciência e a tecnologia, e assim maior gosto pela disciplina de Biologia.

Sendo assim, corroboramos com Bochecho (2011) quando ele afirma que o Ensino de Ciências baseado nos pressupostos da educação CTS requer uma sólida abordagem conceitual e, concomitantemente, deve concentrar o planejamento didático-pedagógico no desenvolvimento das inter-relações político-sociais existentes entre a ciência, a tecnologia



e a sociedade.

## 5.6 TERCEIRA ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO E ANÁLISE

Buscamos elaborar para esta terceira etapa, uma sequência de aulas permeadas por estratégias de leitura, escrita e debates que pudessem promover nos estudantes a compreensão de que a produção científica e tecnológica deve ser vista como sujeita a interesses individuais, sociais, culturais, econômicos, políticos éticos e morais.

Tudo isso foi importante para que os estudantes pudessem compreender que a não neutralidade da ciência e da tecnologia se dá no dia-a-dia inclusive em questões relacionadas a manipulação do DNA e da saúde humana.

Ademais, os estudantes puderam entender que a ciência não tem a solução para todas as enfermidades que atingem a sociedade, ou seja, os estudantes tiveram mais uma oportunidade para desconstruir a visão salvacionista que tinham da ciência.

Nos preocupamos ainda, em despertar o interesse dos estudantes para uma reflexão crítica sobre os produtos da ciência e da tecnologia, com o intuito de fazê-los compreender a necessidade de serem sujeitos participantes nas tomadas de decisões sobre os assuntos que afetam a sociedade.

Quadro 5 – Terceira etapa da sequência didática.

<b>Aula</b>	<b>MP</b>	<b>Objetivos de ensino-aprendizagem</b>	<b>Caminhos Metodológicos</b>
1 <sup>a</sup>	PI	Problematizar o papel da Biologia Molecular e da tecnologia na manipulação genética para a busca da cura de doenças nos seres humanos.	Problematização por meio de texto de divulgação científica.
2 <sup>a</sup>	OC	Assimilar conceitos científicos sobre a tradução do DNA para compreender o funcionamento da molécula e como se dá a sua manipulação.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de HQ, quadro e giz.
3 <sup>a</sup>	OC	Desenvolver pensamento crítico-reflexivo sobre a manipulação do DNA humano por meio da terapia gênica.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de vídeo.
4 <sup>a</sup>	AC	Expressar os sentidos construídos sobre a terapia gênica, sua aplicabilidade, vantagens e desvantagens.	Discussões sobre a terapia gênica por meio da dinâmica “Júri Simulado”.

Fonte: a autora (2019)

## 1ª aula

Iniciei a primeira aula da última etapa da sequência didática, lembrando aos estudantes os conteúdos abordados durante as etapas iniciais, destacando a importância desses conteúdos, para a continuação da construção do conhecimento a respeito da função da molécula de DNA em nosso organismo. Nesta aula a classe estava bastante agitada, tive que chamar muitas vezes a atenção, para poder iniciar as discussões propostas para aquele dia. Não consegui identificar porque eles estavam assim, acredito que foi pela proximidade da semana de integração entre a escola e a comunidade, na qual os estudantes tinham que organizar algumas atividades.

Quando consegui fazer a turma se acalmar um pouco, iniciei a problematização dos assuntos que seriam abordados na terceira etapa da sequência didática. Levando em conta que os estudantes compreenderam a estrutura do DNA, perguntei: como o organismo humano desenvolve doenças por falhas nos processos realizados pelo DNA? Surgiram várias respostas, dentre as quais:

*“Acredito que o erro acontece na hora de duplicar o DNA.” (J)*

*“Por causa da mutação.” (M)*

Nesse tempo, dois alunos chegaram e entraram na sala atrasados, contando o que havia acontecido no ônibus e novamente tive que buscar a atenção da turma. Nessa tentativa, aproveitei a resposta de um dos estudantes e questionei: Como as mutações podem afetar a síntese de proteínas e outras funções essenciais da fisiologia humana? E por que os cientistas acreditam que a manipulação do DNA pode ser o futuro para a prevenção de doenças? Em seguida, apenas um aluno respondeu:

*“[...]é porque os cientistas conseguem mexer no DNA?” (G).*

Houve uns segundos de silêncio e os demais alunos não expressaram opiniões sobre essas questões neste momento, o que nos faz inferir que talvez estivessem apenas pensando sobre e organizando o conhecimento, já que o assunto era bastante novo para eles.

Com o intuito de continuar a problematização sobre a manipulação do DNA socializei com os estudantes um texto que discursava sobre a Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), uma doença causada pela mutação de genes. O assunto é introduzido a partir de relatos

sobre as experiências de Cezar Xavier, que viu muitos de seus familiares sucumbirem, por causa da doença. O texto afirmava que este homem de 74 anos está mais esperançoso hoje do que nunca, pois acredita em uma tecnologia revolucionária: o CRISPR<sup>4</sup>, uma tecnologia que permite aos cientistas fazerem alterações no DNA humano.

O texto trabalhado explica como essa tecnologia funciona e destaca a necessidade de cautela, pois, apesar de ser eficiente, a técnica não é livre de risco. Ao mesmo tempo, levanta questões de natureza ética relacionadas ao possível uso da técnica para fazer alterações estéticas em outras partes do genoma, não relacionadas a cura de doenças.

Os estudantes demonstraram bastante interesse pelo assunto e muitos contribuíram com a leitura do texto em voz alta, se voluntariando. Durante a leitura, os estudantes perceberam que esse texto é de 2013 e relataram não saber que essa tecnologia já existia, o que indica que as atividades promoveram, continuamente, a ampliação das leituras. Pois, durante a aula, os alunos ficaram surpresos com as possibilidades da alteração genética em células, e questionaram os gastos financeiros que uma família teria para utilizar a técnica em um membro que apresentasse a doença.

Quando destaquei que essa tecnologia foi divulgada no fantástico em 2013, a turma afirmou que ninguém assiste a esse programa de televisão. Sendo assim, reafirmei a importância deles enquanto sujeitos na sociedade, se manterem informados sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, pois algumas técnicas podem se fazer presentes em suas vidas sem que eles sequer saibam do que se trata, como ocorreu no caso dos transgênicos.

## **2ª aula**

Essa aula foi dedicada ao estudo do processo de tradução do DNA na célula. Com uso do livro didático e da HQ (Anexo E), estudamos os conteúdos conceituais sobre esse processo.

Para facilitar a compreensão e a construção do conhecimento dos estudantes a respeito desse assunto, retomei a exposição dos conceitos, desde a duplicação e transcrição do DNA para então explicar o processo de tradução.

<sup>4</sup> do inglês *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*, do português, Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespaçadas

Como os estudantes tinham em mão a HQ que apresentava desenhos sobre os processos que iam ocorrendo com o DNA, não foi difícil perceber que eles estavam compreendendo o que eu procurava ensinar.

Esta aula foi bastante dedicada ao estudo de conteúdos conceituais e a organização do conhecimento. Percebi que os estudantes prestaram atenção em minha exposição sobre o assunto, pois tinham curiosidade de conhecer como o DNA trabalhava dentro da célula para compreenderem como os cientistas poderiam manipulá-lo.

### **3ª aula**

Na terceira aula, apresentei dois vídeos<sup>5,6</sup> que versavam sobre a técnica de terapia gênica, a descoberta do crispr e os fatores éticos, políticos e sociais embutidos na utilização realização de pesquisas sobre esses temas. Ao abordar esses assuntos, o vídeo trazia algumas indagações que instigavam os alunos a pensar e construir sentidos sobre o tema em estudo.

Dentre os questionamentos propostos pelos vídeos e discutidos em sala, destaco os seguintes: Quais os benefícios, riscos e prejuízos da utilização da terapia gênica para a saúde humana? Até que ponto os cientistas podem ter posições seguras sobre o uso de terapia gênica para a cura de doenças? A terapia gênica é moral? A terapia gênica é ética? A população humana está preparada para consequências futuras do uso da terapia gênica? Os cientistas terão controle sobre sua ganância quando esgotarem as pesquisas em relação a cura de doenças ou procurarão mudar o estereótipo das pessoas?

Enquanto o vídeo era apresentado os estudantes se mostraram muito curiosos sobre o assunto e faziam perguntas nas quais era possível perceber suas preocupações em relação ao uso dessa técnica, para além da cura de doenças.

Com certeza os vídeos e nossas discussões durante as pausas, semearam a curiosidade e inquietações que os fizessem sentir vontade de pesquisar sobre o assunto e construir conhecimentos. Para dirigir essa busca pela informação, orientei os estudantes para a realização de uma dinâmica conhecida como “júri simulado” sobre a terapia gênica. Então expliquei a eles sobre os papéis que cada participante iria assumir na nossa próxima

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6gGZQzwxzIU>

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vI0c6L4IfyY>



aula. Assim, teríamos uma aula inteira dedicada as discussões sobre esse assunto.

Seus papéis seriam: o de juiz (representado pela professora/ pesquisadora), o réu – a Terapia gênica (representado por um aluno), o advogado de acusação, advogado de defesa, testemunhas e corpo de jurados (representados pelos demais alunos). O intuito dessa dinâmica, foi oportunizar aos estudantes um momento de reflexão crítica e tomada de decisão, no qual eles tivessem que escolher um posicionamento em relação a terapia gênica, e se preparar para debater e defender suas ideias na próxima aula.

#### **4ª aula**

Nessa aula ocorreu a realização da dinâmica de júri simulado e foi bastante significativa, pois oportunizou aos estudantes expressarem, discutirem e refletirem sobre a terapia gênica, seus benefícios, riscos e os problemas que envolvem os avanços das pesquisas sobre a técnica.

Eles também puderam refletir sobre os interesses de indústrias farmacológicas e questões éticas embutidas no interesse do desenvolvimento das pesquisas sobre a terapia gênica. Discutiram também sobre o posicionamento da comunidade científica a respeito dessas pesquisas e a importância do desenvolvimento da Tecnologia e a utilização da mesma para a execução dessa técnica.

Podemos ter um panorama das discussões e reflexões dos estudantes em recortes de suas falas durante a dinâmica de júri simulado apresentadas analiticamente na próxima seção.

### **5.7 SENTIDOS QUE APONTAM PARA A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO DO DNA HUMANO**

Corroborando com o referencial teórico dos ECTS percebemos que a introdução de temas sócio-científico-tecnológico contribui para uma efetiva participação dos estudantes nas aulas, principalmente na dinâmica de júri simulado, uma estratégia metodológica que propicia a concretização de relevantes momentos de discussão, argumentação e interação da turma.

Foi notório que a discussão de um tema social, durante a dinâmica de júri simulado,

sobre as pesquisas e a utilização da terapia gênica pelos seres humanos, despertou grande interesse e participação dos estudantes, pois, inclusive, alguns alunos mais tímidos aproveitaram a oportunidade para interagir e expressar suas opiniões e argumentos.

Ao analisar os processos de construção de sentidos dos estudantes sobre a Biologia Molecular, podemos afirmar que uma sequência de aulas, apoiada pelos fundamentos teóricos dos ECTS, que propicia a discussão de temas de relevância social, contribui para a aprendizagem dos estudantes, pois eles provocaram diferentes discussões e construíram vários argumentos sobre a terapia gênica, que é um assunto que gera opiniões controversas.

Sendo assim, abordar discussões e reflexões sobre diversos assuntos sócio-científicos amplia os conhecimentos dos estudantes, tornando-os cômicos de suas ações frente a desafios impostos pela modernidade.

De acordo com Linsingen (2007) educar, numa perspectiva CTS é:

Favorecer um ensino de/sobre ciência e tecnologia que vise à formação de sujeitos com a perspectiva de se tornarem cômicos de seus papéis como participantes ativos da transformação da sociedade em que vivem. É, igualmente, apostar no fortalecimento e ampliação da participação democrática (LINSINGEN, 2007, p. 13).

As frases a seguir são recortes das falas dos estudantes durante as discussões na realização da dinâmica de júri simulado. Os grifos indicam os sentidos dos estudantes em relação à ciência e ao uso da tecnologia para manipular o DNA humano através da terapia gênica.

*“Eu sou contra [o uso da terapia gênica] porque **não é todo mundo que vai ter acesso, por ser uma técnica cara e não é certeza que a técnica vai funcionar.** E é necessário repetir várias vezes durante o tratamento.”* (P) (grifos nossos).

*“Sou contra [o uso da terapia gênica] pois **pode surgir um tumor se a técnica der errado.**”* (A) (grifos nossos).

*“Sou a favor [do uso da terapia gênica] porque **se uma pessoa está doente ela tem a chance de melhorar.**”* (M) (grifos nossos).

*“Mas **existem várias formas de buscar a qualidade de vida, não é necessário ser apenas com a terapia gênica.**”* (V) (grifos nossos).

*“Eu sou contra [o uso da terapia gênica] porque **o tratamento pode ter várias sequelas.**”* (A) (grifos nossos).

**“Eu sou a favor [do uso da terapia gênica] de que uma pessoa com câncer em estado terminal, busque fazer o tratamento por mais que ela tenha que repetir ele.”** (J) (grifos nossos).

**“Em relação ao preço [da terapia gênica] há 40 anos atrás um computador com 1kb custava mais de 1 milhão de dólares, era impossível uma empresa como a google hoje ter milhões de computadores para armazenar todas as informações que existem. Mas hoje a google tem milhões de MB- MB – TB e você compra um HD de 500 GB que são mais de 500 milhões de KB por 200 reais.”** (J) (grifos nossos).

**“A terapia gênica pode trazer frustrações para as pessoas as quais ela não funcionar. Por não ter a cura e ter custado muito dinheiro.”** (M) (grifos nossos).

**“Professora, eu fiz uma pesquisa e em 1992, quando estavam começando a pesquisar sobre a terapia gênica, os cientistas fizeram um teste com um animal que com o tempo acabou ficando cego. E com esses testes eles [cientistas] conseguiram reverter a cegueira do animal, então eu acho que as pesquisas podem conseguir isso para s seres humanos.”** (J) (grifos nossos).

**“Eu acho que se as pessoas não tentarem usar a terapia gênica, a técnica não vai evoluir.”** (C) (grifos nossos).

**“Eu sou a favor, porque alguns casos, a terapia gênica vai poder livrar pessoas de medicamentos controlados.”** (V) (grifos nossos).

**“Sou contra [o uso da terapia gênica] pela falta de certeza que vai dar certo.”** (G) (grifos nossos).

Além dos sentidos dos estudantes em relação à ciência e ao uso da tecnologia para manipular o DNA humano através da terapia gênica, também é possível perceber a compreensão do conteúdo conceitual sobre a técnica, quando eles lembram que ela pode não funcionar para algumas pessoas, mas para outras pode trazer a cura de algumas doenças e que é necessário repeti-la várias vezes.

Os estudantes levantaram questões sobre os avanços relacionados à utilização da ciência e da tecnologia para além da saúde da população, discutindo sobre a ganância de alguns cientistas e considerando a ciência como uma construção humana, repleta de interesses relacionados à questões estéticas e financeiras. Quando se trata da terapia gênica, também apresentaram preocupações sobre questões morais em relação a manipulação do DNA humano.

**“E se os cientistas não utilizarem a terapia gênica apenas para a cura de doenças [em embriões] e se eles utilizarem para modificar pessoas? Mudar seu tipo de cabelo ou seu tamanho?”** (M) (grifos nossos).

**“Eu não me importo se os cientistas mudarem o estereótipo das pessoas, eu acho que isso é a chave da evolução [da ciência e da tecnologia].”** (J) (grifos nossos).

**“Mas J. e se a sua filha soubesse que você modificou ela geneticamente, você acha que ela gostaria?”** (A) (grifos nossos).

**“Eu mexeria na genética da minha filha apenas para que ela não nasça com doenças.”** (J) (grifos nossos).

**“Eu acho que por ser uma técnica muito cara as pessoas não vão gastar dinheiro para mudar coisas supérfluas como o estereótipo.”** (P) (grifos nossos).

**“Na verdade, é difícil ser total a favor, porque tem [a terapia gênica] suas vantagens e desvantagens.”** (J) (grifos nossos).

**“Sempre vai ter vantagens e desvantagens nas coisas desenvolvidas pela ciência, os cientistas utilizam as pesquisas para o bem e para o mal. Mas se a ciência não existir a gente vai ficar sempre nesse patamar, não vai evoluir nosso conhecimento.”** (A) (grifos nossos).

**“Professora, eu tenho uma conhecida que tem um filho que tem Down, eu tenho certeza que se ela pudesse, ela gostaria de curar a doença dele e ela faria a terapia gênica, e ela não iria querer mexer em outras características dele.”** (N) (grifos nossos).

**“Professora, se a ciência não se aprofundar nos estudos do corpo humano e do DNA a tecnologia também não vai evoluir, por isso eu sou a favor das pesquisas sobre o DNA humano.”** (C) (grifos nossos).

Também foi pauta da discussão o posicionamento religioso a respeito do tema em debate e se levantou argumentos sobre a ação do homem em querer manipular o DNA dos seres humanos sem ter clareza dos acontecimentos futuros que tal manipulação pode causar aos seres vivos.

**“As pessoas não têm que pensar em mudar estereótipos, elas têm que aceitar como Deus fez elas.”** (M) (grifos nossos).

**“Não se mistura ciência e religião. Porque se dependêssemos da religião a gente nunca saberia como funciona o nosso DNA. Não pesquisariamos nosso corpo, para entender como somos por dentro.”** (J) (grifos nossos).

*“Eu acho **que a religião não poderia intervir na ciência**. Assim como existem coisas ruins [na ciência], existem coisas boas, como, por exemplo, a transfusão. Ela ajuda uma pessoa a se curar. Então, se a religião ficar empacando, a ciência nunca vai evoluir.” (V) (grifos nossos).*

Em relação a abordagem dos posicionamentos religiosos dos estudantes durante a dinâmica de júri simulado, lembramos que, de acordo com a AD, o sujeito se constitui pela interpelação da ideologia inscrita em uma formação discursiva dada (ORLANDI, 2002). Sendo assim, a ideologia, nesse caso a religiosa, é uma das razões pela qual os estudantes constroem sentidos diferentes em relação ao uso da terapia gênica.

Nesse sentido, os estudantes interpelados pela ideologia religiosa não concordaram com a manipulação do DNA humano, enquanto os demais estudantes se posicionaram parcialmente ou totalmente de acordo com a técnica e, inclusive, alguns argumentaram que ideologias religiosas não deveriam interferir no curso da ciência.

Como se pode constatar nas falas dos estudantes, essa atividade foi de grande valia para envolvê-los nas discussões e incitá-los a pensar criticamente e tomar uma posição em relação ao assunto exposto, neste caso a terapia gênica.

Os estudantes também demonstraram compreender a importância de conhecermos e discutirmos assuntos vinculados ao uso da ciência e tecnologia, pois elas influenciam nossas vidas diariamente.

Com esta dinâmica foi possível exercitar a expressão, o raciocínio, desenvolver o senso crítico e os processos de argumentação necessários para o exercício da cidadania como defende o enfoque nos ECTS no Ensino de Ciências.

Ao realizar esta atividade, pudemos perceber que muitos estudantes se prepararam de forma entusiástica e não apenas demonstraram conhecimentos satisfatórios a respeito do tema discutido, como também evidenciaram construir sentidos sobre os potenciais benefícios, riscos e problemas embutidos na atividade científica e tecnológica.

Sendo assim, podemos afirmar que os estudantes foram para além das leituras previstas, aquelas esperadas pelo professor, devido a multiplicidade de sentido que eles apresentaram durante as discussões em sala superando assim a supervalorização da leitura parafrástica, na qual espera-se uma única interpretação para o assunto em questão.

Diante disso, podemos certificar que muitos dos estudantes desta turma estão ampliando suas histórias de leitura, desenvolvendo o senso crítico e a habilidade de argumentação, o que pode contribuir para o exercício da cidadania de forma responsável.

É importante frisar também que durante a dinâmica não se expressaram todos os 34 estudantes, porém, ela permitiu um maior envolvimento e participação de todos, pois os mesmos apresentaram seus argumentos de forma entusiasmada, demonstraram gostar bastante de expor seus conhecimentos e posicionamentos, e ainda disseram que seria interessante que os demais professores fizessem mais atividades desse tipo.

Acreditamos que o fato de a sequência didática ter sido baseada nos três momentos pedagógicos (3MP) e ter em sua essência uma abordagem CTS com temas do cotidiano, que geram bastante curiosidade como é o caso da manipulação do DNA, fez com que vários estudantes participassem das discussões associadas ao tema. Mesmo os que tinham dificuldade de se expressar em voz alta para toda a turma, tiveram oportunidade de manifestar seus argumentos por meio da escrita em outros momentos.

Consideramos que, para se alcançar cada vez mais um número maior de estudantes, a ampliação das histórias de leitura e conseqüentemente a capacidade de argumentação precisam ser estimulados em sala de aula, para isso, faz-se pensar e planejar atividades educacionais que ofereçam oportunidades para que todos os alunos possam se expressar e se posicionar criticamente em relação a assuntos abordados dentro de sala de aula.

Todo esse engajamento pedagógico foi envolvido nesta pesquisa durante o desenvolvimento da sequência didática na escola. Ao longo do percurso pudemos perceber um grande envolvimento dos estudantes que em muitos momentos se posicionaram como autores do discurso, permeados por suas histórias de leitura e pelo contexto sócio-histórico em que vivem.

No decorrer das aulas, os estudantes construíram e deslocaram sentidos enquanto ampliavam suas histórias de leitura e desenvolviam processos de argumentação e crítica demonstrando uma reorganização do pensamento sobre a influência da ciência e da tecnologia na sociedade. Tudo isso, possibilitou avanços para uma postura menos ingênua, bem como o desenvolvimento de um olhar mais crítico em relação aos sentidos sobre técnicas de manipulação do DNA.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo principal analisar alguns processos de construção de sentidos dos estudantes sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, a partir do desenvolvimento e implementação de uma sequência didática fundamentada em estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações propostas pelos Estudos sobre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) no Ensino de Biologia.

Além de utilizar como base teórica os fundamentos sobre a educação CTS, recorreremos à Análise de Discurso de linha francesa, que consiste em uma abordagem discursiva relacionada à linguagem, pois considera que as palavras e as expressões não possuem um único significado nelas mesmas, mas sim, que os sentidos são constituídos mediante um jogo de produção de sentidos que vai muito além das palavras em si (ORLANDI, 1996).

Assim, percebemos a importância de se pensar nos processos de ensino-aprendizagem da Biologia no Ensino Médio no contexto das relações ECTS, pois esse aporte teórico traz possibilidades de ensinar sobre a ciência de uma maneira diferenciada (enriquecida) da abordagem tradicional tão presente nas escolas.

A estratégia dos ECTS no Ensino de Ciências permite que o professor proporcione aos estudantes uma formação crítica, de maneira que aprendam a argumentar e se posicionar para serem pessoas atuantes nos processos de decisão e produção de conhecimentos científicos e tecnológicos, que podem interferir na cultura, na economia e na política das sociedades.

Ao mesmo tempo em que percebemos toda a importância dos ECTS em sala de aula, constatamos a necessidade de se levar em consideração a linguagem e os diferentes sentidos que os estudantes podem construir a partir do discurso do professor.

Nesse caminho, a AD rompe com a ideia de que a linguagem e os textos são transparentes no Ensino de Biologia e qualquer outra ciência, desfazendo a crença de que basta que o professor explique ou que o estudante leia para que ele seja “capaz” de compreender os conteúdos propostos (ORLANDI, 1996).

Dessa forma, refletir sobre a perspectiva discursiva no ensino nos fez pensar sobre a importância de se levar em conta em sala de aula as condições de produção do

discurso acessado e produzido por cada estudante, suas histórias de vida e experiências sócio-históricas e culturais que interferem em suas histórias de leituras, em seus processos de autoria e no modo como os sentidos são construídos em sala de aula.

Ainda em relação ao referencial teórico dos ECTS, destacamos aqui a importância das reflexões sobre os ECTS latino-americanos para esta pesquisa, pois nos fez pensar sobre os nossos desafios educacionais. Por meio dessas reflexões pudemos compreender os caminhos percorridos pelo Ensino de Ciências nessa região, especificamente no Brasil.

Acreditamos que compreender essa trajetória, foi importante para pensar em estratégias que possam contribuir para melhorar os problemas que presenciamos na educação brasileira. Sendo assim, destacamos a importância da contextualização dos conteúdos da Biologia Molecular em sala de aula, principalmente no âmbito da manipulação genética, o que gera discussões de relevância ambiental, econômica, política, cultural e social em nosso país. Cassiani e Barbosa (2015) ) também nos fizeram refletir sobre a importância de se levar em consideração as problemáticas de nossa região e não problemáticas impostas por currículos que, muitas vezes, vêm de fora e são apresentados de maneira descontextualizada aos nossos estudantes para os nossos estudantes.

Para além do objetivo central desta pesquisa, outros foram pretendidos, a começar pela tentativa de compreensão de como os conteúdos curriculares da Biologia Molecular, envolvidos pelas relações dos ECTS, podem contribuir para a construção de sentidos dos estudantes no Ensino Médio. Essa compreensão foi possível por meio das reflexões de Aikenhead (1994), que defende que o ensino que procura envolver as relações CTS começa com a introdução de um tema social, a partir do qual se analisa a tecnologia relacionada a esse tema, em seguida se parte para o estudo do conteúdo científico em função do tema social abordado, correlatando a tecnologia em função do conteúdo apresentado para, então, se retornar ao debate das questões sociais que originaram a discussão.

As reflexões sobre ECTS também nos possibilitaram pensar em estratégias para uma abordagem da Biologia Molecular menos fragmentada em sala de aula, isso pode ser percebido ao longo das descrições e análise da sequência didática construída durante esta pesquisa.

Também, almejamos valorizar a leitura e a escrita no Ensino de Biologia, discutindo



que estas ferramentas não devem ser preocupação apenas do professor de Língua Portuguesa. Todas as disciplinas precisam contribuir para ampliar as histórias de leitura e os processos de autoria dos estudantes.

Ademais, nos propusemos também analisar o funcionamento da sequência didática no processo de produção e circulação de sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, para discutirmos suas potencialidades e limitações.

Abordando inicialmente as potencialidades, destacamos que a sequência didática nos permitiu desenvolver momentos de reflexão que possibilitaram relacionar temáticas de relevância social, próximas à realidade dos estudantes (com aspectos científicos e tecnológicos), tal qual o momento da discussão sobre a insulina produzida a partir da manipulação genética de bactérias para o tratamento da Diabetes.

A introdução de temas sociais correlacionados aos conteúdos científicos previstos no currículo, tornou possível aos estudantes relacionarem suas experiências de vida com suas experiências escolares em Ciências, além disso, despertou a curiosidade e o maior interesse pelos conteúdos científicos propostos no currículo da disciplina.

A estruturação da sequência didática propiciou aos estudantes momentos para se posicionarem criticamente, argumentarem e ouvirem seus colegas sobre aspectos relacionados à ciência e à tecnologia e suas influências na sociedade, seja na cultura, economia, política ou na religião.

Sendo assim, podemos inferir que a sequência didática permeada por estratégias dos ECTS proporcionou condições para que os estudantes pudessem construir sentidos relacionados aos assuntos discutidos em sala aula, para então poderem se posicionar de forma responsável sobre essas questões que venham interferir na sociedade em que estão inseridos.

É pertinente lembrar aqui que com o desenvolvimento da sequência didática permeada pelas estratégias ECTS os estudantes demonstraram gosto e participação ativa nas atividades propostas durante as aulas, principalmente dos momentos em que podiam expressar seus pensamentos e argumentos, o que acreditamos ter auxiliado no desenvolvimento de senso crítico em relação à ciência e à tecnologia.

Observando algumas limitações em relação a utilização da abordagem ECTS no

Ensino de Biologia podemos destacar que o planejamento e a preparação da sequência didática exigem uma dedicação considerável. A escolha de temas sócio-científicos para relacionar com os conteúdos propostos no currículo da disciplina requer cuidado, estudo e atualização por parte do professor. Porém, acreditamos que com a prática, o tempo de dedicação possa ser menos oneroso para o professor.

Podem, ainda, ocorrer dificuldades quando o professor pretende utilizar diversos recursos didáticos durante as aulas, o que exigirá organização e reservas por parte do professor. Também, não são todas as escolas que podem fornecer materiais, tais como fotocópias dos textos para os estudantes utilizarem em sala e em casa, então, o professor terá que usar projeção ou abonar essas cópias, como foi o caso para o desenvolvimento desta pesquisa.

Na implementação desse tipo de sequência didática a organização do professor em relação aos assuntos a serem explorados em cada aula é muito importante para que não falte tempo, sendo assim, deve-se manter o cuidado de não selecionar textos muito longos e não deixar perder o foco durante as discussões dos temas sócio-científicos.

A quantidade de alunos em sala também é um aspecto relevante com relação a participação e envolvimento nas atividades da sequência. A turma que participou desta pesquisa era composta por 34 estudantes - por ser uma turma bastante grande, certamente em algumas aulas não dispusemos de tempo para que todos os estudantes pudessem expressar seus pensamentos e argumentos.

Considerando a dinâmica escolar, podemos afirmar que trabalhos como este estão sujeitos a algumas limitações, que são comuns a muitas escolas brasileiras, porém se forem desenvolvidas políticas públicas visando a melhoria da educação, com investimentos na formação inicial e continuada dos professores, será possível sim, o abandono do papel de meros transmissores de um conhecimento fragmentado por uma postura de mediadores da construção do conhecimento crítico, formadores de sujeitos aptos para uma leitura de mundo que permita exercer seu papel de cidadão de forma responsável.

Nesse sentido, esperamos que o desenvolvimento desta pesquisa possa contribuir para um repensar do Ensino de Biologia, em especial a subárea da Biologia Molecular, considerada difícil pelos estudantes, por abordar conteúdos complexos e abstratos.

Levamos em consideração a incompletude desta pesquisa, mas estamos cientes que a mesma abre um espaço para que possamos instigar pesquisadores e professores a desenvolverem estratégias para abordagem dos conteúdos de Biologia de forma menos conteudista e fragmentada, facilitando o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes e possibilitando a produção de sentidos sobre assuntos abordados em sala de aula. Assim, visamos, também, oportunizar reflexões críticas relacionadas à ciência, à tecnologia e à sociedade (em suas relações intrínsecas), preparando os estudantes para serem sujeitos criativos, críticos e capazes de se perceberem como sujeitos participantes na sociedade, aptos a investigarem soluções para problemas cotidianos a partir de seus conhecimentos científicos.

## REFERÊNCIAS

- AIKENHEAD, G. What is STS science teaching? **STS education: International perspectives on reform**, p. 47–59, 1994.
- ALVES, R. **Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras**. São Paulo: [s.n.], 1981.
- AMORIM, A. C. O. **Ensino de Biologia e as relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade: o que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio?** Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- ANDRADE, I. B.; MARTINS, I. Discursos de professores de ciências sobre leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 1–25, 2006.
- ANDRÉ, M. **Etnografia da prática escolar**. [S.l.]: Papirus Editora, 2013.
- ANDREATTA, S. A.; MEGLHIORATTI, F. A. **A integração conceitual do conhecimento biológico por meio da teoria sintética da evolução: possibilidades e desafios no Ensino de Biologia**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2353-8.pdf>>.
- AULER, D. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- AVELLANEDA, M. F.; LINSINGEN, I. von. Um olhar para a educação científica e tecnológica a partir dos estudos sociais da ciência e da tecnologia: abrindo novas janelas para a educação. In: KREIMER, P. et al. (Ed.). **Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnologia y la sociedad**. Mexico: Siglo XXI editores, 2014. p. 505–518.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BOCHECO, O. **Parâmetros Para A Abordagem De Evento No Enfoque CTS**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2000. Acesso 15 de março de 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>.
- BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2006. (Orientações Curriculares Para O Ensino Médio, v. 2).
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília, 2013. Acesso em 08 de março de 2018. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192)>.

- BYBEE, R. W. Science Education and the Science-Technology-Society (S-T-S) theme. **Science Education**, Wiley-Blackwell, v. 71, n. 5, p. 667–683, oct 1987.
- CASSIANI, S.; BARBOSA, A. T. Efeitos de colonialidade no currículo de ciências do ensino secundário em Timor-Leste. **Revista Dynamis**, Fundação Universidade Regional de Blumenau, v. 21, n. 1, p. 3, nov 2015.
- CASSIANI, S.; GIRALDI, P. M.; LINSINGEN, I. É possível propor a formação de leitores nas disciplinas de Ciências Naturais? Contribuições da análise de discurso para a educação em ciências. **Educação: Teoria e Prática**, v. 22, n. 40, p. 43–57, 2012.
- CASSIANI, S.; LINSINGEN, I. v. Educação CTS em perspectiva discursiva: contribuições dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia. **Redes**, v. 16, n. 31, p. 163–182, 2010.
- CASSIANI, S. S.; ALMEIDA, M. J. P. M. Escrita no Ensino de Ciências: autores do Ensino Fundamental. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 3, p. 367–382, 2005.
- CASSIANI-SOUZA, S. **Leitura e fotossíntese: proposta de ensino numa abordagem cultural**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89–100, 2003.
- CHASSOT, A. A ciência é masculina? é, sim senhora!... **Contexto e educação**, p. 9–28, 2004.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Editora Vozes, 2014.
- COSMOPOLITE. **Cosmopolite ou nouvelle lumière de la physique naturelle**. Paris: Pour servir d'éclaircissement aux 3 Principes de la Nature, 1742.
- CRUZ, S. M. S. C. S. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- CUNHA, A. L. R. dos S.; ALVES, J. M.; ALMEIDA, A. C. P. C. de. A motivação discente em aulas de biologia com quadrinhos. **SBEnBio**, n. 7, p. 604–616, 2014.
- DAGNINO, R. O que é o PLACTS (Pensamento Latino-americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade)? **Ângulo**, n. 140, p. 47–61, 2015.
- DAGNINO, R.; THOMAS, H.; DAVYT, A. El pensamiento en Ciencia, Tecnologia y Sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. v. 3, p. 13–51, 01 1996.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DIAS, R. d. B. **A política científica e tecnológica latino-americana: relações entre enfoques teóricos e projetos políticos**. Dissertação (Mestrado) — UNICAMP, Campinas, 2005.

- EISNER, W. **Narrativas gráficas**. São Paulo: Devir livraria, 2005.
- FALETTO, E. Los años 60 y el tema de la dependencia. **Estudios Avanzados**, v. 12, n. 33, p. 109–117, 1998.
- GALIETA, T.; DORVILLÉ, L. F. Sequências didáticas de ensino de ciências e biologia com enfoque nos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). In: SANTORI, R. T.; SANTOS, M. G.; SANTOS, M. C. F. (Ed.). **Da célula ao ambiente: propostas para o ensino da Ciências e Biologia**. Rio de Janeiro: UERJ/FFP, 2017. cap. 4.
- GARCIA, M. I. G.; CERREZO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Editorial Tecnos, 1996.
- GERALDI, J. W. **Portos de passagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.
- GOUVEIA, F. **Aplicações da genética, riscos e promessas**. São Paulo, 2010.
- HAMBURGER, E. W. Apontamentos sobre o ensino de ciências nas séries escolares iniciais. **Estudios Avanzados**, v. 21, n. 60, p. 93–104, 2007.
- HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, p. 357–366, 1988.
- KOEPSEL, R. **CTS no ensino médio: aproximando a escola da sociedade**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: EDUSP, 2004.
- LETA, J. As mulheres na ciência brasileira: conhecimento, contraste e um perfil de sucesso. **Estudios avanzados**, v. 17, n. 49, p. 271–282, 2003.
- LINSINGEN, I. v. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007.
- LINSINGEN, I. v.; CASSIANI, S. Educação CTS em perspectiva discursiva: contribuições dos estudos sociais da ciência e da tecnologia. **Redes**, v. 16, n. 31, p. 163–182, 2010.
- LOPES, A. C. Os parâmetros curriculares para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Educ. Soc., Campinas**, v. 23, n. 80, p. 386–400, 2002.
- LORENZETTI, L. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 1986. (Temas Básicos de Educação e Ensino).
- LUYTEN, S. M. B. História em quadrinhos: um recurso de aprendizagem - introdução. In: **História em quadrinhos: um recurso de aprendizagem**. [S.l.]: Rosa Helena Mendonça, 2011a, (Salto para o futuro). p. 5–8.

- LUYTEN, S. M. B. Quadrinhos na sala de aula. In: **História em quadrinhos: um recurso de aprendizagem**. [S.l.]: Rosa Helena Mendonça, 2011b, (Salto para o futuro). p. 21–26.
- MACHADO, N. J. Interdisciplinaridade e contextualização. In: SCHOLZE, L.; OLIVEIRA, R. dos A.; MORAES, J. S. (Ed.). **Exame Nacional Do Ensino Médio (ENEM) Fundamentação Teórico-metodológica**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2005. p. 41–55.
- MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 2006.
- NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). **Revista de Nutrição**, v. 16, p. 105–116, 01 2003.
- OLIVEIRA, C. M. A. de; CARVALHO, A. M. P. de. Escrevendo em aulas de ciências. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 3, p. 347–366, 2005.
- OLIVEIRA, O. B. **Possibilidades da escrita no avanço do senso comum para o saber científico na 8ª série do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Campinas, 2001.
- OLIVEIRA, S. d. **Limites e potencialidades do enfoque cts no ensino de química utilizando a temática qualidade do ar interior**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, 2015.
- ORLANDI, E. P. **A Linguagem e seu Funcionamento**. 3. ed. Campinas: Editora Pontes, 1996.
- ORLANDI, E. P. **Discurso e leitura**. Campinas: Cortez Editora, 2001.
- ORLANDI, E. P. **Álise de Discurso: Princípios e Procedimentos**. 4. ed. São Paulo: Pontes, 2002.
- PAIVA, S. N.; KAWAMURA, M. R. D. **Aspectos curriculares nas diretrizes e documentos curriculares nacionais nos últimos anos**. 2016.
- PARANÁ. **Diretrizes curriculares da Educação Básica**. Curitiba, 2008. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce\\_bio.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_bio.pdf)>.
- PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299–309, 2007.
- PEREIRA, P. B. **O meio ambiente e a construção de sentidos no Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- PEREIRA, P. B.; CASSIANI, S.; LINSINGEN, I. von. O meio ambiente e a construção de sentidos no ensino fundamental. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 17, p. 76–88, 2012.
- RAMOS, P. **A Leitura dos quadrinhos**. São Paulo: Editora Contexto, 2010.

- RICARDO, E. C. **Competências, interdisciplinaridade e contextualização: dos parâmetros curriculares nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SANTOS, R. E. dos; VERGUEIRO, W. Histórias em quadrinhos no processo de aprendizado: da teoria à prática. **EccoS - Revista Científica**, n. 27, p. 81–95, 2012.
- SANTOS, T. d. Los retos de la globalización. ensayo en homenaje a theotonio dos santos. In: SEGRERA, F. L. (Ed.). **La teoría de la dependencia un balance histórico y teórico**. Venezuela: UNESCO, 1998.
- SANTOS, W. L. P. d. **O ensino de química para formar o cidadão: principais características e condições para a sua implantação na escola secundária brasileira**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.
- SANTOS, W. L. P. D. Educação científica humanística em uma perspectiva Freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria**, v. 1, n. 1, p. 109–131, 2008.
- SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1–23, 2002.
- SOUSA, G. P. **Educação CTS e genética. elementos para a sala de aula: potencialidades e desafios**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, 2013.
- SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Escrita no ensino de ciências: autores do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 3, p. 367–382, 2005.
- STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS e Ensino Médio: espaços de articulação**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. Tese (Doutorado) — Universidade De São Paulo, São Paulo, 2012.
- TAKEMURA, M. **Guia Manga de Biologia Molecular**. São Paulo: Novatec Editora, 2014.
- TRIVELATO, S. L. F. **Ciência/Tecnologia/Sociedade: mudanças curriculares e formação de professores**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- VERGUEIRO, W. Uso das HQs no ensino. In: RAMA, A. et al. (Ed.). **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Editora Contexto, 2016. cap. 1, p. 7–30.
- VERGUEIRO, W.; RAMOS, P. Os quadrinhos (oficialmente) na escola: dos pcn ao pnbr. In: VERGUEIRO, W.; RAMOS, P. (Ed.). **Quadrinhos na Educação**. São Paulo: Editora Contexto, 2009. cap. 1.
- YAGER, R. E. **Science/Technology/Society as reform in Science Education**. New York: State University of New York Press, 1996. (SUNY series in science education).
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. ARTMED, 1998. (Biblioteca Artmed: Fundamentos da educação). Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=5fnkAAAACAAJ>>.



**APÊNDICE A – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

## TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Sentidos sobre Biologia Molecular no Ensino Médio: Uma análise das potencialidades e limitações de textos alternativos ao livro didático

Pesquisador Responsável: Profa. Dra. Patrícia Barbosa Pereira

Colaboradora: Tabatta Cristina Fritzen da Silva Lavarda

Local da Pesquisa: Colégio Estadual Pedro Macedo

Endereço: Av. Rep. Argentina, 2376 - Portão, Curitiba – PR.

### O que significa assentimento?

Assentimento significa que você, menor de idade, concorda em fazer parte de uma pesquisa. Você terá seus direitos respeitados e receberá todas as informações sobre o estudo, por mais simples que possam parecer.

Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entenda. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe do estudo para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda claramente.

### Informação ao participante

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de analisar os processos de construção de sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática permeada por estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Esta pesquisa é importante porque a visão do(a) aluno(a) é necessária no processo de ensino.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal \_\_\_\_\_ (rubrica)

Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE \_\_\_\_\_ (rubrica)

Orientador \_\_\_\_\_ (rubrica)

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde/UFPR.  
Parecer CEP/SD-PB.nº 2620/463  
na data de 25/04/2018.

Os benefícios da pesquisa são, o melhoramento dos materiais didáticos utilizados em sala, nas futuras aulas sobre os conteúdos de Biologia Molecular que são trabalhados no Ensino Médio.

O estudo será realizado através do desenvolvimento de uma sequência didática, nas aulas de Biologia, mais precisamente sobre conteúdos de Biologia Molecular, a partir de materiais alternativos e textos diversos ao livro didático, debates e discussões. Além disso, contará com a aplicação de questionários e elaboração de diários de bordo, onde sua identidade será mantida em segredo e esse material será descartado ao término do estudo, dentro de seis meses.

### **Que devo fazer se eu concordar voluntariamente em participar da pesquisa?**

Caso você aceite colaborar, será necessário participar das atividades propostas, tais como: produções textuais e discussões em sala de aula no próprio colégio durante o horário das aulas de Biologia. Se você se sentir constrangido(a) ou desconfortável com alguma atividade poderá interromper sua participação e retornar quando sentir-se à vontade para continuar, ou mesmo desistir da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

A sua participação é voluntária. Caso você opte por não participar não terá nenhum prejuízo no seu colégio.

### **Contato para dúvidas**

Se você ou os responsáveis por você tiverem dúvidas com relação ao estudo ou aos riscos relacionados a ele, você deve contatar a pesquisadora responsável ou membro de sua equipe: Profa. Patrícia Barbosa Pereira ou Tabatta Cristina Fritzen da Silva, pelo telefone 3360-5149 ou no endereço: Setor de Educação da UFPR, Rua General Carneiro, 460, Ed. Dom Pedro I, 5º andar, gabinete 508C, Alto da XV, Curitiba/PR.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal _____ (rubrica)
Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE _____ (rubrica)
Orientador _____ (rubrica)

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD  
Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 | cometica.saude@ufpr.br  
- telefone (041) 3360-7259

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde/UFPR.  
Parecer CEP/SD-PB, nº 2620/463  
na data de 25/09/2018

Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259.

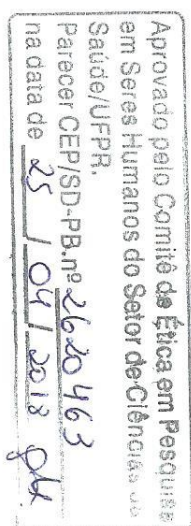
### DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO PARTICIPANTE

Eu li e discuti com a pesquisadora responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste documento.

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.



\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) Adolescente

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TALE

**APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**



## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nós, Tabatta Cristina Fritzen da Silva Lavarda e Patrícia Barbosa Pereira, pesquisadoras da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando seu/sua filho/a, estudante do Ensino Médio, a participar de um estudo intitulado “Sentidos sobre Biologia Molecular no Ensino Médio: Uma análise das potencialidades e limitações de textos alternativos ao livro didático”. Esta pesquisa tem como finalidade contribuir para a área de Ensino de Ciências e é parte integrante da dissertação de Mestrado da pesquisadora colaboradora.

- a) O objetivo desta pesquisa é analisar os processos de construção de sentidos sobre a Biologia Molecular no Ensino Médio, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática permeada por estratégias de ensino-aprendizagem com enfoque nas relações propostas pelos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na educação.
- b) Caso o/a senhor/a autorize a participação de seu/sua filho/a na pesquisa, será necessário que ele/a participe de rodas de conversa, atividades e debates propostos durante as aulas, bem como da confecção de diários de bordo e realização de atividades escritas, dentro da temática de Biologia Molecular, condizente ao conteúdo programático da disciplina de Biologia no primeiro ano do Ensino Médio.
- c) Para tanto, seu/sua filho/a deverá comparecer no Colégio Estadual Pedro Macedo, Rua República Argentina, 2376, Portão, para participar das atividades propostas, a serem desenvolvidas durante 9 aulas de Biologia, o que levará, aproximadamente, 50 minutos por aula. É importante ressaltar que as atividades serão realizadas no período convencional de aula, portanto, a presença em sala é necessária e está condicionada às normas da própria instituição. Porém, caso o/a estudante não queira participar da pesquisa, terá sua fala descartada na transcrição das aulas, bem como não terá o diário de bordo e atividades textuais recolhidos e analisados.
- d) É possível que seu/sua filho/a experimente algum desconforto, tais como constrangimento, principalmente relacionado à participação dos debates e discussões, ou durante a confecção do diário de bordo.
- e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser experimentados pelo/a seu/sua filho/a, tais como constrangimento ou desconforto ao responder alguma questão ou durante a participação nas atividades propostas pela sequência didática. Nesses casos, tais atividades poderão ser imediatamente interrompidas e retomadas quando sentir-se à vontade para continuar, ou mesmo pode haver a desistência de participação na pesquisa, sem que haja nenhum ônus para ele/a. Outros riscos são eventuais acidentes durante atividades propostas, tais como quedas naturais, esbarrões e/ou batidas nas carteiras, todas sendo situações convencionais de sala de aula.

É importante ressaltar que todas as atividades serão realizadas dentro de sala de aula. Nesses casos, o/a participante afetado poderá ser atendido primeiramente na coordenação. Caso seja necessário, o serviço de saúde médico privado da instituição poderá ser acionado.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal  
 Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE  
 Orientador

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde/UFPR.  
 Parecer CEP/SD-PB nº 2620463  
 na data de 25/04/2018. qv

- f) O benefício esperado com esta pesquisa é apontar alternativas para amenizar o distanciamento entre os conteúdos da Biologia Molecular e o cotidiano dos estudantes, buscando estimular e desenvolver compreensões das relações entre os conteúdos curriculares da Biologia Molecular e as realidades dos estudantes. Nem sempre seu/sua filho/a será diretamente beneficiado com o resultado da pesquisa, mas, poderá contribuir para o avanço científico, podendo ser beneficiado no futuro.
- g) As pesquisadoras Profa. Dra. Patrícia Barbosa Pereira (pesquisadora responsável/orientadora), e Tabatta Cristina Fritzen da Silva Lavarda (mestranda/colaboradora), responsáveis por este estudo poderão ser localizadas no Colégio Estadual Pedro Macedo, Avenida República Argentina 2376, Bairro Portão, Curitiba/PR, entre segunda e sexta-feira, das 7h30 às 11h45, ou no DTPEN (Departamento de Teoria e Prática de Ensino, Rua General Carneiro, 460, Ed. Dom Pedro I, 5º andar, gabinete 508C, Alto da XV, Curitiba/PR, nas terças e quartas feiras, entre as 8h30 e 12h ou 14h30 e 18h, para esclarecer eventuais dúvidas que ele/a possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo. No entanto, apenas solicitamos que nos avisem com antecedência pelos telefones ou e-mails:

41-995761748 / [tabattacristina@gmail.com](mailto:tabattacristina@gmail.com) (Tabatta);

41-33605383 / [patricia2708@gmail.com](mailto:patricia2708@gmail.com) (Patrícia).

- h) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas (Profa. Dra. Patrícia Barbosa Pereira, orientadora da pesquisa). No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade**.
- i) O material obtido - diários de bordo, gravações de áudio das aulas e atividades textuais realizadas - será utilizado unicamente para essa pesquisa e será destruído/descartado (por incineração) ao término do estudo, dentro de seis meses.
- j) As despesas necessárias para a realização da pesquisa, tais como cópias de textos e atividades, não são de sua responsabilidade e o senhor/a não receberá qualquer valor em dinheiro pela participação do seu/sua filho/a.
- k) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá o nome de seu/sua filho/a, e sim um código.
- l) Se o senhor/a tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal \_\_\_\_\_ (rubrica)  
 Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE \_\_\_\_\_ (rubrica)  
 Orientador \_\_\_\_\_ (rubrica)

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde/UFPR.  
 Parecer CEP/SD-PB.nº 2620463  
 na data de 25/04/2018 ghh



- m) Autorizo (  ), não autorizo (  ), o uso da imagem-áudio-atividades textuais- do meu/minha filho/a para fins da pesquisa, sendo seu uso restrito a análise de dados da pesquisa, a ser incinerados e descartados ao fim da pesquisa.

Eu, \_\_\_\_\_ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo com a participação do meu filho neste estudo.

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018

\_\_\_\_\_  
Assinatura do/da Responsável Legal

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE







**APÊNDICE D – PERFIL DO ESTUDANTE****PERFIL DO ESTUDANTE**

Qual o seu nome completo? \_\_\_\_\_

Qual a data e local do seu nascimento? \_\_\_\_\_

Em qual bairro de Curitiba você mora? \_\_\_\_\_

Com quem você mora? \_\_\_\_\_

Você gosta deste colégio? \_\_\_\_\_. Por quê? \_\_\_\_\_

Você trabalha ou já trabalhou, se sim, com que? \_\_\_\_\_

O que você mais gosta de fazer no seu tempo livre? \_\_\_\_\_

Qual é o seu tipo de leitura preferida? Por quê? \_\_\_\_\_

Qual tipo de programa de TV você mais gosta? Você assiste algum que fala sobre Ciência? \_\_\_\_\_

Sobre o que você mais pesquisa na internet? Você usa a internet para se aprofundar nos seus estudos? \_\_\_\_\_

Você gosta de escrever fora da escola, textos na internet ou diários por exemplo? \_\_\_\_\_

Qual profissão você quer exercer no futuro? \_\_\_\_\_. Por quê da escolha? \_\_\_\_\_

Você já reprovou alguma vez? \_\_\_\_\_. Em que série? \_\_\_\_\_

Você lembra por quê? \_\_\_\_\_

Você acha que é importante ir para à escola? Por quê \_\_\_\_\_

Você costuma discutir com alguém sobre os assuntos que você aprendeu na escola? \_\_\_\_\_

Com quem? \_\_\_\_\_. Por quê? \_\_\_\_\_

Qual o assunto que você mais gostou de estudar na disciplina de Ciências no Ensino Fundamental? E qual assunto você mais gostou de estudar agora em Biologia no Ensino Médio? \_\_\_\_\_

Qual o tipo de aula que você mais gosta de participar? Aulas nas quais apenas o professor fala para explicar o conteúdo ou aulas onde os alunos discutem o assunto com o professor? Por que? \_\_\_\_\_

Qual a disciplina que você mais gosta? \_\_\_\_\_. Por quê? \_\_\_\_\_

Qual a disciplina que você menos gosta? \_\_\_\_\_. Por quê? \_\_\_\_\_

Você acha a Biologia uma disciplina difícil? Por quê? \_\_\_\_\_

O que você acredita que poderia ser mudado na escola para que os estudantes tenham mais interesse em aprender a Biologia? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

O que você gostaria de aprender em Biologia? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**APÊNDICE E – ENTREVISTA COM A PROFESSORA**

1. Qual é a sua formação?
2. Em qual instituição você se formou? A quanto tempo?
3. Há quantos anos você leciona?
4. Quais as disciplinas que você leciona?
5. Você tem preferência por alguma disciplina? Por quê?
6. E por turma, existe preferência? Por quê?
7. Com quais turmas você trabalha nesta escola?
8. Quanto as condições para o seu trabalho, você está satisfeita?
9. O que você acredita que poderia ser diferente na escola? Por quê?
10. Como professora, você acredita que tem autonomia aqui na escola?
11. Quais são os recursos didáticos que você utiliza na preparação e execução de suas aulas?
12. Na sua opinião, como estão a qualidade dos recursos didáticos que estão a sua disposição aqui na escola?
13. Quais são as fontes que você utiliza para se atualizar e se manter informada sobre os assuntos que leciona?
14. Você acredita que a universidade, com suas pesquisas, tem ajudado a escola a superar suas dificuldades? Por quê?
15. Aqui na escola tem laboratório de Ciências? Você tem dificuldades para utilizá-lo? Por quê?
16. Ficou definido, que a turma que trabalharei será a \_\_\_\_\_. O que acha que eu preciso saber a respeito desta turma?
17. Quais são as principais desafios diante desta turma?

## APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

### Questionário de avaliação da sequência didática

Contamos com sua colaboração para avaliar o desenvolvimento da sequência didática “Como são produzidas as proteínas no corpo humano”. Para sabermos suas impressões sobre o desenvolvimento da proposta de ensino e sobre a sua participação nesse processo, gostaríamos que respondesse as questões a seguir. Você não precisa se identificar.

1. Qual sua opinião sobre a forma como as aulas foram conduzidas durante a aplicação da sequência didática?
2. Em relação, ao conjunto das 9 aulas ministradas pela pesquisadora como você avalia o desenvolvimento da temática? Houve alguma diferença em relação ao outras aulas sobre Biologia Molecular que você já teve?
3. Destaque quais para você foram os pontos positivos e negativos das metodologias empregadas no decorrer da sequência didática?
4. O que você pensa sobre uso das Histórias em Quadrinhos como recurso didático para estudar a Biologia Molecular?
5. No seu entender, o que deveria ser modificado ou melhorado para que você possa ter uma melhor compressão sobre os assuntos estudados?
6. Durante o desenvolvimento da sequência didática você construiu diários de bordo relatando sobre o que aprendeu e suas impressões sobre as aulas. Qual a sua opinião sobre a utilização dos diários servirem como instrumentos de avaliação?
7. Como você avalia sua aprendizagem em relação aos assuntos abordados durante o desenvolvimento da sequência didática?
8. Sobre qual dos temas abordados na sequência didática você tem maior curiosidade. Por quê?
9. Como você avalia sua participação nas aulas durante a proposta didática?

## ANEXO A – CONHEÇA A HISTÓRIA DA DESCOBERTA DE WATSON E CRICK

Por Rodrigo Luís Rahal, em 29/10/2009<sup>1</sup>

O DNA foi **descoberto** em 1869 pelo bioquímico suíço Johann Friedrich Miescher (1844-1895), discípulo do professor Ernst Felix Immanuel Hoppe-Seyler (1825-1895), que desenvolveu vários estudos importantes, principalmente no que se refere à hemoglobina. Mas, até então, não se conhecia a estruturação tridimensional do DNA - e nem como poderia ser sua configuração molecular.

Em 1916, nascia Francis Harry Compton Crick, em Northampton, na Inglaterra. Filho de um fabricante de sapatos, desde cedo ele mostrou ter certa tendência para assuntos da ciência. Formou-se em Física, em 1937, pela University College, de Londres, Inglaterra, e trabalhou no laboratório de pesquisas do almirantado, desenvolvendo radares e minas magnéticas.

Já o americano James Dewey Watson nasceu em Chicago, EUA, em 1928. Ele era criança quando começou a interessar-se por pássaros, o que certamente o levou a seguir a carreira de naturalista. Bem mais tarde, já na Universidade de Chicago, leu o livro *O Que é a Vida?* de Erwin Schrödinger, e ficou impressionado com o conteúdo da obra. Esse livro influenciou tanto a forma de pensar de Watson que, em 1947, ele passou a se interessar pela genética e a dedicar-se ao estudo de vírus, na Universidade de Indiana.

### A parceria

Somente em 1951, em Nápoles, sul da Itália, num congresso internacional consagrado ao tema da estrutura de moléculas encontradas em células vivas, Francis Crick conheceu James Watson, dando início a uma parceria que, dois anos mais tarde, seria responsável por uma das mais importantes descobertas das ciências biológicas: juntos, elaboraram o modelo da dupla hélice para a molécula de DNA.

Em 1953, Watson e Crick apresentaram um modelo compatível com os resultados experimentais que haviam sido obtidos até aquele momento. Esse modelo serviu de base para experimentos históricos que confirmaram a hipótese inicial desses cientistas.

A estratégia empregada por Watson e Crick foi construir um modelo molecular que levasse em conta o tamanho e a configuração espacial dos nucleotídeos. Assim, através de estudos de difração de raios X, Watson e Crick revelaram que a molécula de DNA é um composto formado por duas longas cadeias paralelas, constituídas por nucleotídeos dispostos em sequência.

Os nucleotídeos são moléculas compostas por uma pentose (desoxirribose), uma molécula de ácido fosfórico e uma base nitrogenada. Hoje se sabe que essas duas cadeias polinucleotídicas são rigorosamente complementares: se houver uma base nitrogenada do tipo adenina (A) em uma das cadeias, haverá, na outra cadeia, na mesma posição, uma timina (T). Da mesma forma, se houver uma citosina (C) em uma das cadeias, haverá uma guanina (G) na posição correspondente da cadeia complementar.

Os nucleotídeos de uma das cadeias da molécula de DNA mantêm-se unidos aos nucleotídeos da outra cadeia por ligações de hidrogênio, estabelecidas entre as bases: a adenina liga-se especificamente à timina, e a citosina liga-se especificamente à guanina.

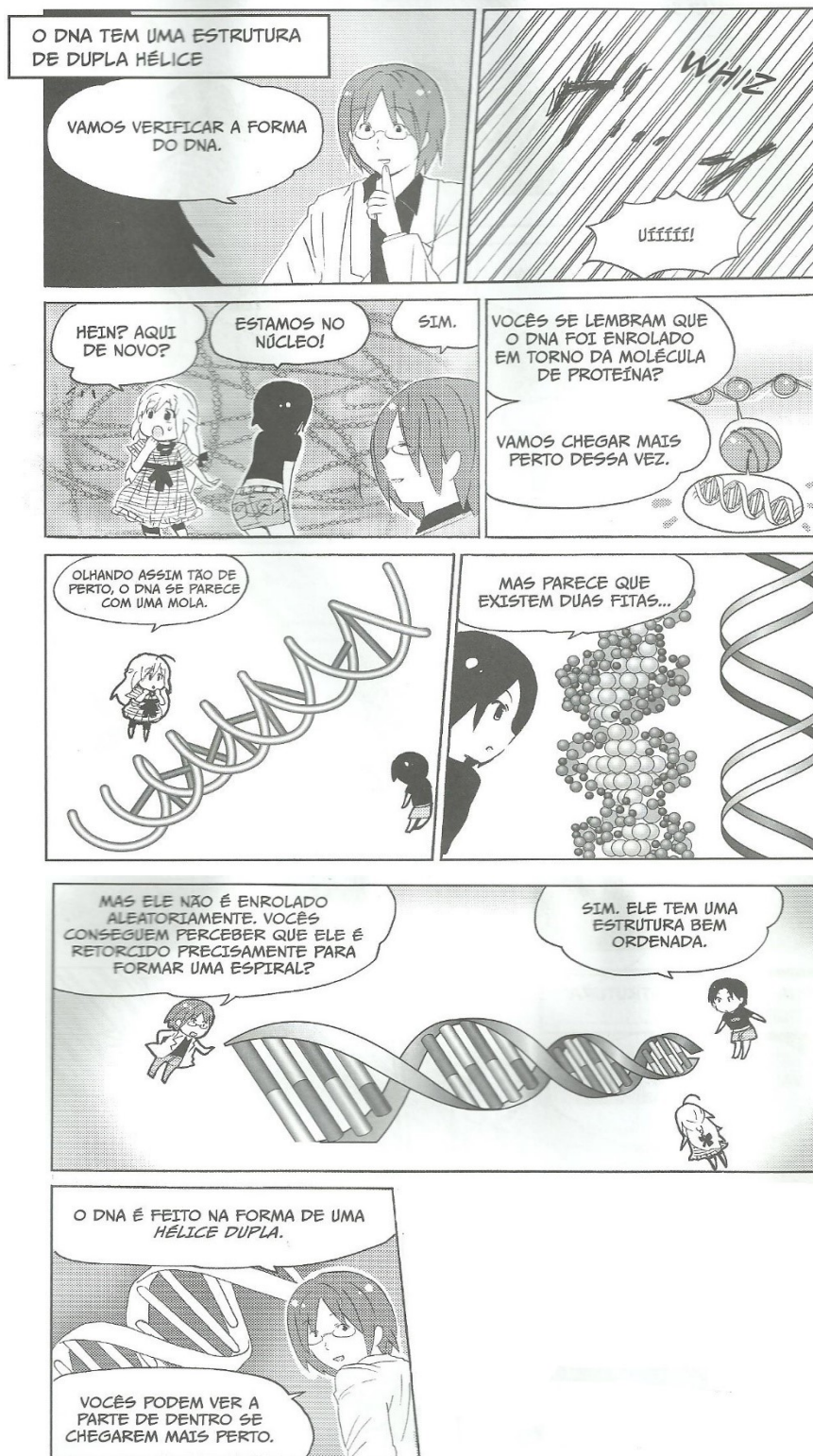
Portanto, segundo o modelo proposto por Watson e Crick, a molécula de DNA é constituída por duas cadeias polinucleotídicas dispostas em hélice ao redor de um eixo imaginário, girando para a direita (uma hélice dupla). Ou seja, a molécula de DNA apresenta

<sup>1</sup> Fonte: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/dupla-helice-do-dna-conheca-a-historia-da-descoberta-de-watson-e-crick.htm?tipo=3>

a forma de uma escada em caracol, na qual os "degraus" são compostos por bases de nitrogênio dos nucleotídeos e, os "corrimãos" são fosfato e açúcar ligados covalentemente - por isso, diz-se que o DNA tem o formato de uma fita helicoidal.

Em 25 de abril de 1953, Watson e Crick publicaram seus resultados em uma edição da revista científica Nature - e em 1962 receberam o Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia, tornando-se dois dos cientistas mais importantes da história moderna.

Figura 14 – Estrutura do DNA.



Fonte: Takemura (2014)



## ANEXO B – INSULINA: “UM DOS PRIMEIROS TRANSGÊNICOS DO MUNDO”

Está difícil mesmo escapar dos transgênicos hoje em dia. Os organismos geneticamente modificados (OGMs) estão mais presentes no dia-a-dia do que se imagina e não apenas nos campos de soja ilegal do Rio Grande do Sul. Nos supermercados, lanchonetes, hospitais e farmácias, o consumidor está cercado de produtos fabricados com o auxílio da biotecnologia e da engenharia genética.

A história começa na década de 70, quando Herb Boyer e Stanley Cohen, dois pesquisadores americanos, desenvolveram a tecnologia de DNA recombinante, pela qual é possível transferir genes de um organismo para outro. Partindo do princípio de que o DNA tem sempre a mesma estrutura e obedece aos mesmos mecanismos biológicos em todos os seres vivos - bactéria, homem, cacto ou minhoca -, é possível tirar um gene de uma espécie e colocá-lo em outra, sem que sua função original seja alterada ou perdida. Se pensarmos no genoma como um livro e nos genes como palavras, a técnica funciona como um editor de texto: você pode cortar, copiar e colar - todos falam a mesma língua.

O gene que coordena a produção de insulina em seres humanos, portanto, faz o mesmo dentro de uma bactéria, assim como o gene que codifica uma toxina contra lagartas numa bactéria vai fazer o mesmo num pé de milho. Nasceram, então, os organismos geneticamente modificados, também conhecidos como transgênicos.

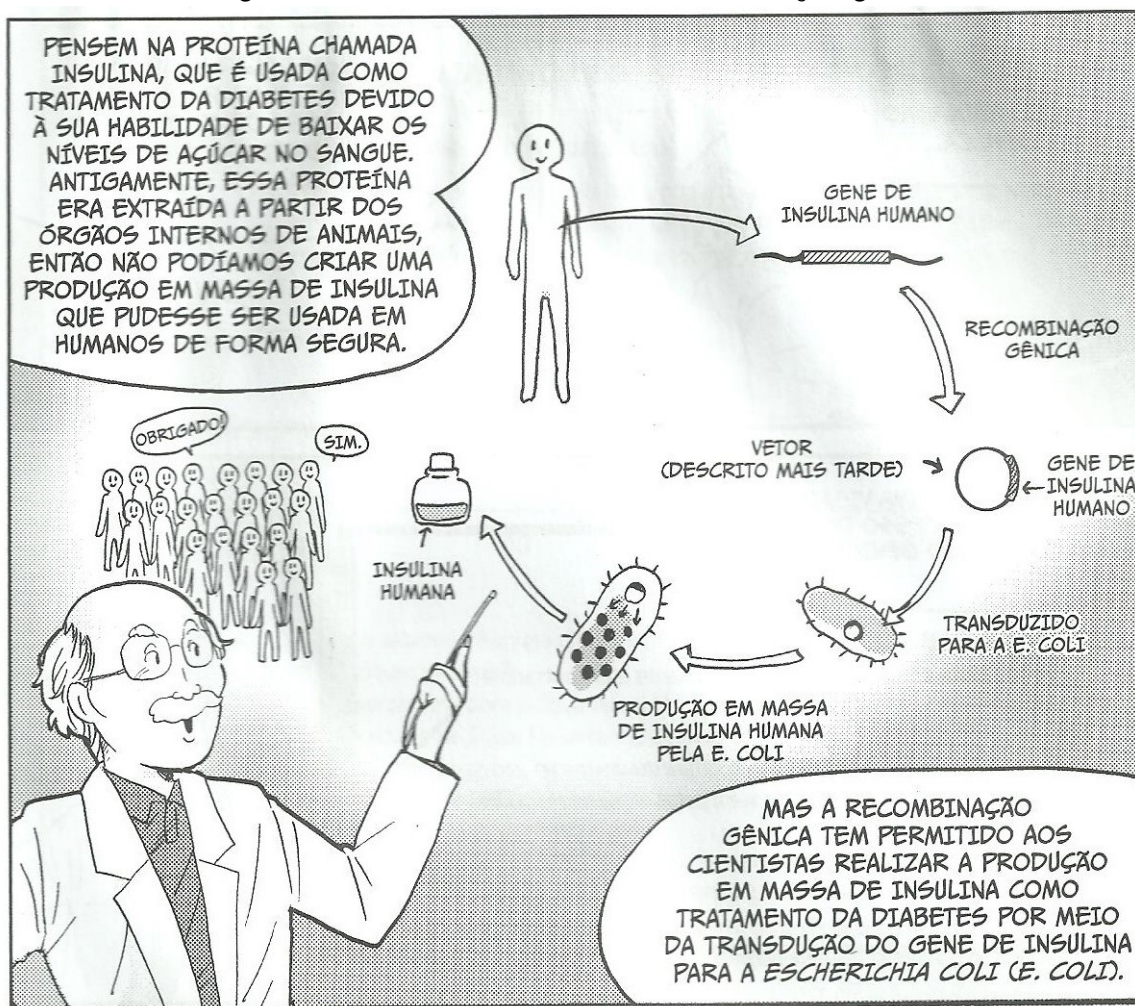
As tão debatidas variedades agrícolas - soja, milho e algodão - são apenas os frutos mais recentes dessa tecnologia. Organismos transgênicos, principalmente leveduras e bactérias, são usados há mais de duas décadas em processos para a produção de medicamentos e alimentos industrializados, como queijos, pães e refrigerantes.

O primeiro produto derivado de um organismo transgênico chegou ao mercado em 1982. Era a insulina, produzida por uma bactéria geneticamente modificada com um gene humano. Até então, a insulina injetada por diabéticos tinha de ser extraída de bois e porcos, por ser parecida com a humana, mas não idêntica, o que causava reações alérgicas. A insulina recombinante acabou como problema, pois é exatamente igual à humana.

Microrganismos transgênicos contribuem hoje para a produção de mais de 400 produtos de uso médico, desde vitamina C a medicamentos contra a aids, segundo dados da Associação Nacional de Biossegurança (Anbio). Outro exemplo é o fator humano de proliferação de células do sangue, sintetizado por meio de bactérias transgênicas há aproximadamente dez anos.

Segundo o presidente do Hospital do Câncer, Ricardo Brentani, o fator recombinante foi essencial para viabilizar transplantes de medula óssea. “*O gene inserido na bactéria codifica um hormônio que estimula a multiplicação de leucócitos, as células brancas do sangue, reforçando as defesas do organismo contra infecções após o transplante*”, explica Brentani. Ele cita ainda o fator 8 de coagulação do sangue, usado no tratamento de hemofílicos, o hormônio de crescimento humano e a vacina contra a hepatite B - todos recombinantes, ou seja, produzidos a partir de um organismo geneticamente modificado.

Figura 15 – Trecho de HQ sobre recombinação gênica.



Fonte: Takemura (2014)

## ANEXO C – AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS

Em 2013 completam-se dez anos desde liberação para a produção de transgênicos no Brasil (o primeiro alimento liberado foi um tipo modificado de soja, pela pressão de agricultores do Rio Grande do Sul). Até hoje, porém, não faltam polêmicas e discussões sobre quais seriam as reais vantagens e desvantagens dos alimentos transgênicos para o meio ambiente e para a saúde. Não é por acaso que estes questionamentos merecem atenção especial por aqui: o Brasil é o segundo maior produtor de transgênicos do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Aproximadamente 90% de toda a soja cultivada em nossas terras é geneticamente modificada.

A principal vantagem para a utilização de sementes geneticamente modificadas, segundo apontado por organizações internacionais como a ONU, é o aumento da produtividade. Mais resistentes a pragas e aos agrotóxicos, as culturas transgênicas podem ser colhidas mais rapidamente e com menos perda, o que resultaria no ganho para o agricultor e, também, na diminuição dos preços dos alimentos – um fator importante no combate à fome.

A modificação genética possibilita ainda a geração de alimentos enriquecidos, com maior quantidade de vitaminas, por exemplo, do que suas versões não modificadas. Com menos agrotóxicos, os transgênicos apresentariam características mais benéficas ao consumo humano, com alterações previstas de maneira mais controlada.

Os opositores aos transgênicos, porém, enxergam todo este cenário de forma bem diferentes e enumeram desvantagens bastante contundentes no cultivo e proliferação deste tipo de alimento. Do ponto de vista ambiental, a utilização de culturas modificadas provocaria um grande desequilíbrio nos ecossistemas agrícolas. Além de livrar as plantas de pragas, as modificações também abalariam toda uma delicada cadeia de outros animais benéficos ao ambiente e ao solo, quebrando uma cadeia harmônica e natural.

Outra questão é que a utilização dos transgênicos promove a diminuição da biodiversidade. Por causa da busca por maior produtividade em larga escala, espécies locais dos alimentos acabam sendo praticamente extintas do processo de cultivo, trocadas por versões modificadas geneticamente (mais resistentes e lucrativas). Além disso, as espécies transgênicas acabariam, exatamente por sua resistência, se proliferando de forma descontrolada, gerando, mais uma vez, vários focos de desequilíbrio ambiental.

Já pensando no consumo alimentar humano, o grande temor é de que, em longo prazo, as modificações genéticas implantadas em alimentos possam de alguma maneira levar a disfunções orgânicas, promovendo doenças.

Dentre as enfermidades poderiam estar desde alergias – no consumo de um alimento modificado com alguma substância retirada de outro alimento ao qual se é alérgico – até modificações celulares mais sérias, como o câncer. Atualmente, todos os alimentos modificados são testados antes em animais, justamente para que se prevejam e evitem estas alterações. Vantajosos ou desvantajosos, o fato é que os transgênicos estão cada vez mais presentes em nossas vidas. A agência da ONU para Alimentos e Segurança Alimentar (FAO, da sigla em inglês) estima que aproximados 150 milhões de hectares no mundo são plantados com cultivares geneticamente modificados.

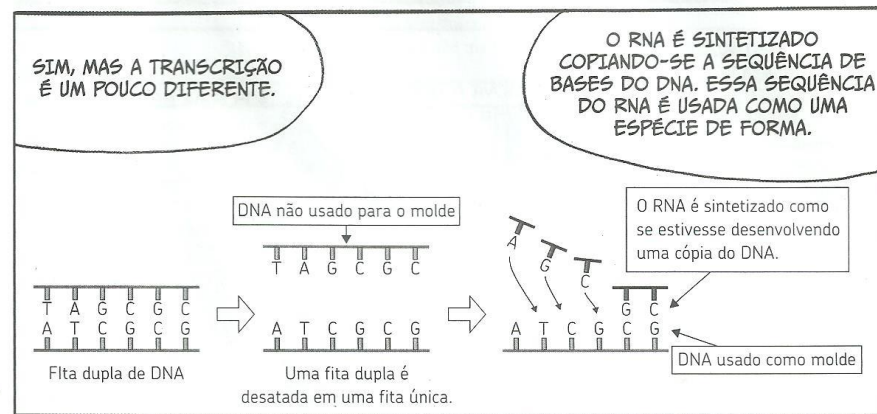
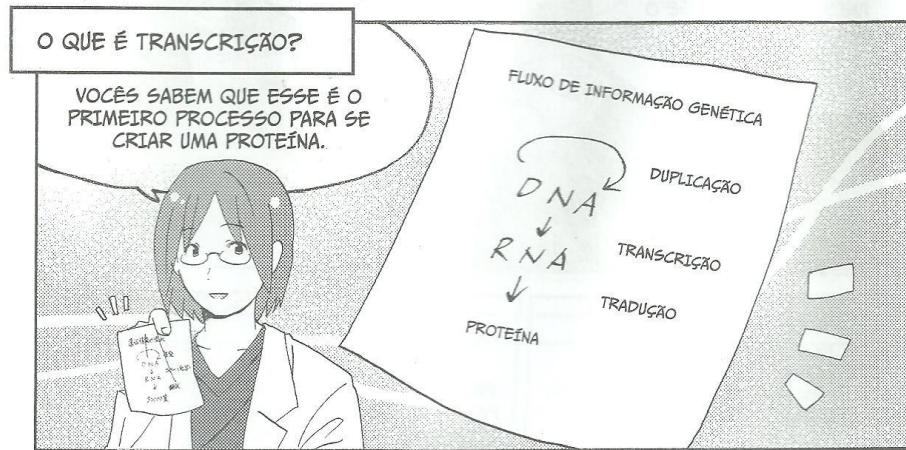
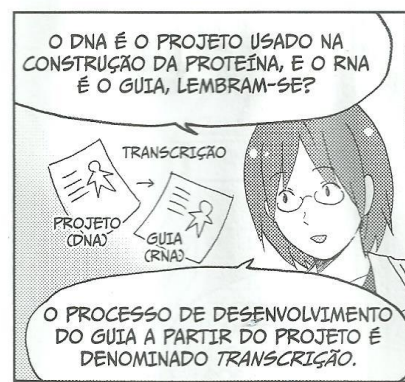
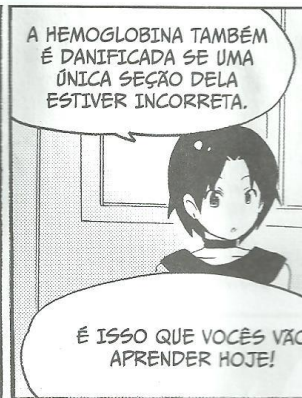
Figura 16 – Trecho de HQ sobre tecnologia e recombinação gênica.



Fonte: Takemura (2014)

**ANEXO D – TRANSCRIÇÃO DO DNA**







PARA CRIAR VÁRIAS CÓPIAS DE UM BONECO, VOCÊ DEVE PRIMEIRO CRIAR UM ORIGINAL. ENTÃO...

OH!

BONECO ORIGINAL

O BONECO É COLOCADO EM UM BLOCO VAZADO.

TAMPA

CUBRA COM A TAMPA

VOCÊ PRODUZ UMA FORMA SEGUINDO ESTES PASSOS.

DERRAME UM MATERIAL LÍQUIDO (COMO PLÁSTICO) E DEIXE-O ENDURECER.

LÍQUIDO

TAMPA

REMOVA A TAMPA E RETIRE O BONECO.

A FORMA ESTÁ COMPLETA.

FORMA

AGORA VOCÊ PODE RECOLOCAR A TAMPA E DESPEJAR ALGUM LÍQUIDO PARA PRODUZIR O MESMO BONECO.

LÍQUIDO

VOCÊ PODE FAZER O MESMO BONECO...

QUANTAS VEZES QUISER.

BONECO ORIGINAL

RÉPLICA

A TRANSCRIÇÃO DO DNA PARA O RNA É UM PROCESSO SEMELHANTE.

O RNA É PRODUZIDO COM BASE NO MODELO DO DNA.

DNA

DNA (modelo)

DNA (não modelo)

DNA

RNA

Transcrição completa

RNA com a mesma sequência de bases que compõe o DNA não modelo.

ENTENDI.

USAMOS O TERMO CÓPIA ANTERIORMENTE, MAS ISSO É, NA VERDADE, A TRANSCRIÇÃO DA INFORMAÇÃO GENÉTICA.

UM GENE INICIA O PROCESSO CONSTRUÇÃO DE UMA PROTEÍNA SOMENTE DEPOIS DE ELE TER SIDO TRANSCRITO PARA O RNA.

NA VERDADE, O GENE TRANSCRITO VARIA DEPENDENDO DO TIPO DE CÉLULA.

GOLLY

ALGUNS GENES PERMITEM A TRANSCRIÇÃO POR QUALQUER CÉLULA,

ENQUANTO ALGUNS GENES SÃO TRANSCRITOS APENAS POR CÉLULAS NERVOSAS OU CÉLULAS DO FÍGADO.







## CROMATINA E TRANSCRIÇÃO

TENTE PUXAR O FIO DO TELEFONE

MARCUS, POR QUE VOCÊ ESTÁ SEGURANDO UM TELEFONE?

SIM, CADÊ O SEU CELULAR?

VEJAM, O FIO DO TELEFONE SE ENROLA EM UMA ESPIRAL. ISSO NÃO LEMBRA ALGO?

DNA!

ISSO MESMO. VOCÊS APRENDERAM QUE O DNA NO NÚCLEO DE UMA CÉLULA COMBINA-SE COM UMA PROTEÍNA CHAMADA HISTONA

PARA FORMAR UMA ESTRUTURA SEMELHANTE A UMA MIÇANGA CHAMADA DE HISTONA. (VEJA A PÁGINA 43.)

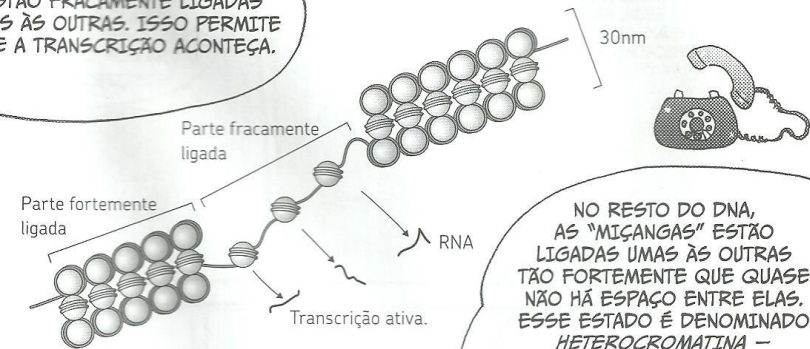
DNA  
HISTONA

UMA QUANTIDADE DESSAS SUBSTÂNCIAS É ENCADEADA PARA FORMAR A CROMATINA.

COMO EM UM ROSÁRIO...

A CROMATINA PODE ASSUMIR DUAS FORMAS DIFERENTES, DEPENDENDO DE COMO O DNA ESTÁ SENDO USADO.

EM UMA FORMA, AS MIÇANGAS ESTÃO FRACAMENTE LIGADAS UMAS ÀS OUTRAS. ISSO PERMITE QUE A TRANSCRIÇÃO ACONTEÇA.



NO RESTO DO DNA, AS "MIÇANGAS" ESTÃO LIGADAS UMAS ÀS OUTRAS TÃO FORTEMENTE QUE QUASE NÃO HÁ ESPAÇO ENTRE ELAS. ESSE ESTADO É DENOMINADO HETEROCROMATINA — NENHUMA TRANSCRIÇÃO PODE OCORRER AQUI.

A CROMATINA ESTÁ NORMALMENTE NESSE ESTADO, MAS PARA QUE OS GENES POSSAM SER TRANSCRITOS, A CROMATINA PRECISA FICAR MAIS SOLTA.



**O mRNA É SINTETIZADO USANDO-SE UMA DAS FITAS DE DNA COMO MODELO**

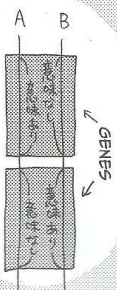
O DNA É COMPOSTO DE DUAS FITAS VIRADAS PARA DIREÇÕES OPOSTAS E DOBRADAS UMA SOBRE A OUTRA. OS GENES FAZEM PARTE DESSAS FITAS.



UM GENE, QUE É O PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE UMA PROTEÍNA, TEM UMA ESTRUTURA DUPLA QUE CONSISTE EM PARTE DAS DUAS FITAS DE DNA.

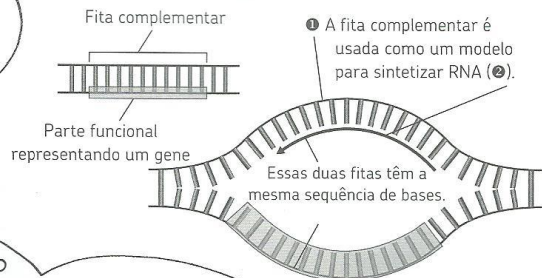
COM SEQUÊNCIAS DE BASES COMPLEMENTARES.

DIGAMOS QUE TEMOS DUAS FITAS DE DNA CHAMADAS A E B. A FITA A É SIGNIFICATIVA, OU SEJA, ARMAZENA O CÓDIGO DE ALGUNS GENES, E A FITA B É SIGNIFICATIVA PARA OUTROS GENES. DADO UM GENE QUALQUER, APENAS A FITA A OU B IMPORTA.



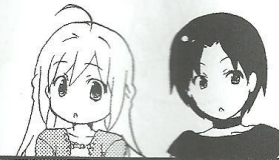
A TRANSCRIÇÃO DA INFORMAÇÃO GENÉTICA PARA O RNA OCORRE USANDO-SE COMO MODELO O DNA COMPLEMENTAR NÃO SIGNIFICATIVO (⊖).

DAS DUAS FITAS DE DNA EM UMA HÉLICE DUPLA, A FUNCIONAL É CHAMADA DE FITA CODIFICADORA E



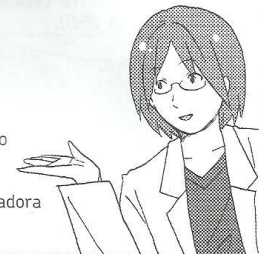
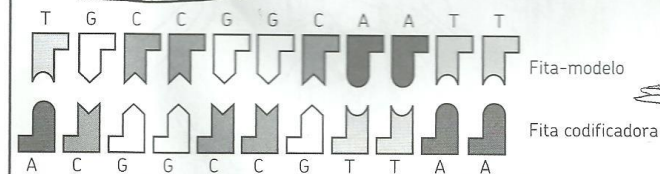
A OUTRA FITA, QUE É USADA COMO UM MODELO PARA A SÍNTESE DE DNA, É CHAMADA DE FITA-MODELO. A SEQUÊNCIA DE RNA (⊕) RESULTANTE TERÁ A MESMA SEQUÊNCIA DE BASES QUE A FITA CODIFICADORA.

A PARTE FUNCIONAL DAQUELE GENE AGORA FOI TRANSCRITA.

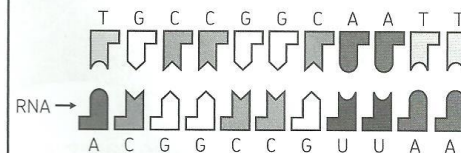


COMO EU HAVIA DITO NO CAPÍTULO 3, SE A SEQUÊNCIA DE BASES DA FITA CODIFICADORA FOR ACGGCCGTAA,

A SEQUÊNCIA DE BASES DA FITA-MODELO É CONFIGURADA AUTOMATICAMENTE PARA TGCCGGCAATT.



USANDO TGCCGGCAATT COMO O MODELO, UM RNA COM A MESMA SEQUÊNCIA DE BASES ACGCCGUUAA É PRODUZIDO.



HEIN?



O QUE FOI, AMI?

**ANEXO E – TRADUÇÃO DO DNA**



## RNA TRANSPORTADOR

### RIBOSSOMO: O MECANISMO DE SÍNTESE DE PROTEÍNA

AGORA VAMOS OBSERVAR O PROCESSO FINAL DA CONSTRUÇÃO DE PROTEÍNAS, A TRADUÇÃO.

DUPLIÇÃO  
DNA  
↓  
TRANSCRIÇÃO  
RNA  
↓  
TRADUÇÃO  
PROTEÍNA

BANG

O QUE É AQUILO?

ESTAMOS DENTRO DA CÉLULA. APÓS A REMOÇÃO DA SEQUÊNCIA DE BASE INTRONS EXCEDENTES, O mRNA SALTA PARA FORA DO NÚCLEO E

RIBOSSOMO

mRNA

COMEÇA A SE MOVER EM DIREÇÃO AOS INÚMEROS RIBOSSOMOS, QUE ESTÃO FORA DA MEMBRANA NÚCLEAR, PRESOS AO RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO.

UM RIBOSSOMO É UMA COLEÇÃO ENORME DE rRNA E PROTEÍNAS RIBOSSÔMICAS.

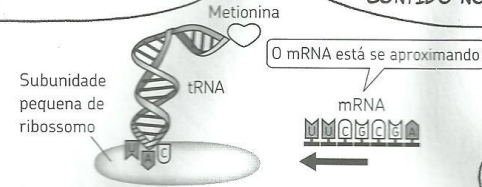


A COMBINAÇÃO DA SUBUNIDADE PEQUENA COM A SUBUNIDADE GRANDE FORNECERÁ UM LUGAR PERFEITO PARA QUE OCORRA A TRADUÇÃO DAS PROTEÍNAS. MAS ANTES, COMO ESSAS DUAS SUBUNIDADES SE JUNTAM?

RIBOSSOMO: O MECANISMO DE SÍNTESE DE PROTEÍNA 165

DEEM UMA OLHADA NISSO. O mRNA ESTÁ SE APROXIMANDO DO RIBOSSOMO.

A ESSA ALTURA, AINDA NÃO EXISTE UMA SUBUNIDADE GRANDE NO RIBOSSOMO. O tRNA ANEXADO AO PRIMEIRO AMINOÁCIDO (METIONINA) ESTÁ CONTIDO NO RIBOSSOMO.

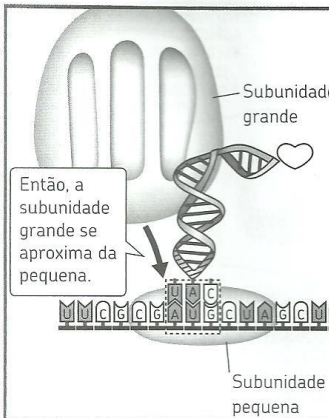


ENTÃO, A FORMA DO RIBOSSOMO A ESSA ALTURA NÃO É PERFEITA. ISSO É CHAMADO DE COMPLEXO DE PRÉ-INICIAÇÃO.

mRNA E O RIBOSSOMO SE COMBINARAM!

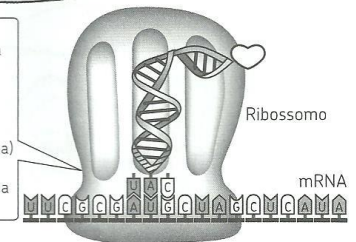


O complexo de pré-iniciação desliza sobre o mRNA.



UMA CÓPIA DA INFORMAÇÃO GENÉTICA É ESCRITA A PARTIR DAQUI.

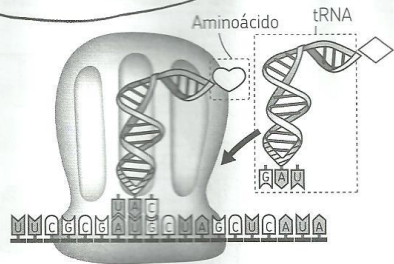
A subunidade grande junta-se à pequena para completar o ribossomo (o mecanismo de síntese de proteína) e para iniciar a síntese da proteína (tradução).



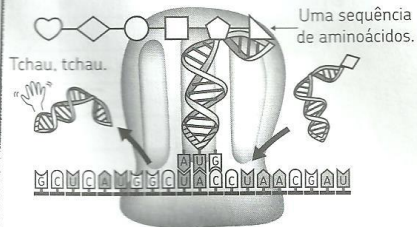
A INFORMAÇÃO GENÉTICA DO mRNA É ESCRITA EM UMA NOVA PROTEÍNA A PARTIR DAQUI.



AMINOÁCIDOS SÃO CONECTADOS UM A UM CONFORME ESPECIFICADO NO CÓDIGO



PARA CONSTRUIR UMA SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS.

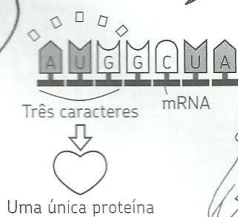


### MECÂNICA DO CÓDIGO GENÉTICO

LEMBREM-SE DE QUE O CÓDIGO ESCRITO NO mRNA É A COMBINAÇÃO DE QUATRO TIPOS DE BASES: A, G, C E U.



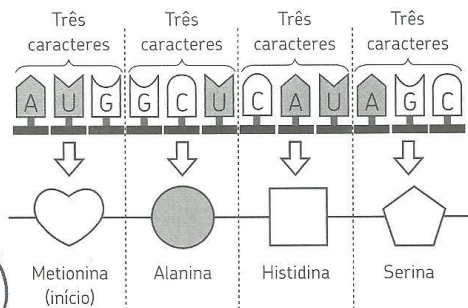
CADA SEÇÃO DE TRÊS CARACTERES A, C, G E U DA SEQUÊNCIA DE BASES REPRESENTA O CÓDIGO DE UM ÚNICO AMINOÁCIDO.



BOM, O QUE ISSO SIGNIFICA?



QUANDO, POR EXEMPLO, UMA SEQUÊNCIA DE BASES EM UMA PARTE DO mRNA É AUGGCUCAUAGC,



A SEQUÊNCIA É TRADUZIDA DE TRÊS EM TRÊS CARACTERES, E UMA SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS COMPOSTA DE METIONINA-ALANINA-HISTIDINA-SERINA É FORMADA.

ISSO PORQUE AUG, GCU, CAU E AGC SÃO OS CÓDIGOS DA METIONINA, ALANINA, HISTIDINA E SERINA, ESPECIFICAMENTE.



ENTENDI.

ESSES CÓDIGOS DE TRÊS CARACTERES SÃO CHAMADOS DE CÓDONS.



COMO O CÓDON É PREDETERMINADO PARA CADA UM DOS 20 OU MAIS TIPOS DE AMINOÁCIDOS,



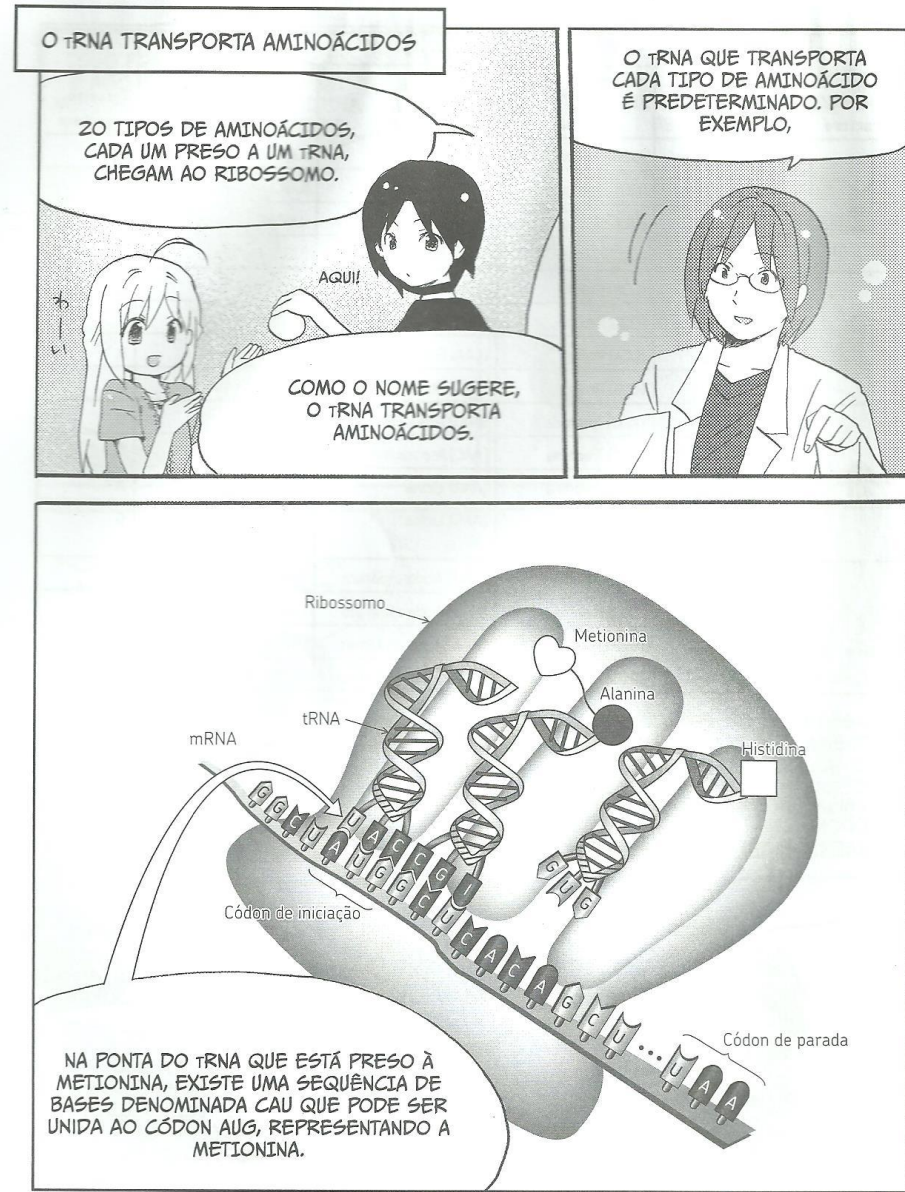
OS CÓDIGOS DO mRNA SÃO TRADUZIDOS APROPRIADAMENTE, E SEQUÊNCIAS ESPECÍFICAS DE AMINOÁCIDOS SÃO REPRODUZIDAS. ELAS SÃO CHAMADAS DE CÓDIGOS GENÉTICOS.

A TABELA A SEGUIR LISTA OS CÓDONS CORRESPONDENTES A CADA AMINOÁCIDO.





Primeiro caractere	Segundo caractere				Terceiro caractere
	U	C	A	G	
U	(UUU) Fenilalanina	(UCU) Serina	(UAU) Tirosina	(UGU) Cisteína	U
	(UUC) Fenilalanina	(UCC) Serina	(UAC) Tirosina	(UGC) Cisteína	C
	(UUA) Leucina	(UCA) Serina	(UAA) Códon de parada	(UGA) Códon de parada	A
	(UUG) Leucina	(UCG) Serina	(UAG) Códon de parada	(UGG) Triptofano	G
C	(CUU) Leucina	(CCU) Prolina	(CAU) Histidina	(CGU) Arginina	U
	(CUC) Leucina	(CCC) Prolina	(CAC) Histidina	(CGC) Arginina	C
	(CUA) Leucina	(CCA) Prolina	(CAA) Glutamina	(CGA) Arginina	A
	(CUG) Leucina	(CCG) Prolina	(CAG) Glutamina	(CGG) Arginina	G
A	(AUU) Isoleucina	(ACU) Treonina	(AAU) Asparagina	(AGU) Serina	U
	(AUC) Isoleucina	(ACC) Treonina	(AAC) Asparagina	(AGC) Serina	C
	(AUA) Isoleucina	(ACA) Treonina	(AAA) Licina	(AGA) Arginina	A
	(AUG) Metionina (códon inicial)	(ACG) Treonina	(AAG) Licina	(AGG) Arginina	G
G	(GUU) Valina	(GCU) Alanina	(GAU) Ácido aspártico	(GGU) Glicina	U
	(GUC) Valina	(GCC) Alanina	(GAC) Ácido aspártico	(GGC) Glicina	C
	(GUA) Valina	(GCA) Alanina	(GAA) Ácido glutâmico	(GGA) Glicina	A
	(GUG) Valina	(GCG) Alanina	(GAG) Ácido glutâmico	(GGG) Glicina	G

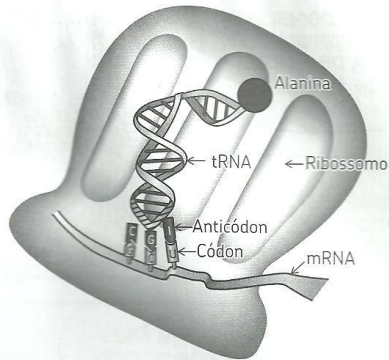






A sequência de três bases do tRNA que pode ser pareada com esse códon compõe um *anticódon*.

Da mesma forma, todo tRNA que estiver ligado ao aminoácido alanina tem uma sequência (ou anticódon) IGC que pode ser pareada com GCU, o código para alanina que vem do mRNA. Como primeiro caractere de um anticódon, um caractere estranho, / de inosina, algumas vezes é usado.



"Algumas vezes" significa que ela é um substituta para alguma outra base?



Bem, a inosina é uma base especial que pode se juntar a dois ou três tipos de bases. A capacidade da terceira base de um códon de se combinar com a primeira base de um anticódon é fraca. Com isso, tal base pode fazer par com outras bases também. Tal tipo de pareamento é chamado de *pareamento oscilatório de bases*.

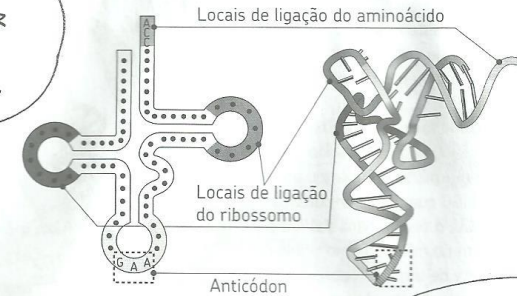


É como o curinga em uma pilha de cartas de jogo!



Sim. Concordo. Pode-se dizer que é um curinga.

VAMOS OBSERVAR A ESTRUTURA DO tRNA DE FORMA MAIS DETALHADA.

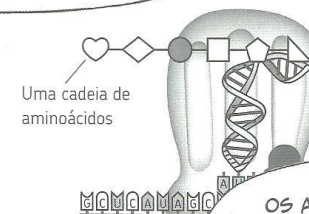


A FIGURA À ESQUERDA MOSTRA O tRNA SENDO DOBRADO POR LIGAÇÕES COMPLEMENTARES NA MOLÉCULA.

A FIGURA À DIREITA MOSTRA SUA ESTRUTURA REAL EM TRÊS DIMENSÕES.



VAMOS RETORNAR AO PONTO EM QUE UMA LONGA CADEIA DE AMINOÁCIDOS FOI CONCLUÍDA.



OS AMINOÁCIDOS SÃO LIGADOS UNS AOS OUTROS PELA FUNÇÃO DO tRNA, CONTIDO NO RIBOSSOMO.



UMA SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS AGORA ESTÁ COMPLETA. ISSO SIGNIFICA QUE A PROTEÍNA FOI FINALMENTE CONSTRUÍDA, NÉ?

AINDA NÃO. É NECESSÁRIO MAIS UM PASSO PARA FORMAR UMA PROTEÍNA COMPLETA.

UMA MENSAGEM É ESCRITA NO FINAL DO mRNA: A SÍNTESE DA PROTEÍNA ESTÁ COMPLETA!

ESSA MENSAGEM É CHAMADA DE CÓDON DE PARADA, E PODE SER USADO UAA, UAG OU UGA. NENHUM DESSES CÓDONS É USADO COMO O CÓDIGO DE UM AMINOÁCIDO.

Uma cadeia de aminoácidos

Fator de liberação

Códon de parada

O QUE ACONTECE QUANDO O CÓDON DE PARADA ENTRA NO RIBOSSOMO?

O FATOR DE LIBERAÇÃO LIGA-SE AO CÓDON DE PARADA E A SÍNTESE DA PROTEÍNA PARA ALI.

E A LONGA CADEIA DE AMINOÁCIDOS É CORTADA DO RIBOSSOMO.

A PROTEÍNA ESTÁ COMPLETA

ALGUM TEMPO DEPOIS DE TER SIDO CORTADA DO RIBOSSOMO, A LONGA CADEIA DE AMINOÁCIDOS É DOBRADA EM UMA FORMA PREDETERMINADA.

COMO A FORMA É DETERMINADA PELA ORDEM DE SEQUENCIAMENTO DE AMINOÁCIDOS DADA, A CADEIA É QUASE QUE AUTOMATICAMENTE ENROLADA EM UMA FORMA DE PROTEÍNA.

FINALMENTE ACABOU!

UFA!

SIM. A CONSTRUÇÃO DA PROTEÍNA AGORA ESTÁ COMPLETA.

VIVA!

AS PROTEÍNAS CONSTRUÍDAS SÃO DIVIDIDAS DE UM MODO GERAL ENTRE AQUELAS QUE TRABALHAM FORA DA CÉLULA E AS QUE TRABALHAM DENTRO DA CÉLULA.

PARABÉNS!

AS PROTEÍNAS QUE TRABALHAM FORA DA CÉLULA SÃO DECORADAS, UNIDAS COM AÇÚCAR, POR EXEMPLO, EM ORGANELAS CELULARES COMO O RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO E O COMPLEXO DE GOLGI E, ENTÃO, SÃO ENVIADAS PARA FORA DA CÉLULA.

AS QUE TRABALHAM DENTRO DA CÉLULA SÃO, ENTÃO, DOBRADAS EM SUAS FORMAS ESPECÍFICAS. ALGUMAS COMEÇAM A TRABALHAR IMEDIATAMENTE, E ALGUMAS SÃO TRANSFERIDAS PARA LOCAIS PREDETERMINADOS DENTRO DA CÉLULA, PARA QUE TRABALHEM LÁ.

EI, EI...

ADEUS!

ATÉ LOGO!

DEIXEM-ME TERMINAR!

\* PARA SER EXATO, UMA PROTEÍNA NÃO É AUTOMATICAMENTE ENROLADA. O ENROLAMENTO É REALIZADO COM O AUXÍLIO DE OUTRAS PROTEÍNAS.