

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

LARISSA MATOS BATISTA

**A INSERÇÃO DO ENSINO DA BIOTECNOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
BIOLOGIA**

**Manaus
2017**

LARISSA MATOS BATISTA

**A INSERÇÃO DO ENSINO DA BIOTECNOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
BIOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro como requisito parcial para à obtenção de título de Licenciada em Ciências Biológicas.

ORIENTADOR: Prof. Dr. CIRLANDE CABRAL DA SILVA

**Manaus
2017**

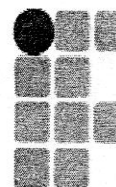
Ficha Catalográfica
Márcia Auzier
CRB 11/597

- B333i Batista, Larissa Matos.
 A inserção do ensino da biotecnologia nos livros didáticos de biologia. /
 Larissa Matos Batista. – Manaus: IFAM, 2017.
 73 f.: il.; 30 cm.
- Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de
 Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro,
 2017.
 Orientador: Prof. Dr. Cirlande Cabral da Silva.
1. Biologia. 2. Biologia – ensino e aprendizagem. 3. Formação de
 professores I. Silva, Cirlande Cabral da (Orient.) II. Instituto Federal de
 Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 570.7



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS-CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ED. BÁSICA E FORMAÇÃO DE
PROFESSORES - DAEF



INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS

TERMO DE APROVAÇÃO

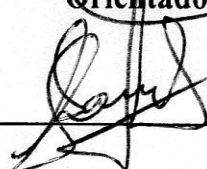
A monografia, que tem como título: A inserção do ensino de Biotecnologia
nos livros didáticos de Biologia

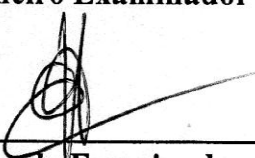
foi submetida à defesa pública, sob a avaliação de banca examinadora, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de graduação do curso superior de Licenciatura em Ciências Biológicas

AUTOR (A): Leorissa Moraes Batista

Monografia aprovada em: 14 / 12 / 2017


Orientador


Primeiro Examinador


Segundo Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que sempre me fizeram acreditar nos meus sonhos, e batalharam junto comigo na concretização deles, a Deus, aos meus pais, amigos e professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus “pois tudo o que eu sou, o que eu quero ser, o que eu planejo ser pertence a ti”. Graças te dou por sempre ter me abençoado e me protegido nos caminhos percorridos até aqui e por ter colocado pessoas extraordinárias na minha vida que muito me ajudaram durante essa fase e as quais foram essenciais para o meu crescimento.

Serei eternamente grata a minha mãe Zeane e ao meu pai Leomar pelo o amor incondicional, pelas palavras de encorajamento que me fortaleceram nos momentos difíceis, por todo o sacrifício que fizeram e ainda fazem por mim, por permitir que eu pudesse me dedicar integralmente à graduação, por todo apoio e incentivo em cada projeto participado e em cada conquista alcançada, obrigada pelas orações diárias, eu amo muito vocês!

Aos meus presentes que meus pais e Deus me deram, a minha irmã Thaís, por ser uma das minhas referências, com a sua trajetória desde o ensino fundamental estudando noites a fim até a sua conquista do diploma da faculdade, que apesar das nossas brigas constantes eu sei que nos amamos, obrigada por me ajudar nas provas e gravação de vídeo-aulas, será sempre um exemplo para mim. E ao meu amor, Kauê, que tem quatro patas e um focinho, por seu amor e alegria transbordando todos os dias não tem preço.

Os meus sinceros agradecimentos aos meus mestres/ professores/ orientadores pois entre todos que conheci durante a graduação, foram os que mais influenciaram a minha vida e sempre terão um lugarzinho especial no meu coração:

Ao professor Dr. Cirlande Cabral da Silva pela orientação na área da educação, por toda a paciência durante o processo de produção e execução do projeto da monografia, por não desistir de mim (apesar das mudanças de projeto várias vezes desde 2014 e o abandono do projeto em determinados momentos), pelos ensinamentos, por me fazer amar cada vez mais a Genética e por todo o tempo reservado para a minha orientação, sou muito grata por tudo.

Aos meus orientadores dos projetos de Iniciação Científica realizados na UFAM, ao Msc. Elson Antonio Sadalla Pinto e em especial ao professor Dr. Edmar Vaz de Andrade, és um exemplo como orientador/educador, obrigada por despertarem em mim o amor pela Biotecnologia.

A todos os meus amigos e amigas, os quais eu escolhi para caminhar comigo nessa jornada. Um agradecimento especial:

A Ingrid Jarline pela companhia diária em todos esses anos, por compartilhar os desesperos e as alegrias durante os últimos estágios supervisionados e das apresentações de nossas publicações, das últimas matérias e as várias conversas sobre o nosso futuro. Por compartilhar o amor pela genética, com discussões sobre artigos/reportagens sobre os avanços científicos e sobre os experimentos no laboratório. Obrigada por me mostrar que mesmo a gente sendo tão diferente uma da outra foi possível constituir laços de amizade e sempre com muito respeito.

Ao Licolas Sampaio por todas as conversas/desabafos dos nossos sonhos e lutas, por compartilhar os livros de encorajamento, pelo ombro amigo nos momentos de dificuldade

durante todos os estágios supervisionados, das matérias de cálculo, das defesas de PIBIC. Obrigada pelas dicas de como atuar na sala de aula (és uma das minhas referências como professor), pelos puxões de orelha e por me suportar é claro.

Isabela Guimarães por me explicar o que os autores dos textos da área da educação estão querendo dizer e por toda a paciência para me ensinar matemática e física, graças a você eu passei nessas matérias (risos), muito obrigada!

“Dizem que os amigos verdadeiros passam longos períodos sem se falar e jamais questionarão a solidez da amizade. Quando eles se encontram, independentemente do tempo e da distância, parece que se viram ontem. Entendem que a vida é corrida e que a fina poeira dos dias jamais encobrirá o que você sente por eles (Vargas Tellado, 1998)”. A minha amiga de infância Nayene Silveira (Nayzinha), por compartilhar o amor pela Genética desde o ensino médio e Biologia Molecular na graduação, por dividir os momentos de imensa alegria, às vezes de tristeza e muitas lutas. Obrigada pela companhia virtual e por continuar fazendo planos junto comigo sobre as próximas etapas que estão por vim.

Ao “meu orientador, o Dr.” Anderson Colares (oi Anderson – foi assim que tudo começou) obrigada por todos os artigos de análises dos livros didáticos. És uma das minhas inspirações grande pesquisador da educação! Quando eu crescer eu quero ser que igual a você.

Um agradecimento imensamente especial aos colegas do grupo de pesquisa “Proteoma e Bioprospecção na Amazônia” e do Centro de Apoio Multidisciplinar por todo o ensinamento sobre Biotecnologia adquiridos durante esses três anos.

Agradeço as três escolas que eu fiz os estágios juntamente com as três professoras com as quais eu pude aprender muito sobre a sala de aula, de diferentes formas e perspectivas, desde a educação de jovens adultos, as minhas criancinhas do fundamental (o 6º ano que quase me fizeram desistir da licenciatura nos primeiros dias) até o os nerds do ensino médio tecnológico do IFAM.

Serei grata para sempre ao IFAM e a UFAM, obrigada por terem sido meu segundo lar (passei mais tempo nessas instituições do que na minha própria casa), por terem me dado à oportunidade de crescer e me qualificar como pessoa e como profissional. Graças a essas instituições de ensino eu pude ter a oportunidade de ser uma pesquisadora, tanto na área da docência como na área específica da Biologia.

Meu muito obrigada a todos que percorreram essa trajetória comigo!

“A realidade da sala de aula e da escola como um todo é muito mais complexa do que os elementos de qualquer teoria”.

Pura Lúcia

“Nós crescemos pensando que o nosso destino estava nas estrelas. Agora sabemos que, **em boa parte**, nosso destino está nos genes”.

James Watson

RESUMO

A Biotecnologia é uma das áreas das ciências com maior destaque e possuidora de avanços científicos notáveis para a população, e a escola como um todo possui papel fundamental na propagação do conhecimento sobre Biotecnologia e suas aplicações. No entanto, essa temática é deixada para ser ensinada no final do ano letivo, isto é, quando sobra tempo hábil para tal, caso contrário esses assuntos não serão tratados na sala de aula, por vários motivos, entre eles a dificuldade em entender os processos biotecnológicos apenas na teoria, tanto do professor como do aluno, o custo elevado das aulas práticas e a falta de recursos didáticos com linguagem de fácil entendimento, com curiosidades, experimentos e atividades referentes à Biotecnologia como apoio para o professor no processo de ensino e aprendizagem dos alunos. Assim, o presente estudo teve como objetivo investigar a inserção do ensino da Biotecnologia nos livros didáticos de Biologia, por meio da Análise de Conteúdo de Bardin (2011). Para isso, foi realizado a seleção de três livros didáticos de Biologia, após isso, foi executado a leitura flutuante dos livros, que corresponde a fase de pré-análise, dos quais emergiram as palavras-chaves relacionadas a Biotecnologia. Mediante a lista de palavras-chaves, as mesmas foram aglutinadas em categorias conforme suas semelhanças e diferenças, fase esta que corresponde a exploração do material, as categorias elaboradas foram: Dogma Central da Biologia Molecular, técnicas e ferramentas biotecnológicas, produtos biotecnológicos, bioética relacionada aos métodos biotecnológicos e genética associada a Biotecnologia. A terceira e última fase são as inferências e interpretações, que estão na forma de texto dissertativo de cada categoria formulada presente nos resultados e discussão. Nos três livros foi verificado a presença do tema Biotecnologia em um capítulo específico, com a presença de parte dos avanços técnicos e científicos da Biotecnologia. No entanto, os conteúdos referente ao Dogma Central não foram encontradas em um dos livros didáticos, na categoria produtos biotecnológicos notou-se a presença incorreta dos conceitos de organismos geneticamente modificado e transgênicos, e o tema ética foi representado de forma superficial em um dos livros analisados. A partir disso, foi possível ter conhecimento de como esta sendo realizada a inserção da Biotecnologia nos livros didáticos da escola, com a presença de alguns avanços técnicos e científicos. No entanto, como o livro didático é o principal material utilizado no preparo e aplicação das aulas, o professor necessita estar atento para os defeitos presentes nos livros, para que os mesmos não sejam perpetuados aos alunos.

Palavras-chave: Livro Didático, Biotecnologia, Análise de Conteúdo.

ABSTRACT

Biotechnology is one of the most prominent areas of science and has remarkable scientific advances for the population, and the school as a whole has a fundamental role in spreading knowledge about Biotechnology and its applications, however, this theme is left to be taught at the end of the school year, that is, when there is enough time for such, otherwise these subjects will not be treated in the classroom for several reasons, among them the difficulty in understanding biotechnological processes only in theory, both teacher and student, the high cost of practical classes and the lack of didactic resources with easy to understand language, with curiosities, experiments and activities related to Biotechnology as support for the teacher in the teaching and learning process of the students. Thus, the present study aimed to investigate the insertion of Biotechnology teaching in Biology textbooks, through Bardin's Content Analysis (2011). For this, three Biology textbooks were sealed, after which, the floating reading of the books was performed, which corresponds to the pre-analysis phase, from which the keywords related to Biotechnology emerged. Through the list of keywords, they were grouped into categories according to their similarities and differences, which corresponds to the exploration of the material, the categories elaborated were: Central Dogma of Molecular Biology, biotechnological tools and techniques, biotechnological products, related bioethics biotechnology and genetics associated with Biotechnology. The third and last phase are the inferences and interpretations, which are in the form of the text of each category formulated in the results and discussion. In the three books the Biotechnology theme was verified in a specific chapter, with the presence of part of the technical and scientific advances of Biotechnology. However, the contents referring to the Central Dogma were not found in one of the textbooks, in the category Biotechnological products it was noticed the incorrect presence of the concepts of genetically modified and transgenic organisms, and the ethical theme was superficially represented in one of the books analyzed. From this, it was possible to be aware of how the insertion of Biotechnology in school textbooks was carried out, with the presence of some technical and scientific advances. However, since the textbook is the main material used in the preparation and application of the classes, the teacher needs to be attentive to the defects present in the books, so that they are not perpetuated to the students.

Keywords: Didactic Book, Biotechnology, Content Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 (A) - Algumas áreas do conhecimento que possuem relação com a biotecnologia.....	19
Figura 1 (B) - Algumas técnicas relacionadas à biotecnologia.....	20
Figura 1 (C) - Produtos relacionados a biotecnologia.....	20
Figura 2 - Fluxograma das etapas desenvolvidas utilizando análise de conteúdo de Bardin (2011).....	41

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Palavras-chave encontradas nos livros didáticos de Biologia.....47

Quadro 2 - Exemplo da grade analítica do capítulo 7 do livro didático analisado.....48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos da diversidade de bioprodutos e os organismos utilizados em sua produção.....	24
Tabela 2 - Histórico das principais descobertas na bioquímica, genética e microscopia que permitiram o desenvolvimento da Biotecnologia.....	28
Tabela 3 - Quantidade de unidades de registro para cada categoria.....	50

LISTA DE SIGLAS

PGH – Projeto Genoma Humano

LD – Livro Didático

MMA- Ministério do Meio Ambiente

DNA – Ácido desoxirribonucléico

RNA – Ácido ribonucléico

RNA_m - Ácido ribonucléico mensageiro

a.C – antes de Cristo

AIDS – Síndrome da imodeficiência adquirida

OGM – Organismo Geneticamente Modificado

NIH – *National Institute of health*

PCR – Reação em Cadeia da Polimerase

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

MEC – Ministério da Educação

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

SEB – Secretária da Educação Básica

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

IFAM/CMC – Instituto Federal do Amazonas – *Campus* Manaus Centro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3 VISÃO GERAL DA BIOTECNOLOGIA	20
3.1 Biotecnologia tradicional e moderna	22
3.2 Biotecnologia e suas aplicações.....	24
3.2.1 Biotecnologia na área da saúde	25
3.2.2 Biotecnologia agrícola e ambiental	26
3.2.3 Biotecnologia e ética	27
3.2.4 Desenvolvimento da Biotecnologia	29
4. LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA	31
4.1 Políticas Públicas Destinadas ao Livro Didático	34
5. O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO	36
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	40
6.1 Tipo de Pesquisa	40
6.2 Objeto da Pesquisa.....	41
6.3 Análise de Conteúdo	41
6.4.1 Pré-análise	42
6.4.2 Exploração do Material	44
6.4.3 Tratamento dos Resultados	46
6.5 Livros Didáticos.....	47
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
7.1 ANÁLISES DOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE BIOTECNOLOGIA.....	51
7.1.1 Dogma Central da Biologia Molecular	52
7.1.2 Técnicas e Ferramentas Biotecnológicas	54
7.1.3 Produtos Biotecnológicos.....	56
7.1.4 Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos	59
7.1.5 Genética associada a Biotecnologia	62
8. CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

A temática Biotecnologia é de meu grande interesse, pois a minha trajetória para essa temática biotecnologia começou no segundo ano do ensino médio quando o professor de Biologia abordou o tema sobre genética, sobre as famosas Leis de Mendel e a cada aula eu ficava mais entusiasmada para aprender sobre essa área tão fantástica que eu nunca tinha estudado. A partir disso, comecei a pesquisar cada vez mais sobre genética, conseqüentemente me deparei com a Biotecnologia, pois são áreas interligadas que me fizeram querer cursar a faculdade de Ciências Biológicas.

Já na universidade, durante minha formação acadêmica, fui à procura de projetos nessas áreas e participei de projetos de Iniciação Científica, sendo três destes realizados na área de Biotecnologia, com ênfase em Biologia Molecular/Engenharia Genética, que me permitiram vivenciar na prática as técnicas e manipulações genéticas.

Pois, a Biotecnologia é uma das áreas das ciências com maior destaque e possuidora de avanços científicos notáveis para a população, como a produção de proteínas humanas produzidas por engenharia genética, entre elas, a insulina e o hormônio de crescimento humano, que aumentaram a qualidade de vida das pessoas, e os animais e plantas transgênicas que visam aumentar a produtividade e resistências a doenças e herbicidas. Esses acontecimentos entre outros estão presentes na vida cotidiana da população mundial e raros estudantes possuem conhecimento correto sobre os benefícios e conseqüências que certos produtos biotecnológicos podem ocasionar ao indivíduo indiretamente ou não.

Assim, o que se tem hoje em dia é a disseminação do conhecimento adquirido sobre as bases teóricas da Biotecnologia e suas aplicações apenas por reportagens em revistas/jornais e pela mídia eletrônica, que em alguns casos distorce os fatos, não evidenciando adequadamente os prós e contras dos produtos biotecnológicos, que são fundamentais para tornar o aluno um cidadão participativo e crítico nos acontecimentos da sociedade contemporânea, dificultando a ligação entre esses produtos inovadores com o crescimento da sociedade, da Biologia, da tecnologia, enfim, da Ciência. Assim como afirma Pedrancini et al. (2008) que realizou pesquisas com alunos com intuito de avaliar seus conhecimentos referentes à Biotecnologia, evidenciando respostas baseadas em notícias que saem na mídia e apresentam, muitas vezes, conceitos errados.

Como a Biotecnologia pode ser classificada como tradicional e moderna, poucas são as pesquisas voltadas para compreensão dessa temática no contexto escolar, como a verificação da inclusão nos livros didáticos. Pois, segundo Pinheiro e Schiengold (2011) em

vários ambientes escolares, principalmente as escolas públicas a única ferramenta utilizada e disponível é o livro didático (LD), para os professores e alunos durante as aulas.

No entanto, em muitas obras, textos referentes à Biotecnologia ainda não aparecem com grande destaque, mas apenas como seções especiais entre poucos capítulos (FONSECA e BOWBROSKI, 2015), e os avanços científicos desta área são descritos de forma resumida, sem conexão com os processos biológicos e com outras matérias, além de ser exibido de forma distante da vida humana, isto faz com que se torne indispensável a utilização de LD que possuem os conteúdos adequados para ensinar Biotecnologia de forma que possa fazer sentindo ao estudante o ensino dessa temática, visto que, os produtos biotecnológicos estão inseridos na vida humana desde a antiguidade e tem se tornado cada vez mais presente. Assim, como o livro didático é a ferramenta mais utilizada nas escolas, torna-se importante a sua análise para identificação dos prováveis erros ou omissões da geração dos produtos biotecnológicos ou ausência de certos temas que facilitariam o entendimento da Biotecnologia pelos alunos. Ou seja, como o livro didático é utilizado como um dos principais recursos no processo de ensino-aprendizagem. Para que o livro seja considerado mais eficiente é necessário que o professor faça uma análise quanto ao seu conteúdo, pois ele é um importante mediador de conceitos científicos e deve ser escolhido o que melhor desempenhará essa função, proporcionando assim um a melhor aprendizagem dos alunos (HECK e HERMEL, 2014).

Portanto, no decorrer do curso de licenciatura em Ciências Biológicas foi nítido observar que grande parte dos alunos possuíam dificuldade em entender os assuntos relacionados a Biotecnologia, como Genética Molecular. Visto que, a matriz curricular do curso de licenciatura em Ciências Biológicas do IFAM só possui duas disciplinas específicas que se relacionam com Biotecnologia, acarretando maior dificuldade nos licenciandos de Biologia em ensinar Biotecnologia. Confirmando isso, Loureiro et al. (2012) observou que a associação entre os cursos que possuem maior número de disciplinas relacionadas à Biotecnologia são aliados com melhor desempenho. Ou seja, os cursos que abordam a Biotecnologia e suas áreas com maior profundidade formam professores mais aptos e com menos dificuldade no assunto no momento das ministrações das aulas, facilitando também o ensino dos alunos. Corroborando a isso Souza e Barrio (2017) afirmam que o livro didático é o recurso pedagógico que se tornou um dos grandes instrumentos orientador do professor no ensino de Ciências nas escolas brasileiras, direcionando o conteúdo a ser ministrado e ocupando papel central no ensino. Isto é, como parte dos futuros professores em formação saem com o conhecimento deficiente relacionado a Biotecnologia, o livro didático é utilizado

como um orientador no caminho a percorrer para ensinar Biotecnologia e suas aplicações, assim, se o livro didático utilizado no preparo e ministração das aulas contém erros, isso será transmitido aos alunos, trazendo prejuízos a sua aprendizagem. Silva e Cavalcanti (2014) dizem que devido à falta de oportunidade de cursos de atualização, os docentes acabam recorrendo aos livros didáticos para tirar suas dúvidas, que por sua vez demonstram conceitos fragmentados e descontextualizados, dificultando o entendimento.

Os resultados aqui discutidos enfatizam a necessidade de mudanças no processo ensino-aprendizagem de conceitos genéticos. Mudanças estas que passam pela capacitação dos docentes, adequação dos livros didáticos e introdução de novas formas de linguagem (SCHNEIDER, HARMEL e MEGLHIORATTI, 2010). Pois, o ensino de Genética, na graduação, tem sido basicamente teórico, desprovido de práticas motivadoras e da apresentação de metodologias que gerem produtos nessa área. A facilitação do aprendizado por meio de estratégias do Ensino durante a formação de professores visa formar e atualizar os profissionais que irão se dedicar ao Ensino médio e/ou fundamental. Estas estratégias não apenas visam possibilitar a inclusão de temas de grande importância, mas também reforçar e estimular a ideia de que o ensino das Ciências deve ser uma atividade dinâmica, originada em vivências concretas (PEDREIRA, 2014).

Foi a partir disso, que sendo aluna de iniciação científica na área, além de estar sendo formada para ser professora de Biologia e tendo que atuar como estagiária em sala de aula que me fez querer pesquisar como está ocorrendo a inserção do ensino da Biotecnologia nos livros didáticos.

Portanto, pode-se considerar que verificar a inserção das bases teóricas da Biotecnologia e suas aplicações nos livros didáticos é importante, pois possibilita analisar criticamente se o que está sendo ensinado aos alunos está correto ou não, por meio da análise dos Livros Didáticos, para a divulgação da inserção da Biotecnologia nos livros.

2 OBJETIVOS

Com as indagações expostas da pesquisa, este trabalho se propõe a alcançar os seguintes objetivos:

2.1 Objetivo Geral

- Analisar a inserção do tema Biotecnologia nos livros didáticos de Biologia.

2.2 Objetivos Específicos

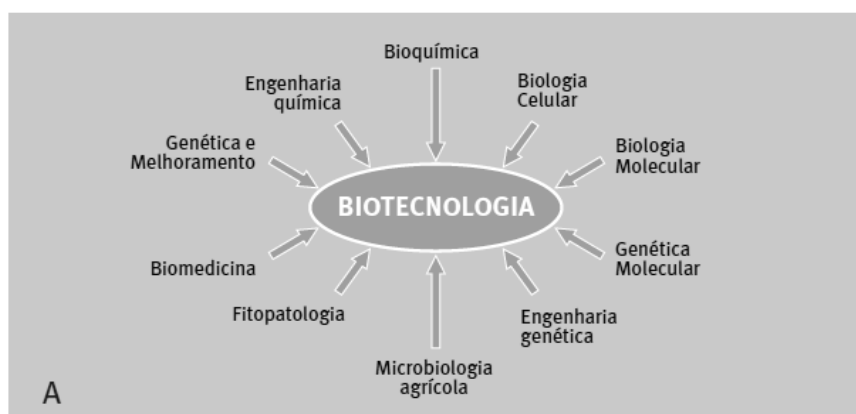
- Identificar se os livros didáticos abordam o tema Biotecnologia em um capítulo.
- Verificar se os avanços técnicos e científicos da Biotecnologia estão presentes nos livros didáticos.

É imprescindível a compreensão quanto aos conceitos essenciais sobre biotecnologia e suas aplicações, para que seja possível um melhor entendimento desta pesquisa. Para que isto ocorra, inicialmente será exposto o significado da biotecnologia, para que em seguida seja discutindo a forma como se separa em duas grandes divisões, que a partir disso se subdivide em várias categorias, as quais possuem grandes avanços científicos que serão abordados ao longo do texto.

3 Visão geral da Biotecnologia

Primeiramente é importante conceituar o termo Biotecnologia, que segundo o Ministério de Meio Ambiente (MMA), é qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica (MMA, 2000), pode ser definida como sendo a manipulação de seres vivos ou parte destes para produzir bens e serviços, englobando tecnologias de diversos níveis, desde a fermentação, utilizada na produção de alimentos e bebidas até a manipulação genética, que resultou dos recentes avanços científicos no campo da Biologia Molecular (FIGUEIREDO, PENTEADO e MEDEIROS, 2006). Ou seja, a biotecnologia é a tecnologia biológica que gera novos conhecimentos que podem ser utilizados para produção de produtos de interesse para a sociedade.

Assim, a Biotecnologia por ser uma área multidisciplinar engloba diversas áreas do conhecimento (Figura 1A), a partir do estudo dessas áreas foi possível criar diversas técnicas relacionadas à biotecnologia (Figura 1B), gerando assim produtos para a sociedade (Figura 1C).



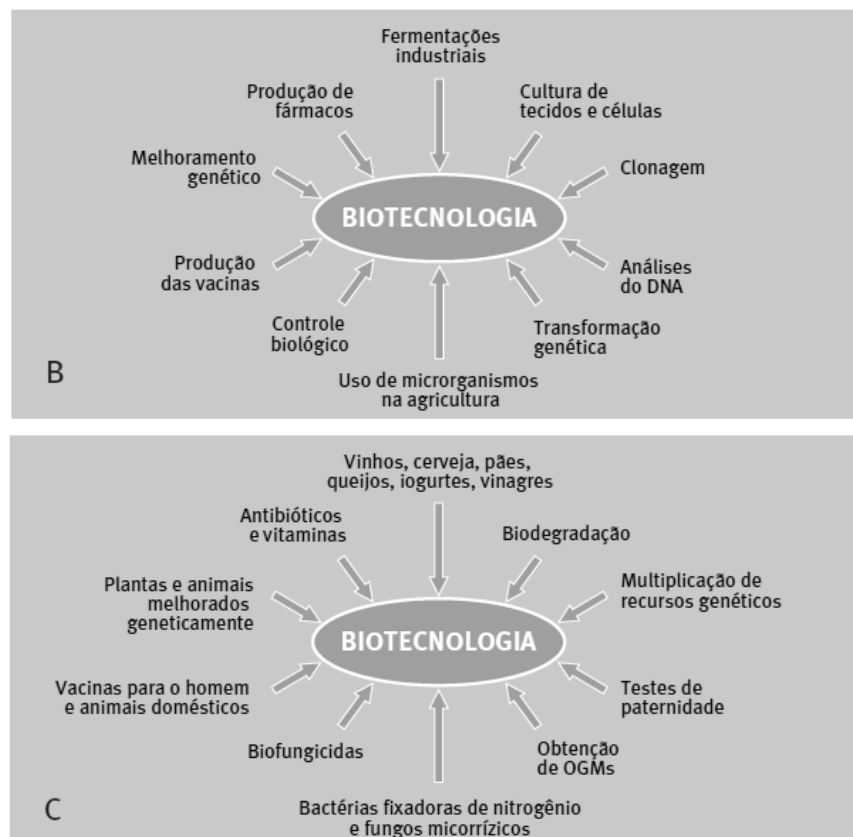


Figura 1: Em (A) algumas áreas do conhecimento que possuem relação com a Biotecnologia. (B) algumas técnicas relacionadas à Biotecnologia. (C) produtos relacionados a Biotecnologia; OGMs: organismos geneticamente modificados.
Fonte: EMBRAPA, 2011.

Apesar da enorme diversidade que existe entre os seres vivos que habitam a terra, eles compartilham várias propriedades básicas e, a mais fundamental delas seja a capacidade de se reproduzirem. Todos os organismos herdam de seus pais a informação genética que especifica sua estrutura e função, e todos os seres vivos são formados por células, que sempre advêm de células preexistentes. A célula gerada pela fecundação de uma célula feminina por uma masculina passa por múltiplos ciclos de divisão celular. Cada vez que a célula se divide, seu genoma inteiro deve ser replicado e transmitido de célula para célula e de organismos para organismo, isso é central em biologia, chamada de replicação do DNA (BOIM, SCHOR e SANTOS, 2003).

A informação contida no DNA não é transmitida diretamente para a proteína, pois o DNA é encontrado no núcleo e as proteínas são sintetizadas no citoplasmas, portanto é necessário um intermediário (GRIFFITHS et al., 2008). Assim, a mensagem contida no DNA é transmitida ao citoplasma da célula através do RNA mensageiro (mRNA) em um processo

conhecido como transcrição. Nos ribossomos, a mensagem contida no mRNA é decodificada, ou seja, traduzida, originando uma proteína específica (BOIM, SCHOR e SANTOS, 2003), que é um polímero composto de monômeros chamados de aminoácidos. A sequência de aminoácidos da proteína determina sua estrutura tridimensional, que são essenciais para desempenhar suas funções nos diferentes compartimentos celulares. Esta etapa é denominada tradução (GRIFFITHS et al., 2008). Desta maneira, o fluxo da informação genética é o seguinte:

DNA → mRNA → Proteína, que será discutida com maiores detalhes a seguir.

3.1 Biotecnologia tradicional e moderna

O histórico da Biotecnologia teve como principal campo de atuação a agricultura. Estima-se que a 8000 a.C. na Mesopotâmia, os povos já começavam a selecionar as melhores sementes e plantas para aumentar a produtividade, foi o método utilizado pelos agricultores para o melhoramento vegetal e animal mediante sucessivas seleções genéticas dentro de uma mesma espécie, com a finalidade de desenvolver produtos alimentícios de melhor qualidade proteica, durabilidade, tamanho, colheitas mais rentáveis e resistentes a agentes externos (BERTOLDI, 2015). As plantas e animais domesticados são os produtos de seleção artificial pelos humanos para características desejáveis encontradas em populações selvagens (GRIFFITHS et al., 2008). Além disso, a fabricação de vinho e pão já acontecia há 7000 a.C., a partir da fermentação da uva e do trigo respectivamente realizada por leveduras. Já a bactéria utilizada na fermentação do leite para produzir queijos aconteceu por volta de 3000 a.C. No entanto, deve-se ressaltar que nesses períodos ainda não se tinha o conhecimento científico de que bactérias e leveduras eram utilizadas em processos fermentativos (KAPP, MIRANDA e FREITAS, 2014).

Assim sendo, o cultivo de vegetais, a domesticação dos animais, e a transformação dos alimentos ou aproveitamento das propriedades curativas de algumas plantas são atividades que remontam à alvorada da humanidade e se desenvolveram com base no conhecimento empírico, ignorando a existência dos microrganismos ou das leis da hereditariedade (MALAJOVICH, 2012), que é a chamada Biotecnologia tradicional, que modifica geneticamente plantas e animais, por meio de cruzamentos entre indivíduos selecionados, que possuíam características vantajosas, no entanto, essa modificação é realizada de forma lenta e gradual ao decorrer dos anos, sem uma modificação direta do material genético. Dessa forma,

é possível inferir que todos os animais e plantas atualmente são modificados geneticamente, por possuírem o material genético diferente de seus ancestrais.

A correlação entre a informação genética e a hereditariedade de características em plantas, identificada por Gregor Mendel, no século XIX, foi fundamental para o desenvolvimento do conhecimento biológico. A partir disso, os trabalhos que se sucederam refletem uma história fantástica de progresso científico. Hoje, sabemos que os genes se organizam de forma ordenada, constituindo organismos vivos, definindo suas características morfológicas e fisiológicas. O conhecimento dessa estrutura e seu funcionamento ampliaram a possibilidade de atuação dos pesquisadores, permitindo a emergência da engenharia genética (MAPA, 2010).

Diferentemente da Biotecnologia tradicional, a Biotecnologia moderna são realizadas transferências de genes entre espécies de famílias taxonômicas diferentes (BERTOLDI, 2015), são um conjunto de técnicas que compõem a Engenharia Genética, por exemplo, a introdução de segmentos de DNA de um organismo X em um organismo Y é chamada de transformação gênica, desse modo o indivíduo Y passa a ser chamado de transgênico ou organismo geneticamente modificado (OGM), que apresenta novos atributos biológicos (FIGUEIREDO, PENTEADO e MEDEIROS, 2006). A técnica de transferência e modificação genética direta, conhecida como Engenharia Genética ou tecnologia do DNA recombinante, mais a genômica, ficaram conhecidas como "Biotecnologia moderna", em contraposição à "Biotecnologia tradicional", que inclui as técnicas tradicionais, que manipulam seres vivos sem manipulação genética direta (SILVEIRA, BORGES e BUAINAIN, 2005). Como explica Griffiths et al.,(2008) a Tecnologia do DNA é um termo que descreve as técnicas coletivas para obter, amplificar e manipular fragmentos específicos de DNA. Desde a metade dos anos 1970, o desenvolvimento da tecnologia do DNA revolucionou o campo da Biologia, abrindo muitas áreas de pesquisa para investigação molecular. A Engenharia Genética a aplicação da tecnologia do DNA nos problemas específicos biológicos, médicos ou agrícolas, hoje é um ramo bem estabelecido da tecnologia.

A divisória entre a Biotecnologia tradicional e a Biotecnologia moderna é uma série de experimentos realizada por Herbert W. Boyer e Stanley N. Cohen que culmina em 1973 com a transferência de um gene de sapo (*Xenopus leavis*) para uma bactéria (*Escherichia coli*). A partir desse momento foi possível mudar o programa genético de um organismo transferindo-lhe genes de outra espécie (MALAJOVICH, 2012).

O uso de técnicas de DNA recombinante para alterar o genótipo e fenótipo dos organismos é chamada de Engenharia Genética, que possuem aplicação comercial como por

exemplo: cabras podem secretar em seu leite antibióticos derivados de um fungo e plantas não ficam congeladas pela inserção de genes anticongelantes de um peixe do Ártico em seu genoma (GRIFFITHS et al., 2008).

Esses acontecimentos estabeleceram o sucesso para o uso da tecnologia do DNA recombinante em diversas áreas, utilizando organismos hospedeiros como bactérias, fungos e leveduras, células vegetais, de mamíferos e baculovírus para produção de proteínas essenciais para melhorar a vida humana direta ou indiretamente, outros exemplos das aplicações dessa nova tecnologia é a produção de organismos transgênicos, a inseminação artificial em bovinos, a terapia gênica, as pesquisas com células-tronco, o Projeto Genoma (ARAÚJO et al., 2010), a produção de fármacos, vacinas, antibióticos e vitaminas, a utilização de biofungicidas no controle biológico de pragas e doenças, o uso de microrganismos visando a biodegradação de lixo e esgoto, o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos para a melhoria de produtividade das plantas, o desenvolvimento de plantas e animais melhorados utilizando técnicas convencionais de melhoramento genético e também a transformação genética (EMBRAPA, 2011).

Além das inúmeras aplicações da Biotecnologia em vários campos da ciência, diversas metodologias foram desenvolvidas nos últimos anos, o que permitiu um grande avanço e desenvolvimento de produtos jamais esperado em tempos atrás. Uma vantagem essencial da Biotecnologia sobre outras tecnologias é o fato de ser baseada na Biologia. Podendo lidar com a Biologia de organismos de forma muito precisa e previsível, resolvendo problemas biológicos ou gerando produtos (OLIVEIRA, COSTA e FONSECA, 2006) que será abordada nas demais seções.

3.2 BIOTECNOLOGIA E SUAS APLICAÇÕES

A seguir serão discutidas diversos avanços científicos relativos a Biotecnologia moderna, a qual esta presente na vida humana e que pode ser alvo de confusões ou discriminações se não forem abordadas da forma correta e que instigue a reflexão dos alunos para aceitação ou não dos produtos gerados a partir dessa nova tecnologia.

3.2.1 Biotecnologia na área da saúde

Antes do advento da Biotecnologia moderna, com o surgimento da tecnologia do DNA recombinante, produzia-se insulina do pâncreas triturado de porcos, fator VIII a partir de sangue humano e hormônio de crescimento proveniente da glândula pituitária de cadáveres (REIS et al., 2009). O que causava rejeição em certos pacientes, por não ser compatível com as proteínas humanas. A partir dos avanços científicos, essas proteínas puderam ser produzidas, por bactérias que foram modificadas geneticamente e as proteínas produzidas por esses organismos são purificadas para que então seja possível a utilização no tratamento dos pacientes.

Os avanços expressivos da química e Biologia e a melhor compreensão de vias bioquímicas, alvos moleculares e de mecanismos que levam ao aparecimento e desenvolvimento de doenças, tornaram possível a descoberta de inovações terapêuticas notáveis, proporcionando melhorias significativas na qualidade de vida das diversas populações no mundo (GUIDO, ANDRICOPULO e OLIVA, 2010).

Assim, a tecnologia de bioprocessamento utiliza células vivas ou componentes de sua maquinaria bioquímica para fazer o que normalmente fazem: sintetizar produtos, degradar substâncias e produzir energia (KREUZER e MASSEY, 2002). Os organismos mais utilizados para essa prática são as bactérias e leveduras, no entanto, células de mamíferos, insetos, vegetais e baculovírus são utilizadas para esses fins.

Na tabela 1 está descrito alguns produtos relacionadas a saúde que foram produzidos pela tecnologia de bioprocessamento.

Tabela 1 - Exemplos da diversidade de bioprodutos e os organismos utilizados em sua produção.

	Produto	Organismo
Antibióticos		
	Penicilinas	<i>Penicillium chrysogenum</i>
	Cefalosporinas	<i>Cephalosporium acremonium</i>
	Tetraciclinas	<i>Streptomyces aureofaciens</i>
Vitaminas		
	B ₁₂	<i>Propionibacterium shermanii</i>
	Riboflavina	<i>Ermothecium ashbyii</i>
Vacinas		
	Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
	Rubéola	Células do rim de <i>hamsters</i>

	Hepatite B	Leveduras recombinantes
Proteínas terapêuticas		
	Insulina	<i>Escherichia coli</i> recombinante
	Hormônio de crescimento	<i>Escherichia coli</i> recombinante
	Anticorpos monoclonais	Hibridomas

Fonte: (KREUZER e MASSEY, 2002).

Por exemplo, quando se trata de terapia gênica, sua definição é baseada nas novas estratégias de transferências gênicas, ficou mais ampla, onde o(s) gene(s) ou segmento(s) de ácidos nucleicos (DNA ou RNA) são introduzidos nas células do paciente não somente para suprir a disfunção gênica, mas também para atribuir com uma nova função (SCHOR, BOIM e SANTOS, 2003). O processo de substituição de um gene defeituoso ou inserção de um faltante é feito por meio de um vetor que “infecta” as células-alvo com o gene terapêutico. Esse processo pode ocorrer fora do corpo, sendo as células modificadas depois transplantadas para o paciente (ex vivo), ou diretamente dentro do corpo (in vivo), pela inoculação do vetor no próprio paciente (REIS et al., 2009). Assim, por meio da terapia gênica, será possível tratar distúrbios genéticos administrando genes funcionais aos pacientes para substituição de seus genes defeituosos (KREUZER e MASSEY, 2002). Ou seja, a meta da terapia gênica é atacar a base genética da doença em sua fonte, e curar ou corrigir uma condição anormal causado pelo alelo mutante introduzindo um alelo tipo selvagem nas células (GRIFFITHS et al., 2008).

Assim, as doenças genéticas, onde a maioria tem incidências raras, deixaram de ser prioridades e as doenças mais comuns como cânceres, AIDS e de cardiovasculares se tornaram maior foco de estudo para terapia gênica (SCHOR, BOIM e SANTOS, 2003). Nesse contexto, a Biotecnologia oferece subsídios para o melhoramento da saúde humana, no diagnóstico, prevenção e tratamento das doenças, trazendo maior qualidade e rendimento dos produtos agrícolas e melhorando o relacionamento com o meio ambiente (OLIVEIRA, COSTA e FONSECA, 2006).

3.2.2 Biotecnologia agrícola e ambiental

A Biotecnologia tem revolucionado a agricultura com modernas tecnologias que permitem identificar e selecionar genes que codificam características benéficas para serem usados como marcadores moleculares nos processos de seleção assistida, ou ter a expressão

de um determinado gene em outro organismo por transgenia e obter novas características agronômicas e nutricionais desejáveis nos cultivos de plantas (CARRER, BARBOSA e RAMIRO, 2010).

Muitas plantas foram objetos de análises genéticas destinadas a desenvolver variedades aperfeiçoadas. Não apenas selecionando variantes dentro de uma mesma espécie, pois o DNA agora pode ser inserido em outras espécies de plantas e animais (GRIFFITHS et al., 2008). A partir disso, a população passou a ter preocupação em relação aos organismos geneticamente modificados (OGMs) e seus possíveis malefícios para a saúde de quem consumir.

Além disso, os microrganismos e enzima utilizadas para a degradação de moléculas orgânicas estão ajudando a resolver alguns problemas ambientais como: derramamento de óleo, locais com lixo tóxicos e vazamentos em tanques subterrâneos (KREUZER e MASSEY, 2002).

Salienta-se ainda que tem sido pesquisada a possibilidade de utilização de plantas no controle de contaminações causadas pela poluição, como na descontaminação das águas de resíduos industriais, prática essa, chamada de fitorremediação, a qual utiliza determinadas plantas para remover, destruir ou absorver contaminantes (KREUZER e MASSEY, 2002).

Tornando-se portanto, essencial abordar esses temas dentro da sala de aula, fazendo um vínculo com a vida dos estudantes, pois, não pode-se negar que os avanços biotecnológicos estão cada vez mais presentes na vida da população.

3.2.3 Biotecnologia e ética

Quando os pesquisadores do Instituto escocês Roslin de Edimburgo, anunciaram, em 23 de fevereiro de 1997, a clonagem de um animal mamífero, uma ovelha (CASABONA e QUEIROZ, 2004). Posteriormente vários países, clonaram animais (MORGATO e MACHADO, 2015). Estabeleceu uma imensa discussão na sociedade sobre a futura clonagem em humanos e suas implicações éticas. Desse modo, a Biotecnologia moderna tem sido uma pauta recorrente de discussão, considerando-se suas formas de atuação, que provocam questionamentos ético-científicos quanto ao manuseio, à produção e o consumo dos bens e serviços advindos dessa técnica (BERTOLDI, 2015).

Nesse sentido, a Biotecnologia tem colocado o homem em face de situações que trazem benefícios e prejuízos para sua vida. Por um lado, abrem-se as portas para cura de

doenças, com base em intervenções no material genético humano, mas, por outro, ameaça seus referenciais indenitários e sua liberdade, com a possibilidade da clonagem humana ou intervenções gênicas que permitem a seleção e a modificação de características, tais como a inteligência e a cor dos olhos (MORGATO e MACHADO, 2015).

Além disso, com o desdobramento do Projeto Genoma Humano, a perspectiva que se tinha era a melhoria da vida humana, com o avanço da medicina e dos conhecimentos sobre o genoma humano iria surgir à cura de diversas doenças. Todavia, o que perpetuou na mente da sociedade foram ideias que tem tudo para se tornarem reais, como descrito por Corrêa (2002) os problemas seriam a engenharia ou desenho de embriões humanos, com modificação de seres humanos, intervenções na reprodução humana, busca de aperfeiçoamento de características humanas e eugenia, discriminação de base genética, genética comportamental, patenteamento de genes, injustiça na distribuição de recursos, pela exclusão econômica de usuários de possíveis produtos de pesquisa, violação da confidencialidade de informações genéticas, entre tantos outros problemas.

Assim, as características da Biotecnologia moderna são advindas, especialmente, das técnicas de manipulação do DNA recombinante. Os possíveis riscos dessa manipulação foram discutidos em 1975, na Conferência de Asilomar, nos Estados Unidos, representando um marco na regulamentação da Biotecnologia. Foi a partir de Asilomar que se originaram as normas de biossegurança do *National Institute of Health* (NIH), dos EUA. Seu mérito foi o de alertar a comunidade científica, quanto às questões de biossegurança inerentes à tecnologia de DNA recombinante. A partir de então, a maioria dos países centrais viu-se diante da necessidade de estabelecer legislações e regulamentações para as atividades que envolvem a Engenharia Genética (ALMEIDA e VALLE, 1999).

Ainda que antes dessa data já houvesse sido realizados avanços em clonagem animal, este acontecimento, por sua grande difusão, suscitou um interesse sobre os avanços em genética e clonagem que persiste de maneira muito intensa (CASABONA e QUEIROZ, 2004).

Enquanto nos laboratórios de universidades e centros de pesquisa a Ciência avança surpreendentemente, as escolas de um modo geral, principalmente as públicas continuam com o ensino distante da realidade dos alunos, de forma tradicional, sempre colocando empecilhos para o ensino de qualidade. Contudo, discutir reportagens sobre os diversos avanços da Biotecnologia é o mínimo que os educadores podem fazer, sem a necessidade aparelhos e reagentes laboratoriais, fazendo os alunos perceberem que o que acontece nos laboratórios faz parte da vida dos mesmos.

3.2.4 Desenvolvimento da Biotecnologia

Cabe esclarecer que a Biotecnologia é uma área em desenvolvimento no Brasil, que abrange indústrias como a alimentícia, a química e a farmacêutica, e busca tecnologias que minimizem o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente empregando recursos de origem biológica (DIREITO et al., 2014).

Assim, desde a antiguidade até os dias atuais a Genética Molecular e a Biotecnologia evoluíram extraordinariamente e conquistaram um lugar de destaque entre as ciências, enriqueceu-se com novas tecnologias e ferramentas moleculares sofisticadas e poderosas, que em pleno século 21, aceleraram o progresso da Biologia e da Medicina (COSTA et al., 2013).

A partir disso fica nítido que a sociedade depende da Biotecnologia tanto na produção de alimento quanto no tratamento médico. Além disso, essa área conquistou um espaço privilegiado entre as disciplinas da Biologia, permeando e direcionando as pesquisas e o desenvolvimento científico-tecnológico, não somente da produção alimentícia e de medicamentos, mas auxiliando nos campos da Zoologia, Botânica, Imunologia, entre outros (KLEIN, 2011).

Assim sendo, na tabela 2 esta descrita o percurso histórico das descobertas científicas no ramo da Biologia que suscitaram no desenvolvimento da Biotecnologia.

Tabela 2 - Histórico das principais descobertas na Bioquímica, Genética e Microscopia que permitiram o desenvolvimento da Biotecnologia.

Ano	Pesquisador	Pesquisa – Descoberta
1632-1723	Leenwenhoek	Estudos de Microscopia e observação de células
1665	R. Hooke	Estudos de Microscopia – observação de cortiça
1744-1829	Lamarck	Estudos de Evolução – Tese da herança dos caracteres adquiridos
1809-1882	Charles Darwin	Teoria da Evolução das Espécies
1822-1884	Louis Pasteur	Demonstrou a existência de microorganismos
1822-1884	Gregor Mendel	Teorias da Herança de Caracteres genéticos
1833	Vários	Descoberta das primeiras enzimas
1903	W. Sutton	Observou e descreveu os cromossomos no núcleo das células
1944	O. Avery; C. MacLeod; MacLyn; McCarty; F. Griffiths	Descobriram o DNA como o “princípio transformador” que carregava caracteres que se expressavam no fenótipo virulento (<i>Streptococcus pneumoniae</i>)

1952	A.Hershey; M.Chase	Descreveram os ácidos nucleicos (DNA e RNA) em vírus como os carregadores de mensagens genéticas
1953	Watson e Crick; E. Chargaff; Wilkin e Colbs	Dedução da estrutura do DNA em α -hélice
1956	A.Korneberg	Descoberta da enzima DNA polimerase I
195-	Jacob e Monod	Primeiros experimentos de Controle da Expressão Gênica por proteínas
1957	Meselson e Stahl	Demonstraram que a replicação do DNA é semiconservativa
195-	J.Cairns	Demonstrou que a replicação do DNA é bidirecional originado em forquilhas
1960	-	Descoberta do RNA mensageiro (mRNA)
1970	Vários	Descoberta das enzimas de restrição (nucleases específicas)
1973	Cohen e Boyer	Desenvolvem o primeiro experimento de DNA recombinante utilizando genes bacterianos
1975	Southern	Descreveu as técnicas de hibridação em colônias e Southern blotting para detectar sequências de DNA específicas, possibilitando o isolamento de genes individuais do genoma de organismos
1076	-	A hibridização molecular é utilizada para diagnose pré-natal de doença genética
1977	Sanger	Determinação da primeira sequência de DNA (Bacteriófago)
1982	-	Produção de insulina humana por engenharia genética em bactérias
1985	K.B. Mullins	Descrição da técnica Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)
2000	Vários laboratórios do mundo	Sequenciamento Completo do Genoma Humano

Fonte: EMBRAPA, 2003.

Dentro desta perspectiva os temas de Biotecnologia, melhoramento genético e organismos transgênicos vêm ganhando destaque na mídia e na vida das pessoas. O estudo destes temas, e demais assuntos relacionados apresentou, nestes dois últimos séculos, um crescimento exponencial. Genes e DNA passaram a fazer parte do cotidiano da sociedade, porém muitas vezes esses conceitos são entendidos de forma errônea e equivocados (TEMP, 2011).

Portanto, por continuar sendo pauta recorrente de discussão, considerando-se suas formas de atuação, que provocam questionamentos ético-científicos quanto ao manuseio, à produção e o consumo dos bens e serviços advindos dessa técnica (BERTOLDI, 2015). É imprescindível o estudo dessa Ciência no ambiente escolar. Pois, o rápido crescimento do conhecimento da Biotecnologia durante as décadas passadas fez com que se tornasse necessário repensar os conteúdos do currículo escolar e provocou uma consideração sobre a questão ética e social, relacionada ao uso de aplicações Biotecnológicas (KLEIN, 2011). Tal fato suscitou na necessidade de investigação dessa área no contexto escolar, especificamente quando se trata de professores, alunos e o material didático disponível.

4. LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA

A educação escolar se caracteriza pela mediação didático-pedagógica que se estabelece entre os conhecimentos práticos e teóricos. Dessa forma, seus procedimentos e conteúdos devem adequar-se tanto à situação específica da escola e ao desenvolvimento do aluno quanto aos diferentes saberes a que recorrem (VERCEZE e SILVINO, 2008). Além disso, com relação a prática docente, o livro didático não deve ser visto como um manual a ser seguido. Embora seja uma ferramenta que facilite a atividade do professor, não deve ser o centro das atividades de ensino, mas um material de apoio (SARTIN et al., 2012).

Consequentemente as análises dos livros didáticos passam a ter sua importância na verificação da abordagem dos conteúdos na escola, por ser o objeto de maior uso nas escolas. A partir de várias análises é possível perceber a existência de falhas na sua composição, às vezes na forma de apresentação do conteúdo, nas atividades propostas, no desenvolvimento dos conceitos no decorrer das páginas, ou ainda de inadequação à realidade local, às práticas sociais do grupo escolar em questão (ROSA, RIBAS e BARAZZUTTI, 2012; CARDINALI e FERREIRA, 2010; FONSECA e BOBROWSKI, 2015; SILVA e CAVALCANTI, 2014).

Assim, sabemos que um dos desafios atuais da Biologia é fazer com que os alunos entendam conceitos básicos sem uma memorização descontextualizada. Entretanto, o que se tem hoje no ensino de Biologia e nos livros didáticos é uma fragmentação de conteúdo, ocasionando uma valorização na memorização de conceitos, e não o seu entendimento (CARDINALI e FERREIRA, 2010). Isso implica desinteresse de parte dos alunos, especialmente, quando se trata de Biotecnologia e suas aplicações, uma vez que os processos biotecnológicos estão inseridos muitas vezes em um mundo microscópio, o qual exige uma

base dos conhecimentos teóricos para que seja possível a compreensão da prática realizada nos laboratórios e até mesmo certa abstração dos conteúdos estudados.

Uma vez que a Biotecnologia envolve plantas, animais e microrganismos sendo um ramo milenar. Processos biotecnológicos vêm sendo utilizados desde as antigas civilizações, quando o ser humano já buscava a melhoria de plantas e animais para seu consumo através de cruzamentos. Processos de fermentação utilizados para a produção de queijos, vinhos, pães, iogurtes e sucos são algumas das formas mais antigas da utilização da Biotecnologia. De forma ainda bem primitiva, utilizavam-se os processos de fermentação, onde macerado de uvas, cevada ou outros produtos básicos eram submetidos à exposição dos microrganismos presentes no ar, resultando na produção de derivados úteis ao homem (MAPA, 2010).

Em vista disso, é indispensável que se tenha ciência de que a Biotecnologia permeia as mais diversas áreas da Biologia, servindo como uma ferramenta útil e eficaz em estudos, não apenas em Genética, mas também em Microbiologia, Zoologia e Biologia Celular, entre outras, porém percebe-se que essa dimensão é praticamente ausente em alguns volumes de livros didáticos e na própria abordagem do professor (FONSECA e BOBROWSKI, 2015). Pois, os livros didáticos deveriam contemplar aspectos, como a interdisciplinaridade, o cotidiano do estudante e a construção da cidadania. Todavia, quando se trata de assuntos relacionados a Biotecnologia, como por exemplo, à clonagem, sua história e os aspectos éticos envolvidos, quando presentes, aparecem inseridos em caixas de textos e seções, muitas vezes sem conexão como o restante do capítulo (LOPES, 2015). Por essa razão os livros didáticos, quando utilizados de forma coerente e interligada a diferentes áreas do conhecimento, podem oferecer subsídios importantes para compreensão da prática e dos conceitos utilizados no campo da Biotecnologia, além de ser considerada uma ferramenta de acesso ao saber histórico e cultural acumulado nas escolas (KAPP, MIRANDA e FREITAS, 2014).

Assim como descritas por Fonseca e Bobrowski (2015) muitas obras de livros didáticos, os textos referentes à Biotecnologia ainda não aparecem com grande destaque, mas apenas como seções especiais entre poucos capítulos. Em complemento a isso, Silva e Cavalcanti (2014) citam que devido à falta de oportunidade de cursos de atualização, os docentes acabam recorrendo aos livros didáticos para tirar suas dúvidas, que por sua vez demonstram conceitos fragmentados e descontextualizados, dificultando o entendimento. Corroborando a estas afirmações, os resultados mostram que os livros didáticos de Biologia são, de maneira geral, pouco atualizado em relação aos temas da Biotecnologia. No entanto, continuam sendo a espinha dorsal do currículo na maioria das escolas (XAVIER, FREIRE e MORAES, 2006).

Desse modo, como o livro didático é praticamente a única ferramenta disponível como apoio para o professor/aluno utilizar em sala (SILVEIRA e ARAÚJO, 2014; VERCEZE e SILVINO, 2008; VASCONCELOS e SOUTO, 2003) quando se trata de qualquer área do ensino e principalmente ao que se refere à Biotecnologia, faz-se necessário a execução de um projeto voltado para análise dos livros didáticos.

Na maioria das escolas, principalmente as escolas públicas a única ferramenta utilizada e disponível é o livro didático (LD), que tem como função auxiliar o professor e o aluno durante as aulas. No entanto, com base nos resultados de pesquisas que fizeram a análise do LD, foi confirmado que essa temática fica restrita em média, a um capítulo do livro, e os avanços científicos desta área são descritos de forma resumida, sem conexão com os processos biológicos e com outras matérias, além de ser exibido de forma distante da vida humana, isso faz com que se torne indispensável a utilização de LD que possuem os conteúdos adequados para ensinar Biotecnologia de forma que possa fazer sentindo ao estudante o ensino dessa temática, visto que, os produtos biotecnológicos estão inseridos na vida humana desde a antiguidade e tem se tornado cada vez mais presente (ROSA, RIBAS e BARAZZUTTI, 2012; CARDINALI e FERREIRA, 2010; FONSECA e BOBROWSKI, 2015; SILVA e CAVALCANTI, 2014; XAVIER, FREIRE e MORAES, 2006; ROSIN, BIASIBETTI e BOFF, 2012).

Por isso, a escola e os professores precisam ter consciência quanto a importância de analisar um livro didático antes de utilizá-lo, pois só assim será possível perceber qual a intenção da aplicação de referidos exercícios, ou verificar se o objetivo a alcançar na explicação de determinado conceito vai ser efetivado, não fugindo do objetivo que o professor traçou no início do plano de atividades (ROSA, RIBAS e BARAZZUTTI, 2012).

Os livros didáticos devem ser capazes de estimular uma reflexão crítica pelos alunos, ao passo em que também deverão ser capazes de estimular o senso investigativo e a busca por novos conhecimentos. Assim, poderá atuar como ferramenta promotora de novas experiências e proporcionar ao professor trabalhar variados aspectos que possam melhorar a aprendizagem significativa dos educandos, sempre as relacionando com o cotidiano dos alunos (SILVEIRA e ARAÚJO, 2014).

No entanto, os livros didáticos tradicionais limitam-se aos conteúdos específicos disciplinares sem estabelecer relação com questões vivenciais dos estudantes, portanto cabe ao professor criar novas formas de ensino de modo a utilizar o livro como uma boa ferramenta de trabalho para complementar o seu conhecimento, mas não deve ser empregado tanto pelos professores quanto pelos alunos, como único recurso de informação, já que eles tendem trazer

ideias que facilitam a memorização e não a interpretação e o estabelecimento de relações (ROSIN, BIASIBETTI e BOFF, 2012).

Além disso, é necessário verificar se a linguagem utilizada no livro é clara, e está coerente com a faixa etária a que se destina o trabalho em sala de aula, para a partir disso desenvolver uma atividade com bom aproveitamento, e assim auxiliar na aprendizagem da turma, facilitando o processo de ensino (ROSA, RIBAS e BARAZZUTTI, 2012). Os conteúdos dispostos nos livros didáticos apresentam-se normalmente com uma sequência linear e fragmentada o que não permite a produção de aprendizagens significativas para os estudantes (VERCEZE e SILVINO, 2008).

Assim, diante do que foi exposto é fundamental, com relação ao livro didático, que o professor o perceba como mais um recurso a ser utilizado, que fuja de uma utilização linear, que observe a sintonia com a realidade de seus alunos e não trate o conhecimento como algo pronto, estático e acabado (GÜLLICH, EMMEL e PANSERA-DE-ARAÚJO, 2013).

Pode-se perceber que o livro didático se tornou central no ambiente escolar, e por isso cresce o foco nas pesquisas educacionais com relação as análises dos livros didáticos utilizados nas escolas. Pois, é o principal material didático utilizado tanto pelos professores como pelos alunos. Por isso, para melhor compreensão do tema de interesse dessa pesquisa, será abordado adiante o ensino de Biotecnologia no ensino médio.

Será apresentado na seção seguindo um breve histórico das políticas públicas brasileiras voltadas para o livro didático.

4.1 Políticas Públicas Destinadas ao Livro Didático

A implementação do LD nas escolas brasileiras foi oficializada somente em 1938, tornando-se o principal veículo de informação da matéria lecionada (FRANCO, 1992).

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é uma iniciativa do Ministério da Educação (MEC) que tem por objetivo a aquisição e a distribuição universal e gratuita de livros didáticos para alunos das escolas públicas de ensino.

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) seleciona os livros que serão utilizados nas escolas públicas de educação básica por meio de critérios que vão desde a avaliação de conteúdos conceituais até propostas metodológicas e valores implícitos nas publicações (BRASIL, 2014). Sendo administrado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), que mediante um edital específico estabelece critérios para inscrição

das obras didáticas, as quais são avaliadas por profissionais da área. Posteriormente, é elaborado um Guia de Livros Didáticos com as obras aprovadas, que é repassado às escolas públicas para que escolham os livros que mais se adequam aos seus projetos pedagógicos (SOUZA e BARRIO, 2017). Assim, o objetivo do guia não é cercear a escolha do professor, mas ampliar o leque de alternativas, apresentando resenhas e comentários, contendo informações teóricas e metodológicas dos livros didáticos recomendados. Nesse guia, o professor se depara com diferentes propostas pedagógicas as quais o auxiliam na escolha do livro, adequando-o ao seu modo de pensar a formação pedagógica do aluno, seus princípios enquanto educador, as propostas de sua escola, as necessidades de seus alunos, etc (VERCEZE e SILVINO, 2008).

No ano de 2003 é instituído o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) pela Resolução/CD/FNDE nº 38, de 15 de outubro, de forma que a avaliação de livros didáticos para o ensino médio teve início em 2004. Ao descrever as etapas de execução do PNLEM, esta resolução estabelece que os livros sejam selecionados a partir do processo de escolha dos livros pelos professores, no âmbito das escolas. O financiamento deste Programa inicialmente ocorreu com recursos provenientes de dotações consignadas na Lei Orçamentária da União e de contratos de empréstimos internacionais (BRASIL, 2003).

A partir da Resolução/CD/FNDE nº 2, de 3 de abril de 2007, que altera o cronograma de atendimento do PNLEM, todas as regiões passam a ser atendidas pelo Programa e outras disciplinas vão sendo gradualmente inseridas, destacando-se a Biologia, a qual tem sua primeira distribuição de livros no ano de 2007, já abrangendo a totalidade de alunos de todas as regiões do país (BRASIL, 2006).

Na sua edição mais recente - PNLD 2012 - o antigo PNLEM foi incorporado ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), executado pelo FNDE e pela Secretaria da Educação Básica (SEB/MEC). A avaliação das obras ocorreu durante o ano de 2010, e culminou na divulgação dos Guias de Livros Didáticos – PNLD 2012, os quais servem de instrumento de apoio ao processo de escolha pelos professores, por meio do qual são apresentados, os critérios utilizados na avaliação e as resenhas das obras aprovadas (BRASIL, 2011). No caso da disciplina Biologia, ocorreram até agora quatro edições deste Programa de Avaliação dos Livros Didáticos: PNLEM/2007, PNLEM/2009, PNLD/2012 e o recente PNLD/2015.

Assim, o livro didático de Biologia tem sofrido críticas quanto ao tratamento unidirecional dos conteúdos, o dogmatismo e a apresentação dos conhecimentos como prontos e sem possibilidade de questionamento. Uma contradição quando se considera que os

Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio sugerem que o ensino de Biologia deva estar voltado para o desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, sendo capaz de compreender o mundo e agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos (LOPES & VASCONCELOS, 2012).

Uma das condições primordiais para que o livro didático seja considerado bom é a de que ele esteja com os conceitos cientificamente corretos, com níveis de rigor e precisão apropriados à série que se destina; e possuir narrativas claras e compreensíveis, colocadas em uma linguagem interessante, que estimule o pensamento do educando. Em resumo, as narrativas devem sofrer uma transposição didática (MONTE, 2003).

Os professores têm papel bastante relevante, devendo ser capazes de utilizar esse recurso para suscitar nos alunos experiências pedagógicas significativas, diversificadas e alinhadas com a sociedade em que estão inseridos, que são exigências do contexto educacional contemporâneo (BATISTA, CUNHA e CÂNDIDO, 2010). Assim, o livro tem grande influência na prática pedagógica, pois os professores devem ter uma participação ativa na escolha criteriosa do livro didático, analisando a qualidade do livro que será utilizado (BRASIL, 1998).

Portanto, os livros didáticos precisam atuar como integrantes de um processo, onde o pensamento reflexivo do aluno deve ser incentivado, estimulando a sua capacidade de investigação e preparando-o para agir dentro da sua realidade social e econômica. Para alcançar bons resultados nesse processo, os professores devem ser capazes de utilizar esse recurso para provocar nos alunos experiências pedagógicas significativas (SOUZA e BARRIO, 2017).

Nesse sentido, na seção seguinte será discutido sobre o ensino de Biotecnologia no ensino médio, abordando sobre os professores e alunos.

5. O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) o estudante necessita analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia, comparar diferentes posicionamentos de cientistas, ambientalistas, jornalistas sobre assuntos ligados à Biotecnologia (produção de alimento transgênico, terapia gênica, clonagem), avaliando a consistência dos argumentos e a fundamentação teórica. Nesse sentido, Silva (2012) discute que esses temas aumentam as suspeitas e confusões, diante das quais o conhecimento dos

estudantes se torna particularmente importante para seus posicionamentos conscientes e críticos frente às implicações sociais, políticas, econômicas e éticas dos desenvolvimentos neste campo do conhecimento.

Atualmente, a Biologia apresenta um papel relevante, pois além de estarem inserida no cotidiano, as descobertas científicas e os avanços tecnológicos estão presentes nos diversos meios de comunicação. Assim, seu estudo deve proporcionar, aos alunos, o desenvolvimento do caráter investigativo de atividades científicas e, também, tornar o indivíduo mais crítico, capaz de interpretar e tomar decisões (SANTOS et al., 2007).

Assim sendo, o ensino de Biologia pode significar, dependendo do enfoque e da profundidade com que os assuntos são discutidos em sala de aula, um importante meio de preparação para o enfrentamento de desafios que surgem no cotidiano de uma sociedade. A disciplina pode colaborar no processo de conhecimento pessoal e desenvolvimento da autoestima, que são elementos que estão na base da formação de valores necessários à construção da cidadania (MARIZ, 2014). Diversas áreas do conhecimento científico têm se beneficiado dos avanços tecnológicos, em especial as biológicas, possibilitando o diagnóstico e tratamento mais preciso de doenças e o desenvolvimento da Biotecnologia, favorecendo os setores da saúde, da indústria e da agricultura. Por outro lado, tais avanços têm suscitado questões importantes acerca de seus impactos na sociedade e no ambiente (ARAÚJO et al., 2010).

Assim, o destaque que os temas da Biotecnologia apresentam pode ser explicado pelo grande apelo social e pela influência direta na vida das pessoas. São, portanto, conteúdos relevantes no contexto escolar. Debates frequentes, por exemplo, sobre transgênicos, terapias gênicas, clonagem, células-tronco, teste de paternidade etc. vêm sendo travados e a sala de aula não pode ficar alheia às novidades ou deixar de expor os novos conhecimentos dessa área (XAVIER, FREIRE e MORAES, 2006). A partir desse contexto os profissionais da educação e a escola de modo geral têm papel fundamental no compartilhamento da Biotecnologia, pois, os alunos precisam saber se posicionar perante a inclusão destes produtos na sociedade atual, sabendo argumentar com propriedade na aceitação ou não, a partir de recursos e procedimentos didáticos que tenham a facilidade de serem aplicados e produzidos, e que principalmente sirva para a aprendizagem do aluno.

Logo, a Biotecnologia se torna central para o desenvolvimento do estudante, pois, os produtos biotecnológicos estão inseridos na sociedade há tempos e novos resultados de pesquisas têm se tornados polêmicos pela falta de informações ou até mesmo informações errôneas a respeito de produtos que visam melhorar a vida da população.

A partir disso, percebe-se a necessidade de um ensino que acompanhe a evolução dos avanços científicos e tecnológicos, de forma que a sala de aula passe a abrir espaço para discussões que vão além do currículo escolar, além do ensino formal, sistematizado, preocupado não somente com a assimilação de conceitos por parte dos alunos, mas em oferecer subsídios para que os mesmos tenham autonomia e possam participar mais ativamente do mundo em que vive um ensino voltado para a inclusão dos alunos na sociedade (CARVALHO e BOSSOLAN, 2009). Por isso, discutir o ensino de Ciências é de fundamental importância para que o aluno possa se apropriar, de forma significativa, deste conhecimento e, com isso, ampliar sua compreensão dos processos científicos e tecnológicos, podendo se posicionar de forma autônoma e crítica na sociedade, ao superar as limitações de compreensão do seu próprio mundo (ANDRADE, 2013).

O ensino-aprendizagem de conceitos biológicos é um desafio não só para alunos, mas também para professores e pesquisadores envolvidos com a educação em ciências, existindo muitas dificuldades na aprendizagem de estudantes em diferentes fases de escolaridade, sendo em parte essa justificativa pela própria dimensão do objeto de estudo da Biologia, que é a vida em toda sua diversidade (SCHNEIDER, HARMEL e MEGLHIORATTI, 2010). Somado a isto, grande parte dos alunos apresenta dificuldades nos termos relacionados a área da Biotecnologia, necessitando que o professor busque novos métodos que sejam fáceis de serem produzidos e aplicados, além de facilitar e estimular a aprendizagem e a participação dos alunos durante as aulas.

Pois, segundo Bedin e Delizoicov (2012) o professor, deve atuar como mediador entre o conhecimento prévio do aluno e o conhecimento científico, precisando lançar mão de estratégias didáticas que possam contribuir para o desenvolvimento de um ensino que possibilite ao aluno manifestar suas ideias, suas dúvidas, suas concepções para que ele veja sentido naquilo que está sendo abordado em sala de aula.

Pois se tem a convicção de que o professor é uma peça essencial no conjunto que movimenta todo o sistema educacional (LUSTOSA-OLIVEIRA et al., 2011). Porém, alguns dos desafios são preparar os professores para se defrontar com essas questões e capacitá-los a modificar os conhecimentos sobre Biotecnologia em assuntos que se tornem assimiláveis para os alunos, pois só a partir disso será possível elaborar as aulas com ênfase nos termos/conteúdos de Biotecnologia que visam melhorar o processo de ensino e aprendizagem.

Dessa forma existe uma necessidade de superar os modelos de ensino baseados apenas na transmissão de informação e fazer realmente uma educação em que o aluno tenha prazer em aprender e buscar o conhecimento, tornando-se um sujeito participante e atuante nas

discussões de temas que envolvem a sociedade, podendo-se observar uma crescente ressignificação de práticas educativas. Assim, o ensino nessa nova perspectiva, deve ser voltado à formação cidadã de modo que o aluno possa compreender, se posicionar e modificar a realidade atual, correlacionando às relações sociais, históricas, políticas, éticas e até mesmo religiosas existentes entre o conhecimento produzido pela ciência, os procedimentos e produtos oriundos da crescente área tecnológica e suas aplicações e implicações na sociedade contemporânea (GOMES et al., 2013).

Em virtude disso, o processo de ensinar conteúdos de Biotecnologia e Biologia Molecular deve ser pautado em um processo de ensino aprendizagem inovador, ao ponto de inter-relacionar conceitos chaves na aprendizagem do conteúdo: da Ciência, da Biologia e da Biotecnologia. Por isso, com base em Kapp, Miranda e Freitas (2014) as áreas das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias descritas nas orientações educacionais complementares (PCNEM), discorre sobre a inserção da Biologia Contemporânea no ensino médio a partir de relações com os fenômenos naturais e aplicações tecnológicas. Logo, a aplicação de metodologias diferenciadas e atividades práticas, isto é, estratégias de ensino que sejam centradas no educando, que o desafiem a abandonar o papel de receptor passivo, mas que assuma o de principal responsável pela sua aprendizagem, pode ser um veículo para o alcance dos objetivos da escola e que devem ser levados em conta pelos educadores (VIDOTTO et al., 2011).

Dessa forma as tecnologias de manipulação do DNA devem estar incluídas no conteúdo programático, sendo possível que os alunos consigam identificar as tecnologias para transferência de DNA de um organismo para o outro, por meio de textos científicos, assim como os métodos para tal procedimentos como o uso de enzimas de restrição e vetores de clonagem, levantar informações sobre a participação da Engenharia Genética na produção de alimentos resistentes a herbicidas e pragas, de hormônios, vacinas e medicamentos, identificar produtos originados dessa tecnologia e que estejam nos mercados brasileiros, e relacionar entre os organismos manipulados geneticamente aqueles que são considerados benéficos para a população humana sem colocar em risco o meio ambiente e demais populações e os que representam risco potencial para a natureza, analisando os argumentos de diferentes profissionais (BRASIL, 2000). Nesse sentido é importante ressaltar que os assuntos que envolvem a temática Biotecnologia e suas aplicações são mencionados no PCN do ensino médio, juntamente com as recomendações de sua utilização em sala de aula, logo é imprescindível a inserção desses assuntos na escola.

O papel da escola vai muito além de ensinar conteúdos disciplinares, a escola precisa oportunizar a produção de um conhecimento que permita fazer a ligação entre os conteúdos desenvolvidos em sala de aula com o seu cotidiano (ROSIN, BIASIBETTI e BOFF, 2012). Por exemplo, o ensino de Biologia permitem aos alunos que os mesmos se familiarizem com as tecnologias de manipulação do material genético, os transgênicos, por exemplo, e com o debate ético e ecológico a elas associados e, nesse caso, contribuem para o desenvolvimento de competências de avaliar os riscos e os benefícios dessas manipulações à saúde humana e ao meio ambiente e de se posicionar diante dessas questões (BRASIL, 2000).

A partir das constatações acima, e somado aos resultados obtidos por Andrade, Becker e Paula (2015), os quais inferiram que os alunos apresentam representações elementares sobre Biotecnologia, pois a definem a partir da dissociação da palavra sem, com isso, atualizar o conhecimento, por exemplo, para os sujeitos da pesquisa Biotecnologia é “biotecnologia é um processo biológico mais tecnológico”; “Biotecnologia é a tecnologia a serviço da vida”.

Os conceitos são apresentados prontos e desvinculados do meio social fazendo com que as aprendizagens em ciência sejam algo totalmente fora de seu contexto, pois os livros didáticos trazem textos muito extensos e sem nexos e os estudantes não se tornam capazes de estabelecer relações entre os conceitos estudados em sala de aula e as situações reais do seu dia-a-dia (ROSIN, BIASIBETTI e BOFF, 2012).

Assim, noções sobre temas atuais em que se emprega conhecimento tecnológico podem aparecer em vários momentos na escola, nas disciplinas de ciências da natureza, com níveis diversos de enfoque e aprofundamento. Dado que principalmente no ensino médio que os jovens devem compreender as inter-relações entre o entendimento científico e as mudanças tecnológicas e devem considerar o impacto que as tecnologias podem produzir na sociedade e em decorrência sobre a qualidade de vida (DIREITO et al., 2014).

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1 Tipo de Pesquisa

Este trabalho abrange a pesquisa qualitativa a qual é descrita por não se preocupar com a representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os

dados analisados são não-métricos (suscitados e de interação) e se valem de diferentes abordagens (GERHARDT e SILVEIRA, 2010). Assim a pesquisa qualitativa pode ser descrita como analítica e interpretativa, buscando refletir e explorar os dados, que podem apresentar regularidades para criar um profundo e rico entendimento do contexto pesquisado (OLIVEIRA, 2010).

Dentro dessa perspectiva, a pesquisa qualitativa pode ser realizada por diferentes caminhos, sendo um desses a pesquisa documental, que segundo Silva et al. (2009) a pesquisa documental permite a investigação de determinada problemática não em sua interação imediata, mas de forma indireta, por meio do estudo dos documentos que são produzidos pelo homem e por isso revelam o seu modo de ser, viver e compreender um fato social. Além disso, os documentos constituem uma fonte não-reativa, as informações neles contidas permanecem as mesmas após longos períodos de tempo. Podem ser considerados uma fonte natural de informações à medida que, por terem origem num determinado contexto histórico, econômico e social, retratam e fornecem dados sobre esse mesmo contexto. Não há, portanto, o perigo de alteração no comportamento dos sujeitos sob investigação (GODOY, 1995).

6.2 Objeto da Pesquisa

Foram três livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, o livro de Amabis e Martho (2013), presente no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015, o livro de Lopes e Rosso (2010), presente no PNLD de 2012 ambos do volume 2, que corresponde ao livro utilizado no 2º ano do ensino médio. Pois de acordo com os conteúdos do plano de ensino de Biologia a temática Biotecnologia esta inserida nessa etapa do ensino médio, juntamente com os demais conteúdos de Genética, e o volume 3 do livro de César e Sezar (2005) presente no Plano Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM) de 2009.

6.3 Análise de Conteúdo

O desenvolvimento da pesquisa será realizado por meio da análise de conteúdo, que embora segundo Godoy (1995) na sua origem a análise de conteúdo tenha privilegiado as formas de comunicação oral e escrita, não exclui outros meios de comunicação. Por isso, a análise de conteúdo é descrito como sendo um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do

conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011). Ou seja, tudo que é exprimido oralmente (entrevistas) ou registrado de forma escrita (questionários/livros) pode ser submetido a análise de conteúdo. Assim como disse Henry e Moscovici (1968) *apud* Bardin (2011) “tudo o que é dito ou escrito é suscetível de ser submetido a uma análise de conteúdo”.

Na área de educação, a análise de conteúdo pode ser, sem dúvida, um instrumento de grande utilidade em estudos, em que os dados coletados sejam resultados de entrevistas (diretivas ou não), questionários abertos, discursos ou documentos oficiais, textos literários, artigos de jornais, emissões de rádio e de televisão (OLIVEIRA et al., 2003).

As diferentes fases de análise de conteúdo organizam-se em torno de três polos cronológicos: 1) a pré-análise; 2) a exploração do material; 3) o tratamento dos resultados (inferência/interpretação) (Figura 2), as quais serão explanadas a seguir. Essas três fases foram utilizadas na análise dos livros didáticos.

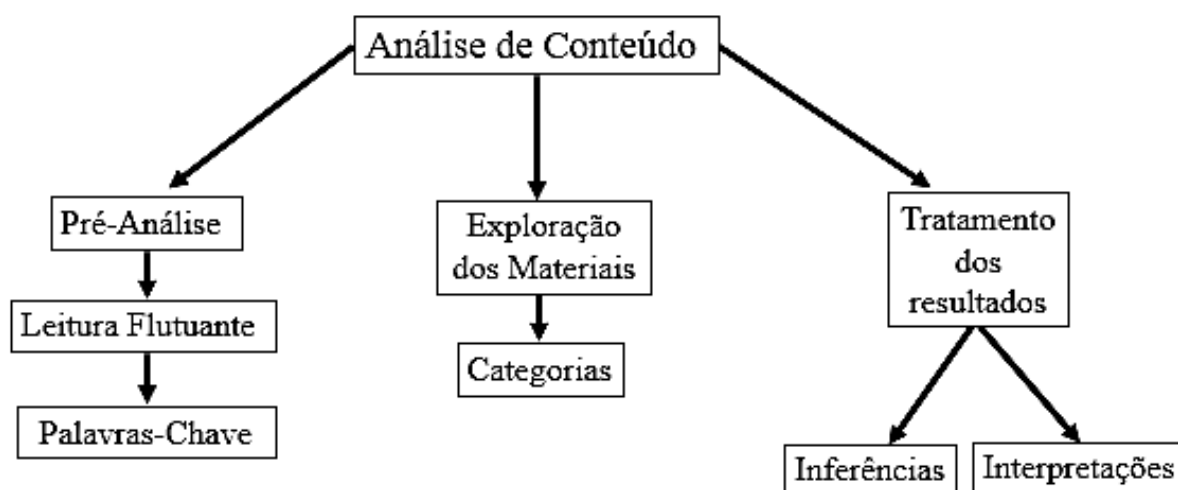


Figura 2: Fluxograma das etapas desenvolvidas utilizando análise de conteúdo de Bardin (2011).

6.4.1 Pré-análise

Pode-se dizer que a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de exploração de documentos, que procura identificar os principais conceitos ou os principais temas abordados em um determinado texto (OLIVEIRA et al., 2003). Inicia-se com a pré-análise, que é a fase de organização, corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar

operacionais e sistematizar as ideias iniciais, que é a inserção do ensino da Biotecnologia, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas num plano de análise (BARDIN, 2011).

Conforme Bardin (2011) esta primeira fase possui três missões: a escolha dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. Contudo, esses fatores não se sucedem em uma ordem cronológica, porém estão interligados.

A primeira atividade da pré-análise é a leitura flutuante dos livros didáticos de Biologia, que é a uma leitura intuitiva, aberta a todas as ideias, reflexões e hipóteses, consiste em estabelecer contato com os documentos a analisar (BARDIN, 2011). A leitura flutuante requer do pesquisador o contato direto e intenso com o material de campo, em que pode surgir a relação entre as hipóteses ou pressupostos iniciais, as hipóteses emergentes e as teorias relacionadas ao tema, que é a Biotecnologia (CAVALCANTE, CALIXTO e PINHEIRO, 2014), por meio da qual o pesquisador, num trabalho gradual de apropriação do texto, estabelece várias idas e vindas entre o livro didático e as suas próprias anotações, até que comecem a emergir os contornos de suas primeiras unidades de sentido. Estas unidades de sentido - palavras, conjunto de palavras formando uma locução ou temas - são definidas passo a passo e guiam o pesquisador na busca das informações contidas no texto (OLIVEIRA et al., 2003). Ou seja, é nessa etapa que serão elaboradas as hipóteses e os objetivos da pesquisa (SANTOS, 2012), as hipóteses são explicações antecipadas do fenômeno observado, ou seja, são afirmações iniciais que pode ser comprovadas ou refutadas ao final da pesquisa (BARDIN, 2011).

A segunda atividade da pré-análise é a escolha do documento, que são especificamente os conteúdos teóricos de Biotecnologia dos livros didáticos de Biologia do ensino médio, que forma o *corpus* da pesquisa, que conforme Bardin (2011) é o conjunto dos documentos, ou seja, dos livros didáticos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos. A sua constituição implica, muitas vezes, escolhas, seleções e regras, com diz Câmara (2013) que são às regras de exaustividade (deve-se esgotar a totalidade da comunicação, não omitir nada); representatividade (a amostra deve representar o universo); homogeneidade (os dados devem referir-se ao mesmo tema, serem obtidos por técnicas iguais e colhidos por indivíduos semelhantes); pertinência (os documentos precisam adaptar-se ao conteúdo e objetivo da pesquisa) e exclusividade (um elemento não deve ser classificado em mais de uma categoria).

A terceira fase é a formulação das hipótese e dos objetivos, assim, segundo Bardin (2011) uma hipótese é uma afirmação provisória que nos propomos verificar (confirmar ou

infirmar), recorrendo aos procedimentos de análise. Trata-se de uma suposição cuja origem é a intuição e que permanece em suspenso enquanto não for submetida à prova de dados seguros. Assim como afirma Bardin (2011):

Levantar uma hipótese é interrogarmo-nos: "será verdade que, tal como é sugerido pela análise *a priori* do problema e pelo conhecimento que dele possuo, ou, como as minhas primeiras leituras me levam a pensar, que...?".

A quarta etapa da pré-análise é a referenciação dos índices e a elaboração dos indicadores. Com a escolha dos índices é realizado a construção dos indicadores. Por exemplo, o índice pode ser a menção explícita de um tema numa mensagem. Caso parta do princípio de que este tema possui tanto mais importância para o locutor quanto mais frequentemente é repetido, o indicador correspondente será a frequência deste tema de maneira relativa ou absoluta, relativo a outros (BARDIN, 2011).

A quinta e última etapa da pré-análise é a preparação do material, que consiste na preparação dos resultados obtidos do *corpus*. Pois, os objetivos da pesquisa, assim como uma primeira leitura dos textos, ajudarão a determinar a(s) unidade(s) de registro pertinentes para a pesquisador (OLIVEIRA et al., 2003). É realizada mediante as palavras-chaves encontradas na leitura flutuante dos livros didáticos de Biologia.

No método de análise de conteúdo assume a característica de procedimento técnico e sistemático da investigação e, portanto, apresenta fases específicas. Depois de ser selecionada a amostra documental, segue-se o trabalho com a determinação de unidades de análises, a eleição das categorias e a organização do quadro de dados (CÂMPELO et al., 2009), fase esta que corresponde a exploração do material, que é discutida a seguir.

6.4.2 Exploração do Material

A fase de exploração do material consiste na definição das categorias, a qual é descrita por Oliveira et al. (2003) como sendo importante, pois a qualidade de uma análise de conteúdo possui uma dependência como o seu sistema de categorias. Durante a etapa da exploração do material, o investigador busca encontrar categorias que são expressões ou palavras significativas em função das quais o conteúdo de uma fala será organizado (CAVALCANTE, CALIXTO e PINHEIRO, 2014). As palavras semelhantes referentes a determinada área da Biotecnologia encontradas nos livros didáticos serão agrupados em categorias, que confirmam ou modificam as hipóteses inicialmente.

Nessa fase por exemplo as palavras-chave serão recortados em unidades de registro, que para Bardin (2011) é a unidade de significação a codificar, que corresponde ao segmento de conteúdo considerado como unidade base para a categorização. Nessa pesquisa refere-se ao parágrafo do texto que o tema foi citado, por meio das palavras associadas a Biotecnologia, essas palavras-chave serão identificadas para realizar uma primeira categorização. Como diz Fossá (2003) por este processo indutivo ou inferencial, procura-se não apenas compreender o sentido da fala ou escrita, mas também buscar-se-á outra significação ou outra mensagem.

Na perspectiva da análise do conteúdo, as categorias são vistas como rubricas ou classes que agrupam determinados elementos reunindo características comuns. No processo de escolha de categorias adotam-se os critérios semântico (temas), sintático (verbos, adjetivos e pronomes), léxico (sentido e significado das palavras – antônimo ou sinônimo) e expressivo (variações na linguagem e na escrita). Este processo permite a junção de um número significativo de informações organizadas em duas etapas: inventário (onde isolam-se os elementos comuns) e classificação (onde divide-se os elementos e impõem-se organização) (SANTOS, 2012). Além disso, Bauer (2000) diz que as categorias devem ser exclusivas e auto excludentes sob pena de haver problemas quanto a fidedignidade.

Outros fatores cruciais nesse processo são a frequência em que aparece a unidade de registro; a intensidade medida através dos tempos dos verbos, advérbios e adjetivos; a direção favorável, neutra ou desfavorável e demais critérios associados (positivo ou negativo); a ordem estabelecida nos registros, ou seja, se o sujeito A aparece antes do B e, por fim, a coocorrência, caracterizada pela presença simultânea de duas ou mais unidades de registro numa unidade de contexto (SANTOS, 2012).

Esta fase, longa e fastidiosa, consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou enumeração, em função de regras previamente formuladas. Nesse sentido, tratar o material é codificá-lo, assim, a codificação corresponde a uma transformação - efetuada segundo regras precisas - dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo ou da sua expressão (BARDIN, 2011). A regra de enumeração consiste em enumerar a presença ou ausência de determinados elementos referente nesse caso ao ensino de Biotecnologia, que funciona como um indicador (BARDIN, 2011).

As palavras-chaves anotadas na leitura flutuante dos livros didáticos da fase de pré-análise devem ser aglutinadas em categorias, que corresponde a fase de exploração do material, as quais passarão pela fase de tratamento de dos resultados, que será abordado com maiores detalhes na seção abaixo.

6.4.3 Tratamento dos Resultados

Calcado nos resultados brutos, o pesquisador procurará torná-los significativos e válidos. Esta interpretação deve ir além do conteúdo manifesto dos documentos, pois, interessa ao pesquisador o conteúdo latente, o sentido que se encontra por trás do imediatamente apreendido (CÂMARA, 2013).

O analista, tendo à sua disposição resultados significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas (BARDIN, 2011). A inferência é como uma técnica de tratamento dos resultados as interpretações pautadas em inferências buscam o que se esconde por trás dos significados das palavras para apresentarem, em profundidade, o discurso dos enunciados (SANTOS, 2012).

O tratamento dos dados obtidos é realizado por meio das inferências e as interpretações. Nesse momento, os resultados brutos serão tratados de maneira a serem significativos e válidos à luz dos referenciais teóricos (KAPP, MIRANDA e FREITAS, 2014). As interpretações a que levam as inferências serão sempre no sentido de buscar o que se esconde sob a aparente realidade, o que significa verdadeiramente o discurso enunciado, o que querem dizer, em profundidade, certas afirmações, aparentemente superficiais (CÂMARA, 2013), assim, produzir inferência, em análise de conteúdo significa, não somente produzir suposições subliminares acerca de determinada mensagem, mas em embasá-las com pressupostos teóricos de diversas concepções de mundo e com as situações concretas de seus produtores ou receptores (CAMPOS, 2004).

A análise é realizada através da justaposição das diversas categorias existentes em cada análise, ressaltando os aspectos considerados semelhantes e os que foram concebidos como diferentes (SILVA e FOSSÁ, 2015). Pois, em uma abordagem qualitativa e compreensiva se faz necessária a produção da inferência; procurar o que está além do escrito, para que se possa chegar a interpretação das informações (SILVA et al., 2009).

A seção 6.5 abaixo evidencia as duas primeiras fases (pré-análise e exploração do material) da análise de conteúdo dos livros didáticos, para facilitar a compreensão de como foi executado a análise de conteúdo de Bardin (2011). A terceira fase, a do tratamento dos resultados será destacado e discutidos a partir de um texto dissertativo para cada categoria encontrada ao que diz respeito sobre a inserção do ensino de Biotecnologia nos livros didáticos, que se encontra presente nos resultados e discussão.

6.5 Livros Didáticos

Ao analisar livros didáticos é possível perceber a existência de falhas na sua composição, às vezes na forma de apresentação do conteúdo, nas atividades propostas, no desenvolvimento dos conceitos no decorrer das páginas, ou ainda de inadequação à realidade local, às práticas sociais do grupo escolar em questão (ROSA, RIBAS e BARAZZUTTI, 2012). Assim, a análise do LD tem como intuito final mostrar ao professor as vantagens e limitações de determinados livros, como forma de auxiliar na aprendizagem da turma, facilitando o processo de ensino e planejamento das aulas.

Os procedimentos da pesquisa para o descobrimento da inserção da Biotecnologia nos livros didáticos de Biologia foi realizado mediante a avaliação do conteúdo teórico dos livros didáticos. Usando como base teórica para a análise do tema, a metodologia de análise de conteúdo de Bardin (2011), que por sua vez é executada inicialmente pela primeira fase, que é a pré-análise, com a leitura flutuante do volume 2 dos LD selecionados que são de Amabis e Martho (2013), Lopes e Rosso (2010) e o volume 3 de César e Sezar (2005) a fim de estabelecer as categorias referente a Biotecnologia.

O livro de Amabis e Martho (2013) possui o módulo 3 – Genética e Biotecnologia na atualidade, o qual é dividido entre o capítulo 7, com 14 páginas de conteúdo, que aborda a informação genética, especificamente sobre o Dogma Central da Biologia Molecular (replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução de proteínas) e o capítulo 8, com 15 páginas, o qual aborda as aplicações do conhecimento genético, referente ao melhoramento genético, clonagem do DNA, transgênicos e etc.

O livro de Lopes e Rosso (2010) possui o capítulo 7 – A Genética e os genes, com 25 páginas, que aborda inicialmente um contexto histórico da Genética, a respeito das primeiras noções de hereditariedade, como as formações dos gametas, a teoria da pré formação e epigênese até chegar ao estudo da natureza química do material genético e as mutações cromossômicas estruturais e numéricas. Contudo, é importante citar que apenas o conteúdo referente ao material genético (duplicação, transcrição e tradução) fazem parte da Biotecnologia, com 8 páginas discorrendo sobre o assunto, os demais assuntos deste capítulo estão restritos a Genética. Além disso, o livro conta com o capítulo 11, intitulado como Biotecnologia, com 21 páginas, abordando sobre os avanços biotecnológicos, as técnicas utilizadas em plantas, animais e até seres humanos, ambos os capítulos integrando a unidade 2 de Genética.

O livro de César e Sezar (2005), possui dentro da unidade 1 – genética, o capítulo 10 intitulado de Biotecnologia, com 24 páginas sobre os conteúdos de referente as técnicas e os produtos biotecnológicos utilizados, sem uma parte específica para abordar sobre Dogma Central da Biologia Molecular.

Após a leitura flutuante, foi elaborada um quadro 1 com as palavras-chave encontrados nos LD, que tratam do tema de Biotecnologia.

Quadro 1 – Palavras-chave encontradas nos livros didáticos de Biologia.

Código genético	Transcrição Gênica	Plasmídeos
Códon	Gene	Vetor de Clonagem
DNA	DNA recombinante	Nucleotídeos
Duplicação Semiconservativa	Cromossomos	Transgênicos
Manipulação do DNA	Engenharia Genética	Biobalística
Proteínas	Melhoramento Genético	Mapeamento cromossômico
RNA	Transformação Bacteriana	Variabilidade Genética
RNA mensageiro	Clonagem Molecular	Cultura de Tecidos
RNA Ribossômico	Eletroforese	Projeto Genoma Humano
RNA Transportador	Endonucleases de Restrição	Ribossomos
Tradução Gênica	Bacteriófagos	Genoma
Terapia Gênica	Ética	Sequenciamento Gênico
Biblioteca de DNA	DNA <i>fingerprint</i>	* VNTRs
Vacinas Gênicas	Eletroporação	Aconselhamento Genético
Anticódon	Promotor	Íntrons
Éxons	Chaperonas	Conservação de embriões
Inseminação	Polinização artificial	Micropopulação vegetativa
Reação da polimerase em cadeia	Proteoma	Células-tronco

* VNTRs: *Variable number of tandem repeats* (Número variável de repetições em sequência)

Com a classificação das palavras-chave, as semelhantes foram agregadas para a criação das categorias de análise, com o auxílio dos elementos citados abaixo, que corresponde a fase de exploração do material.

- Unidade de contexto: que é a unidade didática de cada livro, como o título do capítulo, a seção, número de páginas, é selecionado conforme a presença das palavras-chave.
- Unidade de registro: que corresponde ao parágrafo do texto que o tema foi citado, por meio de palavras ou conceitos sobre Biotecnologia.
- Palavras-chave: que é a palavra presente na unidade de registro, referente a Biotecnologia.
- Categorias: são estabelecidas a partir do que foi extraído da unidade de registro, que possibilita conhecer os indicadores de enfoque sobre Biotecnologia.

A seguir esta apresentado parte de uma grade analítica (Quadro 2), que foi elaborada a partir dos elementos descritos acima, evidenciando a unidade de contexto, a unidade de registro e as palavras-chave no livro didático de Amabis e Martho (2013).

Quadro 2 - Exemplo da grade analítica do capítulo 7 do livro didático analisado.

Unidade de Contexto	Unidade de Registro	Palavras-Chave
Capítulo 7 – A informação genética. Página 157	A sigla DNA , que designa o ácido desoxirribonucleico, [...] tornou-se popular nas duas últimas décadas, principalmente devido aos exames para identificação de pessoas e testes de paternidade.	DNA
Capítulo 7 – A informação genética. Página 157	Nas últimas décadas, os pesquisadores desvendaram a estrutura molecular do DNA, decifraram o código genético e descobriram como as informações genéticas são traduzidas em ações que controlam o funcionamento celular.	Código Genético
Capítulo 7 – A informação genética. Página 157	Além disso, os cientistas desenvolveram técnicas sofisticadas de análise e de manipulação do DNA , o que possibilitou o desenvolvimento de novos campos de pesquisa e de novas tecnologias.	Manipulação do DNA
Capítulo 7 – A informação genética. Página 159	[...] duplicação semiconservativa do DNA; cada molécula resultante da duplicação conserva um das cadeias originais da “molécula-mãe” e tem uma cadeia nova, complementar à que serviu de molde.	Duplicação semiconservativa
Capítulo 7 – A informação genética. Página 160	[...] por meio de moléculas de ácido ribonucleico, o RNA ou ARN, que agem como intermediárias e assessoras da manifestação das informações contidas no DNA nuclear.	RNA

Capítulo 7 – A informação genética. Página 161	Portanto, uma mensagem codificada no DNA, seja ela qual for, é rigorosamente transcrita para o RNA. Por isso, a síntese de RNA é chamada de transcrição gênica .	Transcrição gênica
Capítulo 7 – A informação genética. Página 161	A sequência de nucleotídeos do RNA contém informação para o número e a sequência de aminoácidos de uma cadeia polipeptídica.	RNA mensageiro

Ou seja, com a unidade de contexto, de registro e as palavras-chave é possível descrever quais são as categorias para a análise. Assim, o pesquisador procura, com base nas categorias estabelecidas, inferir, ou seja, extrair uma consequência, deduzir de maneira lógica conhecimentos sobre o emissor da mensagem ou sobre o contexto em que esta foi emitida (OLIVEIRA 2003).

Neste estudo foram estabelecidas 5 categorias relacionadas a Biotecnologia que são:

- Dogma Central da Biologia Molecular
- Técnicas e ferramentas biotecnológicas
- Produtos biotecnológicos
- Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos
- Genética associada a Biotecnologia

Com a elaboração das categorias foi passado para a terceira fase da análise de conteúdo de Bardin (2011), que é a fase do tratamento dos resultados, que consiste nas inferências e interpretações sobre a inserção da Biotecnologia nos livros didáticos que serão explicados a seguir.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão discutidos na forma de texto dissertativo, abordando as inferências e interpretações das categorias encontradas que dizem respeito a inserção do ensino de Biotecnologia nos livros didáticos.

7.1 ANÁLISES DOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE BIOTECNOLOGIA

Todos os três livros didáticos analisados apresentaram o tema Biotecnologia, os quais foram analisados mediante as categorias que são: Dogma Central da Biologia Molecular, técnicas e ferramentas biotecnológicas, produtos biotecnológicos, Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos e Genética associada a Biotecnologia que emergiram após a leitura flutuante e elaboração das categorias.

A tabela 3 evidencia a quantidade de ocorrências de unidade de registro (parágrafo do texto que o tema foi citado, por meio das palavras-chave) por cada categoria. Foi encontrado um total de 1.238 unidades de registros dos três livros.

Tabela 3 - Quantidade de unidades de registro para cada categoria.

Categorias	Ocorrência das unidades de registro	Total	Livro Didático
Dogma Central da Biologia Molecular	431	564	Amabis e Martho (2013)
Técnicas e Ferramentas Biotecnológicas	59		
Produtos Biotecnológicos	21		
Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos	10		
Genética associada a biotecnologia	43		
Dogma Central da Biologia Molecular	74	187	Cesar e Sezar (2005)
Técnicas e Ferramentas Biotecnológicas	35		
Produtos Biotecnológicos	18		
Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos	35		
Genética associada a biotecnologia	25		
Dogma Central da Biologia Molecular	353	487	Lopes e Rosso (2010)
Técnicas e Ferramentas Biotecnológicas	62		
Produtos Biotecnológicos	15		
Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos	33		
Genética associada a biotecnologia	24		

A análise das unidades de registro de cada categoria encontrada serão discutidos uma por uma, como se segue.

7.1.1 Dogma Central da Biologia Molecular

Observa-se que a categoria Dogma Central da Biologia Molecular foi a que mais se destacou com relação a quantidade de unidades de registro. O livro de Amabis e Martho (2013) apresentou a maior quantidade, seguido de Lopes e Rosso (2010) e Cesar e Sezar (2005).

O livro didático de Cesar e Sezar (2005) apresentou uma quantidade de unidades de registro inferior aos demais livros pois o mesmo não possui um capítulo ou parte dele específico para tratar desse assunto como os dois outros livros, pelo menos não no volume 3 que foi analisado, portanto, as 74 unidades de registro encontradas neste livro corresponde a presença superficial das palavras-chave relacionadas a categoria do Dogma Central presente no capítulo específico de Biotecnologia.

Contudo, o nível elevado de unidades de registro encontrados nessa categoria, principalmente em dois livros didáticos, deve-se ao fato de a palavra-chave DNA estar incluída nessa categoria, e sabe-se que essa sigla é abundantemente utilizada quando se trata de Biotecnologia.

A proposta do Dogma Central da Biologia Molecular por Crick (1958) trouxe diversas ideias que até hoje exercem influência, como a de que a informação genética está codificada na sequência de nucleotídeos do DNA e do RNA (PATIÑO, 2017). Assim, o DNA ocupa uma posição única e central entre as macromoléculas biológicas como repositório da informação genética. As sequências nucleotídicas do DNA codificam as estruturas primárias de todos os RNAs e proteínas celulares, e por meio das enzimas, podem afetar indiretamente a síntese de todos os constituintes celulares. Essa passagem da informação do DNA para o RNA e as proteínas direciona o tamanho, a forma e a função de todos os seres vivos (NELSON e COX, 2002). Sendo, portanto, a partir desses conhecimentos que as modificações genéticas e consequentemente os produtos oriundos da Biotecnologia foram possíveis de serem construídos. As alterações nos genes do DNA resultam um perfil diferente de expressão, como consequência o organismo portador dessa modificação teria um funcionamento diferente. Assim, o melhoramento genético realizado pelas técnicas e ferramentas

biotecnológicas dão origem aos produtos biotecnológicos. Sendo importante o estudo da Dogma Central da Biologia Molecular como base no ensino de Biotecnologia.

Nesse sentido, segue abaixo os trechos retirados os livros didáticos relacionados as palavras-chave da categoria:

O **gene** [...] é transcrito em moléculas de outro tipo de ácido nucléico, o **RNA**. Nesse processo de transcrição, as fitas da molécula de **DNA** são separadas por ação da enzima RNA polimerase (LOPES e ROSSO, p.237, 2010).

Antes do início da divisão celular, cada molécula do **DNA** do núcleo sofre **duplicação** resultando em duas novas moléculas idênticas à que lhes deu origem (LOPES e ROSSO, p.237, 2010).

O **DNA** expressa-se transcrevendo suas informações para moléculas de **RNA**, que podem sair do nucléo e atuar em processos citoplasmáticos, basicamente na síntese de **proteínas** (AMABIS e MARTHO, p. 160, 2013).

No processo de **tradução** gênica, participam, dentre outros fatores, um **ribossomos**, um **RNAm**, vários **RNA_t**, **aminoácidos** e diversas enzimas (AMABIS e MARTHO, p. 165, 2013).

Os trechos mostram que o livro aborda o Dogma, descrevendo o processo de síntese de proteínas, que compreende duas etapas, a transcrição, que é a síntese de um RNA mensageiro (RNAm) a partir de um segmento de DNA (gene), e a etapa de tradução, o qual o RNAm servirá de molde para a síntese de uma proteína.

Assim, segundo Schor, Boim e Santos (2003) é através da transcrição e tradução que a informação armazenada no gene é transformada em proteína. Desta forma, mutações em genes que codificam proteínas ou em regiões de DNA que controlam a expressão destes genes ocasionam doenças genéticas. Podendo o estudo do Dogma Central ser interligado nas aulas dos rearranjos cromossômicos, que causam por exemplo a Síndrome de Down, podendo ser uma aula contextualizada com a realidade do aluno.

No trabalho de Dias (2008), a autora relata os erros observados nas questões que exploram os conteúdos sobre as organelas citoplasmáticas, e dizem que os mesmos decorreram do fato de os candidatos interpretarem incorretamente o esquema da síntese proteica e não correlacionarem o crescimento dos seres vivos aos resultados dos processos metabólicos celulares, principalmente a síntese proteica, o que leva a crer que não reconheceram o Dogma Central da Biologia Molecular. Além disso, Moura e Falcão (2014) dizem que apesar do número relevante de pesquisas nesta área e muitas comprovações de que os alunos não estão de fato aprendendo o que devem aprender nada muda, porque este

problema continua ocorrendo o tempo todo e aparentemente na maioria das escolas. Esse fato é preocupante, pois há de se perceber que esta falta de aprendizagem influencia diretamente nos resultados da pesquisa, afinal como pode um aluno compreender um texto sobre Organismos Transgênicos quando não consegue compreender a diferença entre o gene e o DNA, nem mesmo saber de sua função?. Nesse sentido, é perceptível notar que o estudo e a apropriação do conhecimento sobre o dogma é crucial como base para o entendimento de diversos conteúdos da Biologia.

O entendimento sobre a informação genética a partir do Dogma Central da Biologia Molecular entre outras descobertas, segundo Pedrancini (2008) revolucionaram o meio acadêmico de tal modo, que muitos cientistas pensavam que a partir de então a Genética e a Biologia Molecular passariam por um longo período de estabilidade, em termos de avanços científicos. Por outro lado, havia aqueles que vislumbravam manipular a molécula de DNA, isolando, modificando e transferindo genes de um organismo para outro. Assim, iniciou-se o tempo da tecnologia do DNA recombinante, com a possibilidade de manipulação dos organismos, como forma de trazer melhorias para a indústria e a saúde.

Assim, os livros de Amabis e Martho (2013) e Lopes e Rosso (2010) apresentaram os três tópicos principais do Dogma (replicação, transcrição e tradução), que são fundamentais para o entendimento de como as manipulações/modificações nos organismos.

7.1.2 Técnicas e Ferramentas Biotecnológicas

O livro de Lopes e Rosso (2010) mostrou maior quantidade de unidade de registro, seguido de Amabis e Martho (2013) e Cesar e Sezar (2005). Representando que nesse livro as técnicas e ferramentas biotecnológicas estão melhores representadas.

Nas últimas décadas, a Genética experimentou uma verdadeira revolução, em grande parte possibilitada pela introdução da técnica do DNA recombinante, a possibilidade de manipular diretamente e precisamente a molécula de DNA determinou inicialmente, com grande sucesso, o mapeamento genômico de diversas doenças (SCHOR, BOIM e SANTOS, 2003). Além disso, a inserção de genes de uma espécie em outra é realizado mediante a utilização das ferramentas necessárias como as enzimas ou endonucleases de restrição utilizadas por exemplo nas técnicas de transformação genética, com a inserção de um plasmídeo contendo o gene de interesse.

Nos fragmentos abaixo retirados dos livros é possível identificar a presença das técnicas e ferramentas utilizadas na Biotecnologia.

[...] Esse processo envolve a fragmentação do DNA dos cromossomos na interfase, o que é feito pela ação de enzimas especiais denominadas **enzimas de restrição** (LOPES e ROSSO, p. 391, 2010).

Os **plasmídios** são filamentos circulares de DNA, isolados do cromossomos bacteriano, não-essenciais para o crescimento e a reprodução da célula (CÉSAR e SEZAR, p. 165, 2005).

O vírus mais utilizado como **vetor de clonagem** molecular é o fago lambda, um dos bacteriófagos mais bem conhecidos do ponto de vista genético (AMABIS e MARTHO, p. 192, 2013).

O uso das enzimas de restrição proporcionou o desenvolvimento de técnicas de clonagem de DNA, investigação de polimorfismos e mapeamento (SCHOR, BOIM e SANTOS, 2003). As enzimas de restrição são produzidas por bactérias como uma arma de defesa contra o ataque de vírus (bacteriófagos): cortando o DNA viral e impedindo sua multiplicação. O DNA bacteriano não é atacado por suas próprias enzimas, seja porque faltam as sequências correspondentes, seja porque estas estão camufladas pela adição de um grupo metila (MALAJOVICH, 2016). Os trechos abaixo mostram que os livros descrevem a importância das enzimas de restrição.

Hoje inúmeras dessas **enzimas de restrição** identificadas, as quais são isoladas das bactérias e purificadas (LOPES e ROSSO, p. 391, 2010).

A descoberta das **endonucleases de restrição** trouxe grandes avanços à Genética. Os cientistas viram nelas “ferramentas” bioquímicas para cortar moléculas de DNA de forma controlada e previsível, o que possibilitou análises do material genético até então inviáveis (AMABIS e MARTHO, p. 187, 2013).

Enzimas de restrição podem cortar o DNA em pontos determinados, funcionando como verdadeiras tesouras químicas de precisão (CÉSAR e SEZAR, p. 165, 2005).

A eletroforese separa os fragmentos de DNA obtidos a partir da ação da enzima de restrição. As amostras são colocadas em um gel no qual se aplica um campo elétrico. Os fragmentos de DNA carregados negativamente se movimentam na direção do polo positivo (MALAJOVICH, 2016). A eletroforese é uma técnica bastante utilizada na Biotecnologia, para a separação de fragmentos de DNA e proteínas, que esta representada nos livros didáticos, como os trechos abaixo mostram:

Uma vez quebrado o DNA, isolam-se fragmentos de diferentes tamanhos, que são separados por uma técnica chamada **eletroforese** em gel (LOPES e ROSSO, p. 395, 2010).

A **eletroforese** consiste em colocar os fragmentos de DNA em uma placa de gel e aplicar nela uma corrente elétrica; a extremidade do gel em que o DNA foi colocado é conectada ao polo negativo, e a extremidade oposta, ao polo positivo (AMABIS e MARTHO, p. 188, 2013).

Para identificar e comparar amostras de DNA usa-se a técnica da **eletroforese** em gel (em grego, *foresis* significa “migrar”, “deslocar”, “levar”) (CÉSAR e SEZAR, p. 171, 2005).

A partir das ferramentas encontradas em bactérias, como as enzimas de restrição e os plasmídios e a utilização de diversas técnicas como a eletroforese que foi e é possível a concretização dos produtos biotecnológicos.

7.1.3 Produtos Biotecnológicos

O livro de Amabis e Martho (2013) apresentou a maior quantidade de unidades de registro, e o livro de Cesar e Sezar (2005) ficou com uma quantidade aproximada, seguido de Lopes e Rosso (2010). Contudo, a diferença na quantidade de unidades de registro que possui relação com os produtos biotecnológicos ficaram muito próximos nos três livros.

Quando se trata de produtos biotecnológicos, existe uma ênfase com os produtos transgênicos, pois, a partir disso que os produtos biotecnológicos são gerados. Como os exemplos abaixo retirados do livro de Lopes e Rosso (2010) e Amabis e Martho (2013) que descrevem diversos produtos oriundos dos avanços biotecnológicos:

Na Inglaterra os cientistas já conseguiram produzir ovelhas **transgênicas**, que apresentam o gene humano responsável pela produção de proteína alfa-1-antitripsina. Essas ovelhas lançam essa proteína no leite produzido em suas glândulas mamárias (LOPES e ROSSO, p. 404, 2010).

Variedade de soja **transgênicas** resistentes a herbicidas também já foram desenvolvidas, assim como uma variedade de arroz rica em betacaroteno, substância precursora da vitamina A (LOPES e ROSSO, p. 405, 2010).

Com a implantação de genes humanos em vacas e ovelhas, esses animais passam a secretar, no leite, proteínas humanas de interesse comercial (AMABIS e MARTHO, p. 183, 2013).

No entanto, uma confusão recorrente nos livros didáticos, noticiários da mídia e conversas entre as pessoas ocorre pela utilização do termo organismos geneticamente modificados (OGM) e transgênicos como sendo a mesma palavra, no entanto segundo Alves (2004) diz que OGM são organismos que foram modificados com a introdução de um ou mais genes provenientes de um ser vivo da mesma espécie do organismo alvo. Essa técnica de modificação consiste em isolar uma determinada sequência de genes do próprio organismo e depois inseri-la em sentido inverso. Assim, tem-se um OGM e não um transgênico. A palavra transgênico é utilizada para designar um ser vivo que foi modificado geneticamente, recebendo um gene ou uma sequência gênica de um ser vivo de espécie diferente. Esse erro foi observado nos livros didáticos analisados na pesquisa, como segue abaixo os trechos retirados dos livros evidenciando que os termos são usados como sinônimos, sendo uma falha que induz o aluno em concepções errôneas.

Os geneticistas têm produzido transgênicos de diversas espécies de animais, plantas e fungos para obter ou modificar alguma característica de interesse. Nesse contexto popularizou-se a expressão **organismo geneticamente modificado (OGM)** como sinônimo de **transgênicos** (AMABIS e MARTHO, p. 193, 2013).

Nas plantas, os métodos empregados na obtenção de organismos **transgênicos (organismos geneticamente modificado - OGM)** são principalmente a transformação pela bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, a biobalística e a eletroporação de protoplastos (LOPES e ROSSO, p. 404, 2010).

Esses **organismos geneticamente modificados (OGMs)** ou **transgênicos**, como são populamente conhecidos, passam a expressar genes de uma outra espécie, apresentando portanto características que não possuíam (CÉSAR e SEZAR, p. 164, 2005).

Um transgênico é um OGM, contudo, nem todo OGM é um transgênico, pois, um transgênico é um organismo geneticamente modificado que foi criado por uma técnica específica de inserção de gene de outra espécie, enquanto que um OGM é criado por outra técnica, com a otimização de seu próprio gene e não de um gene de outra espécie. De forma simples, um transgênicos não ocorreria de forma natural, pois a introdução de um gene de uma espécie A em uma espécie B nunca aconteceria. Por causa dessa confusão, que os termos OGM e transgênicos são utilizados comumente como uma referência idêntica, sem a explicação das diferenças entre um e outro.

Desse modo Arantes (2012) mostra os resultados de um questionário disponível online, as respostas mostraram uma percepção negativa dos termos “planta transgênica” e “OGM” e uma percepção positiva dos termos “Biotecnologia” e “Engenharia Genética”,

evidenciando o desconhecimento, pelo público, de conceitos básicos. Mostrando que a população desconhece os conceitos científicos, mesmo que esses produtos estejam disponíveis com facilidade nas prateleiras dos supermercados, assim, torna-se imprescindível informar cientificamente os estudantes, de modo que permita os mesmos a refletir, formar e modificar suas opiniões, com embasamento teórico e científico. Nesse sentido, é possível afirmar que os livros didáticos não definem corretamente o conceito de OGM e transgênicos, contribuindo para uma difusão errada do conceito pelos estudantes.

Acoplado ao desenvolvimento e à introdução no mercado de novas tecnologias nascem novos riscos, gerando dúvidas e insegurança na sociedade de um modo geral, já que estudos de avaliação do risco de uso dessas Biotecnologias, em longo prazo, para a saúde humana e para o meio ambiente ainda são incipientes e controversos. Essas incertezas científicas ocasionam polêmicas e conflitos entre os grupos da sociedade favoráveis e aqueles contra a aplicação prática dessas novas tecnologias (RIBEIRO e MARIN, 2012). Nesse sentido, os argumentos contra e a favor dos produtos biotecnológicos, devem ser discutidos nos livros didáticos e na sala de aula, permitindo que o aluno conheça os argumentos e reflita de que lado o mesmo se encaixa. Contudo, na leitura dos livros foi nítido perceber que em dois livros, dos três analisados só evidenciaram um lado, atrapalhando o desenvolvimento cognitivo do estudante.

O livro de César e Sezar (2005) foi o único que representou em uma caixa de texto, que o livro chama de “Mais Aprofundamento” intitulada de Transgênicos e Segurança, abordando sobre as leis e comissões referente a pesquisa, comercialização e consumo de alimentos transgênicos:

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) realiza atualmente dezenas de ensaios e testes em campo, com muitas plantas transgênicas (alface, amendoim, fumo, cana-de-açúcar, batata, milho etc.), porém o plantio comercial ainda não está autorizado.

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) é a entidade responsável pelos pareceres técnicos sobre as licitações de cultivos transgênicos no país. A lei de Biossegurança, de 1999, determina que qualquer trabalho com organismos geneticamente modificados deve ser comunicado ao poder público. Esse procedimento, semelhante ao adotado em outros países, é consequência da polêmica gerada pelo possível impacto ambiental das plantas transgênicas, que poderiam causar problemas alérgicos, já constatados, embora em casos raros (CÉSAR e SEZAR, p. 168, 2005).

Além disso, nos livros didáticos não foi encontrado parágrafos que discorrem sobre os outros produtos biotecnológicos, o máximo que se tem é uma referência desses produtos como no fragmento abaixo:

A obtenção de novas raças e variedades; as novas técnicas de reprodução, com inseminação e polinização artificiais; o implante e a conservação de embriões; a clonagem; a descoberta de muitas substâncias e vacinas; o controle biológico de pragas; a cultura de tecidos e de tumores e calos vegetais; a micropropagação vegetativa são apenas alguns exemplos de novas Biotecnologias de grande sucesso como ciência aplicada (CÊSAR e SEZAR, p. 163, 2005).

Os primeiros produtos recombinantes vieram justamente para substituir as proteínas terapêuticas que já eram obtidas de fontes naturais, como a insulina (1982), o hormônio de crescimento (1985) e o fator VIII (1992), que apresentavam risco de segurança e limitações de quantidade (REIS et al., 2009). Os livros abordam com grande ênfase os produtos biotecnológicos que estão incluídos na alimentação, mas existem tantos outros que são utilizados no tratamento ou controle de doenças que não são discutidos no material didático.

7.1.4 Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos

Com relação as questões éticas o livro de Amabis e Martho (2013) apresentou uma quantidade baixa de unidade de registro se comparado com os outros livros, evidenciado um caráter superficial da ética nessa obra. Nesse sentido, Chaves e Camarotti (2015) em suas pesquisas utilizando análise de conteúdo na investigação do tema sobre Biotecnologia e Engenharia Genética, observaram à falta de importância que a maioria dos livros didáticos selecionados tem para com esse tema – ética – associado a Biotecnologia, confirmando os resultados obtidos nessa pesquisa.

O livro de Cesar e Sezar (2005) e Lopes e Rosso (2010) apresentaram uma quantidade aproximada de unidades de registro relacionadas as questões éticas e superior ao encontrado no livro de Amabis e Martho (2013).

Os avanços biotecnológicos presenciados pela humanidade nas últimas décadas têm colocado o ser humano frente a situações até pouco tempo inimagináveis. Com o advento da Biotecnologia, novos produtos e processos estão surgindo e com eles, muitos questionamentos éticos, sociais e legais. Desta forma, entende-se que o limite para as pesquisas não é mais técnico, mas sim de natureza ética (PEZENTE, 2017).

Nesse seguimento, o fragmento abaixo foi retirado do livro de Lopes e Rosso (2010), indica a presença dos termos relacionados a ética, além de colocar que as questões éticas precisam ser debatidas, deixando uma lacuna para que o professor consiga abordar de forma contextualizada o assunto em suas aulas.

Como se pode notar, todas as tentativas de conhecer melhor o genoma humano envolve problemas **éticos** que merecem ser debatidos e muito bem esclarecidos (LOPES e ROSSO, p. 400, 2010).

A possibilidade de clonagem, inclusive a humana, tem levantado intensas discussões **éticas**. A clonagem humana para fins reprodutivos, que é clonagem com a finalidade de obtenção de um indivíduo, não é permitida por lei, mas a clonagem terapêutica, que é feita com a finalidade de produção de células-tronco embrionárias para utilização terapêutica, sim (LOPES e ROSSO, p. 403, 2010).

O centro dos debates bioéticos dizem respeito aos avanços biotecnológicos, pois, como afirma Pezente (2017) apesar da Biotecnologia estar presente no nosso dia a dia e as novas pesquisas apresentarem-se de forma promissora e benéfica, ainda é um campo que suscita opiniões diversas.

Desse modo, abordar a bioética na escola é imprescindível, possibilitando o debate entre os alunos e professores, tornando o aluno participativo e crítico nas suas argumentações. Nesse ponto de vista Direito et al. (2014) diz que é principalmente nas últimas séries do ensino fundamental e no ensino médio que os jovens devem compreender as inter-relações entre o entendimento científico e as mudanças tecnológicas e devem considerar o impacto que as tecnologias podem produzir na sociedade e em decorrência sobre a qualidade de vida.

Uma das principais finalidades da educação em ciência consiste na preparação dos alunos para um mundo marcado por complexos dilemas éticos suscitados pela atividade científica e tecnológica. O exercício da cidadania em sociedades democráticas depende da capacidade dos cidadãos de avaliarem criticamente os efeitos da ciência e da tecnologia na sociedade. Torna-se imprescindível que a população esteja apta a avaliar as potencialidades e os perigos das propostas científicas e tecnológicas de modo a poder participar em processos decisórios que a todos dizem respeito (REIS, 2007).

Um ponto de partida diferente poderá ser a discussão dos tipos de problemas éticos com que os alunos poderão vir a ser confrontados na sua vida pessoal e profissional (REIS, 2007). O importante é que o profissional de educação (re)conheça a dimensão ética da sua profissão, bem como o seu papel no desenvolvimento ético dos seus alunos (HAMIDO e UVA, 2012).

A divulgação de pesquisas científicas envolvendo a manipulação da vida em laboratório está se tornando cada vez mais frequente nos meios de comunicação. Entendemos que a escola deve preocupar-se em formar cidadãos aptos a interpretar e avaliar as informações recebidas acerca dos avanços científicos e suas implicações éticas (TIZIOTO e ARAÚJO, 2007).

Assim como foi visto na leitura do livro didático de César e Sezar (2005), na parte referente ao Projeto Genoma Humano, que explica os benefícios que o sequenciamento completo do genoma humano disponibilizou, como o tratamento de doenças genéticas, o diagnóstico precoce do câncer entre outras, seguido das implicações éticas que isso causa, como a escolha das características físicas dos filhos realizados pelos pais e a discriminação étnica, suscitando na possibilidade de reflexão pelos alunos e professores, como segue abaixo:

Surgirão ainda muitas outras implicações éticas e jurídicas que merecerão sérios e amplos debates, com a participação de toda a sociedade, para a regulamentação do uso desse precioso conhecimento da nossa individualidade (CÉSAR e SEZAR, p. 174, 2005).

Permite, também, a discussão das questões éticas associadas a esses temas e a consequente avaliação/reformulação de opiniões e de crenças, ou seja, o desenvolvimento da sensibilidade e do raciocínio moral. Todos estes resultados dependem decisivamente da atuação do professor no estabelecimento de um clima de respeito e de tolerância que reconheça a todos o direito de pensar e de expressar as suas opiniões (REIS, 2007).

O livro de Amabis e Martho (2013) foi o livro que abordou de forma superficial as questões éticas, não evidenciando com clareza as implicações dos avanços biotecnológicos. O livro de Lopes e Rosso (2010) evidenciou mais questões éticas se comparado com o livro de Amabis e Martho (2013), porém, discutia apenas as questões éticas referente as mudanças das características do ser humano. Já o livro de César e Sezar (2005) descreve as consequências das questões ética, jurídicas e religiosas relacionadas ao ser humano, aos animais e plantas, como no trecho retirado do livro:

Um importante ponto a ser considerado, além dos aspectos ético, social e religioso do problema, são as implicações jurídicas que deverão surgir em consequência não só da clonagem, mas também das muitas novas Biotecnologias, como os transgênicos (CÉSAR e SEZAR, p. 178, 2005).

Essas novas descobertas estão provocando muita polêmica, não apenas em áreas ligadas à Biologia e à medicina, mas também em relação a justiça, moral, ética e religiosa. Destacamos, por exemplo, as pesquisas sobre clonagem, transgênicos,

genomas, terapia gênica, bancos de genes e de embriões, reprodução assistida (CÉSAR e SEZAR, p. 181, 2005).

Nesse sentido, é perceptível a falta de importância que a maioria dos livros didáticos selecionados tem para com esse tema – ética – quando associado à Biotecnologia e Engenharia Genética (CHAVES e CAMAROTTI, 2015). Pois, apesar dos livros apresentarem a ocorrência de unidades de registro na categoria das questões éticas, a mesma é tratada de forma resumida, em alguns parágrafos dentro de um subtópico, não recebendo o destaque necessário, trazendo empecilhos para o processo de ensino, pois a ética deve estar presente na vida do aluno e necessita ser discutida nas escolas.

No PCN é descrito que os alunos necessitam saber os benefícios e os perigos da manipulação genética por meio de um debate ético, reconhecendo a importância das questões éticas na promoção da saúde humana, posicionar-se quanto ao uso de terapias genéticas, avaliar os aspectos envolvidos na manipulação do material genético (BRASIL, 2000).

7.1.5 Genética associada a Biotecnologia

Outro campo de desenvolvimento da Genética refere-se às tecnologias geradas em decorrência de sua aplicação. Nos últimos anos, pesquisadores da área de ensino de Biologia vêm se preocupando com o ensino de tópicos relacionados à Biotecnologia atrelada à Genética (FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

O livro de Amabis e Martho (2013) apresentou a maior quantidade de unidades de registro, seguindo de Cesar e Sezar (2005) e Lopes e Rosso (2010). Os fragmentos relacionados a Genética que foram retirados dos livros estão descritos abaixo:

Nas células eucarióticas podem existir vários **cromossomos**, e cada um deles é formado por uma longa molécula de DNA associada a moléculas de proteínas, chamadas histonas (LOPES e ROSSO, p. 233, 2010).

Atualmente, um dos campos da Biotecnologia de maior desenvolvimento é a decifração dos **genomas** de inúmeras espécies de organismos – de vírus e bactérias ao ser humano (CÉSAR e SEZAR, p. 172, 2005).

Hoje, inúmeras espécies tiveram seu **genoma** sequenciado, abrindo caminho para grandes progressos na Genética e para a aplicação de novos conhecimentos (AMABIS MARTHO, p. 183, 2013).

Em 1990, teve início o Projeto Genoma Humano (HGP, do inglês *Human Genome Project*), um dos projetos científicos mais ambiciosos já realizados, envolvendo pesquisadores de mais de 18 países na tarefa de mapear e sequenciar o DNA humano e também o de outros organismos (MALAJOVICH, 2016). O sequenciamento do genoma humano foi crucial para os avanços da Genética na Biotecnologia, sendo, portanto um marco biológico que foi presenciado em apenas dois livros como pode ser lido abaixo:

O desenvolvimento das pesquisas sobre DNA tornou possível o **Projeto Genoma Humano**, uma ambiciosa empreitada científica para conhecer e caracterizar todos os genes de nossa espécie, mapeando-os nos cromossomos e determinando seu modo de funcionamento (AMABIS e MARTHO, p. 196, 2013).

O sequenciamento do DNA nuclear da espécie humana foi iniciado em 1990 pelo **Projeto Genoma Humano (PGH)**, um consórcio governamental com a participação de Estados Unidos, Inglaterra, França, Alemanha, Japão e China (CÉSAR e SEZAR, p. 173, 2005).

Quando James Watson e Francis Crick descobriram a estrutura e a função do DNA, os jornais anunciaram a nova engenharia genética, com a promessa de bebês com características programadas e os medicamentos milagrosos (LIPTON, 2007). Assim, com o advento da tecnologia do DNA recombinante foi possível modificar as espécies de interesse econômico, como segundo Machado (2014) O desenvolvimento de cultivares tolerantes aos estresses abióticos, como seca, baixa fertilidade dos solos, encharcamento e estresses bióticos como resistência a pragas e doenças talvez sejam uma das maiores contribuições do melhoramento à agricultura. O advento da Genética Molecular permitiu a utilização de ferramentas da Engenharia Genética no melhoramento de plantas.

Para tanto, é necessário o conhecimento do genoma da espécie em questão, conhecer a forma de transmissão das características, para que assim possa-se realizar o melhoramento genético, isso foi encontrado nos livros didáticos. Abaixo tem os fragmentos retirados:

O **genoma** é o conjunto de todo o material genético de um organismo, contido em seus **cromossomos** (CÉSAR e SEZAR, p. 172, 2005).

Quando os camundongos transgênicos foram cruzados, o gene de coelho incorporado ao seu **genoma** foi transmitido de geração em geração, segundo as leis básicas da herança genética (AMABIS e MARTHO, p. 194, 2013).

É possível realizar o sequenciamento gênico, ou seja, determinar a sequência de bases nitrogenadas de um gene. Essas informações tem permitido o aprimoramentos nos serviços de **aconselhamento genético** (LOPES e ROSSO, 2010).

Assim, a Genética é uma área crucial para o entendimento da Biotecnologia, possuindo os conhecimentos de base da Genética é possível uma compreensão mais fácil das subáreas da Biotecnologia.

Além disso, é importante destacar que a Biologia assim como as demais áreas estudadas na escola não são conhecimentos fragmentados, que não se interligam, pelo contrário, conhecer profundamente como ocorre os processos do Dogma Central da Biologia Molecular, entender o funcionamento das Leis de Mendel, assim como os processos de divisão celular (mitose e meiose) e a quase infinidade de assuntos da Biologia, faz com que se torne possível compreender como tudo está relacionado de uma forma linear.

8. CONCLUSÃO

Foi analisado o livro didático de Biologia do IFAM-CMC e mais dois livros didáticos para um maior enriquecimento das análises e comparação do tema Biotecnologia nos três livros.

Os dados obtidos mostraram que nos três livros didáticos analisados o tema Biotecnologia está presente em um capítulo específico, sendo incluído na unidade/módulo de Genética juntamente com os demais conteúdos da Genética Mendeliana.

Com relação as categorias formuladas, foi observado que o Dogma Central da Biologia Molecular ocorre em um capítulo específico e a parte dos demais assuntos referente a Biotecnologia. Apesar disso, o estudo do Dogma é primordial para um entendimento completo da utilização das ferramentas e técnicas biotecnológicas, de como a partir disso os produtos são criados e do por que existe as questões éticas tão fortemente relacionada a Biotecnologia.

Na categoria produtos biotecnológicos notou-se a omissão do conceito correto de OGM e transgênicos, que precisa ser corrigido pelo professor durante as aulas, para por um fim na perpetuação dos conceitos que são usados como sinônimos.

A hipótese inicial a partir da leitura de artigos científicos é de que a categoria bioética relacionada aos métodos biotecnológicos ocorreriam de forma superficial, não permitindo o debate e a reflexão. Contudo, apenas o livro de Amabis e Martho (2013) que é utilizado no IFAM-CMC ficou dentro desse padrão, sendo o livro de Cesar e Sezar (2005) o que melhor abordou a ética. Mesmo assim, a ética não recebeu seu merecido destaque, estando presente em poucas frases dentro de um subtópico específico.

Assim, foi verificado a presença dos avanços técnicos e científicos da Biotecnologia nos livros didáticos. Apesar do livro ser utilizado como o principal, e as vezes o único material em sala de aula, o professor precisa estar atento no momento da escolha do livro se o mesmo supre as necessidades da escola e adequar os conteúdos que não estão bem evidenciados, como forma de melhorar o ensino da Biologia nas escolas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. L. T.; VALLE, S. **Biossegurança no ano de 2010: o futuro em nossas mãos?**. Revista Bioética, Volume 7, número 2, 1999.
- ALVES, G. S. **A Biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem**. Revista HOLOS, Ano 20, outubro, 2004.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia em contexto**. São Paulo: Moderna, 1 ed., vol. 2, 2013.
- ANDRADE, J. A. P. **Biotecnologia, representação e tomada de consciência: aprendizagem nos cursos de Ciência da Saúde na UESB**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2013.
- ANDRADE, J. A. P.; BECKER, M. L. R.; PAULA, R. J. **Os significados de biotecnologia entre graduandos recém-ingressos nos cursos de odontologia e fisioterapia da UESB**. In: II Congresso Nacional de Educação, 2015.
- ARANTES, O. M. N. **A bioética e a segurança alimentar: alimentos geneticamente modificados**. Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde, 14(3): 14-20, 2012.
- ARAÚJO, E. S. N. N.; TIZIOTO, P. C.; CALUZI, J. J.; BASTISTETI, C. B.; CALDEIRA, A. M. A. **Bioética e Ensino: o que pensam os alunos do ensino médio sobre as pesquisas com células-tronco embrionárias?**. BASTOS, F. org. Ensino de ciências e matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BATISTA, M. V. de A.; CUNHA, M. M. da S.; CÂNDIDO, A. L. **Análise do tema virologia em livros didáticos de biologia do ensino médio**. Revista Ensaio, Belo Horizonte, vol. 12, nº 01, p.145-158, jan-abr, 2010.
- BAUER, M.W; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Vozes, 2002.
- BEDIN, C.; DELIZOICOV, N. C. **Uma perspectiva problematizadora para o ensino de alimentos transgênicos**. In: IX ANPED SUL – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.
- BERTOLDI, M. R. **Biotecnologia moderna e desenvolvimento humano sustentável: uma composição possível**. Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, ano 17, nº 33, p. 211-227, 2015.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2015: ensino médio - Biologia**. Brasília: Ministério da Educação, 2014.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Ensino Médio**. Brasília (DF), 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2007: Biologia**. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012 - Biologia**. Brasília: MEC/SEB, 2011.

BRASIL. Resolução n. 38 de 15 de outubro de 2003. **Institui o PNLEM**. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 23 out. 2003.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclo do ensino fundamental**; introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CÂMARA, R. H. **Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais e aplicadas às organizações**. Revista Interinstitucional de Psicologia, 6 (2), jul-dez, p. 179-19, 2013.

CAMPOS, C. J. G. **Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde**. Revista Brasileira de Enfermagem, Brasília (DF), set/out;57(5):611-4, 2004.

CARDINALI, S. M. M.; FERREIRA, A. C. **A aprendizagem da célula pelos estudantes cegos utilizando modelos didáticos tridimensionais: um desafio ético**. Revista Benjamin Constant, Ed. 46, 2010.

CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. **Biotecnologia na agricultura**. Revista Estudos Avançados, vol.24, nº70, 2010.

CARVALHO, J. C. Q.; BOSSOLAN, N. R. S. **Algumas concepções de alunos do Ensino Médio a respeito das proteínas**. In: VII Enpec – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, p.12, 200.

CASABONA, C. M. R.; QUEIROZ, J. F. **Biotecnologia e suas implicações ético-jurídicas**. Editora Del Rey, p. 552, 2004.

CAVALCANTE, R. B.; CALIXTO, P.; PINHEIRO, M. M. K. **Análise de conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método**. Revista Inf. & Soc.:Est., João Pessoa, v.24, n.1, p. 13-18, jan./abr. 2014.

CHAVES, E. J. F.; CAMAROTTI, M. de F. **Análise de conteúdo de livros didáticos de Biologia: uma perspectiva sobre os temas Biotecnologia e Engenharia Genética no Ensino Médio**. Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica, Vol. 5, nº 3, p. 86-112, 2015.

CORRÊA, M. V. **O admirável Projeto Genoma Humano**. PHYSIS: Revista Saúde Coletiva, Volume 12, Número 2, p. 277-299, 2002.

COSTA, J. S.; CRUZ, A. H. S.; MENEZES-FARIA, J. C. N.; SILVA-REIS, A. A.; SANTOS, R. S. **A Biotecnologia aplicada no desenvolvimento de organismos transgênicos e sua discussão em sala de aula.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, N.16, p. 2266, 2013.

DIAS, M. A. da S. **Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia: evidências a partir das provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN (2001-2008).** Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN 275 p., 2008.

DIREITO, I. C. N.; FIGUEIRÓ, R.; ALVES, M. P.; OLIVEIRA, A. M. D.; MELLO, M. C.; COELHO, M. R. G.; SALLES, J. B.; VIEIRA, J. M. B. D.; SILVA, L. P.; DOCILE, T. N.; ASSIS, M. C. **Conhecimento Científico em Biotecnologia de estudantes do Ensino Médio de escolas públicas na Zona Oeste do Rio de Janeiro.** Revista Práxis, ano VI, nº 11, Jun., 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária.** Planaltina, Distrito Federal: Embrapa Cerrados, 2011.

EMBRAPA. **Engenharia genética: conceitos básicos, ferramentas e aplicações.** Maria Cristina Rocha Cordeiro. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 43p., 2003.

FIGUEIREDO, L. H. M.; PENTEADO, M. I. O.; MEDEIROS, P. T. **Patenteamento em biotecnologia agropecuária: cenário brasileiro.** Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, ano IX, nº 36, 2006.

FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. **Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos de Biologia.** Revista Acta Scientiae, v.17, n.2, p.496-509, maio/ago. 2015.

FOSSÁ, M. I. T. **Proposição de um constructo para análise da cultura de devoção nas empresas familiares e visionárias.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FRANCO, M. L. P. B. **O livro didático e o Estado.** ANDE, ano I, n. 5, p. 19-24, 1992.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. **Conteúdos de genética básicos para a formação de cidadãos críticos no ensino médio segundo professores e docentes: em comparação com o defendido na literatura.** In: IX ANPED SUL – Seminário de pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.. **Métodos de pesquisa,** coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: estudos fundamentais.** Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n.3, p. 20-29, Mai./Jun.1995.

GOMES, R. A.; SOUZA, A. F.; CÂNDIDO, J. H. B.; OLIVEIRA, M. M. **Vivência de uma proposta educativa no ensino de biologia utilizando a sequência didática interativa a partir da temática da biotecnologia.** XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX – UFRPE, 2013.

GRIFFITHS, A.J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; CARROLL, S. B. **Introdução à genética**. [Trad. por Paulo A. Motta] Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan, 2008.

GUIDO, R. V. C.; ANDRICOPULO, A. D.; OLIVA, G. **Planejamento de fármacos, biotecnologia e química medicinal: aplicações em doenças infecciosas**. Revista Estudos Avançados, vol.24, nº70, 2010.

GÜLLICH, R. I. C.; EMMEL, R.; PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C. **O livro didático no contexto do ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental**. In: VI Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia, 2013.

HAMIDO, G.; UVA, M. **Ética em educação: sentidos, razões e consequências**. Revista INTERAÇÕES, nº 21, p. 1-12, 2012.

HECK, C. M.; HERMEL, E. do E. S. **Análise imagética das células em livros didáticos de biologia do ensino médio**. Revista SBEnBio, nº 7, 2014.

KAPP, A. M.; MIRANDA, E. M.; FREITAS, D. **Possibilidades para o desenvolvimento do processo formativo dos docentes no campo biotecnológico**. Simpósio Internacional de Educação à Distância – SIED e Encontro de Pesquisadores Em Educação à Distância, 2014.

KLEIN, T. A. S. **Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de biotecnologia por alunos do ensino médio**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Londrina UEL, 2011.

KREUZER, H.; MASSEY, A. **Engenharia genética e biotecnologia**. Trad. Ana Beatriz Gorini da Veiga...[et al.], 2 ed., Porto Alegre, Editora Artemed, 2002.

LIPTON, B. H. **A Biologia da crença - Ciência e espiritualidade na mesma sintonia: o poder da consciência sobre a matéria e os milagres**. Tradução YMA VICK, BUTTERFLY EDITORA São Paulo -2007.

LOPES, E. R.; VASCONCELOS, S. D. **Representação e distorções conceituais do conteúdo ‘filogenia’ em livros didáticos de biologia do ensino médio**. Revista Ensaio, v.14, n.3, p.149-165, 2012.

LOPES, R. M. **A concepção do ensino de clonagem nos livros didáticos de biologia do ensino médio numa perspectiva histórica**. Universidade Federal do Ceará (Dissertação de Mestrado), 2015.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. São Paulo: Saraiva, 1 ed., vol. 2, 2010.

LOUREIRO, M. R.; SANTOS, E. S. L. dos; AMORIM, J. dos S.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M. **Percepção de estudantes do ensino médio e acadêmicos de uma universidade baiana a respeito da biotecnologia**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2188, 2012.

LUSTOSA-OLIVEIRA, M.; ANTUNES, A. M.; LOPES-ROCHA, T.; TEIXEIRA, S. M. **Educação inclusiva e a formação de professores de Ciências: o papel das Universidades**

Federais na capacitação dos futuros educadores. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 13, núm. 3, p. 99-117, 2011.

MACHADO, A. T. **Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo.** Revista Brasileira de Agroecologia, 9(1): 35-50, 2014.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia 2011.** Rio de Janeiro, Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

MALAJOVICH, M. A. M. de. **Biotecnologia.** 2º Edição: Rio de Janeiro, p. 1- 312, 2016.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim Técnico: Biotecnologia Agropecuária.** Boletim Técnico, p. 73, Brasília – DF, 2010.

MARIZ, G. F. **O uso de modelos tridimensionais como ferramenta pedagógica no ensino de biologia para estudantes com deficiência visual.** Mestrado (Dissertação), Universidade Federal do Ceará-Fortaleza, 2014.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **A convenção sobre Diversidade Biológica – CDB.** Série Biodiversidade nº 1, p. 32, Brasília-DF, 2000.

MONTE, V.C. **A Mata Atlântica nos livros didáticos de Ciências Naturais e Biologia.** Recife, 2003. Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

MORGATO, M. C.; MACHADO, E. D. **Limites éticos e jurídicos da biotecnologia no século XXI.** In: Anais do III Encontro de Internacionalização do CONPEDI – Madrid, Vol. 13, 2015.

MOURA, M. M. M. de; FALCÃO, R. A. **O ensino de Genética e suas contribuições para compreensão da temática organismos transgênicos.** In: V Encontro de Pesquisa Educacional em Pernambuco – V ENPEPE, 2014.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica.** Traduzido por Arnaldo Antonio Simões e Wilson Roberto Navega Lodi, 3º Ed., São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, E.; ENS, R. T.; ANDRADE, D. B. S. F.; MUSSIS, C. R. **Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação.** Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 4, n.9, p.11-27, maio/ago. 2003.

OLIVEIRA, V. K. S.; COSTA, L. F.; FONSECA, C. A. da. **Principais aplicações da biotecnologia na medicina.** Revista Eletrônica de Farmácia – REF, Vol. 3 (2), 42-43, 2006.

PATIÑO, L. C. **Visões sobre gene de pesquisadores em Genética, Biologia Molecular e Genômica em diferentes níveis de formação.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia – UFBA, 96 p., 2017.

PEDRANCINI, V. D. **A organização do ensino de Biologia e o desenvolvimento do pensamento conceitual.** Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá – UEM, 225 p., 2008.

PEDREIRA, M. M. **Desenvolvimento e avaliação de estratégias de ensino de Genética para o ensino superior.** Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília – UnB, 107 p. 2014.

PEDROSO, C. V.; ROSA, R. T. N.; AMORIM, M. A. L. **Reflexões e perspectivas a respeito das atividades experimentais de genética propostas em livros didáticos de Biologia.** In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação – Enpec, 2009.

PEZENTE, V. T. **Bioética e Biossegurança: Interface necessária no ensino da biotecnologia em programas de pós-graduação no Brasil.** Revista de Ciências da Saúde, nº 29, 2017.

PINHEIRO, M. C.; SCHIENGOLD, M. **Como são tratados importantes conceitos da área de genética nos livros didáticos do ensino médio.** In: 57º Congresso Brasileiro de Genética. *Resumos.* Águas de Lindóia – SP, 2011.

REIS, C.; CAPANEMA, L. X. L.; FILHO, P. L. P.; PIERONI, J. P.; BARROS, J. O.; SILVA, L. G. **Biotecnologia para Saúde Humana: Tecnologias, Aplicações e Inserção na Indústria Farmacêutica.** Biblioteca digital do BNDES, Rio de Janeiro, n. 29, p. 359-392, mar. 2009.

REIS, P. **O ensino da ética nas aulas de ciências através do estudo de casos.** Revista INTERACÇÕES, nº. 5, p. 36-45, 2007.

RIBEIRO, I. G.; MARIN, V. A. **A falta de informação sobre os Organismos Geneticamente Modificados no Brasil.** Revista Ciência & Saúde Coletiva, 17(2):359-368, 2012.

ROSA, C. P.; RIBAS, L. C.; BARAZZUTTI, M. **Análise de Livros Didáticos.** In: III Escola de Inverno de Educação Matemática, I Encontro Nacional PIBID-Matemática, 2012.

ROSIN, C. K.; BIASIBETTI, L.; BOFF, E. T. O. **Situação de estudo e o livro didático: análise dos conteúdos de Biologia.** In: IX ANPED SUL – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

SANTOS, F. M. dos. **Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin.** Resenha de: [BARDIN, L. *Análise de conteúdo.* São Paulo: Ed. 70, 2011, 229p.] Revista Eletrônica de Educação. São Carlos, SP: UFSCar, v.6, no. 1, p.383-387, mai. 2012.

SANTOS, J. C.; ALVES, L. F. A.; CORRÊA, J. J.; SILVA, E. R. L. **Análise comparativa do filo molusca em livro didático e apostilas do ensino médio de cascavel, Paraná.** Revista *Ciência e Educação*, v. 13, n. 3, p. 311-322, 2007.

SARTIN, R. D.; MESQUITA, C. B.; SILVA, E. C.; FONSECA, F. S. R. **Análise de conteúdo de botânica no livro didático e a formação de professores.** In: Anais do IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4, 2012.

SCHNEIDER, E. M.; HARMEL, D.; MEGLHIORATTI, F. A. **O ensino de genética e as concepções sobre gene apresentadas por estudantes do 3º do Ensino Médio.** In: Atas do Evento Os Estágios Supervisionados de Ciências e Biologia em Debate II, V.1, p. 21, 2010.

SCHOR, N.; BOIM, M. A.; SANTOS, O. F. P. **Bases moleculares da biologia, da genética e da farmacologia**. São Paulo, Editora Atheneu, 2003.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. **Análise de conteúdo: exemplo de aplicação técnica para análise de dados qualitativos**. Revista Eletrônica, Vol.17, Nº 1, 2015.

SILVA, L. R. C. da; DAMACENO, A. D.; MARTINS, M. da C. R.; SOBRAL, K. M., FARIAS, I. M. S. de. **Pesquisa documental: alternativa investigativa na formação docente**. In: IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, 2009.

SILVA, L.C. H; CAVALCANTI, D. P. **DNA e suas aplicações biotecnológicas: uma análise da aprendizagem dos professores da Educação Básica**. Revista da SBEnBio – Associação Brasileira de Ensino de Biologia, nº 7, 2014.

SILVA, S. N. **O tema Ambiente em um Livro Didático de Biologia do Ensino Médio: uma análise da luz da Teoria Sociológica de Basil Bernstein**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, 2012.

SILVEIRA, J. M. F. J.; BORGES, S. I. C.; BUAINAIN, A. M. **Biotecnologia e Agricultura da ciência e tecnologia aos impactos da inovação**. Revista São Paulo em Perspectiva, v. 19, n. 2, p.101-114, 2005.

SILVEIRA, M. L.; ARAÚJO, M. F. F. **O papel do livro didático de biologia na opinião de professores em formação: implicações sobre a escolha e avaliação**. Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia - SBEnBio, nº 7, 2014.

SOUZA, R. M.; BARRIO, J. B. M. **A célula em imagens: uma análise dos livros didáticos de Biologia aprovados no PNLD 2015**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC–3 a 6 de julho de 2017.

TEMP, D.S., CARPILOVSKY, C. K., GUERRA, L. **Cromossomos, gene e DNA: Utilização de modelo didático**. Genética na Escola. 06.01, 09-11, 2011.

TIZIOTO, P. C. & ARAÚJO, E. S. N. N. **Biotecnologia e Bioética nos Livros Didáticos**. In: Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino em Ciências. Florianópolis, Santa Catarina, p. 1-11, 2007.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. **O livro didático de Ciências no ensino fundamental – Proposta de critérios para análise do conteúdo de zoológico**. Revista Ciência e Educação, Vol. 9, nº 1, p. 93-104, 2003.

VERCEZE, R. M. A. N.; SILVINO, E. F. M. **O livro didático e suas implicações na prática do professor nas escolas públicas de Guarajá-Mirim**. Revista Práxis Educacional, Vitória da Conquista: Edições Uesb, Vol. 4, nº 4, p. 83-102, 2008.

VIDOTTO, T.; MAESIMA-CUNHA, R. M.; MEHES, R.; MORYAMA, N.; GALLO, R. B.; NISHIO, E. K.; ANDRADE-MAISTRO, V. I.; MARTINS-PAIVA, W. J.; OLIVEIRA, V. L.

B. Abordagem diferencial no ensino de genética para alunos do ensino médio no projeto novos talentos em Londrina-PR. In: V EREBIO-SUL, IV ICASE, 2011.

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. S.; MORAES, M. O. **A nova (moderna) Biologia e a Genética nos Livros Didáticos de Biologia no Ensino Médio.** Revista Ciência e Educação, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.