

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA

MAIRA FERNANDA ROCHA SCANDELARI

**O ENFOQUE CTSA NO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA EM UM
CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CURITIBA

2019

MAIRA FERNANDA ROCHA SCANDELARI

**O ENFOQUE CTSA NO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA EM UM
CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Ensino de Ciências e Matemática” – Área de Concentração: Ensino de Ciências e Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves.
Coorientador: Prof. Dr^a. Silmara Alessi Guebur Roehrig.

CURITIBA
2019

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Scandelari, Maira Fernanda Rocha

O enfoque CTSA no ensino de biotecnologia em um curso técnico em meio ambiente [recurso eletrônico] / Maira Fernanda Rocha Scandelari.-- 2019.

1 arquivo eletrônico (137 f.): PDF; 1,16 MB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Texto em português com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Área de Concentração: Ensino, Aprendizagem e Mediações. Linha de Pesquisa: Ensino de Ciências e Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), Curitiba, 2019.

Bibliografia: f. 114-124.

1. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. 2. Biotecnologia - Estudo e ensino. 3. Educação ambiental. 4. Ensino profissional. 5. Cidadania. 6. Tecnologia - Aspectos sociais. 7. Meio ambiente - Aspectos sociais. 8. Medicamentos - Aspectos ambientais. 9. Professores de ciência - Formação. 10. Prática de ensino. I. Alves, João Amadeus Pereira, orient. II. Roehrig, Silmara Alessi Guebur, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. IV. Título.

CDD: Ed. 23 -- 507.2

Biblioteca Central do Câmpus Curitiba - UTFPR
Bibliotecária: Luiza Aquemi Matsumoto CRB-9/794



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 07/2019

A Dissertação de Mestrado intitulada “**O ENFOQUE CTSA NO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA EM UM CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE**”, defendida em sessão pública pela candidata **Maira Fernanda Rocha Scandelari**, no dia 09 de agosto de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, área de concentração Ensino, Aprendizagem e Mediações, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves - Presidente – UTFPR

Prof. Dr. Leonir Lorenzetti – UTFPR

Profa. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira – UTFPR/PG

Prof. Dra. Camila Silveira da Silva – UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 09 de agosto de 2019.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por conceder-me saúde, sabedoria, força e serenidade para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Luiz e Zenilda Scandelari, por seus sábios conselhos para que eu prosseguisse e chegasse até aqui. Amo vocês!

Aos meus orientadores, Dr. João Amadeus Pereira Alves e Dr^a. Silmara Alessi Guebur Roehrig pelas orientações necessárias para o desenvolvimento dessa Dissertação de Mestrado. Agradeço, imensamente por seus ensinamentos, zelo e paciência, que me fortaleceram nos momentos de dúvidas e angústias, dando-me a oportunidade de crescer profissionalmente e assim concluir essa pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, Dr^a. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira, Dr. Leonir Lorenzetti e Dr^a. Camila Silveira da Silva pelas valorosas e enriquecedoras contribuições fundamentais ao amadurecimento desse trabalho.

Aos professores do PPF CET, por suas exposições e momentos de discussões que me deram a oportunidade construir novos pilares sob o Ensino de ciências, os quais são essenciais para minha atuação docente.

Aos meus colegas do PPGFCET, por todos os nossos encontros e discussões acaloradas sobre o ensino e a aprendizagem em ciências.

Agradeço em particular aos amigos da “Gangue FCET” Aline, Eliane, Manuelle, Mateus e Vanda, pelas nossas conversas no Whatzapp, pelas reuniões recheadas de comidas maravilhosas, pelos desabafos, risadas e dúvidas referentes ao mestrado, além de suas companhias nos eventos do IX Encontro de Formação Continuada de Professores de Ciências e no VI Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia.

À amiga Dalmira e a Maísa pelas revisões dos diversos textos dessa dissertação.

Aos estudantes do terceiro ano do Ensino médio Técnico em Meio Ambiente que participaram na realização dessa Sequência Didática. À coordenadora do curso de Meio Ambiente Maira Vasselai e à direção do Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba pelo apoio necessário a realização dessa investigação.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, me apoiaram e ajudaram nesse trabalho, muito obrigada!

Não há ensino sem pesquisa e nem pesquisa sem ensino. Esses fazeres se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino continuo buscando, reprocurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo, educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade

(FREIRE, 1996, p.14).

RESUMO

SCANDELARI, MAIRA F.R. O ENFOQUE CTSA NO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA EM UM CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE. 2019. 141f. Dissertação de Mestrado-Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

A Biotecnologia está constantemente presente em nosso cotidiano, por meio de inovações nas áreas da Genética, da Imunologia e na produção de fármacos voltados ao recobro da saúde e do bem-estar social. No contexto escolar, a Biotecnologia se relaciona também com as questões éticas, morais, políticas, econômicas, sociais e ambientais concernentes à aprovação dos fármacos. Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo compreender a construção de argumentos que relacionem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente por estudantes no ensino de biotecnologia em um curso profissionalizante em Meio Ambiente. Tratou-se de uma pesquisa de natureza qualitativa do tipo intervenção pedagógica (LÜDKE; ANDRE, 2012), a qual buscou abordar as interferências da biotecnologia e da farmacologia sobre a sociedade e o meio ambiente. A seleção dos participantes ocorreu a partir da definição de duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio profissionalizante de uma instituição de educação estadual de Curitiba. Para a obtenção dos dados da pesquisa foi construída uma sequência didática de dez horas-aula, pautada em atividades como roda de conversa, seminários e debates em grupo, desenvolvida juntos aos sujeitos, no segundo semestre de 2017. Com relação aos instrumentos da pesquisa, fez-se uso de anotações de campo, gravador de áudio e voz com o intuito de capturar as interações discursivas dos alunos durante a realização da sequência didática. Para a análise dos dados as etapas envolveram, principalmente, a transcrição dos áudios gravados, os quais permitiram a construção de sete categorias distintas, entre a *priori* e emergentes (MORAES; GALIAZZI, 2011), a saber: 1) problematização relacionada ao uso e descarte de medicamentos no meio ambiente; 2) perspectivas de solução para os problemas apontados; 3) perspectivas de promover a construção social de princípios éticos, de justiça social e a tomada de decisão; 4) Aspectos éticos pela Necessidade de Maior Conhecimento Público Sobre a Biotecnologia e os Fármacos; 5) a construção interdisciplinar do conhecimento sobre a biotecnologia e a farmacologia; 6) programas da rede pública, gratuidade de custos associados à cura e à prevenção de doenças e por fim, 7) alternativas para o uso de medicamentos naturais. A partir da análise, pode-se concluir que a sequência didática sobre a biotecnologia relacionada à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente possibilitou aos estudantes a construção de opiniões pautadas em argumentos científicos, dotadas de senso crítico, de justiça e ética. Foi possível perceber também princípios de conscientização e responsabilidade ativa, na medida em que eles passaram a propor soluções acerca do descarte inadequado de medicamentos no meio ambiente. Houve ainda a preocupação em relação aos riscos sociais da automedicação, da dependência e da toxicidade dos fármacos. Portanto, entende-se que, ao discutir questões que relacionam ciência, tecnologia, sociedade e ambiente com os alunos, permite-se que o aprendizado passe a conectar sua realidade aos saberes discutidos em aulas de ciências da natureza, humanas e outras de cunho técnico. Finalizado o processo de análise dos dados, desenvolveu-se um caderno de orientações docentes (produto) composto por uma sequência de aulas sobre a biotecnologia e a farmacologia com enfoque científico, tecnológico, social e ambiental, com foco no intercâmbio de ideias e na formação crítica de alunos e professores.

Palavras-chave: Abordagem CTSA. Ensino de Biotecnologia. Meio Ambiente. Medicamentos.

ABSTRACT

SCANDELARI, MAIRA F.R. **THE BIOTECHNOLOGY APPROACH THROUGH THE CTSA EDUCATION IN THE PROFESSIONAL COURSE OF THE ENVIRONMENT. 2019.** 141f.

Dissertação de Mestrado- Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

Biotechnology is seated in our daily lives, through innovations in the areas of genetics, immunology and the production of drugs aimed at health and social well-being. In the school context, biotechnology also relates to ethical, political, economic, social and social issues related to drug approval. This study aimed to build an association of scientists, technology, society and environment by students in the teaching of biotechnology in a professional course in Environment. It is a qualitative research of the type pedagogical intervention (Lüdke and Andre, 2012), a research journal in biotechnology with its scientific, technological, social and environmental relations. The selection of the participants occurred from the definition of the two classes of the third year of high school of the cited institution. Since the training date was a series of class sessions, communication activities, seminars, and group discussions, which were made in 2017, did not have a second semester. research, use of field notes, audio and voice recorder in order to capture the students' discursive interactions during an accomplishment of the didactic sequence. For the analysis of the data, the stages involved mainly: transcription of the recorded audios, which allowed the construction of seven distinct categories, a priori and emerging (Moraes and Galiazzi, 2011), among them: 1) problematization related to the use and discard of medicines in the environment; 2) perspectives of solution to the problems pointed out; 3) perspectives to promote the social construction of ethical principles, social justice and decision making; 4) ethics for the need for greater public knowledge on biotechnology and pharmacology; 5) the interdisciplinary construction of knowledge about biotechnology and pharmacology; 6) public network programs, gratuitous costs associated with curing and preventing diseases, and finally, 7) alternatives for the use of natural medicines. From the analysis, it can be concluded that the didactic sequence on biotechnology related to Science, Technology, Society and Environment made it possible for students to construct opinions based on scientific arguments, endowed with a critical sense of justice and ethics. It was also possible to perceive principles of awareness and active responsibility, as the subjects started to propose solutions about the inappropriate disposal of medicines in the environment. There was also concern about the social risks of self medication, dependence and drug toxicity. Therefore, it is understood that when discussing issues that relate Science, Technology, Society and Environment with students, it is allowed that the learning connect its reality to the knowledge discussed in classes in the areas of natural sciences, humanities and others of a kind technician. After completing the data analysis process, an educational product was developed, consisting of a series of classes on biotechnology and pharmacology with a scientific, technological, social and environmental focus, focusing on the exchange of ideas and the critical formation of students and teachers.

Keywords: STSE Approach. Biotechnology. Environment. Following teaching. Medicines.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exposição da organização da Sequência Didática: “Biotecnologia e Farmacologia, relações entre a saúde humana e o meio ambiente em contexto educacional	83
Quadro 2: Sistematização do processo de unitarização, constituição das categorias de análise e atividades desenvolvidas na SD	88
Quadro 3: Apêndice A - Planejamento das aulas 1 e 2	125
Quadro 4: Apêndice A – Planejamento das aulas 3 e 4	127
Quadro 5: Apêndice A – Planejamento das aulas 5, 6 e 7	128
Quadro 6: Apêndice A – Planejamento das aulas 8 a 10	130
Quadro 7 a 11: Apêndice B- Transcrições Dos Áudios dos Estudantes Empregados na Análise dos Dados (Roda de Conversa, Seminário e Debate)	131 a 142

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. EDUCAÇÃO COM ENFOQUE CTSA	14
1.1 ESTABELECENDO RELAÇÕES CTSA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	15
1.2 O ENFOQUE CTSA E A FORMAÇÃO PARA A CIDADANIA	20
1.2.1 Educação CTSA e a tomada de decisão	23
1.2.2 Educação CTSA, Princípios de Justiça e Ativismo Social	26
1.3. ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS	28
1.4. ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS	31
2. ASPECTOS GERAIS DA BIOTECNOLOGIA.....	38
2.1 HISTÓRICO DA BIOTECNOLOGIA.....	39
2.1. BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA	41
2.2. BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DOS TRANSGÊNICOS	44
2.3. BIOTECNOLOGIA NA SAÚDE HUMANA.....	48
2.3.1. Clonagem, Terapia Gênica e Terapia Celular	52
2.4. PERSPECTIVA HISTÓRICA DOS FÁRMACOS E BIOFÁRMACOS	55
2.4.1. Mecanismos de Ação Fisiológica dos Medicamentos Sintéticos e Biológicos	58
2.4.2. Aspectos Econômicos dos Medicamentos	64
2.5. BIOTECNOLOGIA <i>VERSUS</i> RACIONALIDADE AMBIENTAL	68
2.5.1. Biotecnologia no Ensino de Ciências	73
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	78
3.1. CONTEXTO DA PESQUISA E SEUS INSTRUMENTOS	80
3.1.1 Sequência Didática	83
3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE	86
4. BIOTECNOLOGIA NUMA PERSPECTIVA CTSA	91
4.1 Problematização relacionada ao uso e o descarte de medicamentos no Meio Ambiente.....	91
4.2 Perspectivas de solução para os problemas apontados	93
4.3. Perspectivas de promoção da justiça social, princípios éticos e a tomada de decisão	96
4.4. Aspectos éticos pela necessidade de maior conhecimento público sobre a biotecnologia e os fármacos	99
4.5 A construção interdisciplinar do conhecimento sobre a Biotecnologia e a Farmacologia	103
4.6. Programas da rede pública, gratuidade de custos associados à cura e à prevenção de doenças.....	104
4.7 Alternativas para a cura e a prevenção de doenças pelo uso de medicamentos naturais	106
4.8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS: NOVAS COMPREENSÕES	109
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
REFERÊNCIAS.....	116
APÊNDICE A: PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	126
APÊNDICE B: TRANSCRIÇÕES DOS ÁUDIOS DOS ESTUDANTES EMPREGADOS NA ANÁLISE DOS DADOS.....	130

INTRODUÇÃO

O ponto de partida desta pesquisa encontra-se motivado em meu histórico profissional de Licenciada em Ciências Biológicas, atuando como professora Processo Seletivo Simplificado (PSS) nas disciplinas de Ciências, Biologia e Meio Ambiente, contratada pela Secretaria Estadual de Educação do Paraná (SEED-PR). Por meio dele, trabalhei em diversas escolas, onde sempre me deparava com a mesma situação: o excesso de conteúdo, a apatia e o desinteresse dos alunos. Após a realização de ações de formação continuada promovidas pela SEED, deparei-me com propostas metódicas e conteudistas associadas ao ensino profissionalizante e à biologia, e em nenhuma delas priorizava sua relação com as questões ambientais.

Corroborando com isso, perguntava-me como trabalhar de maneira diferenciada com esses alunos, uma vez que eles, como futuros profissionais, serão desafiados a participar de maneira ativa e responsável na sociedade, e ainda, como atrair a atenção dos estudantes em temáticas vinculadas à Biologia e à poluição ambiental?

Auler (2001) afirma que as práticas curriculares organizadas em torno de temas contemporâneos e complexos da ciência e da tecnologia podem promover aos sujeitos a oportunidade de debater, avaliar e tomar decisões. Neste sentido, o ensino de ciências, articulado com as questões sociais e ambientais, permite aos alunos analisar de maneira mais profunda o conhecimento científico, bem como, valorizar as trocas de ideias e argumentos entre alunos e professores no ambiente escolar.

Assim, a abordagem CTSA emerge do fato de esta valorizar a relação entre o conteúdo científico e tecnológico, além de priorizar práticas curriculares que objetivam promover a participação e a consciência crítica sobre os problemas reais da sociedade. Por sua vez, o enfoque CTSA preza por uma mudança de postura didática nas aulas de ciências, a fim de incorporar nelas momentos de debates sobre temas controversos da sociedade envolvendo questões culturais, econômicas, éticas e políticas relativas à ciência e à tecnologia, as quais têm o intuito de preparar os cidadãos para participar ativamente da sociedade e no meio ambiente (SANTOS; MORTIMER, 2001).

As problemáticas ambientais nas aulas de ciências possibilitam uma compreensão mais ampla sobre as diferentes implicações científicas e tecnológicas atuais, ao passo que elas podem contribuir para promover a motivação dos alunos na resolução de problemas levando-os à tomada de decisão responsável (SANTOS; MORTIMER, 2001).

As questões CTSA, no ensino de biotecnologia, podem levar os estudantes a discutir sobre os organismos geneticamente modificados, os transgênicos, a clonagem, a engenharia genética e os avanços da medicina voltados à fabricação de remédios, soros e vacinas. Em particular, as controvérsias da biotecnologia sobre a sociedade e o meio ambiente têm a finalidade de propor ao ensino de ciências, um ponto de partida mais amplo, levando os alunos a compreender, explorar e a disseminar argumentos críticos na sociedade (PEDRETTI, 2008).

Com relação à temática da biotecnologia, ela advém da minha experiência da pesquisadora enquanto professora, em que percebi que muitos alunos do Ensino Médio e/ou profissionalizante em Meio Ambiente costumavam apresentar uma visão simplista das relações entre biotecnologia e suas questões de carácter social. Além disso, os estudantes desconheciam os efeitos do descarte inadequado de medicamentos sobre o ambiente hídrico. Portanto, esta pesquisa da implementação de uma proposta didática fundamentada numa perspectiva CTSA pode contribuir para que os estudantes tenham condições de se posicionar de maneira crítica acerca dos conhecimentos que envolvem a relação entre a Biotecnologia, sociedade e o meio ambiente.

Considerando isto, a questão de investigação que tem norteado este trabalho foi a seguinte: como uma sequência didática, abordando a biotecnologia e as relações CTSA pode contribuir para a formação crítica dos alunos do curso profissionalizante em Meio Ambiente?

Sendo assim, o objetivo geral do estudo consistiu em:

- Estudar a construção de argumentos de estudantes quando relacionem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente no ensino de biotecnologia em um curso profissionalizante em Meio Ambiente.

Para cumprir com o objetivo geral, formularam-se os objetivos específicos a seguir:

- Elaborar uma proposta educacional por meio de uma sequência didática com foco no ensino de biotecnologia quando estabelecem relações CTSA;
- Implementar a proposta de sequência didática no contexto de um curso profissionalizante em Meio Ambiente;
- Avaliar as implicações decorrentes da proposta desenvolvida na construção de argumentos pelos estudantes quando são estimulados a estabelecer relações CTSA;
- Elaborar um caderno de orientações docentes, como produto educacional, a partir dos resultados da análise dos dados constituídos na pesquisa.

Diante disso, este estudo encontra-se organizado em capítulos, somados a um Caderno de Orientações Docente que teve por título **Sequência Didática sobre a Biotecnologia e a Farmacologia com enfoque CTSA**.

O primeiro capítulo foi denominado “Educação com enfoque CTSA”, que parte dos princípios da reflexão sobre aspectos científicos e tecnológicos associados à realidade social e à conservação do meio ambiente, com o intuito de promover nos estudantes o senso ético, crítico e responsável no exercício da cidadania e na busca de solução para os problemas do cotidiano. Por conseguinte, abordou-se sobre a indústria farmacêutica associada às questões de natureza CTSA, bem como sua trajetória de inovação, comercialização e produção dos medicamentos para recobrar a saúde humana.

O segundo capítulo intitulado “Aspectos Gerais da Biotecnologia” incluiu, principalmente, a produção agrícola e os tratamentos médicos de clonagem, terapias gênicas e as terapias celulares empregados na cura de doenças humanas. Nesta parte, abordou-se também sobre os principais medicamentos sintéticos e biológicos presentes na sociedade, além de sua composição e ação fisiológica no corpo humano. A partir dos fármacos, tratou-se especificamente sobre os neurológicos, cardíacos, psicossomáticos, hormonais, inflamatórios e anti-infecciosos. Já no caso dos biofármacos, incluíram-se os anticorpos monoclonais, as vacinas, os anticoagulantes, os anti-trombolíticos e anti-hemofilia, voltados ao tratamento de doenças graves, genéticas e/ou hereditárias, os quais podem oferecer benefícios, mas também riscos aos pacientes, assim como os medicamentos sintéticos. No que tange à biotecnologia e à farmacologia no ensino

de ciências, relacioná-las pode favorecer o compartilhamento de ideias entre os alunos, além de alertá-los sobre os riscos da automedicação e da dependência social.

Ainda, no segundo capítulo, refletiu-se sobre a biotecnologia e a racionalidade ambiental, sendo discutidas suas constantes inovações pautadas nos problemas sociais e ambientais como fonte de crescimento econômico do capitalismo. Contudo, a biotecnologia, apresenta-se, no ambiente escolar, com o intuito de permitir que os sujeitos possam questionar e avaliar os domínios científicos e tecnológicos concernentes à aprovação de seus produtos, bem como discutir sobre seus possíveis efeitos fisiológicos sobre a saúde dos cidadãos e o bem-estar ambiental.

No terceiro capítulo, “Aspectos Metodológicos” descreveu-se os instrumentos da pesquisa de intervenção pedagógica adotada para este trabalho, bem como o contexto e as ferramentas de análise dos dados, validados com os referências teóricos e com a organização de uma Sequência Didática adotada a partir dos processos de ensino e aprendizagem propostos pela “Taxonomia de Bloom” (FERRAZ; BELHOT, 2010). Para a organização e o desenvolvimento das atividades de investigação docente, realizou-se um planejamento composto por uma Sequência Didática com o seguinte tema: “Biotecnologia e Farmacologia, relações entre a saúde humana e o Meio Ambiente”. Os instrumentos utilizados para a constituição dos dados das aulas incluíram: diário de campo e filmagem com as representações orais e visuais durante as atividades de roda de conversa, seminário e debates em grupos realizados pelos alunos. Os dados constituídos na metodologia dessa sequência didática emergiram em um produto educacional sobre a biotecnologia e a farmacologia com atividades teóricas e práticas destinadas para auxiliar os professores de ciências.

No quarto capítulo, biotecnologia numa perspectiva CTSA, encontram-se os resultados das análises dos dados obtidos pela gravação de áudios dos discursos dos estudantes durante a realização da sequência didática relacionada à biotecnologia e à farmacologia no enfoque CTSA. A análise dos dados ocorreu a partir da metodologia de Moraes e Galiazzi (2011), esta, por sua vez, preconizou os processos de unitarização e categorização dos argumentos, os quais permitiram ao

pesquisador organizá-los em duas categorias diferentes, entre elas, a *Priori* e a Emergente.

As categorias *a priori* basearam-se na primeira maneira de relacionar a teoria e o pesquisador de maneira implícita, assim, desde o início, seu olhar voltou-se ao referencial teórico da biotecnologia e da farmacologia, como também aos objetivos propostos pelos pilares da educação CTSA (MORAES; GALIAZZI, 2011). A partir disso, foram obtidas quatro categorias *a Priori*, as quais foram chamadas de: 1) Problematização relacionada ao uso e descarte de medicamentos no meio ambiente; 2) Perspectivas de solução para os problemas apontados; 3) Perspectivas de promover a construção social de princípios éticos, de justiça social e a tomada de decisão; e 4) Aspectos éticos pela necessidade de maior conhecimento público sobre a biotecnologia e os fármacos.

As categorias emergentes, de outro modo, possibilitaram ao pesquisador construir novos argumentos juntos aos estudantes, estes baseados em sua relação com a biotecnologia e a farmacologia no enfoque CTSA, os quais construíram novas teorias para a resolução de problemas ambientais e sociais (MORAES; GALIAZZI, 2011). Nesse sentido, os discursos dos alunos formaram categorias emergentes intituladas como: 5) A construção da interdisciplinar do conhecimento sobre a biotecnologia e a farmacologia; 6) Programas da rede pública, gratuidade de custos associados à cura e à prevenção de doenças; e 7) Alternativas para o uso de medicamentos naturais.

A análise das categorias apresentou os aspectos de formação crítica, ética e responsável a respeito da biotecnologia e da farmacologia. Contemplam-se também situações controversas sobre o uso e o descarte de fármacos no meio ambiente, além disso, os estudantes propuseram alternativas de resolução dos problemas decorrentes da automedicação, da dependência e dos efeitos colaterais desses produtos à saúde humana e à biota aquática. Os dados obtidos mostram ainda relatos de situações verídicas e antiéticas no tocante à prescrição médica e à farmacêutica, responsáveis por provocar danos fisiológicos irreparáveis para os pacientes devido a altas dosagens de anticoncepcionais. Foi possível verificar que os alunos passaram a desenvolver princípios de juízo de valor voltados à justiça social e a formação da consciência crítica.

No quinto capítulo, nas “Considerações Finais” da pesquisa, reforça-se a importância de discutir as questões da biotecnologia e da farmacologia no ensino de ciências. Do mesmo modo, apresentam-se as controversas da ciência e da tecnologia dispostas sobre a construção de argumentos mais críticos, éticos e responsáveis nos alunos. É frisado, também, as alternativas propostas por eles relacionando-as com o uso desmedido de fármacos e seu descarte incorreto no meio ambiente. Considerou-se o ensino de biotecnologia articulado de maneira interdisciplinar entre os conteúdos de ciências da natureza e de cunho técnico, visando contribuir para compreensão mais ampla sobre as controvérsias científicas, tecnológicas presentes na sociedade.

Ainda, no quinto capítulo, foi apresentado um produto educacional composto por uma sequência didática de 10 horas-aula. Nele constam atividades como questionário, roda de conversa, exposição dialógica de conteúdo, prática de leitura de bulas de medicamentos, seminários sobre a produção farmacêutica nacional e debate sobre a ingestão de anticoncepcionais propícios ao surgimento de problemas de saúde, como o câncer de mama.

A próxima seção traz a abordagem do CTSA no ensino de ciências, bem como também seus pilares de justiça social, formação para a cidadania, consciência crítica e a tomada de decisão.

1. EDUCAÇÃO COM ENFOQUE CTSA

Esse capítulo tem o intuito de abordar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), mediante os objetivos e abordagens educacionais para o ensino de ciências. Desse modo, apresenta-se a educação com enfoque nas questões científicas e tecnológicas a partir dos pilares de justiça, ética, ativismo¹, política, economia, tomada de decisão e formação crítica na sociedade.

¹ Ativismo: pode ser definido como parte de uma sensibilização social decorrente de uma resposta ativa e responsável perante as políticas públicas de inovação científica e tecnológica que possam gerar riscos à sociedade e ao meio ambiente (PALÁCIOS et al., 2003).

Posteriormente, discutem-se, neste capítulo, as relações sociocientíficas pelo uso desmedido da biotecnologia, bem como seus possíveis reflexos dos tratamentos médicos sobre a saúde da população. Além disso, a biotecnologia está anexada às questões socioambientais atribuídas à produção, ao consumo e o descarte doméstico de medicamentos no meio ambiente.

Na última parte desse capítulo, inclui-se a controvérsia apresentada pelo consumo social de medicamentos, muitas vezes incentivado nas propagandas transmitidas na mídia televisiva, em revistas científicas e nas consultas médicas sobre a promessa de cura e de vitalidade. Por outro lado, surgem os reais interesses dos laboratórios farmacêuticos pelo crescimento econômico/capitalista da automedicação pelos sujeitos envolvidos.

1.1 ESTABELECENDO RELAÇÕES CTSA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A ciência, ao longo de sua história, esteve associada à imagem de um empreendimento neutro, autônomo e alheio às influências humanas, atada apenas ao intuito de explicar o funcionamento natural da vida. Essa visão associava ainda os cientistas a seres excepcionais, que usavam a lógica e a experiência como um método universal para a produção de conhecimento (PINHEIRO, 2005).

Com o passar dos tempos, outra perspectiva foi atribuída à ciência e à tecnologia pautada na concepção linear de progresso. Nela, os problemas do presente seriam resolvidos a partir de mais investimento científico, tecnológico e econômico, os quais poderiam resolver as questões sociais gerando maior bem-estar (AULER; DELIZOICOV, 2006).

Segundo Santos e Mortimer (2001), não existe neutralidade científica nem tampouco a ciência é capaz de solucionar as inúmeras questões éticas e políticas contidas na sociedade. Por outro lado, surgiu a busca pela participação da sociedade em debates envolvendo a ciência e a tecnologia, sendo que ao mesmo tempo, suas aplicações tornaram-se alvo de muitos debates éticos por considerar apenas o aspecto científico, sem incluir neles seus efeitos e aplicações no meio ambiente.

O surgimento do movimento CTS ocorreu entre 1960 e 1970, a partir das críticas proferidas pelas publicações das obras da ambientalista Rachel Carson *Primavera Silenciosa*, caracterizada historicamente pela denúncia pública sobre as “consequências sociais e ambientais” do uso do DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) usado como inseticida nas plantações que provocaram graves problemas para a saúde humana e para o meio ambiente. E do livro intitulado: *A estrutura das revoluções científicas* do físico Thomas Kuhn, a qual buscou desvelar o caráter social e não neutro da atividade científica e tecnológica. Essas críticas relativas aos avanços da ciência foram somadas também com o surgimento das bombas atômicas empregadas na guerra do Vietnã (AULER; BAZZO, 2001; LINSINGEN, 2007; STRIEDER, 2012)

O movimento CTS objetivou avaliar os aspectos críticos do desenvolvimento científico e tecnológico com relação as suas possíveis consequências sobre a sociedade. Simultaneamente, as contribuições filosóficas e sociológicas da ciência visaram evidenciar as questões pertinentes ao desenvolvimento científico e tecnológico (PINHEIRO, 2005).

Desse modo, o enfoque CTS apresenta uma abordagem voltada a uma educação mais crítica e realista do mundo. Nesse sentido, o ensino de ciências pode basear-se nas relações entre ciência e tecnologia refletidas sobre aspectos sociais, sendo, portanto, apresentados por muitos autores, entre eles, Salomon e Aikenhad (1994), Santos e Mortimer (2001), Auler e Bazzo (2001) e Auler e Delizoicov (2006).

Segundo Ziman (1994), o enfoque CTS visa a formação de cidadãos críticos e responsáveis capazes de resolverem as arestas presentes na sociedade, incluindo as seguintes dimensões nos currículos de ciências:

- a) abordagem vocacional de base com objetivos de discutir a realidade social para a formação responsável, ética e juízo de valor em meio às controvérsias da ciência;
- b) abordagem de relevância dos produtos tecnológicos utilizados pela ciência para funções sociais;

- c) abordagem histórica do desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade;
- d) abordagem epistemológica natural da ciência e as controvérsias dos cientistas;
- e) abordagem sociológica de aprendizagem sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade;
- f) abordagem problemática de exposição de problemas ambientais como as questões de destruição do ambiente natural, doenças endêmicas e crises humanitárias pelo uso indevido da ciência e da tecnologia.

As dimensões curriculares do ensino de ciências com enfoque CTS passaram a discutir intimamente as questões sociais e ambientais voltadas à ciência e à tecnologia, recebendo a sigla CTSA, com o intuito de discutir os problemas sociais e contribuir para a formação de cidadãos críticos (FARIAS; CARVALHO, 2007). Conforme Alves, Mion e Carvalho (2007), o enfoque CTSA pode permitir que os estudantes passem a se envolver com os desequilíbrios ambientais como parte de um processo de conscientização e crítica sobre as aplicações da ciência e da tecnologia, no sentido de frear os danos ao meio ambiente.

Cabe, portanto, ressaltar que, comumente, o ensino de ciências tem apresentado em seus trabalhos acadêmicos a sigla CTS ou CTSA, como também as duas simultaneamente. No entanto, julgando ser importante sanar possíveis dúvidas relativas à adoção dessas siglas, para este trabalho, buscou-se na literatura as compreensões que alguns autores possuem sobre a inclusão de uma ou de outra (ROEHRIG, 2013).

Conforme Ricardo (2007), o enfoque CTS abrange as questões sociais e problemas ambientais, no contexto escolar, sem a necessidade de acrescentar a letra “A” em tal sigla. Já para Santos (2008), a criação de um enfoque utilizando a sigla CTSA parte de discussões sobre as relações CTS, contudo, nem sempre preconizam a educação ambiental crítica, sendo necessário, portanto, a incorporação do “A” para tríade CTS. Vilches, Pérez e Praia (2011) acrescentam que o enfoque CTSA dá ênfase na educação científica e tecnológica para tratar

de maneira mais profunda as questões ambientais, as quais podem contribuir para a formação de cidadãos capazes de participarem e tomarem decisões na sociedade.

Dessa forma, adota-se para esse trabalho a sigla CTSA, por se entender que esta pode levar a uma compreensão mais realista dos impactos ambientais sobre a sociedade, a biodiversidade e os recursos naturais, e que, portanto, não só a ciência e a tecnologia podem afetar o meio ambiente, como também as ações inconsequentes do ser humano. Cabe ainda ressaltar que os princípios da educação CTSA, de justiça, ética, formação crítica e responsável com a sociedade e o meio ambiente estão presentes tanto no referencial teórico, quanto na metodologia e discussão dos dados desta pesquisa. Assim, a abordagem das questões CTSA pode possibilitar a construção de um conhecimento mais aprofundado sobre as degradações ambientais que poucos conheciam, conscientizando a sociedade sobre a importância da sua participação e decisão sobre a preservação ambiental (LINHARES; REIS, 2017).

Segundo Ricardo (2007), a educação com enfoque CTSA integra os saberes educacionais, as questões problemáticas atuais da ciência e da tecnologia com o objetivo de conscientizar os sujeitos na busca de soluções e promover a tomada de decisão. Ele aponta ainda que as controvérsias atuais da ciência e da tecnologia no ensino de ciências permitem que surjam dúvidas a serem sanadas, além de proporcionar a busca por soluções em ações responsáveis frente a proteção do meio ambiente.

O enfoque CTSA pode assumir uma perspectiva pedagógica que objetiva a formação de cidadãos conscientes de seu papel social em assuntos referentes aos avanços contínuos da ciência e da tecnologia na atualidade. Assim, as transformações sociais podem ser iniciadas no ambiente educacional visando o fortalecimento da participação dos estudantes na resolução de problemas sociais de cunho científico e tecnológico (AKAHOSHI, 2012).

De acordo com Pedretti (2003), uma educação crítica e reflexiva acerca das relações CTSA pode ser promovida no âmbito do ensino de ciências, na medida em que se levam em conta os seguintes aspectos:

- Compreensão das constantes ameaças ambientais, incluindo as globais e as locais para a preservação da vida;
- Aspectos econômicos e industriais do desenvolvimento tecnológico;
- Compreensão da natureza da ciência e da tecnologia;
- Discussão da opinião pessoal e dos valores atribuídos à sociedade e à democracia;
- Dimensão social e ambiental das explorações da ciência e da tecnologia.

As propostas curriculares CTSA visam aproximar o mundo dos estudantes ao conhecimento científico, buscando estimular os alunos a debaterem questões controversas da ciência e da tecnologia em relação ao bem-estar social e do meio ambiente.

As relações CTSA podem apresentar diferentes perspectivas de acordo com os objetivos educacionais propostos para o ensino e aprendizagem em ciências. Além disso, para Palácios, Rego e Lino (2008, p. 144), a abordagem de questões controversas da ciência, tecnologia, sociedade e do ambiente incluídas no contexto escolar podem promover uma construção coletiva partindo da experiência própria do educando como parte de uma construção social que inclui:

[...] mais que manejar informações, de articular conhecimentos, argumentos e contra-argumentos, baseados em problemas compartilhados, nesse caso relacionados com as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico. Não se trata de desqualificar a ciência e a tecnologia, mas de desmistificá-las no sentido de modificar uma imagem distorcida de ciência-tecnologia que vem causando mais inconvenientes do que vantagens. O objetivo é desenvolver nos estudantes uma sensibilidade crítica acerca dos impactos sociais e ambientais derivados das novas tecnologias ou a implantação das já conhecidas, transmitindo por sua vez uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia, assim como no papel político dos especialistas na sociedade contemporânea. Por outro lado, trata-se de oferecer um conhecimento básico e contextualizado sobre ciência e tecnologia aos estudantes de humanidades e ciências sociais. O objetivo é proporcionar a estes estudantes, futuros juizes e advogados, economistas e educadores, uma opinião crítica e informada sobre as políticas tecnológicas que os afetarão como profissionais e como cidadãos. Assim, essa educação deve capacitá-los para participar frutiferamente em qualquer controvérsia pública ou em qualquer discussão institucional sobre tais políticas.

Assim, o enfoque CTSA² pode promover o interesse dos alunos em situações reais pertencentes às aplicações da ciência, da tecnologia sobre a sociedade e os recursos naturais. As questões CTSA contemplam ainda as questões sociais, éticas e políticas que podem promover a alfabetização científica nos estudantes, tornando-os capazes de tomarem decisões conscientes e de desenvolverem ações sociais mais responsáveis (SANTOS, 2008).

Na próxima seção apresenta-se, de maneira detalhada, os objetivos da abordagem CTSA, bem como os seus aspectos considerados essenciais para o ensino e aprendizagem de ciências. Além disso, os pilares da educação CTSA, incluem os objetivos de formação ética, crítica e participativa dos cidadãos na tomada de decisão responsável em relação à sociedade e o meio ambiente.

1.2 O ENFOQUE CTSA E A FORMAÇÃO PARA A CIDADANIA

O ensino de ciências em uma perspectiva crítica pode incluir os momentos de aprendizagem a partir das relações CTSA e a realidade dos estudantes. Conforme Santos (2008), a formação para a cidadania é um conceito polissêmico cujos diferentes significados da ciência e da tecnologia podem ser relacionados ao contexto democrático vinculado à formação de cidadãos responsáveis e críticos.

A educação CTSA pode desenvolver uma postura crítica a partir das relações da ciência e da tecnologia voltadas à formação de cidadãos éticos na sociedade. Ao levantar um problema ou uma questão socioambiental, os estudantes podem apresentar suas experiências pessoais, transmitindo seus sentimentos e experiências, promovendo a formação crítica dos estudantes em relação à ciência e à tecnologia (PEDRETTI, 2008).

² Utilizamos CTSA visando deixar claro que nem todos os autores citados nesse primeiro capítulo utilizam esta sigla em seus trabalhos, mas sim CTS. Contudo, a dimensão ambiental é incorporada claramente nas questões científicas e tecnológicas articuladas com o ensino de Ciências nestes trabalhos.

Segundo Santos (2002), a formação para a cidadania inclui aspectos fundamentais para a tomada de decisão, tais como: a) o saber aprofundado sobre a ciência, sua perspectiva social e eventuais problemas morais, éticos, políticos e culturais; aptidão para julgar os aspectos de custos e benefícios provenientes da ciência com a sociedade; b) a capacidade e motivação para participar de ações políticas na sociedade; c) a competência para avaliar criticamente os produtos tecnológicos e posicionar-se perante as implicações tecnológicas na sociedade; d) o conhecimento crítico sobre a ciência e a tecnologia; e) a participação ativa para resolver os problemas de sua comunidade.

A formação para a cidadania objetiva ainda o direito ao conhecimento, o diálogo e a aprendizagem ao longo da vida, incluindo a participação democrática em defesa do meio ambiente conservado para a sobrevivência das atuais e futuras gerações. Outro ponto importante é o princípio da reponsabilidade que leva em conta as ações sociais conscientes para a preservação da vida. Nesse sentido, Moniz (2005), acrescenta que os conhecimentos adquiridos nas relações entre o campo educacional da ciência e o contexto social podem estimular a participação e consciência crítica na atualidade.

A educação com enfoque CTSA deve levar em conta não apenas os problemas gerados, mas também valorizar o conhecimento empírico das pessoas que são, frequentemente, afetadas pelas interferências das inovações da ciência e da tecnologia. A construção de um ensinar “ciências para as pessoas” implica no desenvolvimento do saber científico com outros saberes que podem quebrar os obstáculos epistemológicos de interação entre sujeitos, ciência e tecnologia (MONIZ, 2005). Comumente evidencia-se fatos que expõem a sociedade ao risco inerente às inovações da ciência e da tecnologia como, por exemplo: a fabricação de alimentos transgênicos, a descoberta de novos medicamentos e cosméticos, a introdução de tecnologias genéticas voltadas ao tratamento ou a prevenção de doenças crônicas, incluindo, as síndromes e a reprodução assistida que afetam consideravelmente a vida dos cidadãos (BECK, 1992).

Além disso, a educação para a formação de cidadãos críticos na sociedade se configura integralmente na mudança de compreensão sobre a visão unicamente positivista da ciência e da tecnologia relacionando-as aos valores morais, éticos, culturais, políticos e direitos, pois a construção de bases sólidas pode conduzir os sujeitos à tomada de decisões conscientes e responsáveis na sociedade.

Conforme Moniz (2005), a educação CTSA possibilita um aprendizado que relacione a ciência e a tecnologia com o contexto social atual. Também se busca preparar os estudantes para discutirem as questões cotidianas científicas e tecnológicas vinculadas aos valores morais, éticos, políticos, econômicos e ambientais, necessários para a construção do conhecimento, a compreensão crítica do mundo e o exercício da cidadania.

Vive-se em uma sociedade polêmica, marcada pelo desenvolvimento científico e tecnológico, com valores sociais, ambientais e interesses econômicos voltados à saúde humana. Entre as questões científicas e tecnológicas mais polêmicas da atualidade está a biotecnologia, a qual se constitui desde a “fabricação de queijos, cervejas, pães e vinhos até o tratamento do esgoto, controle de poluição ambiental, agricultura, produção de combustíveis e de medicamentos” (REIS, 2013, p.21). Se, por um lado, tem-se a esperança na possibilidade de aumentar a produção de alimentos e na eventual chance de cura para as doenças de origem genéticas, por outro, está a crítica “quanto aos possíveis desastres ambientais provocados pela proliferação incontrolada de seres vivos alterados geneticamente pelo uso abusivo do patrimônio genético”, causando desequilíbrios ambientais, bem como também os riscos de intoxicação humana por medicamentos e a poluição ambiental por seu despejo sobre os corpos d’água (REIS, 2013).

Dessa forma, a biotecnologia permite que os estudantes possam compreender o valor do conhecimento científico e tecnológico pautados em problemas reais da sociedade, essenciais para a formação de cidadãos críticos e responsáveis. No próximo tópico, apresenta-se sobre os “pilares educação CTSA”, entre eles, a formação crítica e a tomada de decisão, os quais buscam

conscientizar os alunos sobre os problemas atuais e suas possíveis alternativas para resolvê-los.

1.2.1 Educação CTSA e a tomada de decisão

A tomada de decisão trata de obter respostas e soluções anexadas aos princípios jurídicos, éticos e morais voltados à participação dos cidadãos e advém de duas especialidades jurídicas: a crítica e a política. A crítica parte inicialmente do julgamento universal dos princípios e leis instituídos pelos direitos humanos. A política parte de um juízo para a tomada de decisão voltada à uma realidade particular (CANIVEZ, 1991).

Nesse sentido, por exemplo, a abordagem de temas controversos valendo-se de um processo judicial possui o potencial educacional por integrar diversas perspectivas sobre um mesmo problema, bem como seus elementos culturais, ético e morais relativos às novas tecnologias e à ciência (FARIAS; CARVALHO, 2007). Além disso, é possível também explorar a relação entre o conteúdo na forma de aplicações dos medicamentos pautados no direito de proteção à saúde humana e a conservação do meio ambiente.

A tomada de decisão, no contexto educativo, tem por objetivo vincular questões complexas da ciência e da tecnologia como aporte curricular para o ensino em ciências. Portanto, as informações fornecidas sobre a relação entre ciência e tecnologia podem engajar o estudante para participar ativamente das decisões da sociedade. Para Santos e Mortimer (2001, p.102), a tomada de decisão tem um papel essencial no currículo de Ciências e na formação de atitudes e valores cidadãos:

[...] uma educação voltada para a ação social responsável, em que haja preocupação com a formação de atitudes e valores. Apesar de toda a complexidade relacionada a esse processo educativo, as pesquisas sobre tomada de decisão têm apontado importantes aspectos que auxiliam na estruturação de currículos de ciências. A adoção de temas envolvendo questões sociais relativas à C&T, que estejam diretamente vinculadas aos alunos, nos parece ser de primordial importância para auxiliar na formação de atitudes e valores. Para isso, parece ser essencial o desenvolvimento de atividades de ensino em que os alunos

possam discutir diferentes pontos de vista sobre problemas reais, na busca da construção coletiva de possíveis alternativas de solução.

As perspectivas educacionais CTSA propõe um currículo fundamentado no campo científico e tecnológico em torno de temas socioambientais. Nesse sentido, para Auler e Bazzo (2001), a tomada de decisão pode ocorrer integrando no currículo escolar temas contemporâneos complexos da ciência e da tecnologia, além de questões controversas como os transgênicos, a clonagem, as células-tronco e as contaminações ambientais caracterizadas pelos aspectos controversos de proteção ao meio ambiente e à melhoria da qualidade de vida.

Constantemente, os indivíduos são envolvidos por questões conflitantes entre a ciência e a tecnologia voltadas para as necessidades humanas como, por exemplo, a compra de alimentos, produtos químicos, eletrônicos e tem-se que decidir qual se vai comprar, consumir e descartar. Essa decisão pode ser tomada levando em consideração não apenas a eficiência dos produtos que se deseja, mas também os seus “efeitos sobre a nossa saúde, os seus efeitos nos animais, voltadas a sua produção e destinação final” (SANTOS; MORTIMER, 2001, p.114).

A abordagem de questões específicas da ciência como, por exemplo, a biotecnologia, pode envolver os cidadãos com diferentes posicionamentos de acordo com as suas relações culturais, morais, éticas e religiosas, presentes na sociedade. Além disso, a biotecnologia utiliza técnica de manipulação genética animal e vegetal empregada para produção de novas terapias e medicamentos voltados à chance de cura para doenças crônicas, problemas hormonais, imunológicos e reprodutivos que interferem constantemente na vida dos cidadãos que precisam avaliar e tomar decisões para garantir sua saúde e bem-estar.

Nesse sentido, a biotecnologia traz consigo as questões éticas de manipulação biológica empregada nas técnicas de fertilização em vitro, clonagem, células-tronco, medicamentos e tratamentos médicos. Em muitos casos a biotecnologia utiliza testes em animais silvestres e domésticos para a aprovação de novos fármacos encontrando subsídio para debatê-las com os

estudantes para a construção de cidadãos éticos e responsáveis no enfrentamento de problemas sociais. De acordo com Santos e Mortimer (2001, p. 97),

[...] a tomada de decisão pública pelos cidadãos em uma democracia requer: uma atitude cuidadosa; habilidades de obtenção e uso de conhecimentos relevantes; consciência e compromisso com valores; e a capacidade de transformar atitudes, habilidades e valores em ação. Todos esses passos podem ser encorajados se uma perspectiva de tomada de decisão for incorporada ao processo educacional.

A abordagem temática da biotecnologia no enfoque CTSA pode incluir, por exemplo, o uso de medicamentos integrado com consumo contínuo de fármacos pelos estudantes, considerando que eles possam discutir e aprender sobre os avanços da ciência na produção de novos medicamentos como também seus possíveis danos sociais pela automedicação, intoxicação e lesões fisiológicas à saúde. Desse modo, um olhar mais criterioso para a ciência pode levar em conta as relações tecnológicas e sociais essenciais para desenvolver a consciência crítica e a tomada de decisão responsável pelos cidadãos.

Concomitantemente, Freire (2007), propõe o desenvolvimento de três fases para a formação cidadã: a consciência semi-intransitiva, a qual passa para a consciência ingênuo-transitiva e a consciência transitivo-crítica, respectivamente:

- Consciência semintransitiva: compreendida como imparcialidade cidadã para a realidade, ou seja, o sujeito não percebe a totalidade dos acontecimentos presenciados.
- Consciência ingênuo-transitiva: nela o sujeito consegue perceber situações conflitantes do cotidiano, mas não sabe como corrigir seus próprios acontecimentos.
- Consciência transitivo-crítica: o sujeito obtém conhecimento aprofundado e crítico, o qual se deixa perceber como cidadão, com sua cultura, história, questões políticas e cidadãs.

O desenvolvimento da consciência crítica pode trazer para os sujeitos as preocupações entre a cidadania e o conhecimento científico que continuamente

partem de decisões políticas e econômicas que afetam a vida em sociedade. Assim, o ensino e a aprendizagem em ciência possibilitam um repensar a ciência para a construção de cidadãos dotados de valores participativos e críticos. De acordo com Reis (2016), a construção do sujeito em uma democracia requer atividades educacionais alicerçadas em conhecimentos práticos em CTSA.

Deste modo a educação crítica possibilita uma reavaliação dos produtos tecnológicos da ciência a partir da relação com situações do cotidiano do estudante para que o mesmo possa tomar consciência e praticar ações em busca de uma vida social mais justa e igualitária. Segundo Auler (2002, p.2), uma educação crítica

[...] pode propiciar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, cuja dinâmica está crescentemente relacionada ao desenvolvimento científico- tecnológico, potencializando para uma ação no sentido de sua transformação para a constituição de uma sociedade mais democrática.

A consciência crítica, a tomada de decisão e a formação cidadã apresentam comumente a visão humanista da educação que podem conduzir às ações sociais e às políticas transformadoras. Não se trata de reduzir ou aumentar conteúdo para o ensino de ciências, mas de abordar temáticas que podem permitir uma nova visão no estudante, que passa a analisar a ciência e a tecnologia propostas para garantir o bem-estar social (SANTOS, 2008). No próximo tópico, são apresentados os objetivos de justiça e ativismo social da educação CTSA, os quais podem contribuir para a formação crítica dos sujeitos em favor da preservação do meio ambiente.

1.2.2 Educação CTSA, Princípios de Justiça e Ativismo Social

Os princípios de justiça e de ativismo social fazem parte de uma sensibilização ativa e responsável relacionada às políticas públicas de inovação científica e tecnológica, as quais podem gerar riscos à sociedade e ao meio ambiente (PALÁCIOS et al., 2003).

Nesse sentido, o enfoque CTSA fundamenta-se em um caráter representativo, igualitário e de justiça desenvolvidos a partir da participação dos sujeitos sobre os problemas presentes em seu contexto atual. Por sua vez, não se trata de fornecer uma fórmula determinada de julgamento sobre a ciência e a tecnologia, mas de apontar os critérios negativos do juízo, permitindo a cada indivíduo determinar o que é inaceitável na sociedade e passível de mudança (SANTOS; MORTIMER, 2001). Ao considerar a resolução de um problema que se insere no cotidiano dos cidadãos, este pode ser discutido no ambiente escolar envolvendo controvérsias científicas e tecnológicas, sendo analisadas quanto aos seus benefícios e prejuízos sobre a sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2001).

A educação com enfoque CTSA pode promover o desenvolvimento de competências morais, sociais, éticas e de justiça social nos alunos a partir da possibilidade de discutir os problemas atuais da ciência e da sobre a sociedade e o meio ambiente. Nesse sentido, o ensino de ciências preza por uma compreensão mais crítica dos indivíduos em relação às dimensões democráticas das políticas públicas voltadas à Ciência e à tecnologia (REIS, 2013).

Sendo assim, os avanços da ciência têm tornado a população dependente dos produtos tecnológicos, a exemplo do consumo de alimentos transgênicos, dos agrotóxicos e da produção de medicamentos, os quais podem colocar em risco a saúde humana e propiciar desequilíbrio no meio ambiente. No entanto, os avanços científicos nas áreas da genética e da biotecnologia desencadearam novos tratamentos médicos para a cura de doenças crônicas, paliativas e hereditárias, bem como o uso de vacinas, fármacos e as terapias com células-tronco, voltadas ao recobro dos sistemas neurológico e imunológico dos pacientes (REIS, 2004).

Quando esses problemas são discutidos em sala de aula, os estudantes têm a oportunidade de opinar e participar ativamente frente às questões de saúde humana e de proteção ambiental decorrentes da introdução dessas novas tecnologias, podendo integrá-las criticamente para construir a formação de valores e atitudes democráticas (REIS, 2013).

Dessa forma, ao se introduzir as relações da biotecnologia no ensino de ciências, é possível desenvolver nos estudantes conhecimentos mais ativos, no sentido de buscar alternativas na ciência e na tecnologia, a partir de uma visão relacionada à justiça e ao bem-estar social. Por sua vez, os impactos atuais do conhecimento científico e tecnológico devem ser discutidos com os alunos, de modo a desenvolver neles uma compreensão crítica e reflexiva sobre tal conhecimento (PINHEIRO, 2005). O enfoque CTSA visa construir atitudes e posturas mais justas e ativas, as quais poderão ajudar os alunos a crescerem e a desenvolverem-se de modo mais responsável com a sociedade e o meio ambiente (PINHEIRO, 2005).

Para Santos (2008), a educação CTSA parte de um processo de conquista que pode ser desenvolvido pelo próprio sujeito, além disso, a participação dos estudantes na sociedade precisa ser estimulada já na escola, a partir da construção de valores críticos e éticos na sociedade. A esse respeito, a Biotecnologia pode incluir ao ensino de ciência uma maneira mais comprometida com a formação de sujeitos mais participativos no enfrentamento de questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais atuais.

Na próxima seção, apresenta-se a abordagem das questões sociocientíficas do enfoque CTSA, bem como suas relações controversas atribuídas aos aparatos tecnológicos da Ciência sobre a sociedade.

1.3. ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS

As questões sociocientíficas são problemáticas baseadas na ciência e na tecnologia, as quais possuem grande impacto sobre a sociedade e o meio ambiente. Nesse sentido as questões sociocientíficas fundamentam-se nas práticas educativas CTSA como um fio condutor da formação dos estudantes e sua atuação na sociedade, além disso, são respaldadas por uma perspectiva educacional crítica, com a finalidade de desenvolver a tomada de decisão e a justiça social (RATCLIFFE; GRACE, 2003). Essas questões visam desenvolver nos estudantes vieses argumentativos e jurídicos sobre as suscetíveis

intempéries da ciência e da tecnologia, bem como suas controvérsias econômicas, políticas, éticas, morais e sociais, contextualizadas no ambiente escolar.

Para Reis (2004), as questões sociocientíficas podem ser definidas como práticas promotoras de atitudes associadas à cidadania ativa a partir da “abordagem crítica” relacionada ao uso indiscriminado da ciência e da tecnologia. Parte-se, portanto, do pressuposto de que os infortúnios sociais e científicos podem ser discutidos com os alunos, desenvolvendo opiniões críticas e responsáveis nos cidadãos (REIS, 2004).

As abordagens de questões sociocientíficas permitem a interação de questões provenientes da ciência, tecnologia e sociedade, podendo promover, nos cidadãos, diferentes atitudes de acordo com suas crenças, dimensões morais e éticas (REIS, 2013). Constantemente, a população se depara com conhecimentos científicos dotados por “atributos” tecnológicos que, por exemplo, prometem garantir a saúde e prolongar a vida. No entanto, quando os sujeitos passam a analisar criticamente para as implicações da ciência, é possível perceber suas opiniões éticas em relação à manipulação da vida animal para produzir novos tratamentos médicos e farmacêuticos. Questões como esta podem revelar implicações maiores e mais complexas que vão além da realidade apresentada pela ciência, e que, portanto, precisam ser reavaliadas para revelar suas reais implicações para a sociedade.

As discussões de temas controversos no ensino de ciências ocupam um importante papel na educação CTSA “devido ao seu potencial para a construção de uma imagem mais real e humana da ciência e para promover competências eficazes a uma cidadania consciente, ativa e responsável” (REIS, 2013, p.1). Os estudos em questões CTSA apresentam a interação entre ciência e tecnologia como elementos essenciais para promover a participação dos cidadãos nas políticas públicas em defesa da vida humana. Ao mesmo tempo, Reis (2004), apresenta algumas potencialidades curriculares para a educação baseada nas questões sociocientíficas, entre elas: 1) Compreensão da ciência incluindo seus processos e implicações naturais; 2) Compreensão do que é ciência e de como é produzida; 3) Desenvolvimento cognitivo, social, político, moral, ético dos

alunos e 4) Competências essenciais para uma cidadania ativa e responsável relativamente às controvérsias sociocientíficas.

Para Reis (2004), as controvérsias sociocientíficas estão presentes em nossa sociedade, e desse modo, os cidadãos necessitam do conhecimento crítico para decidir e atuar sobre questões que incluem os direitos sociais, as políticas públicas, os interesses econômicos e a saúde humana. Dessa forma, o bem-estar da sociedade e do meio ambiente está continuamente ameaçado por ações humanas desmedidas e inconsequentes, baseadas no proveito de novos negócios e soluções rápidas para as crises econômicas da ciência e da tecnologia. Parte-se, portanto, para a formação de alunos críticos e construtores do conhecimento, com ênfase ao debate, à troca de ideias que os motivam a questionar e buscar soluções para os problemas sociais de cunho científico. A implementação da discussão de questões sociocientíficas no contexto escolar pode incluir ações sócio-políticas que permitem aos sujeitos identificar os problemas sociais e assim propor soluções para resolvê-los democraticamente.

As controvérsias sociocientíficas podem envolver o impacto das decisões entre ciência e tecnologia para com as realidades sociais e ambientais, considerando o interesse dos estudantes em conhecer sobre a ciência e seu contexto social que podem promover o comprometimento moral e ético na sociedade. Conforme Zeidler (2005, p. 361), a abordagem CTSA pode estar conectada à realidade pessoal do aluno, além de incluir questões científicas e culturais atuais, “promovendo uma leitura mais crítica do mundo”. O enfoque de questões sociocientíficas pode aprimorar habilidades individuais e de raciocínio moral nos estudantes, pois,

[...] se esperamos estimular e desenvolver habilidades de raciocínio moral dos alunos, então temos que proporcionar aos alunos oportunidades variadas para ganhar e aprimorar essas habilidades. O presente argumento defende o pressuposto de que o uso de questões controvérsias sociais da ciência fundamentam-se na consideração de opiniões individuais e de grupos para fornecer um ambiente de conhecimento da ciência e ao mesmo tempo desenvolver o pensamento crítico e ativo nos estudantes (ZEIDLER et al., 2003, p. 83, tradução nossa).

A partir dessa perspectiva, as questões sociocientíficas se apresentam em questões reais da ciência por meio dos conhecimentos interdisciplinares,

históricos, filosóficos, sociológicos e psicológicos promovendo a construção de uma sociedade mais consciente dos empreendimentos científicos e tecnológicos (REIS, 2004).

Na próxima seção, aborda-se as questões socioambientais da educação CTSA, especificamente, no que diz respeito aos reflexos dos tratamentos biotecnológicos e farmacêuticos sobre a saúde humana e o desequilíbrio do meio hídrico.

1.4. ABORDAGEM DE QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS

A abordagem de questões socioambientais tem a finalidade de relacionar a natureza e os seres humanos, numa constante interação entre eles. Nesse sentido, cada indivíduo passa a ser integrante do meio ambiente, e como tal, torna-se responsável e capaz de transformar o contexto onde vive (SANTANA, 2008). As questões socioambientais são essenciais para contemplar as intempéries ambientais de uma maneira mais ampla, contudo, elas abarcam ainda as complexas relações entre o ser humano, a ciência, tecnologia e o meio ambiente entre si. Além disso, elas permitem incorporar a poluição e/ou a contaminação ambiental nos debates sociais visando, desse modo, analisar os reflexos da ação humana sobre os seres vivos e as possíveis alternativas para o recobro do meio ambiente.

Corroborando com isso Leff (2001), avigora que as questões socioambientais são constituídas por processos de exploração desregrada da natureza, levando à degradação, perda da diversidade biológica e alterações genéticas, as quais podem refletir na qualidade de vida social e na destruição do meio ambiente. Cabe ressaltar, portanto, que as questões socioambientais discutidas nesse capítulo consideram o meio ambiente e a sociedade como um campo mútuo de discussões sobre a biotecnologia, pois ela está diretamente conectada aos conflitos de nutrição, vitalidade, cura de doenças e combate aos patógenos humanos.

Por sua vez, ao longo da história, a biotecnologia desenvolveu diferentes produtos com a promessa de promover assistência social e farmacêutica. Devido

ao contínuo desenvolvimento científico, surgiram novas tecnologias empregadas em diversos ramos e atividades presentes na sociedade, como, por exemplo, na produção de organismos transgênicos introduzidos em tratamentos médicos e farmacêuticos (MALAJOVICH, 2016).

Posteriormente, a aliança entre a biotecnologia e a indústria farmacêutica se fortalecem, na sociedade, gerando fármacos mais eficientes para o tratamento de doenças hereditárias, crônicas ou agudas. Por outro lado, esses medicamentos foram alvo de críticas proferidas por grupos de médicos, farmacêuticos, químicos e ambientalistas, com o objetivo de conscientizar à população sobre os riscos associados do seu descarte incorreto junto ao esgoto doméstico (BILA; DEZOTTI, 2003; LOPES; ROSSO, 2010; LOPES et al., 2010; MEDEIROS et al., 2014).

Nesse sentido, esse problema socioambiental pode ser atribuído à grande parte da população que possui “hábito de consumir as mais diversas formas de medicamentos, os quais com o tempo podem cair em desuso ou vencer, sendo descartados comumente em lavabos, vasos sanitários ou junto ao lixo doméstico, constituindo um risco emergente ao meio ambiente”(SISINNO; FILHO, 2013). Esse problema pode ser chamado de “ecotoxicologia farmacológica”, atribuída aos efeitos adversos das substâncias químicas e das embalagens de produtos médicos sobre um ecossistema (SISINNO; FILHO, 2013).

Segundo Bila e Dezotti (2003), grande parte dessas toxinas são introduzidas por medicamentos hormonais e antibióticos que podem causar problemas como, por exemplo, aumento reprodutivo de bactérias patogênicas aos seres humanos, bem como afetar os peixes, moluscos e répteis, podendo causar o surgimento de anomalias, infertilidade e extinção de espécies endêmicas. Até pouco tempo esse problema era focado quase que de maneira exclusiva para os grandes geradores desses resíduos, como as indústrias, hospitais e farmácias, porém, tem crescido a quantidade de resíduos farmacológicos despejados pela população nos corpos d’água, além da falta de tratamento adequado e a ineficiência de programas de recolhimento nas drogarias (MEDEIROS et al., 2014). Portanto, a conscientização dos cidadãos é essencial para ajudar a resolver esse problema ambiental. Do mesmo modo, a

questão dos fármacos pode ser atribuída ao contexto educacional que pode contribuir para a formação de cidadãos éticos, críticos e responsáveis com a preservação do meio ambiente.

As discussões de questões sociais e ambientais visam pela transformação dos sujeitos a partir do ensino de ciências crítico e reflexivo sobre as novas tecnologias (como os medicamentos) e suas políticas públicas que visam a resolução de problemas sociais, mas que podem desprezar os danos ao meio ambiente. Segundo Guimarães (2004), a abordagem de questões socioambientais presentes na sociedade é capaz de integrar os estudantes a partir de princípios como:

- a) transportar a ação educativa para o exercício da cidadania mediante aos princípios de justiça social e a ética;
- b) conduzir a ação educativa de modo que possa estimular a discussão de problemas científicos e tecnológicos;
- c) relacionar os processos educativos com práticas sociais, econômicas e políticas propondo estratégias de proteção ambiental.

Conforme Pedretti (2003), as questões socioambientais podem incorporar ao currículo de ciências CTSA momentos de debates e aprendizado sobre os problemas ambientais encontrados pelos alunos, com o intuito de prepará-los para exercerem atitudes conscientes e responsáveis na comunidade.

Para Reis (2016, p. 314), a compreensão da realidade contextual dos produtos tecnológicos da ciência pode promover investigações e discussões entre os indivíduos de modo a suscitar os problemas sociais, pessoais e ambientais. Deste modo a abordagem socioambiental no ensino de ciências pode possibilitar o envolvimento dos alunos na análise e discussão de problemas sociais que permitem desenvolver, simultaneamente, “a capacidade de raciocínio lógico e moral das múltiplas interações deste empreendimento capitalista com a conservação do meio ambiente”. Conjuntamente, apresenta a

educação em ciências vinculada às questões científicas, sociais, ambientais e políticas para promover a participação dos estudantes na democracia, incluindo dois objetivos:

- a) O desenvolvimento das competências morais e sociais dos alunos, nomeadamente, a capacidade de discorrer acerca de questões éticas e morais;
- b) A preparação dos estudantes para uma intervenção competente e responsável entre a sociedade e o meio ambiente.

Desse modo, os diversos autores citados anteriormente apresentam as questões socioambientais por meio da tríade entre a sociedade, capitalismo e o meio ambiente, como possibilidades de trocas de ideias entre alunos e professores de ciências para refletirem juntos sobre a realidade em que vivem. A educação CTSA visa pela participação dos alunos nas políticas públicas de modo a gerar mudanças de consciência e atitudes em relação à proteção dos recursos naturais. Para Carvalho (2001, p. 48), as questões socioambientais têm o objetivo de “envolver as transformações sociais juntamente com o sujeito que aprende e incide sobre a sua identidade e postura crítica diante das decisões socioambientais”.

Ao mesmo tempo, a abordagem socioambiental na educação CTSA pode promover participação dos estudantes no enfrentamento de problemas socioambientais, buscando a formação de sujeitos mais críticos e ativos nas políticas públicas em defesa da comunidade e do meio ambiente. “Este aprender sobre o ambiente se dá por meio de debates e troca de ideias, as quais permitem uma transformação no sujeito e da realidade em que vive” (LEFF, 2009, p. 20).

Na próxima seção, discorre-se sobre a indústria farmacêutica a partir da intrínseca relação entre a sociedade e o meio ambiente, devido à produção contínua de medicamentos que tornaram a população propícia a sua administração para a prevenção, tratamento ou a cura das enfermidades humanas.

1.5. RELAÇÕES CTSA PRESENTES NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Desde seu princípio, a assistência farmacêutica esteve enraizada por práticas curandeiras e dos boticários, amparadas por ervas medicinais que poderiam restaurar a saúde da população. Em 1832, surgiu a primeira farmácia brasileira, com o intuito de disputar controle comercial com as antigas boticas a partir da comercialização de produtos modernos e eficientes contra doenças graves cancerígenas, hereditárias, genéticas e até então mortais no país. Por outro lado, a produção artesanal de medicamentos foi gradualmente reduzida, dando espaço à fabricação industrial em grande escala a partir de produtos químicos e biológicos. No entanto, a produção farmacêutica trouxe consigo as características de aprovação científica visando o aumento nas vendas e a confiança do consumidor pela sua eficácia (ANGONESI; SEVALHO, 2010).

Segundo Pereira e Freitas (2008), a produção farmacêutica até meados de 1920 detinha a ênfase na venda de antibióticos e vacinas para a prevenção popular. Em meados de 1988, surgiram dois programas federais, sendo eles a “Política de Medicamentos” e a “Assistência Farmacêutica”, aplicadas em unidades de saúde públicas e drogarias. Até o final da década de 1990, o mercado nacional era abastecido por meio de parceria com empresas líderes na indústria mundial, com suas respectivas marcas originais e de venda autorizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), ou ainda, medicamentos chamados “similares”, dotados com os mesmos compostos ativos do original, porém, sendo comercializado por empresas de porte médio ou pequeno. Em 1999, a partir da Lei nº.9.787 a ANVISA instituiu no Brasil a fabricação dos produtos “genéricos” dotados dos mesmos princípios químicos do original, todavia, com a embalagem diferenciada e preços mais acessíveis para a população (QUENTAL et al., 2008).

Atualmente, os preços dos fármacos no Brasil seguem as taxas de inflações em esfera federal, sejam eles de referência, similar ou genérico, além disso, cerca de 95% desses medicamentos possuem venda livre de prescrições

médicas nas drogarias. Em contrapartida há indícios de prescrições médicas ou farmacêuticas equivocadas, as quais podem ainda desencadear problemas de saúde como as intoxicações ou alergias por ingestão excessiva de medicamentos (PEREIRA; FREITAS, 2008).

Concomitantemente, a indústria farmacêutica mundial passou a investir recursos financeiros nos meios televisivos, que, por sua vez, passaram a transmitir diariamente anúncios em propagandas, *outdoors* e programas de auditório, visando a confiança de novos consumidores à compra de determinados produtos. Ao mesmo tempo, as chamadas “amostras grátis,” foram inseridas nos consultórios médicos por meio de parcerias com representantes de grandes redes farmacêuticas, com o objetivo de oferecer a oportunidade de testes para médicos e pacientes. Por outro lado, essa prática, muitas vezes, pode encobrir atitudes antiéticas entre eles, visando apenas aumentar sua venda sem a real preocupação com a saúde do paciente, além disso, existem dúvidas em relação à comprovação científica de tais produtos por obrigar o paciente a adquirir novas doses e até mesmo se automedicar³ para completar o tratamento (SISMONDO, 2009).

Em relação ao aspecto científico, a indústria farmacêutica trouxe várias opções de tratamentos medicamentosos contra as enfermidades crônicas e corriqueiras, ingeridos de forma líquida, comprimidos, sublinguais ou em vacinas. No entanto, surgiram com ela problemas sociais, como a prática da automedicação atribuída à resolução imediata dos problemas de saúde, além do incentivo das prescrições médicas e das propagandas vinculadas aos medicamentos. Aliás, de acordo com a ANVISA (2007), a prática da automedicação pode ser associada ao uso indiscriminado de medicamentos, os quais podem agravar um sintoma existente ou até desencadear outros problemas de maior gravidade à saúde.

De acordo com Palodeto e Fischer (2018), o uso racional de fármacos prevê a medicação responsável, condicionada à orientação dos cidadãos sobre

³ A automedicação pode ser definida como a venda e/ou a ingestão de um determinado produto farmacológico, com ou sem a devida orientação médica e farmacêutica (CASTRO, 2000).

os processos de pesquisa, produção, venda, efeitos colaterais e de descarte dos resíduos farmacológicos no meio ambiente. A medicação responsável permite ainda que as consequências biológicas, sociais e ambientais sejam incluídas no contexto educacional por meio de debates, rodas de conversa, seminários e atividades descritivas, podendo gerar autocrítica e a formação de decisões consciente na sociedade.

A ingestão racional de medicamentos pode ser incorporada ao ensino CTSA, o qual preza por momentos de debates com os alunos sobre os riscos adversos da automedicação, intoxicação e a dependência medicamentosa no corpo humano. Do mesmo modo, as relações CTSA e a indústria farmacêutica podem ser discutidas nas aulas de ciências, visando desenvolver nos estudantes uma formação mais crítica, ética e responsável sobre uso de fármacos na sociedade.

Posteriormente, o segundo capítulo trata sobre a abordagem da biotecnologia, seu desenvolvimento científico e tecnológico voltado à saúde humana e ao meio ambiente. Ainda se discorre sobre a produção de medicamentos sintéticos e biológicos fabricados pela indústria farmacêutica, bem como as implicações éticas, morais, políticas, econômicas e ambientais.

2. ASPECTOS GERAIS DA BIOTECNOLOGIA

Esse capítulo contempla, inicialmente, a perspectiva histórica da biotecnologia, a partir da introdução fúngica e bacteriológica para a produção alimentícia, de bebidas lácteas e fermentadas. Nesse sentido, as inovações científicas agregaram diferentes tecnologias de manipulação biológica voltadas à conservação, à reprodução e a comercialização de produtos alimentícios em larga escala para o consumo humano.

A segunda parte desse capítulo, apresenta sobre o desenvolvimento da Biotecnologia empregada no setor de melhoramento genético de leguminosas e grãos. A partir do emprego de plantas transgênicas no setor agrícola de milho, soja, algodão e café, por exemplo, que pudessem gerar produtos mais resistentes às pragas e, ao mesmo tempo, melhorar sua qualidade para o consumo. Por outro lado, surgiram controvérsias em relação aos possíveis impactos decorrentes desses novos produtos, visto que, passaram a dominar o comércio alimentício sem os devidos contrapontos atribuídos sobre os danos à saúde humana e o meio ambiente.

A terceira parte, discute a biotecnologia no que tange às inovações tecnológicas vinculadas à manipulação de células eucariontes e procariontes em busca de tratamento para as doenças humanas. Esses tratamentos utilizam as técnicas de introdução do ácido desoxirribonucleico (DNA) na clonagem, na terapia gênica e nas terapias celulares, todavia, muitas vezes eles são dotados de polêmicas entre a visão da comunidade científica, a necessidade de cura e a ética popular.

Finalmente, a última parte desse capítulo apresenta a questão histórica dos medicamentos sintéticos e dos biofármacos, associados ao seu aspecto de fisiológico sobre as enfermidades humanas e o crescimento econômico nas patentes da indústria farmacêutica e da Biotecnologia. Também, propõem-se tratar de maneira crítica sobre a biotecnologia na esfera da racionalidade econômica voltada para a resolução dos problemas ambientais e sociais.

2.1 HISTÓRICO DA BIOTECNOLOGIA

Há séculos a humanidade pratica a biotecnologia com a utilização de microrganismos, principalmente bactérias, fungos e vírus para a obtenção de produtos de interesse humano. Nesse sentido, atribui-se o surgimento da biotecnologia há pelo menos 3.000 anos a.C., associada ao objetivo humano em conhecer o que mais tarde se dominaria por propriedades fúngicas e bactericidas contidas em alimentos, laticínios e bebidas fermentadas.

Concomitantemente, a biotecnologia pode ser entendida como um processo de manipulação biológica e enzimática com a finalidade de encontrar, minimizar ou resolver problemas humanos (MALAJOVICH, 2016). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1996), ela é compreendida a partir da união de técnicas que utilizam organismos vivos, ou parte deles, empregados para reproduzir geneticamente plantas leguminosas, com finalidades específicas.

Segundo Lopes e Rosso (2010), a biotecnologia pode ser definida como um conjunto de técnicas que permitem ao ser humano utilizar organismos vivos para obter produtos de seu interesse. Para Malajovich (2016), essa ciência pode ser definida como uma atividade envolvida em conhecimentos multidisciplinares, que manipula agentes microbiológicos diversos para resolver os problemas humanos.

Em meados de 1665, a biotecnologia passou a ser empregada no estudo das moléculas celulares, a princípio com a pesquisa científica do inglês Robert Hooke. Com o auxílio de um microscópio, ele descreveu pequenas cavidades intercelulares chamadas então de célula. No ano de 1858, o médico alemão Rudolf Virchow, em seu estudo sobre as células, afirmou que todas elas provêm de outras, devido a sua capacidade de reprodução e ainda, que as doenças são consequências de deformações celulares (GEWANDSZNAJDER; LINHARES, 2012).

Posteriormente, as pesquisas científicas passaram a compor as teorias da herança genética defendidas principalmente por Francis Galton, em 1871, a

partir da hipótese de que os genes são responsáveis pela hereditariedade. De outro modo, Galton realizou sua investigação pela transfusão de sangue de coelhos e cães *Basset-hounds* com pelagens diferentes, de modo a comprovar a dominância hereditária de consanguíneos. Adiante, em 1900, na Áustria, deu-se prosseguimento aos experimentos genéticos por Gregor Mendel quando tratou do cruzamento de ervilhas cultivadas em seu jardim. Seu estudo científico provou que a transmissão das características hereditárias era feita por meio de fatores contidos nos gametas vegetais dos descendentes dominantes ou recessivos (LOPES; ROSSO, 2010).

No século XX, o material genético estudado por Friedrich Miescher revelou a natureza química dos ácidos nucleicos compostos pelo DNA e o RNA. Em 1953, a estrutura do DNA foi descrita por James Watson e Francis Crick, (na Universidade de Cambridge, Inglaterra) em forma de uma dupla hélice composta por açúcar desoxirribose, fosfato e uma base nitrogenada. Nessa época, o estudo da molécula de DNA incentivou outros geneticistas, a exemplo do médico inglês Archibald Garrod, a estudar alterações cromossômicas presentes no DNA, responsáveis por desencadear doenças e anomalias hereditárias entre os genes humanos (LOPES; ROSSO, 2010).

No século XXI, a biotecnologia agregou à manipulação celular, as técnicas de reprodução assistida voltadas à produção industrial de grandes áreas, a saber: alimentícia, agrícola, medicinal, terapêutica e farmacêutica (BORÉM, 2005). Por um lado, a biotecnologia tem transmitido à sociedade uma imagem de ciência exclusivamente voltada à saúde e vitalidade humana, mas por outro, as reais intensões das grandes subáreas da biotecnologia podem ser atribuídas ao domínio social para a expansão econômica, política e industrial, com possibilidades de trazer danos ao meio ambiente e saúde humana.

Na próxima seção, apresentam-se as principais técnicas biológicas empregadas na produção alimentícia, especificamente relacionados à conservação de produtos como pães, óleos, bebidas fermentadas, laticínios, entre outros.

2.1. BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA

O emprego de técnicas para obter enzimas alimentícias surgiu por volta de 3.000 a.C., a partir da produção, especificamente, do leite que era realizada dentro do estômago de bovinos, caprinos e ovinos. Desse modo, as bactérias presentes nesses animais infectavam esse líquido, provocando a fermentação e a formação do ácido láctico. O processo de formação do ácido láctico ocorria pela precipitação de proteínas (pepsina e ficina) pela ação bacteriana (das espécies *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*), formando o soro usado para a fabricação de iogurtes e queijos. Além disso, essas bactérias foram posteriormente empregadas na produção e consumo dos chamados probióticos (leites fermentados), para a ação preventiva de agentes patogênicos no tubo digestivo (MALAJOVICH, 2016).

Outra técnica ancestral incluía a participação de leveduras, por meio da fermentação alcoólica praticada pelos povos egípcios, assírios e orientais ao menos 3500 anos a.C., para a produção de vinho, cervejas e molhos à base de soja. Por sua vez, o preparo de pães era praticado pelos povos babilônicos há mais de 2800 anos a.C. (MONTEIRO; SILVA, 2009).

Atualmente, o setor alimentício e de bebidas têm empregado um conjunto de técnicas modernas que envolvem a Microbiologia, a Genética, a Bioquímica, a Biotecnologia e a Engenharia Química, especialmente em alimentos que são extraídos de organismos em processos industriais fermentativos lácticos ou ainda a partir da tecnologia de DNA recombinante em leguminosas (MONTEIRO; SILVA, 2009).

A manipulação do DNA recombinante foi desenvolvida pela tecnologia denominada metagenômica, responsável principalmente pela “extração de DNA de todos os microrganismos existentes em uma comunidade em determinado ambiente para a comercialização industrial” (MONTEIRO; SILVA, 2009, p. 13). A tecnologia do DNA recombinante visa garantir melhores resultados nos processos e nas características físico-química dos produtos, otimizando a

expansão comercial, a redução de custos laboratoriais e a melhoria dos produtos alimentares ao consumidor final (ORLANDELLI; SPECIAN; PAMPHILE, 2012).

Segundo Uenojo e Pastore (2007), a produção enzimática tem se tornado rentável para a indústria alimentícia devido aos baixos custos de produção e a tecnologia de DNA recombinante com a introdução de múltiplas cópias de gene com maior potencial comercial em oleaginosas e leguminosas.

Diferentemente da tecnologia de DNA recombinante, os processos enzimáticos amilase, pectinase, glucanases e hemicelulases são incluídos em dois processos básicos: a fermentação submersa (FS) e a fermentação em estado sólido (FES). A FS possui como característica principal o crescimento dos microrganismos em condições estabilizadas de pH, temperatura e nutrientes solúveis em água. A esse respeito “os meios de cultivo podem incluir as fontes de carbono (como as farinhas amiláceas, licores e cereais), fontes de nitrogênio (gelatinas, soja, e licores de milho) e micronutrientes (farinhas oleaginosas)” (ORLANDELLI; SPECIAN; PAMPHILE, 2012, p. 99). Quanto à FES, a produção ocorre em meio de cultura composta de substratos sólidos, com pouco ou nenhuma presença de água, dependendo, entretanto, de pouca umidade, pH e fluxo de ar. Neste caso, a matriz sólida é fornecida por fontes de carbono como o amido, a celulose e/ou lignocelulose e açúcares, presentes principalmente em forragens, polpas de frutas e beterraba (ORLANDELLI; SPECIAN; PAMPHILE, 2012).

A produção enzimática para a panificação tem sido adotada comercialmente devido à baixa atividade de produção da farinha de trigo. Nesse intuito, a adição da amilase e das proteases nos pães passou a permitir melhor sabor, aroma e o aspecto tostado (ORLANDELLI; SPECIAN; PAMPHILE, 2012).

Uma posterior enzima produzida na indústria alimentícia é a pectinase, proveniente de diferentes combinações entre bactérias e leveduras. A pectinase é diariamente empregada em sucos de frutas, vinhos, extratos de óleos vegetais com o objetivo de proporcionar viscosidade, coloração característica e qualidade aos produtos (UENOJO; PASTORE, 2007).

Na produção de vinhos a pectina é liberada junto às enzimas B-glucanases e a hemicelulases, garantindo melhor maceração da casca, maior quantidade de pigmentos e a durabilidade do vinho. Especificamente no azeite de oliva, as enzimas de pectinases, celulases e hemiceluloses são adicionadas no processo de extração com o intuito de aumentar a quantidade de antioxidantes e de vitamina D para o consumo. Já, na produção de laticínios, é empregada a quimosina para desenvolver o sabor característico e a consistência na manteiga (UENOJO; PASTORE, 2007).

Segundo Gouveia (2005), o setor de alimentos tem desenvolvido modernas tecnologias voltadas ao crescimento econômico e produtivo. Diante disto, investimentos em pesquisas científicas têm criado novos produtos pela “onda dos alimentos saudáveis e de preparo facilitado”. Dentre as principais aliadas do setor estão os aditivos, conservantes e insumos capazes de agregar melhor custo e benefício à produção. As inovações estão contidas em aromas, corantes, enzimas e microrganismos como aditivos, por sua similaridade em conservar, intensificar ou modificar um determinado alimento preservando seu valor nutritivo.

Os aditivos alimentares visam controlar a ação bacteriana da *Clostridium botulinum* e *Escherichia coli* por contaminação durante o processamento e armazenamento da produção, visando maior segurança e a qualidade dos alimentos perecíveis (SILVA, 2002). No entanto, para Aun et al. (2011), os aditivos podem causar reações digestivas adversas pela adição de cloreto de sódio, nitratos, nitritos e o dióxido de enxofre. Estes aditivos empregados sem controle e segurança podem causar dermatites, broncoespasmos, urticárias e intolerâncias alimentares.

Com o objetivo de assegurar a qualidade aos alimentos disponíveis ao consumo humano foram estabelecidas resoluções denominadas “Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle” (APPCC ou HACCP). Especificamente são métodos nacionais e internacionais pautados em princípios técnicos e científicos de prevenção, que têm por intuito garantir a segurança dos processos de produção, manipulação, transporte, distribuição e consumo de alimentos.

Considerando ainda a qualidade dos alimentos junto à saúde pública, Figueiredo e Neto (2001) incluíram restrições quanto à fabricação de alimentos, tais como:

- a) a presença microbiológica de *Salmonella listeria*;
- b) a quantidade excessiva de gordura *trans*, ácidos graxos e adoçantes que podem agravar os problemas cardiovasculares e de sobrepeso;
- c) a presença de pesticidas, metais pesados e resíduos orgânicos persistentes na produção alimentícia;
- d) a presença de aditivos, corantes e conservantes compostos por enzimas ou organismos biológicos.

Concomitantemente, para a garantia da qualidade dos alimentos e a garantia de proteção à saúde dos consumidores, a ANVISA, por meio da resolução nº 275/02, dispôs regulamentações específicas para estabelecimentos quanto à fabricação e à preservação dos produtos destinados ao consumo. Por meio dessa normatização, as indústrias devem garantir a limpeza, desinfecção, higienização, antissepsia e controle de vetores para assegurar a saúde dos trabalhadores e consumidores. Desta maneira, é essencial que a ANVISA faça a fiscalização dos setores de produtos alimentícios e bebidas para garantir segurança da população, bem como evitar possíveis adulterações de produtos perecíveis que possam causar efeitos adversos a saúde (ANVISA, 2002).

2.2. BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DOS TRANSGÊNICOS

A produção agrícola anterior à Segunda Guerra Mundial estava nas mãos de grandes instituições privadas, entre elas, as americanas *Rockefeller* e *Ford*. Ambas buscavam maneiras de expandir seu capital produtivo por meio de novas técnicas de melhoramento de sementes, incentivadas pela Variedade de Alta Produtividade (VAP) empregadas no trigo, arroz e milho. Também houve maior incentivo econômico na expansão do setor agrícola, além das

possibilidades de introdução de agrotóxicos e fertilizantes químicos e maquinário pesado. E entre os anos de 1950 e 1970, as superpotências da época, Estados Unidos e União Soviética, visavam conquistar outras áreas de exploração econômica e, por isso passaram a incluir no cenário geopolítico a chamada Revolução Verde com o forte argumento de resolver o problema da fome no mundo (ANDRADES; GANIMI, 2007).

Segundo Sales (1993), a revolução verde passou a ser defendida principalmente, por países desenvolvidos na Ásia e na América Latina, os quais defendiam um padrão mais moderno para a produção agrícola baseado no uso de sementes de melhor qualidade. Além disso, para Miltre (2011, p. 75), a revolução verde foi capaz de tranquilizar até os mais críticos, pela ilusão de novas tecnologias agrícolas com

[...] potencial de aumentar a produtividade agrícola (através, por exemplo, da criação de plantas mais resistentes a pragas, inseticidas ou herbicidas) e de desenvolver alimentos mais nutritivos representaria uma solução de baixo impacto ambiental para o problema do crescimento da população mundial.

Nesse sentido, os setores agrícolas passaram a empregar a Biotecnologia com o objetivo de expansão capitalista, por meio de plantas e sementes. Aliás, com a introdução de manipulação genética vegetal “a biotecnologia passou a ser conhecida como ‘biotecnologia moderna’”, *devido à contraposição à “biotecnologia tradicional”*, que manipulava os organismos vivos sem o vínculo direto de manipulação genética” (SILVEIRA; BORGES; BUANAIN, 2005, p.102).

Respectivamente, em meados dos anos 1970, o conceito de biossegurança passou a ser associado à manipulação genética visando garantir maior controle na produção de alimentos transgênicos, bem como o objetivo de estabelecer restrições em relação à saúde humana e ao meio ambiente, porém sem eficácia significativa (NODARI; GUERRA, 2003).

Em nosso país, no ano de 1971, foi criada a Embrapa com a finalidade de desenvolver pesquisas científicas para a agropecuária brasileira, por meio do melhoramento da produção, recuperação de solos, a diminuição de pragas e o melhoramento genético de plantas no Brasil (MATOS; PESSÔA, 2011).

Em 1983, as pesquisas sobre o uso dos produtos transgênicos foram desenvolvidas por três grupos de cientistas, abrigados em três instituições acadêmicas, a Universidade de Washington, em Saint Louis (EUA), a Universidade de Gent (Bélgica) e a agrícola multinacional Monsanto voltadas à introdução de DNA em plantas comercialmente atrativas. A soja transgênica dita *Roundup Ready* tinha como característica própria a presença de uma bactéria que a tornava tolerante aos herbicidas e, por outro lado, era capaz de proteger o cultivo contra ervas daninhas (MILTRE, 2011).

Essa técnica transgênica permitiu a adição de genes de uma bactéria em plantas distintas. Por outro lado, ela serviu como alerta contra a inserção de alimentos transgênicos devido aos riscos eminentes de prejuízos à saúde humana e à contaminação do meio ambiente. Para Borém (2005), o cruzamento de agroindústria com os transgênicos tem o intuito de garantir o fluxo gênico das diversidades de espécies leguminosas em riscos de extinção ou ainda justificados por uma variedade de plantas melhoradas para o consumo.

Posteriormente, em meados de 1983, na Califórnia (EUA) foram desenvolvidos os primeiros vegetais transgênicos para fins comerciais. No ano de 1994, o “tomate *FlavSavr*” passou a ser patenteado pela empresa americana *Calgene*, essas pesquisas foram difundidas tanto nos Estados Unidos como na França. Segundo Silveira, Borges e Buanain (2005), as técnicas transgênicas passaram a empregar o DNA recombinante em plantas ou microrganismos para serem introduzidos em outros organismos similares com a finalidade de proporcionar maior eficácia no controle biológico de pragas.

Avesso ao consumo de alimentos transgênicos, em março de 2005 foi aprovada no Brasil a Lei da Biossegurança, a qual teve por finalidade a restrição e fiscalização nos testes científicos com sementes transgênicas voltados à segurança alimentar humana. A aprovação dessa lei trouxe um pouco mais de segurança ao consumidor, mas, de forma dicotômica ou não, ao mesmo tempo, gerou-se maior consumo de alimentos transgênicos no país (GREGO, 2009).

Segundo dados da Embrapa, em 2016, os cultivos transgênicos já percorriam mais de dezenove países produtores da América Latina. Em relação à produção de transgênicos mundial, os Estados Unidos lideram o setor

ocupando 72,9 milhões de hectares para a produção de milho, soja, batata, abóbora, alfafa, beterraba, algodão, canola e mamão papaia. O Brasil possui a segunda maior área transgênica com mais de 49,1 milhões de hectares, empregados para as plantações de algodão, milho e soja. E, em terceiro lugar, encontra-se a Argentina com mais de 23,8 milhões de hectares de cultivo transgênico no mundo (ISAAA, 2017).

Atualmente, a produção agrícola de transgênicos tem causado preocupação na população e em ambientalistas devido aos potenciais riscos que a manipulação genética pode causar à saúde humana e acarretar o desequilíbrio do meio ambiente. Isso se deve pela introdução de novas espécies de vegetais capazes de exterminar plantas nativas, causando graves problemas de desequilíbrio ecológico (MILTRE, 2011). Outro problema associado aos transgênicos está no descomprometimento de entidades públicas e econômicas, as quais defendem o aumento da produção transgênica independente dos riscos associados a doenças na pele, ao câncer, distúrbios neurológicos e gástricos. De acordo com Nodari e Guerra (2003), estudos envolvendo os riscos dos alimentos transgênicos à saúde humana revelaram fortes indícios de reações adversas pelo aumento de problemas alérgicos e de intolerância associados a toxicidade da soja.

Para Borém (2005), os problemas associados aos transgênicos podem incluir respectivamente: a) a perda da biodiversidade devido à extinção de espécies nativas ou ainda pela redução na variabilidade genética natural das espécies; b) a prevalência de espécies exóticas e invasoras mais resistentes a pragas ou doenças devido à sua fácil adaptação em outro habitat; c) o desmatamento e as queimadas para darem lugar à expansão agrícola, principalmente, na floresta amazônica, pantanal mato-grossense, mata atlântica e o cerrado brasileiro.

Andrades e Ganimi (2007) acrescentam que o cultivo de transgênicos pode provocar aumento das áreas desmatadas, o que pode acarretar a proliferação de pragas como é o caso da lagarta da soja, o besouro-bicudo do algodão, o cancro cítrico dos laranjais, das diversas pragas dos cafezais, bem como dos fungos que atacam o trigo e o milho. Esses transgênicos, por sua vez,

podem absorver produtos tóxicos e eliminá-los nos solos e nos corpos d'água, o que resultaria em problemas de saúde humana, bem como a extinção de espécies e o desequilíbrio do meio ambiente.

Como se pode observar, a introdução de transgênicos na agricultura ao longo da história tem dominado a produção nacional e internacional. Além disso, a revolução verde revelou o anseio capitalista pelo domínio da economia agrícola. A introdução de alimentos transgênicos reverteu-se no descontrole das espécies geneticamente modificadas, passíveis de levar à extinção as espécies nativas de plantas. Finalmente, permanece a busca por alternativas concretas de nutrição humana e animal que considerem como objetivo principal a saúde humana e a proteção do meio ambiente.

A próxima seção caracteriza-se pela explanação sobre a Biotecnologia voltada à saúde humana. Especificamente sobre casos históricos de técnicas genéticas como o projeto Genoma Humano que impulsionou os cientistas em busca de novos diagnósticos e/ou tratamentos para patologias crônicas e hereditárias.

2.3. BIOTECNOLOGIA NA SAÚDE HUMANA

A biotecnologia voltada à saúde humana busca desenvolver pesquisas genéticas e moleculares voltadas à prevenção, tratamento e até a cura para as enfermidades. Nesse sentido as doenças são definidas como um desajuste ou falta de mecanismos de adaptação do organismo humano pela ação patogênica de um agente externo (PUTTINI; JUNIOR; OLIVEIRA, 2010). Ainda, além dos fatores resultantes das doenças humanas estão a falta de saneamento básico principalmente nas áreas urbanas, os maus hábitos de higiene, o sedentarismo e a má alimentação. Ainda, além dos fatores resultantes das doenças humanas estão a falta de saneamento básico, principalmente, nas áreas urbanas, os maus hábitos de higiene, o sedentarismo e a má alimentação. Segundo Malajovich (2016), a ameaça de doenças emergentes está relacionada à ação antrópica

que tem levado à destruição de habitats naturais e as alterações climáticas que, por sua vez, deixam a população à mercê da atuação de microrganismos patogênicos.

Deste modo, a biotecnologia busca a solução para os problemas de saúde humana em conjunto com a genética e a citologia, as quais passaram a desenvolver pesquisas científicas relacionadas à área médica. Sendo assim, a biotecnologia passou a envolver as causas dos problemas genéticos, hereditários, congênitos e crônicos decorrentes.

Em 1902, o americano Walter Sutton estudou o fator cromossômico nas divisões celulares compatíveis aos fatores mendelianos. Essa correlação levou-o a propor a teoria cromossômica da herança, segundo a qual os genes estariam no material genético dos descendentes. Em estudos posteriores às pesquisas desenvolvidas sobre o DNA e a hereditariedade permitiram maior compreensão sobre os genes responsáveis por características normais ou patológicas em seres humanos (NARDI; TEIXEIRA; SILVA, 2002).

Em 1973, tiveram início pesquisas na engenharia genética por meio da técnica de DNA recombinante, o que empregou métodos tecnológicos possíveis para cortar e recolar as cadeias genéticas. Por meio dessa técnica foi possível mapear os genes e os cromossomos para os estudos de doenças hereditárias. Além disso, esses conhecimentos ajudaram a obter diagnósticos pré-natais e a terapia gênica (LOPES; ROSSO, 2010).

Posteriormente, em 1975, a terapia genética permitiu o estudo e a produção de fármacos caracterizados pela etiologia gênica de algumas doenças imunológicas de ação bacteriana. De outro modo, Torres (2014) destaca precauções decorrentes da transgenia, pois a introdução de DNA resulta numa integração randômica das construções gênicas do hospedeiro e, por isso, a introdução de um microrganismo geneticamente modificado pode ser incerta devido a sua especificidade desconhecida e proferida pelo hospedeiro humano.

No final do século XX, a terapia genética passou a desenvolver novas técnicas em busca de diagnósticos, tratamentos e prevenção para as doenças. Sendo assim, “os procedimentos médicos envolveram as modificações genéticas

de células como forma de oferecer tratamento para as enfermidades humanas chamadas, portanto, de terapia gênica” (NARDI; TEIXEIRA; SILVA, 2002, p. 109).

Em 1989, um grupo de geneticistas propôs o Projeto Genoma Humano (PGH), por meio de um consórcio público internacional entre vários países, o qual foi desenvolvido nos Estados Unidos pelo *National Center for Human Genome Research* (NHGRI) e pelo *National Institute of Health* com o objetivo de sequenciar cerca de 100 mil genes humanos. A possibilidade de lucro atraiu pesquisadores de vários países interessados no patenteamento de regiões cromossômicas, entre eles os americanos John Craig Venter e Francis Collins (GÓES; OLIVEIRA, 2014).

Esse projeto teve início, oficialmente, no ano de 1990, quando os pesquisadores de vários países receberam verbas públicas para identificar o genoma de diferentes povos, porém não chegou a 40 mil genes codificados, muito inferiores ao proposto anteriormente que era de 150 mil. No entanto, não há dúvidas de que houve um avanço importante em relação ao conhecimento do genoma humano em relação à cura de doenças. Mas, os testes científicos abriram a discussões sobre as questões éticas, sociais e econômicas relacionadas ao PGH, além disso, das incertezas quanto aos reais objetivos das pesquisas genéticas desenvolvida socialmente (GÓES; OLIVEIRA, 2014).

Em 1989, a terapia gênica teve sua primeira paciente humana, Ashanti, uma menina de quatro anos de idade que apresentava uma doença genética e autoimune, causada pela ausência da enzima adenosina desaminasse (ADA) e chamada de síndrome da imunodeficiência combinada severa (SCID-ADA)⁴. A reposição da enzima ADA foi satisfatória no primeiro ano de tratamento. No entanto, no ano seguinte, a paciente desenvolveu um efeito alérgico ao

⁴ “As crianças portadoras dessa da SCID-ADA sofrem pela baixíssima resistência a infecções e, se não forem tratadas adequadamente, podem vir a óbito antes dos seis meses de idade”. Por isso, as pacientes ficaram conhecidas como “crianças bolha”, devido a frequente necessidade de isolamento de objetos contaminados com parasitas. Esse procedimento clínico pode envolver um preparo de células T do sangue da paciente inseridas com o gene ADA, induzidas a partir da reprodução celular. Após o preparo, ele pode ser injetado no paciente, visando à redução da quantidade da enzima e o restabelecimento imunológica da saúde do paciente (LINDEN, 2010, p.32)”.

medicamento. E em consequência disso, foi necessário que os pesquisadores retirarem células T do sangue da menina e, no laboratório, realizassem a introdução do gene da ADA para estimular a proliferação de células de defesa sadias, que depois seriam reintroduzidas no organismo de Ashanti. Feito isto, após o término do tratamento clínico as células linfócitos da criança continuaram expressando o gene terapêutico gerando novas células de defesa, tornando-se o caso mais bem-sucedido de cura realizado pela terapia gênica (LINDEN, 2010).

Depois, em 2004, a revista do campo da biotecnologia intitulada “As modas da ciência”, proposta por André Goffeau, apresentou os projetos de pesquisas científicas relacionadas com as questões éticas à manipulação de informações e a escolha de tema das pesquisas, movidos por financiamentos econômicos. No mesmo ano, o britânico John Sulston laureado com o Nobel de Medicina, publicou, nessa mesma revista o artigo intitulado “Ética e Genética”, no qual apresentou as principais fontes de investigação e os objetivos de retorno financeiro das pesquisas genéticas, além fazer uma dura crítica aos interesses científicos que podem motivar o interesse de novas tecnologias voltadas aos tratamentos genéticos de modo incompatível com a realidade dos países subdesenvolvidos (GÓES; OLIVEIRA, 2014).

Atualmente, o mapeamento dos genes cromossômicos introduzidos pelo PGH tem empregado técnicas muito mais avançadas, como por exemplo a chamada hibridação *in situ*, a qual é produzida numa mesma preparação diferentes sondas, marcadas com corantes fluorescentes de cores variadas, permitindo mapear vários genes ao mesmo tempo, além de permitir a visualização de cromossomos anormais relacionados às síndromes humanas (LOPES; ROSSO, 2010).

Por meio da hibridação *in situ* são permitidos programas de aconselhamento genético, os quais podem detectar os alelos causadores de doenças hereditárias e/ou genéticas como o câncer de mama, a fibrose cística, a esclerose amiotrófica, o Alzheimer, a hemofilia entre outras (LOPES; ROSSO, 2010).

Contudo, o mapeamento genético tem sido empregado nas pesquisas voltadas ao tratamento de problemas celulares, genéticos e na clonagem atrelados às tecnologias de diagnósticos, prevenção e tratamento de doenças hereditárias, os quais propiciaram críticas em relação às questões éticas de cobaias humanas e animais nos testes desses tratamentos, bem como a insegurança pela comprovação eficaz para coibir doenças hereditárias e genéticas.

2.3.1. Clonagem, Terapia Gênica e Terapia Celular

A clonagem pode ser definida como um grupo de moléculas, células ou organismos que surge a partir de uma única célula idêntica à original (ZATZ, 2004). Apesar de a clonagem tornar-se conhecida do grande público somente em 1997, com o caso da ovelha Dolly, essa tecnologia já fora testada desde 1950 em outros organismos (REIS et al., 2011).

Esse exemplo de clonagem gênica, foi o primeiro a ser produzido a partir do material genético de uma célula adulta – uma novidade da época. Especificamente, no caso da ovelha Dolly, fora tirada uma célula da glândula mamária de uma fêmea adulta da raça *Finn dorset* clonada e introduzida em um novo útero com as mesmas características genéticas da fêmea doadora. No entanto, apesar dos esforços dos cientistas, Dolly apresentou sinais de envelhecimento precoce e artrite, sendo sacrificada em 2003 (LOPES; ROSSO, 2010).

Outras tentativas de clonagem gênica foram realizadas em cobaias de camundongos, porcos, gatos e bezerros, nos anos seguintes. Porém, nos casos citados anteriormente ocorrem problemas como: a morte no início do período gestacional, anomalias e doenças semelhantes entre doador e receptor (ZATZ, 2004).

Por outro lado, a terapia gênica passou a empregar diferentes métodos de tratamento com as características celulares ou tecidos-alvo, que se desejam obter. De acordo com Linden (2010), as terapias gênicas são baseadas na modificação ou introdução de genes, realizadas com o auxílio de partes da célula doadora. Além disso, o conhecimento adquirido em laboratório busca validar o potencial terapêutico e os eventuais riscos aos seres humanos, modificando vetores e componentes enzimáticos celulares. A esse respeito, Nardi, Teixeira e Silva (2002), discorrem sobre três métodos empregados por cientistas na transferência de material genético, entre eles:

- a) físico – transferência por meio da introdução mecânica transgênica dentro das células, denominada eletroporação. Nesse sistema a corrente elétrica gerada é capaz de formar poros na parte superior da célula, facilitando a entrada da solução de DNA plasmidial nas células, restaurando-as.
- b) químico – processo no qual a introdução do vetor é facilitada por meio de composto químico de origem proteica, lipídica e amido-proteica, com finalidade fisiológico e imunológica.
- c) biológico – tratamento no qual a introdução dos organismos ocorre de maneira natural devido a capacidade de transferência do material genético, principalmente de bactérias e vírus (adenovírus, retrovírus, vírus adenoassociado e herpes-vírus). Esses organismos são aplicados com receptor com a função de destruir células tumorais.

Segundo Linden (2010), as terapias gênicas têm objetivado o tratamento de doenças como a hemofilia, o câncer e o mal de Parkinson. No entanto, até o momento as terapias gênicas em humanos têm apresentado problemas de natureza ética e de cura definitiva. O interesse de pesquisa dessas doenças consiste em propiciar testes de diagnósticos precoces, ou a venda de medicamentos mais eficientes. Ao mesmo tempo, as questões de segurança são a principal barreira ao avanço da terapia gênica para a saúde pública, especificamente o fato de que os vetores não virais, como os plasmídeos, são pouco eficientes ou possuem aplicação limitada. Apesar de alguns casos de

vetores adenovírus e retrovírus, muito comuns até hoje, estes, entretanto, são capazes de reproduzir-se e causar efeitos adversos graves ao sistema imunológico do paciente.

A terapia celular, diferentemente da terapia gênica, tem o objetivo de empregar células completas para tratar determinadas doenças a partir da capacidade regenerativa contida nas células-tronco, em casos como da leucemia e da paralisia (LINDEN, 2010). Por sua vez, as terapias celulares possuem a característica de serem introduzidas em pacientes que necessitam de regeneração de células ou de tecidos lesados, a partir da participação de células-tronco humanas.

Conforme Largeault (2004), as células-tronco possuem a característica de multiplicar-se de forma idêntica e, ao mesmo tempo, diferenciar-se em células com capacidades específicas. A permissão para o desenvolvimento de pesquisas com células-tronco foi concedida pela Lei Federal nº. 11.105/05, conhecida como Lei Nacional de Biossegurança. Essa lei permitiu e proibiu, ao mesmo tempo, a manipulação de células humanas, produzidas em laboratório para a coleta e introdução de células-tronco nas terapias gênicas.

Nesse sentido, as terapias celulares utilizam as células-tronco que podem ser diferenciadas em embrionárias ou adultas. Especificamente, as células-tronco embrionárias são encontradas em quantidade superior, facilitando sua manipulação e eficiência. Além disso, elas são utilizadas para o tratamento de doenças degenerativas para reparar lesões ósseas, medulares e articulares, por exemplo (LARGEAULT, 2004). Porém, a utilização de células-tronco embrionárias tem se tornado uma questão polêmica devida “ao uso de células-tronco embrionárias retiradas de embriões não utilizados que são descartados por clínicas de fertilização”, acrescenta-se ainda a questão antiética pela comercialização de embriões vivos especificamente em tratamentos médicos sem comprovação científica (ZATZ, 2004, p. 253).

As células-tronco adultas ou também multipotentes possuem capacidade de diferenciação limitada, a partir das características originárias que permanecem mantidas após a implantação celular (REIS et al., 2011). Em

relação às células-tronco adultas, estas são encontradas em tecidos ósseos, hematopoiéticos, e

[...] pesquisas recentes mostraram que células-tronco retiradas da medula de indivíduos com problemas cardíacos foram capazes de reconstituir o músculo do seu coração, o que abre perspectivas fantásticas de tratamento para pessoas com problemas cardíacos. É verdade que nem todas as doenças genéticas poderiam ser tratadas com células-tronco, mas se pensarmos somente nas doenças neuromusculares degenerativas, que afetam uma em cada mil pessoas, estamos falando de quase duzentas mil pessoas (ZATS, 2004, p. 253).

Já as terapias celulares com células-tronco do cordão umbilical e da placenta são defendidas pelos pesquisadores em virtude das vantagens e diversidades possíveis, sendo utilizadas na regeneração de tecidos e órgãos danificados. Também existe a perspectiva dos cientistas em criar um banco de cordão público para atender aos pacientes que precisarem de doadores compatíveis, em casos de traumas ósseos e da leucemia. No entanto, existe uma questão adversa que inclui os riscos de incompatibilidade sanguínea entre doador e receptor, além do que, poderia tornar-se um “mercado de doação e recebimento de células”, passíveis de contradições (ZATS, 2004).

As terapias celulares, terapias gênicas e clonagem apesar de suas questões éticas em relação à manipulação e ao descarte de células humanas, bem como a desconfiança da eficácia comprovada de tais técnicas celulares, têm sido alvo de debates críticos entre a comunidade geneticista e a ética social.

A próxima seção, discorre sobre os primeiros medicamentos biológicos e sintéticos, entre eles, o ácido acetilsalicílico, a penicilina, os anticorpos monoclonais e as vacinas. Incluem-se, também, os avanços oriundos do Programa de Autossuficiência Nacional de Imunológicos, seus principais laboratórios nacionais, bem como a Lei federal nº. 5.991/73 voltada à biossegurança no uso dos medicamentos.

2.4. PERSPECTIVA HISTÓRICA DOS FÁRMACOS E BIOFÁRMACOS

Desde a antiguidade, os chineses, índios e mediterrâneos, entre outros povos, já nutriam o fascínio em dominar o conhecimento sobre as plantas com

finalidades terapêuticas. Ademais, devido às perceptivas de criação de novos medicamentos a indústria farmacêutica e a biotecnologia passaram a desenvolver estudos especializados em substâncias químicas e biológicas destinadas ao tratamento de doenças crônicas e agudas (VIEGAS; BOLZANI; BARREIRO, 2006).

Em 1898, o químico alemão Felix Hoffmann, em pesquisas com o salicilato de sódio, desenvolveu o ácido acetilsalicílico (AAS) com finalidades analgésicas para aliviar os sintomas de doenças como a artrite. A partir de 1899, a empresa alemã Bayer patenteou o AAS, sendo introduzida, portanto, em larga escala industrial como Aspirina, indicada em tratamentos contra inflamações cardiovasculares, o câncer colorretal, diarreias, problemas digestórios, doença de Alzheimer, entre outras finalidades (VIEGAS; BOLZANI; BARREIRO, 2006).

Em 1928, foi descoberta a Penicilina pelo oficial médico e bacteriologista Alexander Fleming, no Hospital *St. Mary's*, em Londres, a partir do estudo da bactéria *Staphylococcus aureus*. Partindo de tal advento, na busca por antibióticos mais eficientes, Fleming utilizou a Penicilina para combater as bactérias do gênero *Staphylococcus*. O resultado foi positivo, de modo que mais tarde a Penicilina passou a ser comercializada para remediar os combatentes feridos durante a Segunda Guerra Mundial. Devido a esse sucesso, a Penicilina passou a angariar recursos financeiros de governos, fabricantes e cientistas para a produção de novos antibióticos, sobre o que se podem denominar Penicilinas, significando o grupo de beta-lactâmicos - empregados no tratamento de infecções como a meningite bacteriana (CALIXTO; CAVALHEIRO, 2012).

Em 1975, o biólogo George Kohler e o bioquímico César Milsteins produziram os primeiros biofármacos compostos por anticorpos monoclonais, a partir da técnica de hibridização celular somática por meio da replicação e clonagem celular em camundongos saudáveis, capazes de adaptar-se em um novo organismo e formar anticorpos contra o câncer (MALOJOVICH, 2012). Essa mesma técnica, em 1921, permitiu o desenvolvimento da formulação de uma droga sintética para repor taxas de glicose sanguínea, conhecida atualmente como Insulina, a qual foi patenteada por órgãos de saúde americanos (GARCIA, 2013). A insulina foi um outro biofármaco patentado, em

1978, pela empresa americana *Genentech* em parceria com a *Eli Lilly Company*. Nesse caso, foi realizada a técnica de produção recombinante por meio da introdução de DNA humano em uma célula de *Escherichia coli* capaz de atuar na produção de insulina em determinado paciente (FERRO, 2010).

Depois disso, a história da biotecnologia e da farmacologia envolveu a produção de vacinas contra a varíola, empregada em mitigar surtos constantes de moléstias decorrentes da falta de saneamento básico e de maus hábitos de higiene, principalmente no Brasil e na Somália. Em meados do século XX, regiões da Europa, Ásia, África e América do Sul tiveram surtos de poliomielite e gripe, o que levou a promover a produção de vacinas como antídotos capazes de reduzir e proteger novos surtos patológicos (GADELHA; AZEVEDO, 2003).

Especificamente no Brasil, em 1985, o Programa de Autossuficiência Nacional de Imunológicos (PASNI) estimulou a modernização de vacinas incorporadas em novas tecnologias empregadas em cinco laboratórios oficiais, a saber: Instituto Butantã (SP), Instituto Vital Brazil (IVB,RJ), Instituto de Tecnologia do Paraná (Tecpar, PR), Fundação Ezequiel Dias (Funed, MG) e Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Biomanguinhos, Fiocruz, RJ), voltados para a produção nacional de vacinas, contra o sarampo, caxumba, rubéola (tríplice viral), febre amarela, influenza, rotavírus, poliomielite, entre outras (MALAJOVICH, 2016). Além da ampliação da produção de vacinas outros medicamentos biológicos e sintéticos tornaram-se disponíveis para grande parte da população devido à instalação de drogarias, farmácias e postos de saúde com assistência farmacêutica (PALÁCIOS; REGO; LINO, 2008).

A Lei federal nº 5.991/73 que dispõe sobre o Controle Sanitário do Comércio de Medicamentos, Insumos Farmacêuticos e correlatos, permitiu a venda de medicamentos inclusive de produto farmacológico profilática, curativa, paliativa ou para fins de diagnóstico (ARAUJO et al., 2010). Nesse sentido, os medicamentos que possuem princípio ativo químico ou biológico utilizados para produção de medicamentos, incluem: os neurológicos, os hormonais, os anti-inflamatórios, anti-infecciosos, os antibióticos, os monoclonais, as vacinas, as heparinas, os hemostáticos, entre outros, os quais são apresentados a seguir.

2.4.1. Mecanismos de Ação Fisiológica dos Medicamentos Sintéticos e Biológicos

Os medicamentos sintéticos podem ser classificados de acordo com suas respectivas finalidades paliativas e são prescritos comumente contra problemas cardíacos, neurológicos, hormonais, inflamações, reações imunológicas, infecciosas e analgésicos, por exemplo. Já os medicamentos biológicos/biofármacos, de base biotecnológica, são obtidos a partir de proteínas produzidas por culturas de células ou organismos completos, extremamente sensíveis à variação de temperatura e durabilidade quando comparados aos medicamentos sintéticos. Para Reis, Pieroni e Souza (2010), os biofármacos são proteínas resultantes da tecnologia de DNA recombinante ou a partir de anticorpos monoclonais. Sendo assim, os biofármacos principais são produzidos principalmente para os tratamentos contra doenças imunológicas, infecciosas, artrite, trombose, hemofilia, esclerose múltipla, diabetes, hormonais, anemia, entre outras.

Os medicamentos sintéticos com finalidades terapêuticas para as doenças cardiovasculares incluem fatores predisponentes entre eles a obesidade, a hipertensão arterial, a dislipidemia, a diabetes, fatores psicossociais e a pré-disposição genética. Conforme Ribeiro, Cotta e Ribeiro (2012), atualmente as doenças cardiovasculares são as maiores causas de mortalidade no mundo, especificamente por provocarem acidentes vasculares, neurológicos, hipertensão arterial, a isquemia e o infarto do miocárdio, motivadas também por causas sociais como a alimentação, o sedentarismo, a obesidade, o tabagismo e o estresse psicoemocional.

Segundo a Associação Brasileira de Cardiologia (ABC), para os casos de doenças cardiovasculares, normalmente, são indicados tratamentos com o uso de: diuréticos, betabloqueadores (redução da pressão arterial), estatinas (contra elevação de enzimas hepáticas), fibratos e niacina (redução de triglicérides), ácido graxos ômega 3, insulina (glicemia), para que o paciente consiga reduzir os riscos de infarto do miocárdio e de acidente vascular cerebral (BRASIL, 2013).

Os medicamentos neurológicos possuem a finalidade de tratar doenças degenerativas ou psicossomáticas, porém seus sintomas têm afetado um número cada vez maior de pessoas. As principais doenças neurológicas incluem o Mal de Alzheimer, o Parkinson, esclerose lateral amiotrófica e isquemia cerebral, as quais são degenerativas aos neurônios e debilitantes ao longo da vida (RIBEIRO; COTTA; RIBEIRO, 2012). Os medicamentos produzidos até o presente momento visam às tentativas de conter os sintomas progressivos dessas doenças, no entanto, sem grandes sucessos. Por outro lado, esses tratamentos podem provocar náuseas, vômitos, arritmia cardíaca, falta de apetite, entre outros efeitos colaterais (BRAVO; NASSIF, 2006).

Os medicamentos prescritos para doenças psicossomáticas estão relacionados, principalmente à depressão, à hiperatividade e ao déficit de atenção. Essas doenças possuem tipicamente períodos longos de tratamento, recaídas e adaptações, portanto, a maioria dos pacientes apresenta dificuldades em suspender o tratamento devido aos riscos de problemas psicológicos de depressão decorrentes. Segundo Coutinho et al. (2003), a depressão pode ser considerada como uma doença psicológica mais comum na população, pois, a cada ano, aumenta o número de deprimidos. Só no Brasil são mais de 10 milhões de pessoas que apresentam sentimentos de apatia, tristeza, perda de motivação, distúrbios do sono e pessimismo.

Os medicamentos hormonais têm finalidade curativa para distúrbios tireoidianos, sexuais, renal e glicêmico do corpo. Essas enfermidades podem acarretar a perda de peso, arritmia, a diabetes, insuficiência renal e cardiopatias de acordo com a gravidade dos sintomas. Além disso, são prescritos métodos de reposição hormonal com a introdução de medicamentos compostos por tiroxina, insulina, estrogênio, progesterona, eritropoietina, anticoagulantes e anti-hipertensores. Nos casos de alterações nos hormônios sexuais, são necessários maiores cuidados com os anticoncepcionais devido às reações adversas potencializadoras do câncer e da trombose em mulheres com casos na família (RANG et al., 2007).

Os medicamentos anti-inflamatórios têm o objetivo de enfrentar a invasão por microrganismos causadores de patologias transmitidas por objetos,

locais contaminados ou pelo contato direto com uma pessoa infectada. Nesses casos, as reações alérgicas ou inflamatórias apresentam sintomas comuns como dores, inchaços e vermelhidão. As reações imunológicas podem ocorrer devido à ação bacteriana, viral e fúngica decorrente, sendo assim, entre os medicamentos mais utilizados contra as reações alérgicas são Histamina, Dimapril, Bradicina e os Glicocorticoides (RANG et al., 2007).

Os medicamentos anti-infecciosos sintéticos incluem principalmente os antigripais, antitérmicos, descongestionantes, antifúngicos e antibióticos. Os medicamentos anti-infecciosos, entre eles a Dipirona, a Penicilina, o AAS, Paracetamol e a Cafeína, são os mais utilizados no combate à febre, dores musculares e indisposição no corpo. Conforme Sergio et al. (1997), a maioria dos medicamentos anti-infecciosos possuem venda livre, mas sua ingestão sem controle pode causar efeitos indesejáveis, bem como o mascaramento de doenças potencializadas por eles.

Os antibióticos, por sua vez, sintetizados, desenvolveram outros produtos como a Eritromicina, Cefalosporina vancomicina, Ampicilina, Meticilin, Cloranfenicol e a Penicilina. No entanto, eles têm a possibilidade de curar as infecções bacterianas diversas como a meningite desde a “Segunda Guerra Mundial”. Segundo Malajovich (2016), o uso indiscriminado de antibióticos em tratamentos medicinais pode ter favorecido a reprodução de linhagens de bactérias mais resistentes que as anteriores, espalhando-se rapidamente causando infecções generalizadas pelo corpo.

Os medicamentos biofármacos são produzidos a partir de agentes biológicos resultantes das pesquisas recentes da biotecnologia. Esses agentes terapêuticos compreendem uma proporção crescente, atualmente cerca de 30% dos novos produtos farmacológicos, registrados anualmente. Os princípios subjacentes ao desenvolvimento e ao teste dos produtos biofármacos apresentam menos problemas toxicológicos que os fármacos sintéticos, porém com mais problemas relacionados à produção, ao controle de qualidade e ao preço do fármaco (RANG et al., 2007).

Os biofármacos são aplicados, geralmente, em terapias empregadas em anticorpos monoclonais e hormônios recombinantes, com as potenciais chances de cura radical de doenças como a fibrose cística ou ainda para a melhora de enfermidades graves, neurodegenerativas e infecciosas (RANG et al., 2007). Em geral os produtos biológicos inseridos nos medicamentos em uso atualmente são classificados como agentes de primeira ou segunda geração. Os biofármacos de primeira geração são produzidos a partir de hormônios humanos ou por proteínas recombinantes empregadas na sequência de aminoácidos idênticos aos produtos naturais. Já os biofármacos de segunda geração são proteínas alteradas que apresentam propriedades terapêuticas diferentes dos naturais. Desse modo, as alterações na estrutura da proteína original podem incluir a durabilidade do efeito terapêutico (REIS; PIERONI; SOUZA, 2010).

Nesse sentido, os primeiros biofármacos originários em meados do século XX foram produzidos por meio da introdução de anticorpos monoclonais provenientes de células de roedores doadores. No entanto, quando inoculada em células humanas, possuíam antígenos capazes de identificar, atacar e impossibilitar o tratamento completo. Devido a isso, os cientistas desenvolveram anticorpos quiméricos, compostos por parte de anticorpos de roedores ligados aos antígenos de linfócitos humanos verdadeiros para reduzir os riscos de rejeição imunológica (REIS et al., 2011).

Os anticorpos monoclonais possuem até o momento aplicações em células cancerosas, infecções, rejeição de órgãos transplantados, reumatoides, asma, anemia, doença de Crohn e rinite alérgica (REIS et al., 2011). Entre os principais anticorpos monoclonais indicados estão: Abciximabe (agregação placentária), Adalimumabe (artrite reumatoide), Etanerce (artrite reumatoide), Infilimabe (Doença de Crohn e artrite reumatoide), Omalizumabe (asma), Trastuzumabe (câncer de mama), os quais são considerados “armas” valiosas na luta contra doenças virais, inflamatórias, neoplasias e autoimunes. No entanto, para Reis et al. (2011), esses medicamentos necessitam de pesquisas mais aprofundadas para reduzir possíveis casos de hemorragias, infecções, febres, ansiedade e a faringite nos pacientes.

Os biofármacos incluem a produção de vacinas para a prevenção de doenças imunológica-infecciosas provocadas por agentes bacterianos e virais. Segundo Tanaka e Amorin (2014), as vacinas são definidas como medicamentos imunológicos compostos por uma ou mais substâncias antigênicas, capazes de gerar imunidade contra as doenças causadas pelo agente hospedeiro.

Contudo, para Malajovich (2016), as vacinas podem ser classificadas em primeira e segunda geração conforme a especificidade do patógeno envolvido. As vacinas de primeira geração/tradicionais podem incluir principalmente as de patógenos vivos atenuados e os patógenos mortos, respectivamente:

- a) Vacinas de patógenos vivos atenuados – são cultivadas em meio físicos, de modo a selecionar os melhores organismos que podem proporcionar uma resposta imune, intensa e duradoura. Essas vacinas são administradas por via oral, em dose única, sendo mantidas refrigeradas e contraindicadas em pessoas imunodeprimidas, como por exemplo, as vacinas contra a febre amarela, a tuberculose, poliomielite, o sarampo, a rubéola e a caxumba;
- b) Vacinas de patógenos mortos – são caracterizadas pela introdução de procedimentos físicos e químicos como coadjuvantes, sendo, portanto, necessárias a administração de várias doses para reforço da imunidade, além de necessitarem de modificações constantes e adaptativas com outros medicamentos como os soros bacterianos patogênicos, ou ainda, atuar contra os bacilos responsáveis pela difteria (*Corynebacterium diphtheriae*), tétano (*Clostridium tetani*), cólera (*Vibrio cholerae*), hepatite A (gênero Picornaviridae), poliomielite (gênero Poliovírus) e raiva (*Rabies vírus*).

As vacinas de segunda geração empregadas na engenharia genética podem produzir antígenos de tipo proteico em microrganismos alterados, os quais são cultivados em um fermentador natural ou artificial. Entre elas são caracterizadas por apresentar duas especificações, as de antígenos e as conjugadas, a saber:

- a) Vacinas de subunidades de antígenos – possuem fragmentos de 20 antígenos celulares, portanto, com menores riscos ao paciente. São utilizadas na prevenção de doenças como as gripes, hepatite B (família *Hepadnaviridae*), coqueluche (*Bordetella pertussis*) e a pneumonia (*Streptococcus pneumoniae*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*). No entanto, o aumento do número de casos graves dessas doenças imunológicas tem ampliado a diversidade dessas vacinas, principalmente nos casos de Gripe Suína (H1N1) e da pneumonia;
- b) Vacinas conjugadas – possuem uma cápsula de polissacarídeos. Deste modo os antígenos estimulam o sistema imune a reagir contra o *Haemophilus influenzae* B e o *Streptococcus pneumoniae* ou pneumococo, bloqueando doenças como a meningite e a pneumonia.

A produção de vacinas tem se intensificado no mercado farmacêutico, as quais são disponibilizadas sem custos nos postos de saúde. No entanto, estudos mais aprofundados são importantes para comprovar a eficácia de tais produtos e evitar efeitos colaterais. Diferentemente das intenções comerciais de prevenção de doenças imunológicas com o uso de vacinas, outros medicamentos são indicados no tratamento de problemas sanguíneos e hormonais.

Já os medicamentos biológicos hormonais são indicados para terapia com insulina de modo a controlar o metabolismo de pessoas com diabetes tipo *Mellitus* ou ainda a partir da insulina exógena considerada mais eficiente. Sendo assim, esses pacientes portadores de diabetes *Mellitus* precisam introduzir doses diárias desse hormônio no tecido subcutâneo para controlar o nível glicêmico no sangue. Todavia, estudos têm mostrado que, no caso dos diabéticos, eles necessitam obter conhecimentos prévios para fazer a autoaplicação correta do medicamento, bem como o cuidado na conservação refrigerada da insulina, no rodízio do local aplicado e na quantidade adequada para cada paciente (STACCIARINE; HAAS; PACE, 2008).

Os medicamentos biológicos indicados para problemas sanguíneos incluem respectivamente anticoagulantes, os anti-trombolíticos e os

hemostáticos. Nesse sentido, esses medicamentos desenvolvidos têm o intuito de auxiliar no tratamento de doenças cardiovasculares, embolia e a trombose inibida por ativadores de plasminogênio tecidual. O tratamento indicado inclui as possibilidades de administração intravenosa de heparina, vitamina K ou AAS para a coagulação sanguínea. No entanto, eles podem trazer efeitos reversos como o risco de hemorragias, úlceras, hipersensibilidade à heparina e seus derivados (BRASIL, 2013).

Para o caso da hemofilia, que pode causar constantes hemorragias em joelhos, cotovelos, tornozelos, hematomas, são empregados tratamentos hemofílicos a partir de duas maneiras: o fracionamento do plasma humano e produtos genéticos recombinantes. Os produtos provenientes do plasma humano (hemoderivados) visam controlar a perda sanguínea por meio da coleta de plasma de doadores para auxiliar na recomposição de plaquetas no paciente. Os concentrados recombinantes celulares são produzidos por glicose de origem humana ou animal purificados e reintroduzidos em hemofílicos. Os efeitos colaterais dos hemostáticos podem incluir a cefaleia, hipertensão, taquicardia e antidiurético de retenção hídrica (BRASIL, 2015).

2.4.2. Aspectos Econômicos dos Medicamentos

A fabricação dos produtos farmacêuticos envolve testes experimentais para a aprovação de um novo composto com destino final humano. O período de desenvolvimento pré-clínico com testes toxicológicos e fisiológicos pode durar muito tempo, em média doze anos, dependendo da necessidade. Em qualquer produto, o custo pode subir rapidamente à medida que o desenvolvimento de uma doença prossegue. Ao final de todos os testes pré-clínicos, o novo fármaco tem que ser patenteado, assumindo o período de exclusividade do fabricante pela produção e venda de um determinado medicamento que pode chegar até vinte anos (RANG et al., 2007).

Após o término do período de patente outras companhias estão livres para fabricar e vender cópias deste fármaco chamado “biossimilar”, composto

pelos mesmos princípios ativos, concentração e forma que o de referência, porém mais barato (QUENTAL et al., 2008). Ao mesmo tempo, os biossimilares compreendem os medicamentos biológicos que têm o intuito de demonstrar maior segurança e eficácia que os de referência, sendo os mais consumidos no mercado (REIS et al., 2011).

Nesse sentido, foi aprovada a Lei nacional nº 9.279/96 relativa à propriedade industrial que incluiu as atividades de áreas relacionadas à inclusão da Biotecnologia no sistema de proteção patentária, com a produção e comercialização de produtos químicos, farmacêuticos e de alimentos (TORRES, 2014). Mediante as fusões e aquisições de patentes regulamentadas estabeleceram as principais empresas multinacionais sediadas nos Estados Unidos, Suíça, Alemanha, Suécia, China, Índia, Coreia, Austrália, Itália, Finlândia, Noruega e Japão com faturamentos crescentes. Essa produção industrial envolve, basicamente, os medicamentos de ação gradativa no sistema nervoso, metabólico, anti-infeccioso, esquelético, dermatológico e citostáticos. Casos de fusões e aquisições na indústria farmacêutica mundial e brasileira tiveram como base a expansão comercial do setor, principalmente com vínculos com Estados Unidos, Austrália, França, Alemanha e Japão (CAPANEMA, 2006).

Segundo Reis, Pieroni e Souza (2010 p.194), a busca pela evolução biotecnológica nas últimas duas décadas, propiciou maiores interesses políticos e econômicos nacionais sobre os processos biológicos pelo grande poder de expansão tecnológico em diversas cadeias produtivas, o que se tornou fundamental para o fortalecimento farmacêutico nacional e internacional. Pode-se dizer que a biotecnologia se consolidou industrialmente devido ao conjunto de áreas do conhecimento científico, aproveitadas para expansão tecnológica, no entanto,

[...] são necessárias competências multidisciplinares, por vezes difíceis de reunir dentro de uma organização. Embora não seja possível afirmar se a Biotecnologia substituirá totalmente a síntese química como plataforma tecnológica para desenvolvimento e produção na indústria farmacêutica, é inegável sua crescente importância para o setor (REIS; PIERONI; SOUZA, 2010 p.194).

A produção de medicamentos biossimilares a partir de 2009 firmou parceria privada entre a Recepta e a FK Biotecnologia, com instituições públicas como o Instituto Butantã e a Fiocruz, para a produção de proteínas recombinantes, anticorpos monoclonais, vacinas, soros e biofármacos, ambos de origem nacional (TORRES, 2014). Ao mesmo tempo, a produção interna em termos epidemiológicos obteve um crescimento expressivo em detrimentos do número de casos de doenças neurológicas, como o diabetes, o câncer e as crônico-degenerativas (REIS; PIERONI; SOUZA, 2010).

Devido ao aumento da produção de biofármacos, houve também a inserção de políticas de assistência à saúde estabelecida pela ANVISA que determinou a venda dos medicamentos genéricos, rotulados nas embalagens dos produtos e maior controle nas certificações de favoráveis à venda de produtos nacionais ou internacionais vigentes (QUENTAL et al., 2008). Sendo assim, houve a participação de cinco principais redes farmacêuticas nacionais como a Aché, EMA, Sigma Pharma, Medley e Eurofarma que passaram a compor o mercado nacional de produção farmacêutica (CAPANEMA, 2006).

Para Vargas et al. (2013), o crescimento industrial do setor farmacêutico está associado a três princípios básicos: a) a crescente pressão competitiva voltada à produção de medicamentos genéricos diante da liberação de medicamentos líderes de venda; b) políticas públicas de redução no preço dos medicamentos; e, c) investimentos em Ciência e tecnologia de inovação para reduzir custos e melhorar a eficiência do produto.

No entanto, conforme Rang et al. (2007), a possibilidade de crescimento econômico do setor farmacêutico, nas últimas décadas, propiciou o aumento no consumo de medicamentos resultando em um problema social: a automedicação. Uma variedade de medicamentos como as vacinas, as insulinas, os antibióticos entre outros, tornaram-se disponíveis para grande parte da população devido à instalação de drogarias e farmácias com farmacêuticos disponíveis para aconselhar a compra de produtos específicos para os sintomas de cada paciente (PALÁCIOS; REGO; LINO, 2008).

Por sua vez, a população passou a adquirir medicamentos com diversas finalidades prescritas por médicos e farmacêuticos resultando na chamada

“farmácia caseira”. Há também o reflexo das propagandas e do marketing da indústria farmacêutica que têm incentivado a compra excessiva de medicamentos em grande parte da população (MEDEIROS et al.,2014).

Infelizmente, a ligação da biotecnologia com a indústria, aliadas ao marketing de grandes cooperações, propiciou, em muitos casos, indícios antiéticos de práticas científicas. Para Moynihan (2008), há casos de artigos científicos manipulados por grandes investidores para aparentar que possuem especialistas na área de pesquisa e esses médicos são pagos para garantir publicações científicas e disfarçar os interesses de grandes indústrias.

Moreno (2001) discorre sobre o marketing e as notícias televisivas que ecoam constantemente sobre saúde prometendo um futuro promissor para modernas formas de tratamento para o câncer, a demência, doenças degenerativas, entre outras. Além disso, a publicidade inclui, principalmente no horário nobre, diversas propagandas incentivando a aquisição de determinados medicamentos que podem “liquidar” com uma doença e/ou sintoma que tenha atingindo o público infantil, crescido ou ancião.

Moynihan (2008) afirma que o marketing dos remédios usa como estratégia, muitas vezes, determinados líderes de opinião reconhecidos nacionalmente para testar seus produtos e, assim, transformá-los em “campeões de venda”. Especificamente, esses líderes de opinião são médicos renomados que avaliam a eficácia de um determinado produto, seus potenciais de desempenho sobre os demais concorrentes e as necessidades do público. Outro ponto importante do marketing é o comércio de seus produtos em sites, blogs e revistas científicas compostos por pareceres de médicos chamados “gestores de opinião” que têm o objetivo de apresentar os principais sintomas de uma doença e os possíveis tratamentos disponíveis no mercado farmacêutico.

Em outro sentido, Sismondo (2011) relata que empresas farmacêuticas chegam a treinar médicos para trabalhar com eles, torná-los “campeões de vendas”, além de subsidiarem suas palestras para gerar a confiança clínica em seus produtos. Há, também, várias entidades públicas que têm financiado honorários médicos para que seus produtos ganhem repercussão comercial.

Além disso, os grandes responsáveis pela prescrição dos medicamentos são os médicos de renomados hospitais públicos e privados, dotados de títulos que transpassam sua “*expertise*” profissional para estimular a medicação. Essa prática médica, aliada ao apelo comercial do setor farmacêutico pode resultar em um grave problema de saúde no Brasil como os frequentes problemas de intoxicação medicamentosa assim como agravar os casos de doenças crônicas e paliativas já existentes (RANG et al., 2007).

A conclusão é que não há um método único para inibir a automedicação, contudo, a análise crítica da prescrição médica, farmacêutica e do marketing, aliados ao consumo consciente tornam-se essenciais para evitar a dependência medicamentosa (TOBAR, 2008). Para Gotzche (2016), a cooperação e a parceria entre a indústria farmacêutica e a comunidade médica são valiosas, as quais podem melhorar o desfecho em saúde, impulsionar a inovação científica e prolongar a vida em sociedade. No entanto, isso deve acontecer dentro de diretrizes estreitas que visam assegurar a saúde dos pacientes ao invés dos interesses comerciais, pois, um bom trabalho é feito para ajudar as pessoas conferindo-lhes acima de tudo saúde.

Na próxima seção discorre-se sobre as perspectivas comerciais da biotecnologia no que diz respeito à implantação de novos produtos modificados geneticamente, no entanto, seus lucros desprovidos de precaução passaram a oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Ademais, discute-se a seguir sobre os aspectos de racionalidade econômica voltada à expansão capitalista dos transgênicos que, por sua vez, está despreocupada com o equilíbrio ambiental.

2.5. BIOTECNOLOGIA *VERSUS* RACIONALIDADE AMBIENTAL

Ao longo da história da humanidade o desenvolvimento científico e tecnológico buscou ferramentas para a expansão econômica. Durante a Revolução Industrial, muitos casos de contaminação ambiental geraram graves efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente. Todavia, a partir de 1960 e

1970, a crítica contra a exploração desregrada da natureza instaurou uma crise ambiental, que teve como princípio o objetivo de conscientizar a sociedade sobre os padrões de consumo e de crescimento econômico degradante (LEFF, 2006).

A crise ambiental tornou-se um grande desmancha prazeres no desenvolvimento industrial, revelando, para a sociedade, os desastres oriundos do progresso expansivo da ciência e da tecnologia. Ao mesmo tempo, surgiram os “mercados verdes” com novas estratégias de protecionismo sobre o controle dos recursos naturais, visando tão somente estabelecer um novo mercado econômico – o ambiental, que manteve as mesmas perspectivas de industrialização como as demais, entretanto, inserindo neles a ideia do consumo sustentável, como parte da competição capitalista (LEFF, 2006).

Nesse sentido, surgiram os direitos de propriedade intelectual dentro da Organização Mundial do Comércio (OMC), os quais incentivaram a parceria de multinacionais de biotecnologia a se apropriarem da riqueza genética no investimento em produtos transgênicos de maior valor agregado. Esses acordos incentivaram a ampliação do setor agrícola e farmacêutico por meio do regime de patentes que permitiu às empresas captarem grandes benefícios econômicos provenientes do controle e da exploração dos recursos genéticos (LEFF, 2006). Esse mecanismo propiciou uma política econômica de distribuição, custos e benefícios derivados da implantação de novos produtos transgênicos. Entretanto, seus lucros foram desprovidos de precaução sobre os efetivos impactos à biodiversidade e à qualidade de vida em sociedade, como salienta Pengue (2001, p.85):

[...] a disputa sobre uma justa distribuição dos benefícios derivados dos recursos genéticos, não é dirimida em termos de uma justa distribuição de lucros econômicos incalculáveis ao longo prazo na conservação da biodiversidade e em seus efeitos na segurança ecológica e na qualidade de vida da gente, princípios e objetivos que não entram na avaliação econômica do negócio da Biotecnologia e dos cultivos transgênicos. Daí o “princípio de preocupação”, assim como as visões e interesses dos povos sobre as formas de uso e apropriação da biodiversidade, devam prevalecer sobre a incerta contabilidade do valor econômico incalculável desses impactos.

Devido ao regime de patentes e expansão da biotecnologia, implantou-se uma tripla lucratividade: econômica, social e ambiental. Além disso, houve a aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos para difundir a produção

biotecnológica voltada à qualidade de vida e ao uso dos recursos naturais na economia. Segundo Leff (2006), a biotecnologia abre o campo para um novo mercado não apenas voltado à produtividade econômica- tecnológica, mas também, instaura novas estratégias de conservação dos ecossistemas mascarada em uma forma de domínio cultural exploratório da natureza. Por meio dela, o mercado tornou-se capaz de atribuir valor econômico à produção alimentícia, agrícola e de saúde com técnicas de avanços necessárias à qualidade de vida.

Neste aspecto, a biotecnologia passou a oferecer soluções para corrigir os desvios resultantes do sistema econômico por meio da conquista de pesquisadores empenhados em resolver as adversidades sociais e ambientais.

Simultaneamente, surgiu uma nova racionalidade produtiva que se transformara em um processo produtivo descomprometido com a realidade social e os desequilíbrios ambientais (PENGUE, 2001). Como consequência, os recursos não renováveis passaram a serem explorados em ritmo acelerado para repor os renováveis e os alimentos naturais em vias de contaminação com agroquímicos foram sendo substituídos por alimentos transgênicos, já os tratamentos de saúde antes fitoterápicos passaram a introduzir medicamentos biológicos em sua composição com o objetivo de dominar o mercado industrial fundamentados em métodos racionais de produção.

Nesse sentido, para Leff (2006), a racionalidade econômica, apresenta-se a teórica formal, instrumental e material respectivamente:

- a) Racionalidade teórica –estabelecida no controle consciente da realidade, por meio de conceitos precisos e abstratos da modernidade;
- b) Racionalidade Formal – tem por objetivo o domínio capitalista, regido por modos de produtos inovadores voltados à garantia de vida das pessoas, seus direitos de apropriação da natureza e de exploração de recursos do meio ambiente;
- c) Racionalidade Instrumental – implica na metodologia propícia ao objeto prático por meio de cálculos de expansão mais eficazes;
- d) Racionalidade Material – implica em ações de valores sociais, tidos como essenciais para a vida em sociedade.

Por outro lado, a racionalidade ambiental possibilita a análise crítica sobre os padrões de evolução da biotecnologia, inclusive as relações sociológicas, capitalistas e políticas vinculadas a ela, pois, de acordo com Leff (2006, p. 245), a racionalidade abre importantes perspectivas para a apreciação da problemática ambiental, proveniente das interferências científicas, sociais e ambientais, além disto, torna-se possível

[...] refletir de maneira integradora sobre os diferentes processos, ideológicos, técnicos, institucionais, econômicos e jurídicos-que permitem pensar, legitimar e sancionar ações sociais; que determinam as transformações da natureza e dão coerência e eficácia aos princípios materiais e aos valores éticos do ambientalismo.

Para Leff (2002), a racionalidade ambiental tem por finalidade inserir as questões sociais e ambientais em um debate democrático sobre a biodiversidade, os problemas relacionados a ela e as estratégias de proteção da natureza, dentro dos princípios da racionalidade ambiental. Trata-se, portanto, de compreender o processo de desenvolvimento social e ecológico, bem como as questões econômicas dominantes que se estabeleceram fundamentais para a construção de uma racionalidade ambiental. A racionalidade ambiental, a qual visa questionar o desenvolvimento científico e tecnológico, valorizando a natureza independente de qualquer lucro econômico estabelecido nos recursos naturais do meio ambiente. Ela tem o objetivo de problematizar as teorias científicas e os métodos de investigação para aprender uma realidade em vias de complexidade e compreensão que quebra os paradigmas estabelecidos sobre a sociedade e o meio ambiente (LEFF, 2006).

A racionalidade ambiental é um processo de construção social e política que avalia a confrontação de interesses opostos pela tendência de crescimento econômico, padrões tecnológicos, prática de consumo como método de ruptura de paradigmas tidos como verdades absolutas em busca da tomada de decisão social sobre as políticas públicas, produtivas e de consumo que garantam o bem-estar social e proteção do meio ambiente. Do mesmo modo, para Leff (2006), a racionalidade pode ser construída mediante a articulação de quatro níveis de racionalidade ambiental, respectivamente:

- 1) racionalidade substantiva: estabelecida em um sistema de valores que permitem normatizar as atitudes sociais e orientar as ações racionais de direitos humanos, redução da pobreza, melhoria da qualidade de vida, prevenção de catástrofes naturais, contaminação ambiental, tecnologias ecologicamente adequadas e culturalmente aproveitadas;
- 2) racionalidade ambiental teórica: fundamentada em valores morais e éticos que orientam o desenvolvimento produtivo com base na conservação ambiental. Apresenta-se assim, a articulação dos recursos naturais com as relações de um sistema tecnológico, cultural, político e econômico que normatiza as produções industriais e ambientais;
- 3) racionalidade técnica ou instrumental: estabelecida pelos meios eficazes de proteção ambiental, incluindo setores industriais e tecnológicos sujeitos às questões legais de proteção à qualidade de vida que pode transformar as economias dominantes em mecanismos concretos para a construção de uma sociedade participante com as políticas ambientais;
- 4) racionalidade ambiental cultural: entendida como um sistema de conscientização social sobre as formações políticas, econômicas e industriais vigentes. Nesse sentido, a racionalidade cultural organiza e especifica os processos de mediação entre a sociedade e o meio ambiente, por meio de estratégias que supram as necessidades humanas, garantam a qualidade de vida e protejam o meio ambiente.

Contudo, a racionalidade ambiental é uma racionalidade consciente, que pode estabelecer limites sobre a econômica. Nesse sentido, no desenvolvimento da biotecnologia e dos produtos transgênicos faz-se necessário avaliar criticamente as interferências sociais e ambientais, pois, a qualidade de vida implica em valorizar a realidade social e recuperar os ambientes outrora degradados pela ação humana. Para Leff (2002), a racionalidade ambiental permite romper com os padrões valorativos estabelecidos na sociedade possibilitando o pensamento crítico e a tomada de decisão estabelecida no campo do saber.

O conhecimento ambiental permite aos cidadãos questionar e avaliar os domínios científicos e tecnológicos estabelecidos por princípios como: a avaliação dos saberes científicos e tecnológicos por meio de demanda social de conhecimento e de participação democrática nas políticas científico-tecnológicas; a Integração de diversos campos do saber existentes voltados ao estudo problematizado e integrado com as recentes novidades científicas e tecnológicas, voltadas à sociedade e à problematização dos diferentes saberes científicos discutidos entre os campos educacionais e sociais para a resolução de problemas como a poluição ambiental, os riscos à saúde humana e as mudanças genéticas nos seres vivos.

A integração da racionalidade ambiental e do conhecimento ambiental são capazes de articular um conjunto de possibilidades discursivas críticas, de crenças, comportamentos sociais, de processos produtivos com o saber mediante a racionalidade integra de uma ciência como a biotecnologia, que aplica seus conhecimentos e técnicas envolvendo a qualidade de vida e equilíbrio ambiental (LEFF, 2006).

No próximo tópico, aborda-se a biotecnologia no ensino de ciências atrelada à cura e à vitalidade humana. Contudo, apresenta-se também a biotecnologia juntamente com as controversias questões CTSA atribuídas ao uso e/ou descarte de fármacos na sociedade.

2.5.1. Biotecnologia no Ensino de Ciências

A biotecnologia, ao longo de sua trajetória, inseriu-se nas mais diferentes áreas do conhecimento científico com o intuito de aumentar a produção agrícola e pecuária, bem como encontrar a cura para as enfermidades presentes nos seres vivos. Contudo, esse trabalho trata da temática da biotecnologia por meio do contexto histórico, científico, tecnológico, econômico, social e ambiental dos tratamentos médicos nos seres humanos.

Nesse sentido, a biotecnologia está presente, principalmente, nas áreas da Genética, Imunologia e Farmacologia clínica, ambas com o intuito de desenvolver novos fármacos biológicos e/ou químicos voltados à vitalidade

humana. A esse respeito podemos incluir os seguintes medicamentos: hormonais, trombolíticos, antitérmicos, antibióticos, analgésicos, antivirais, antialérgicos, antidepressivos, insulinas e as heparinas que têm feito parte da realidade social.

A questão econômica da biotecnologia corrobora com o consumo de medicamentos, os quais são formados por substâncias biológicas e sintéticas, presentes em farmácias, drogarias, hospitais, consultórios médicos e postos de saúde (PINTO et al., 2014, p.220). Estes fármacos são prescritos, principalmente, nos casos de enfermidades como: a hipertensão arterial, problemas do coração, colesterol, alergias, deficiências hormonais (sexuais e endócrinas), doenças virais, autoimunes e neurológicas (GARCIA, 2013). No entanto, a ingestão de remédios sem a real necessidade ou de maneira excessiva, “podem levar ao surgimento de reações alérgicas, intoxicações e dependência, comprometendo a saúde, e a qualidade vida dos usuários” (PALÁCIOS; REGO; LINO, 2008). Por sua vez, essa prática pode ser associada às propagandas publicitárias em revistas científicas e sites, como também vinculadas pela mídia.

Essa questão consumista atribuída à biotecnologia pode trazer riscos não somente à saúde dos pacientes, mas também ao meio ambiente, pelo despejo de fármacos em desuso ou vencidos provenientes de efluentes domésticos. Segundo Silva (2011), o descarte de alguns grupos de remédios em estações de tratamento de esgoto e de água merece atenção especial, como por exemplo, o caso dos antibióticos e dos anticoncepcionais, os quais podem provocar desequilíbrio reprodutivo em bactérias, moluscos, peixes e répteis. Isso ocorre devido às substâncias biológicas e químicas que, quando expostas a condições adequadas de umidade, temperatura e luz tornam-se tóxicas ao meio ambiente.

Para Pinto et al. (2014), a conscientização e a orientação social podem ser ferramentas essenciais para evitar o descarte inadequado de fármacos, e assim, destiná-los de maneira responsável. Ao incluir a biotecnologia a partir de uma perspectiva crítica da ciência, podemos propiciar que os sujeitos tenham a oportunidade de aprender de modo interativo, contemporâneo e comprometido com a sociedade. A discussão sobre as implicações sociais, éticas e morais na área da biotecnologia revela-se eficaz para a estimulação dos estudantes, por

meio da construção de conhecimentos sobre suas inter-relações e implicações em relação à ciência, à tecnologia, à sociedade e ao meio ambiente (REIS, 2013).

De acordo com Reis (2007), a biotecnologia propicia que os alunos possam expressar suas opiniões aderentes ou avessas no que dizem respeito às suas terapias farmacológicas. O ensino de ciências, ao abordar a temática da biotecnologia em sala de aula pode levar os estudantes a compreenderem como a ciência e a tecnologia influenciam-se mutuamente em problemas sociais, como a automedicação, a dependência e toxicidade medicamentosa.

Já para Klein (2011), o desenvolvimento contínuo do conhecimento médico e farmacêutico atrelado à biotecnologia durante as últimas décadas tornou-se um conteúdo primordial ao ensino de ciências, além de incorporar questões éticas, econômicas, políticas, ambientais e sociais voltadas ao uso de medicamentos na sociedade atual. Isso culminou, muito provavelmente, na sensação de segurança popular quanto à utilização de produtos de aplicações biotecnológica, os quais podem ser discutidos entre alunos e professores, capacitando-os para atuarem de maneira crítica e responsável na sociedade.

A relação entre a ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente torna-se estreita quando incorporamos nela os conhecimentos escolares sobre a saúde humana, especificamente, no caso dos tratamentos farmacêuticos e clínicos com o uso de medicamentos, os quais podem fazer parte de uma linguagem de senso comum e, ao mesmo tempo incorporar-se aos conteúdos curriculares a biotecnologia e a farmacologia presentes na sociedade (KLEIN, 2011). Sob tal concepção, o conhecimento relativamente autônomo assume-se e passa a representar a possibilidade crítica frente à ciência e à tecnologia (PARANÁ, 2008).

Dentro deste contexto, o ensino de biotecnologia tem como finalidade permitir que os estudantes possam perceber como a aplicação do conhecimento científico interfere e modifica o contexto de vida da humanidade, e, portanto, requer a participação crítica e responsável dos cidadãos. Juntamente com os conhecimentos da biotecnologia estão contidos os aspectos éticos, morais e econômicos dos avanços tecnológicos que envolvem a manipulação genética e

farmacêutica, permitindo compreender a interferência do ser humano sobre a biodiversidade (PARANÁ, 2008).

A abordagem educacional da biotecnologia vinculada às suas implicações científicas e tecnológicas visa discutir com os alunos seus elementos contraditórios, os quais podem comprometer a qualidade de vida social e o equilíbrio do meio ambiente. Nesse sentido, os debates sobre tais questões em sala de aula justificam-se não somente pelos conhecimentos promovidos acerca dos conteúdos curriculares vinculados à natureza da ciência e da tecnologia, mas também possuem possibilidades educativas de desenvolvimento social, político, moral, ético e ambientalista (KAPP; MIRANDA; FREITAS, 2014). O ensino de biotecnologia numa perspectiva CTSA pode ir muito além de uma disciplina escolar, ao passo de construir com os alunos saberes que articulam múltiplas áreas do conhecimento com os problemas científicos e tecnológicos que os cercam, para que assim possam tomar decisões éticas e responsáveis na sociedade.

O enfoque CTSA apresenta para o ensino de ciências possibilidades de articulação do aprendizado com os alunos quanto aos aspectos políticos, culturais, econômicos e éticos da biotecnologia, os quais podem propiciar a formação de cidadãos mais aptos e conscientes sobre as “interferências atuais” da ciência e da tecnologia sobre a sociedade e o meio ambiente (TEIXEIRA, 2013). A perspectiva CTSA, nas aulas de ciências é uma importante ferramenta para sistematizar a visão positivista e instrumental da ciência e da tecnologia, pois ela pode resgatar implicações sociais e ambientais outrora perdidas entre seus processos evolutivos, nos quais perduraram apenas interesses individualistas, ideológicos e capitalistas. Contudo, o CTSA, busca revelar as formas como a ciência se articula a determinados interesses econômicos e como eles têm alternado nosso relacionamento com a sociedade e com a natureza. “Assim, ensinar ciências pode ir muito além da apresentação de teorias, leis e conceitos científicos, ela implica numa reflexão sobre o que os estudantes entendem por ciência e tecnologia na sociedade em que vivem” (TEIXEIRA, 2013, p. 41).

Segundo Garcia (2013), as questões controversas da biotecnologia são indispensáveis para repensar no papel dos conhecimentos científicos e

tecnológicos a serem aprendidos no enfoque CTSA. Por isso, entende-se que estes permitem oferecer recursos aos estudantes para que eles, diante de situações adversas de seu cotidiano, possam identificar e confrontar seus problemas, bem como desenvolver princípios de justiça e ativismo social. Além disso, as relações CTSA visam possibilitar que os “alunos passem a entender o mundo ao seu redor, sendo capazes de discutir temas e/ou questões atuais concernentes ao desenvolvimento científico” e suas influências sobre a saúde humana e a preservação ambiental (GARCIA, 2013, p. 22).

Para Pedretti (2003), o ensino de ciências precisa reunir os conflitos existentes entre a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, com a finalidade de formar os alunos para atuar de maneira responsável e/ou ativa na sociedade. Para a autora, as aulas de ciências não podem ser vistas como uma mera disciplina “lotada de fatos isolados”; pois ela permite envolver os estudantes em uma teia complexa e integrada do desenvolvimento científico e tecnológico, os quais podem permanecer na sociedade atual acarretando danos profundos ao meio ambiente.

Nesse sentido, esse trabalho busca permitir adentrar pela realidade da biotecnologia com o objetivo de conscientizar os estudantes a respeito desse tema, bem como para analisá-la de maneira crítica em relação aos seus aspectos de inovação científica e tecnológica voltadas à saúde humana, mas também incluindo suas ambições econômicas, as quais podem trazer problemas para a qualidade vida social e a preservação do meio ambiente. A seguir, apresentam-se os aspectos metodológicos dessa pesquisa qualitativa de intervenção docente e os instrumentos de utilizados para a construção dos dados, visando deste modo, corroborar com a abordagem da biotecnologia sobre o enfoque CTSA.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os encaminhamentos metodológicos que caracterizam este estudo, contemplando a configuração geral da pesquisa qualitativa do tipo intervenção pedagógica, a qual inclui o contexto e os instrumentos para a construção das categorias de análise na perspectiva da Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2011).

A abordagem qualitativa engloba diferentes estratégias de investigação por meio de descrições de pessoas, locais e suas conversas. Os objetivos e as hipóteses da pesquisa não se estabelecem mediante a testar hipóteses, mas a partir dos fenômenos em toda a sua complexidade e em seu contexto natural. Sendo assim, no âmbito desta pesquisa, foram selecionadas questões específicas na medida em que os dados foram construídos, de modo que o material recolhido abrangeu relatos descritivos e argumentativos dos estudantes. A investigadora, enquanto professora, introduziu-se no contexto dos sujeitos que pretendia estudar, buscando conhecer suas dúvidas, inquietações e críticas, as quais, posteriormente, foram transcritas de modo sistemático, a fim de relatar o que foi observado (BODGAN; BIKLEN, 1994).

Segundo Gil (2002), o campo de estudo qualitativo possibilita maior flexibilidade, podendo ocorrer de maneira única e particular em cada pesquisa. Além disso, a abordagem qualitativa de intervenção pedagógica preza pela interação constante entre o pesquisador, os sujeitos e a comunidade, destacando sempre a busca por preencher as arestas encontradas no ambiente escolar.

Damiani et al. (2013, p.58) definem a intervenção pedagógica como uma pesquisa que envolve as etapas de “planejamento e implementação de interferências, destinadas a produzir avanços e melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam”, a qual posteriormente deve ser avaliada levando em conta os efeitos de tais interferências. Nesse sentido, parte-se do pressuposto de que as intervenções em educação, especialmente, as relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem, têm como objetivo propor novas práticas docentes e/ou aprimorar as que já existem, além de contribuir para produzir conhecimento teórico nelas alicerçado (DAMIANI, 2012).

Para Lüdke e André (2012), a intervenção pedagógica pode ser caracterizada como uma ocasião privilegiada, pois reúne o pensamento e a ação de uma pessoa ou de um grupo, no esforço de construir o conhecimento relacionado aos aspectos da realidade, buscando assim propor possíveis soluções para resolver os problemas sociais. Além disso, este estudo é fruto da curiosidade, da inquietação, da inteligência e da atividade participativa dos indivíduos, o que lhes possibilita criticar as supostas verdades disseminadas pela ciência e pela tecnologia. Desse modo, a visão do mundo, os pontos de partida, os modos de compreensão e o discurso dos participantes são essenciais para a obtenção dos dados da pesquisa.

Dessa maneira, o interesse central do trabalho está no conhecimento dos alunos sobre uma determinada questão científica e tecnológica, incluindo suas interações culturais e sociais. Os dados construídos durante a pesquisa buscaram abranger todas as informações possíveis, contemplando as etapas de observação, entrevistas e seminários, os quais foram transcritos pela pesquisadora, com o objetivo de contribuir para a compreensão sobre os impactos da intervenção na realidade estudada (MOREIRA, 2011).

Um dos aspectos centrais da pesquisa de intervenção pedagógica consiste na troca de experiências entre alunos e professores por meio da abordagem de questões econômicas, políticas, científicas e éticas inerentes à vida dos participantes na sociedade (MOREIRA, 2011).

Conforme Calazans (2002, p.23), a pesquisa qualitativa em educação possui aspecto formativo, no qual o pesquisador “aprender a questionar a si mesmo e a sua realidade, a sensibilizar-se com o problema” dos outros os quais tornam-se problemas de todos, pois essa prática busca não apenas explicações para os problemas observados no ambiente escolar, mas também as possíveis alternativas para resolvê-los visando contribuir para a formação de cidadãos críticos na sociedade. Assim, o resultado esperado para este estudo inclui, em seus objetivos, os processos de construção dos saberes como produto da transformação das práticas do professor em sala de aula, no sentido de identificar e alicerçar os saberes inerentes à formação educacional (CALAZANS, 2002).

A seguir serão apresentados os instrumentos de construção e organização dos dados de acordo com as etapas da pesquisa. Posteriormente, é abordado o campo de estudo, seus objetivos, duração e os referenciais teóricos da intervenção pedagógica.

3.1. CONTEXTO DA PESQUISA E SEUS INSTRUMENTOS

Neste trabalho, adotou-se a abordagem qualitativa de intervenção pedagógica com o objetivo de identificar possibilidades educacionais em uma perspectiva argumentativa crítica no ensino de biotecnologia do curso profissionalizante em meio ambiente. Trata-se, portanto, de uma pesquisa de cunho pedagógico que levou em conta as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

O referido estudo ocorreu nas dependências do Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba (CEEP), localizado no bairro Boqueirão, região sul da capital do Paraná. O CEEP Curitiba tem como princípio norteador a promoção da relação do sujeito com o objeto do conhecimento, para além dos conteúdos curriculares tradicionais, incluindo novos conteúdos que possibilitem o desenvolvimento das potencialidades dos educandos, considerando sua fase e idade, sua formação e sua vivência sócio cultural (CEEP, 2010).

Outro princípio norteador do CEEP Curitiba está baseado na educação para a cidadania, com o incentivo pedagógico voltado ao ensino dialógico, no qual se busca cultivar diferentes formas de convivência e de intercâmbio com as experiências cotidianas dos sujeitos envolvidos. Essa instituição preocupa-se, portanto, com a formação do cidadão a partir das relações democráticas de construção de saberes e dos objetos de estudos por meio da apropriação de um saber crítico realizado pelo sujeito (CEEP, 2010).

O CEEP foi criado em 1941 (decreto nº 10.888/41), sob o nome de Instituto Técnico de Química Industrial. Em 1960, passou a ser chamado de Instituto Politécnico Estadual (IPE) pela resolução nº 31.666/60, com o objetivo de atender a demanda nacional de capacitação de profissionais para atuarem, principalmente, na construção civil e na produção de máquinas. Ao longo de sua

história, o CEEP utilizou várias dependências físicas “emprestadas”, como o Colégio Estadual Professor Brandão, a Faculdade de Filosofia da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e o Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), entre outros. No entanto, em 1979 transferiu-se, definitivamente, para a sua sede no bairro do Boqueirão. Em 28 de setembro de 2000, o Conselho Estadual de Educação pela Lei nº 2.418/01, alterou a nomenclatura da escola, denominando-o Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba devido a reestruturação curricular com a possibilidade de Ensino Médio Integrado (com duração de 4 anos) e Subsequente Pós-Médio no período de até 2 anos (CEEP, 2010).

Atualmente, o CEEP atende mais de 2.000 alunos, oferecendo cursos técnicos de Biotecnologia, Edificações, Eletromecânica, Eletrônica, Meio Ambiente, Mecânica Automotiva e Química Industrial. Conta com cerca de 136 professores concursados, além de um número expressivo de docentes contratados temporariamente,⁵ pela Secretaria Estadual de Educação do Paraná (SEED-PR).

A condição de professora temporária de Ciências, Biologia e Meio Ambiente levou a autora desta Dissertação a lecionar no CEEP. Sendo assim, diante do compromisso de adentrar a realidade a ser estudada, a pesquisadora contou com a participação de 60 estudantes de duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio integrado ao Curso Técnico em Meio Ambiente, da faixa-etária de 17 a 19 anos, a partir da temática que envolve o ensino de Biotecnologia e sua abordagem qualitativa contextualizada ao enfoque CTSA.

O desenvolvimento deste estudo ocorreu respaldado legalmente pelo Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE) e o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) dos participantes da pesquisa e de seus responsáveis. A partir disso, esses documentos e o projeto de intervenção pedagógica foram submetidos pelo número 2.374.982 e aprovados junto ao Comitê de Ética em

⁵ O regime de contratação temporária ocorre por meio do Processo Seletivo Simplificado (PSS) desenvolvido pela Secretaria de Educação do Estado do Paraná – SEED-PR. Esse regime de contratação regulamenta o trabalho de professores, pedagogos, intérprete de libras, auxiliares de serviços gerais, técnicos administrativos e motoristas que atuam em instituições da rede pública estadual de ensino. A contratação temporária tem prazo de um ano, podendo prorrogar para dois e é prevista, exclusivamente, para atender necessidades excepcionais no serviço público (PARANÁ, 2005).

Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Esse estudo foi organizado com o intuito de contribuir para que os estudantes se posicionassem de forma crítica sobre a biotecnologia e a farmacologia fundamentadas na perspectiva CTSA.

Nesse sentido, primeiramente foi elaborado um questionário de levantamento prévio, em que os alunos foram selecionados a responder duas perguntas descritivas e outras duas de múltiplas escolhas levando em conta suas percepções em relação à biotecnologia, o consumo de medicamentos e o descarte destes no meio ambiente. Para Flick (2009), os questionários de pesquisa são formulados de modo a contemplar o contexto do estudo e seus sujeitos, tornando-os capazes de atuar na realização das atividades propostas pelo pesquisador. Os resultados parciais da análise das concepções a partir do questionário foram apresentados em eventos da área (SCANDELARI; ALVES, ROEHRIG, 2018a, b).

Após a análise dos resultados do questionário planejou-se uma sequência⁶ didática composta por quatro atividades principais, entre elas, rodas de conversa, exposição de conteúdo, seminários e debates em grupo, perfazendo 10 horas-aula (ao longo dos meses de novembro e dezembro de 2017). Durante essas práticas educativas, a investigadora fez uso de anotações em diário de campo, além de gravação de áudio e/ou voz para a obtenção dos dados da pesquisa.

Para o planejamento da sequência didática levou-se em conta os objetivos de competências e habilidades de ensino e aprendizagem educacional, corroborando com os propósitos da “Taxonomia de Bloom” (FERRAZ; BELHOT, 2010). Essa ferramenta auxiliou a investigadora a definir as atividades condizentes com o grupo estudado (neste caso, os estudantes) e o conteúdo de Biotecnologia, além das competências e do grau de conhecimento crítico desejado para cada momento em sala de aula. As práticas didáticas incluíram o

⁶ “A sequência didática pode ser definida como uma unidade básica de ensino e aprendizagem, cujas variáveis são interativas entre o professor e o aluno. Uma organização de atividades em grupo ou individual, que incluem recursos didáticos, o tempo de aula e os critérios de avaliação. A intervenção pedagógica pode variar de um modelo para outro, pois a função social do ensino permite que sejam ampliadas as capacidades de cada pessoa e os diferentes tipos de conteúdo. Pois, tudo isso num ensino busca atender à diversidade dos alunos em processos autônomos de construção do conhecimento” (ZABALA, 1998, p. 50)”.

conhecimento científico e tecnológico, a partir da interação com o ensino de ciências.

A organização das aulas com o tema “biotecnologia e farmacologia: relações entre a saúde humana e o meio ambiente em contexto educacional”, foram realizadas sobre a perspectiva do enfoque CTSA. Nesse sentido, a seguir são apresentados os relatórios descritivos de cada uma das atividades desenvolvidas da sequência didática, incluindo os objetivos a serem alcançados, e os recursos utilizados em cada aula.

3.1.1 Sequência Didática

Este tópico tem o intuito de demonstrar o panorama das práticas realizadas na etapa de desenvolvimento da sequência didática “biotecnologia e a farmacologia no enfoque CTSA” (Quadro 1). As atividades totalizaram dez horas-aula buscando contemplar os estudantes, considerando sua participação argumentativa crítica nas ações da roda de conversa, exposição dialogada, seminário e debate. Contudo, para uma melhor organização desta seção, as aulas foram descritas de maneira individual e, ao final de cada uma, foi apresentada uma breve descrição de seus limites e potencialidades para o ensino e aprendizagem em ciências.

Quadro 1- Exposição da organização da Sequência Didática: “Biotecnologia e Farmacologia, relações entre a saúde humana e o meio ambiente em contexto educacional”.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA “BIOTECNOLOGIA E FARMACOLOGIA: RELAÇÕES ENTRE A SAÚDE HUMANA E O MEIO AMBIENTE EM CONTEXTO EDUCACIONAL”			
Aula	Conteúdo	Recursos Didáticos	Objetivos de aprendizagem
1 e 2	Biotecnologia no cotidiano e o descarte de medicamentos no ambiente doméstico.	1ª aula: leitura de artigos científicos sobre resíduos gerados por fármacos; 2ª aula: Roda de Conversa com a discussão dos artigos científicos sobre os resíduos gerados pelos fármacos na água.	Discutir e refletir sobre os impactos ambientais recorrentes do descarte de medicamentos.

3 e 4	História da Biotecnologia e sua inserção na indústria farmacêutica.	3ª Aula: atividade descritiva relativa aos eventos que marcaram a história da Biotecnologia e exibição de vídeo sobre as normas de fabricação dos medicamentos; 4ª aula: exposição de conteúdo sobre a Biotecnologia e a produção de medicamentos biológicos e sintéticos, levando em conta as ideias prévias dos estudantes.	Compreender eventos marcantes na história da Biotecnologia, bem como sua relevância na indústria farmacêutica.
5 a 7	Uso de medicamentos sintéticos e biológicos.	5ª à 7ª aula: apresentação de seminário sobre medicamentos biológicos e sintéticos.	Argumentar de maneira mais crítica sobre o uso de medicamentos e a indústria farmacêutica.
8 a 10	Controvérsias sobre uso de hormônios para prevenção do Câncer de Mama.	8 à 10 aula: Debate a partir de textos sobre os efeitos colaterais e as alterações fisiológicas relacionadas ao uso contínuo de anticoncepcionais hormonais orais, sua relação com a saúde da população e o uso de medicamentos biológicos, sintéticos e naturais.	Elaborar argumentos críticos sobre o uso de medicamentos na prevenção do Câncer de Mama bem como as consequências da eliminação de resíduos de hormônios no meio ambiente.

Autor: Autoria própria, 2018.

As aulas 1 e 2 da sequência didática desenvolveram-se em formato de roda de conversa, que teve início com a leitura dos artigos selecionados, seguido de um momento de troca de ideias entre a professora e alunos a partir dos textos sobre a poluição medicamentosa em meio hídrico, com o objetivo de levar os estudantes a problematizar os impactos ambientais recorrentes do descarte doméstico de medicamentos. A roda de conversa, objetivou introduzir o sujeito pesquisado por meio da participação dialógica, juntamente com a produção de dados para a discussão em um caráter de oposição da Ciência tida como legítima, explorando assim, o significado que os indivíduos podem atribuir quando confrontados com um problema social vigente (MOURA; LIMA, 2014).

Ainda na roda de conversa solicitou-se que os estudantes apresentassem soluções e/ou alternativas para o descarte incorreto de antibióticos, antidepressivos e estimulantes endócrinos no ambiente doméstico, como também, discutissem sobre as implicações da biotecnologia e da indústria farmacêutica em relação ao uso de fármacos na sociedade.

As aulas 3 e 4 incluíram a exposição do conteúdo por parte da professora-pesquisadora, sobre a perspectiva história da biotecnologia, sua inovação e inserção na indústria farmacêutica, a partir da utilização na produção

dos medicamentos, somadas as suas especificidades científicas relacionadas aos testes clínicos de aprovação.

Os materiais utilizados nas aulas 3 e 4 incluíram a exibição de um vídeo sobre os procedimentos necessários para a fabricação e aprovação dos medicamentos sintéticos pela ANVISA, além da realização de uma dinâmica sobre os eventos que marcaram a história da biotecnologia, e, ao longo da exposição, ocorrida na forma de apresentação de slides em aparelho de multimídia sobre as características específicas que podem diferenciar os medicamentos biológicos e sintéticos. Sendo assim, essa atividade educacional teve o intuito de promover o engajamento dos alunos a respeito da Biotecnologia, bem como levar a pesquisadora a dialogar com os mesmos em relação às diferenças entre medicamentos naturais, sintéticos e biológicos (Apêndice A).

As aulas 5, 6 e 7 da sequência didática realizaram-se por meio de um seminário de apresentação em grupo sobre o tema: medicamentos sintéticos (anticoncepcionais, antibióticos, antitérmicos, analgésicos, antivirais, antialérgicos e os antidepressivos) e biológicos (insulinas, heparinas, trombolíticos, hemofílicos anticoagulantes e as vacinas), a partir das ideias construídas pelos estudantes, permitindo a pesquisadora analisar a maneira como eles interpretam aspectos científicos e tecnológicos relativos (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Ainda, em relação aos fármacos solicitou-se que os alunos apresentassem sobre seu desenvolvimento científico, composição bioquímica, benefícios fisiológicos, efeitos colaterais e ambientais.

As aulas 8, 9 e 10 da sequência didática aconteceram a partir de um debate sobre o uso de medicamentos hormonais e os riscos associados ao câncer de mama. Essa atividade educacional objetivou compreender o ponto de vista dos participantes acerca das questões científicas e tecnológicas empregadas no recobro da saúde, como também, os perigos sociais relacionados aos danos fisiológicos dos anticoncepcionais. Ainda nessas aulas, buscou-se que os estudantes discutissem sobre as interferências da indústria farmacêutica, dos programas de assistência pública e/ou gratuita para a prevenção de doenças oncológicas e a participação da medicina alternativa

(medicamentos fitoterápicos) voltados à cura de doenças humanas. A Sequência Didática completa se encontra disponível no Apêndice A.

Posteriormente, essa Sequência didática foi aprimorada e incorporada à um caderno de orientações docentes (produto), com o seguinte tema: **Sequência Didática sobre a Biotecnologia e a Farmacologia com enfoque CTSA**. Este produto incluiu atividades como questionário, roda de conversa, exposição dialógica de conteúdo, prática de leitura de bulas de medicamentos, seminários sobre a produção farmacêutica nacional e debate sobre a ingestão de anticoncepcionais propícios ao surgimento de problemas de saúde, como o câncer de mama. O produto educacional preza também por momentos de troca de ideias entre alunos e docentes, com perspectivas de problematização sobre questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais da biotecnologia, voltadas à formação da consciência crítica, ética e responsável.

A próxima seção abrange a análise dos dados empregada nesta pesquisa, bem como as etapas de organização dos discursos dos alunos proferidos durante as atividades orais e descritivas mencionadas anteriormente. Cabe ressaltar, ainda, que a identidade dos participantes foi mantida sob sigilo absoluto, de modo que, na análise dos dados foram atribuídos nomes fictícios em ocasiões que isso se fez necessário.

3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE

A fonte de informações utilizadas para a constituição dos dados se estabeleceu a partir dos processos argumentativos dos estudantes, que resultaram das gravações de áudio efetuadas durante o desenvolvimento da Sequência Didática (Apêndice C). A partir disso, os discursos foram transcritos em forma de textos e organizados em categorias de semelhança, conforme propõe a Análise Textual Discursiva (ATD).

Para Moraes e Galiazzi (2011), a ATD pode ser compreendida como um processo de auto-organização que considera, os objetos de estudo discutidos nas análises dos materiais textuais e o fenômeno investigado. Assim, o significado dos textos pode se relacionar com as teorias e pontos de vista do

pesquisador, possibilitando que se assume como autor das interpretações textuais que foram obtidas, analisadas e transformadas em categorias.

A ATD tem como objetivo transformar a informação em compreensão, na qual os processos de escrita são construídos de modo a enriquecer o conhecimento daqueles que nele se envolvem, operando assim para a construção crítica e responsável, sejam eles estudantes e/ou professores.

Dessa forma, a metodologia de análise dos discursos transcritos, apresentados por Moraes e Galiazzi (2011) organiza-se em torno de três focos principais:

- a) a unitarização - processo que consiste na desmontagem dos textos, chamados também de “*corpus*”, buscando assim encontrar elementos semelhantes entre si;
- b) a categorização - envolve a construção de relações entre as unidades de base, reunindo elementos semelhantes que possam contribuir para a formação de conjuntos e categorias;
- c) novo emergente ⁷- consiste na construção de novas compreensões, com base nos produtos da análise gerados na pesquisa qualitativa.

A unitarização possibilitou a categorização dos dados por intermédio de um conjunto de informações textuais com diferentes propriedades, que foram agrupadas por critérios associados às categorias *a priori* ou *emergentes*. As categorias *a priori* são provenientes de um método indutivo para análise dos materiais textuais, correspondente à base teórica escolhida antes de o pesquisador examinar os dados; no caso desta pesquisa, as categorias *a priori* surgem a partir das relações entre a biotecnologia e os pilares da educação CTSA. Já as categorias emergentes são produzidas a partir das unidades construídas frente ao “*corpus*” que se mostra relevante para o estudo, mesmo não tendo relação explícita com a base teórica adotada, formando novas categorias. Isso se deve a um processo que permite a comparação e a distinção

⁷ “O novo emergente pode ser compreendido “como um processo auto organizado de construção e compreensão em que os novos entendimentos emergem a partir de uma sequência recursiva de três componentes: a desconstrução dos textos, a unitarização; o estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização; o captar o emergente voltado em que a compreensão é comunicada e validada”(MORAES; GALIAZZI, 2011, p.12).

entre as unidades de análise, no qual o pesquisador organiza e constrói outros elementos semelhantes (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Nesta pesquisa, o processo de unitarização se deu por meio da desmontagem dos textos, ou seja, todo o material transcrito foi analisado, separado e reunido por trechos de semelhanças, chamadas de unidades de análise. Em seguida, os conjuntos dessas unidades de análise foram reorganizados, dando luz às categorias *a priori* e *emergente*. Cabe ressaltar, que as categorias são provenientes da constituição dos dados resultantes dos diálogos transcritos dos áudios gravados nas ocasiões das atividades didáticas de roda de conversa (RDC), seminário de apresentação (SM) e debate (DE) realizados pelos participantes da pesquisa, a fim de identificar unidades de análise baseadas nos objetivos da Educação com enfoque CTSA. As categorias *a priori* foram baseadas nos principais pilares da educação CTSA. Tais pilares foram associados à biotecnologia e à farmacologia de modo que resultaram nas seguintes categorias: **1) Problematização relacionada ao uso e descarte de medicamentos no meio ambiente; 2) Perspectivas de solução para os problemas apontados; 3) Perspectivas de promover a justiça social, princípios éticos e a tomada de decisão; e 4) Aspectos éticos pela necessidade de maior conhecimento público sobre a biotecnologia e os fármacos.**

Alguns dos trechos analisados não se associavam diretamente à estas categorias específicas, o que levou à emergência de novas categorias construídas ao longo do processo de investigação qualitativa. As categorias emergentes foram “estabelecidas a partir da organização estrutural de novos modos de compreensão, partindo de categorias específicas, compostas por discursos de menor amplitude para as unidades mais gerais e amplas” de acordo com as relações entre a Farmacologia e as relações de natureza CTSA (MORAIS; GALIAZZI, 2011, p. 88).

Deste modo, estabelecemos as seguintes categorias emergentes: **5) A construção interdisciplinar do conhecimento sobre a Biotecnologia e a Farmacologia; 6) Programas da rede pública, gratuidade e custos associados à cura e à prevenção de doenças; e 7) Alternativas para o uso de medicamentos naturais.** A seguir, apresentaremos no quadro 2, uma

síntese do processo de constituição das categorias de análise *a priori* e *emergentes*:

Quadro 2 - Sistematização do processo de unitarização, constituição das categorias de análise e atividades desenvolvidas na SD (RCO: Roda de Conversa, SM: Seminário e DE: Debate).

Tipos de categoria:	ETAPA1: Sequência Didática	ETAPA 2: Unidade de análise	Grupo	ETAPA 3: Categorias
A priori	RD+SM+DE	Danos à fauna aquática	1	Problematização relacionada ao uso e descarte de medicamentos no meio ambiente
	RDC	Interferências Sociais no descarte de fármacos no meio ambiente.		
	RDC	Ações públicas de destinação e disposição final dos remédios.		
	RDC+DE	Ações sociais	2	Perspectivas de solução para os problemas apontados
	RDC+SM	Legislação Ambiental		
	SM	Ética médica na medicação	3	Perspectivas de promover a justiça social, princípios éticos e a tomada de decisão
	SM+DE	Automedicação e dependência como prática social		
	DE+ SM	Tratamentos médicos Equívocos médicos		
	DE + SM	Ação fisiológica dos medicamentos	4	Aspectos éticos pela necessidade de maior conhecimento público sobre a biotecnologia e os fármacos
	SM+DE	Aspectos científico e tecnológico dos fármacos e biofármacos		
RDC	Bioética pelo uso de cobaias pela Ciência			
Emergente	SM	Aspectos biológicos das doenças	5	A construção interdisciplinar do conhecimento sobre a Biotecnologia e a farmacologia
	SM	Relações biológicas e químicas na composição dos medicamentos		
	DE	Prevenção e tratamento de doenças humanas	6	Programas da rede pública, gratuidade e custos associados à cura e à prevenção de doenças
	DE	Custo pelo tratamento natural, sintético e biofármaco		
	SM+DE	Características paliativas dos produtos naturais para o recobro da saúde	7	Alternativas para o uso de medicamentos naturais
	DE	Prescrição natural para a prevenção de doenças		

Fonte: Autoria própria (2018).

Cada uma dessas sete categorias será discutida no próximo capítulo, considerando os elementos encontrados na literatura e o que foi possível compreender na fala dos sujeitos decorrentes da sequência didática, caracterizando uma tripla relação que favoreceu as aproximações entre a

educação CTSA, a biotecnologia e a farmacologia. Esse processo fundamenta-se em diversos processos coletivos de construção e reconstrução de significados. Assim, processos de leitura e escrita continuamente são enriquecidos pelo conhecer e compreender dos sujeitos envolvidos, promovendo discussões de seu interesse e ao mesmo tempo a transformação social que necessitam (MORAES; GALIAZZI, 2011).

4. BIOTECNOLOGIA NUMA PERSPECTIVA CTSA

Este capítulo tem como intuito apresentar uma discussão acerca de cada uma das categorias estabelecidas a partir da análise da transcrição dos argumentos de, aproximadamente, 60 alunos divididos em duas turmas do 3º ano do Ensino Médio Integrado com o Curso Profissionalizante em Meio Ambiente. Esses discursos foram obtidos durante a realização das atividades da Sequência Didática (RDC, SM e DE), relacionando-as com as perspectivas da educação CTSA.

Trataremos primeiramente das categorias *a priori*, a saber: Problematização relacionada ao uso e descarte de medicamentos no meio ambiente; Perspectivas de solução para os problemas apontados; Perspectivas de promover a justiça social, princípios éticos e a tomada de decisão; e Ética pela necessidade de maior conhecimento público sobre a biotecnologia e os fármacos. E depois, das seguintes categorias *emergentes*: Abordagem da Bioquímica na produção de fármacos; Programas da rede pública, gratuidade e custos associados à cura e à prevenção de doenças; e Alternativas para o uso de medicamentos naturais.

4.1 Problematização relacionada ao uso e o descarte de medicamentos no Meio Ambiente

De acordo com Auler (2002), a problematização permite ao sujeito olhar de maneira crítica para os problemas sociais decorrentes da influência da ciência e da tecnologia na sociedade. Deste modo, as concepções distorcidas acerca das relações sociais e ambientais apresentadas pelos estudantes podem ser minimizadas, dando lado à formação de cidadãos mais conscientes e que podem atuar na proposição de soluções para os diversos problemas de cunho científico e tecnológico.

Nesse sentido, a problematização sobre o uso e o descarte de medicamentos, no meio ambiente, pode ser associada às falas das estudantes Letícia e Alessandra, durante a realização da Roda de Conversa.

Primeiramente, a aluna Letícia disse o seguinte: **“não é apenas, através do descarte que a gente contamina o meio ambiente, parte dos remédios**

que ingerimos não são totalmente absorvidos pelo nosso organismo” (RDC 1- Letícia). A Alessandra acrescentou: **“quando as embalagens com medicamentos são descartadas no meio ambiente incorretamente eles podem afetar os lençóis freáticos, as águas superficiais e o solo” (RDC 28- Alessandra).** Devido às afirmações de Letícia e Alessandra, percebeu-se que elas passaram a se conscientizar e a argumentar de maneira mais crítica sobre as práticas sociais de uso e/ou despejo de fármacos, os quais podem contaminar ao ambiente hídrico e o solo.

Corroborando com esse problema de descarte incorreto de medicamentos e seus reflexos sobre as bactérias, peixes, crustáceos e tubarões, Caroline afirmou: **“as bactérias ali encontradas acabam [ingerindo esses produtos] e adquirem resistência a essas substâncias” (RDC 29- Caroline).** Depois Isabel: **“feminização de peixes e crustáceos deixando-os inférteis” (SM 129- Isabel)** e Roberta: **“eles podem ser bioacumulados no plasma dos tubarões” (SM 127- Roberta).** Nesses três trechos, notou-se que houve o desenvolvimento de argumentos mais minuciosos e responsáveis em relação à ciência e à tecnologia, especificamente sobre as questões ambientais de alterações fisiológicas e reprodutivas na biodiversidade aquática, além disso os alunos apresentaram diversas possibilidades para solucionar o problema do descarte doméstico de fármacos na sociedade.

Para Reis (2016), a problematização ambiental permite que os sujeitos construam conhecimentos e habilidades capazes de mobilizar de maneira crítica e sensível a busca de soluções possíveis para um fenômeno ou problema do cotidiano. Sendo assim, a prática educativa na perspectiva CTSA propicia condições em que os educandos, em suas relações uns com os outros e todos com o ambiente, passem a se assumir como responsáveis pelos problemas reais decorrentes dos impactos do uso inconsequente da ciência e da tecnologia.

A problematização preza pela discussão de questões científicas, a partir de análise crítica e curiosa sobre o resultado do uso da tecnologia na sociedade (FREIRE, 2017). Deste modo, as experiências dos alunos foram respeitadas, tendo em vista que o uso abusivo de medicamentos pode colocar em risco à

saúde da população, além de envolver as políticas públicas ambientais de gestão dos resíduos da indústria farmacêutica.

Entende-se que Ana quando disse: **“Aterros não tem. Local para fazer a incineração são poucos, então fica difícil para a população fazer descarte de maneira correta” (RDC 5- Ana)**, reconhece o problema do descarte incorreto de medicamentos, por parte da população, além disso, ela critica a falta de políticas públicas ambientais associadas aos processos de coleta, tratamento e disposição final adequada desses produtos.

Diante disso, Joana afirmou: **“a devida orientação sobre os medicamentos pode ser fundamental para que os pacientes não comprem de maneira errada” (RDC 12- Joana)**. Juliana acrescentou: **“um dos caminhos para evitar esse problema é agir com responsabilidade, a gente sempre acaba descartando na pia, na privada ou no lixo, sendo que algumas farmácias recebem esse lixo” (RDC 86- Juliana)**. A partir desses dois argumentos, as estudantes demonstraram uma postura mais responsável e ativa em busca da conscientização social sobre a questão do descarte incorreto de fármacos. Corroborando com esses depoimentos, a educação com enfoque nas questões de natureza CTSA possibilitou que os sujeitos passassem a expressar suas opiniões pessoais de forma crítica e responsável na busca de soluções para os problemas ambientais e sociais, oriundos da ciência e da tecnologia (PEDRETTI, 2003).

4.2 Perspectivas de solução para os problemas apontados

Para Santos (2002), a abordagem de questões relacionadas com ciência e a tecnologia, no ambiente escolar, podem ser uma ferramenta de formação social, em que os alunos desenvolvem suas potencialidades de maneira ativa para a tomada de decisões críticas e responsáveis na sociedade.

Assim, foi possível perceber, o enfoque CTSA possibilitou que os estudantes apresentassem em seus argumentos algumas perspectivas de conscientização pública para solucionar os problemas decorrentes do uso e do descarte indevido de fármacos, como afirmou a Juliana **“eles poderiam colocar**

um cartaz nas farmácias, palestras públicas, propagandas na internet e na televisão” (RDC15- Juliana).

Respectivamente, a Luiza apontou uma alternativa tecnológica que seria: **“desenvolver um aterro específico só para o descarte de medicamentos para não misturar com o lixo orgânico ou reciclável” (RDC 5- Luiza)**, sugerindo a regularização de aterros sanitários direcionados para receber as sobras dos fármacos de modo a evitar impactos ambientais no solo. Já, no discurso do Ruan, foi possível notar que ele desenvolveu aspectos de ativismo, responsabilidade cidadã e de tomada de decisão quando disse **“o certo é sempre que a gente terminar de tomar um medicamento ou se sobrar alguma coisa dele, a gente pode levar lá (remetendo às farmácias e hospitais)” (RDC 25- Ruan).**

Visando envolver a conscientização social sobre o descarte doméstico de fármacos e suas embalagens, Juliana afirmou que **“acha muito importante que seja discutido esse tema nas salas de aula [...]e também, para as crianças e adolescentes, para eles repassem aos familiares essa informação” (RDC 84- Juliana).** Assim, notou-se que essas questões de carácter social e ambiental inerentes à ciência e à tecnologia proporcionaram à Juliana um saber mais sensível e comprometido com os problemas de seu cotidiano.

Segundo Pedretti (2003), o conhecimento mais realista sobre a ciência e a tecnologia deve ser retratado como uma atividade humana, dotada de pontos fortes (normalmente referidos à melhora na qualidade de vida), mas também de limitações por seus danos, partindo para a construção de um pensamento crítico que permite que os cidadãos possam construir uma formação responsável a respeito de qualquer empreendimento científico e tecnológico.

Ainda, na atividade da roda de conversa, foram discutidas as perspectivas de solução para os problemas apontados com o uso e o descarte de fármacos, incluindo as interferências sociais decorrentes da orientação farmacêutica e a legislação ambiental municipal. Segundo o estudante Wellington **“falta estrutura para o tratamento, destinação final [...] e a retirada da sobra deles da água” (RDC 7- Wellington).** Por meio desse discurso, compreendeu-se que o Wellington formou uma opinião crítica e responsável em relação à tecnologia sanitária, pois, para ele, uma das

alternativas para resolver o problema social e ambiental decorrente da sobra de resíduos farmacológicos seria investir em produtos tecnológicos, nas pesquisas científicas e locais adequados para receber, tratar e fazer a disposição ambientalmente adequada desses resíduos.

Para o Paulo, os farmacêuticos **“conhecem essa legislação, mas eles acabam não orientando o consumidor sobre o descarte correto” (RDC 9-Paulo)**. A Vanessa acrescentou: **“uma resolução que é do Conselho Regional de Farmácia que determina que os farmacêuticos eles são responsáveis pela destinação adequada dos resíduos gerados pelos serviços de saúde” (RDC 63- Vanessa)**. A partir desses dois argumentos, foi possível verificar princípios de crítica sobre a indústria farmacêutica e seus profissionais, visto que, segundo Paulo e Vanessa, a legislação ambiental os responsabiliza quanto à orientação social, coleta e a disposição final mais adequada para os medicamentos vencidos, suas sobras e embalagens.

Cabe ressaltar, porém, que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10) regula que as redes farmacêuticas e as unidades de saúde têm a responsabilidade de recolher os medicamentos, suas sobras e embalagens, contudo, os órgãos municipais, estaduais e federais de fiscalização ambiental são praticamente ineficazes, no sistema de logística reversa desses produtos (MEDEIROS et al., 2014). Quanto às responsabilidades municipais pela gestão dos fármacos, foi sancionada, recentemente, a Lei de nº. 13.978/12, que dispõe sobre os possíveis pontos de coleta de resíduos domiciliares e as ações mais adequadas para destinação final ambientalmente adequada. Apesar disso, são poucas as unidades farmacêuticas que cumprem essa normativa, principalmente na arrecadação de medicamentos de uso doméstico vencidos e suas sobras.

De acordo com Medeiros et al. (2014), os programas de coleta e de disposição dos medicamentos de maneira incorreta é uma importante questão a ser considerada e debatida em um país com regiões tão heterogêneas como o Brasil. Investimentos públicos são essenciais para viabilizar o processo de logística reversa entre municípios, estados, indústrias farmacêuticas, distribuidoras de fármacos e empresas responsáveis pela coleta, transporte, aterro ou incineração desses produtos, de modo a evitar a entrada de seus poluentes no meio ambiente. A implantação de programas sociais de coleta e

destinação apropriada pode ajudar a minimizar o problema da poluição por fármacos, como também, permite a conscientização da população em relação ao descarte ambientalmente seguro, os riscos da automedicação e da intoxicação medicamentosa.

4.3. Perspectivas de promoção da justiça social, princípios éticos e a tomada de decisão

A educação CTSA tem como finalidade a formação de cidadãos críticos, suscitada por meio de controvérsias éticas e de justiça social associadas às práticas científicas e tecnológicas (REIS, 2004). Atividades realizadas nas aulas de ciências podem ser pautadas em problemas do cotidiano, além de desempenhar um importante papel no desenvolvimento de princípios de justiça voltados para a tomada de decisão responsável na sociedade (REIS, 2013).

Durante as práticas do seminário e da roda de conversa, foi possível perceber a presença de opiniões críticas sobre a ciência e a tecnologia intrínsecas ao uso de medicamentos e seus efeitos colaterais na saúde humana, a partir da Roberta que disse: **“se a pessoa não tiver consciência [...] pode ficar dependente desse medicamento...porque a pessoa começa a se [automedicar] contra qualquer dorzinha” (SM 246- Roberta)**. Corroborando com isso, verificou-se que Fabiana desenvolveu aspectos de conscientização e de tomada de decisão sobre as controvérsias de cura, efeitos colaterais e dependência associadas aos hormônios, quando afirmou: **“é que hormônios são fármacos ele é o meio mais próximo de conseguir uma cura. Só que excede tanto [a quantidade] de hormônio que não é bom para as pessoas porque teriam mais efeitos colaterais do que benefícios” (DE 365- Fabiana)**.

Nos argumentos da Jady, percebeu-se o levantamento de problemáticas sociais em relação à ciência e à tecnologia, visto que ela afirmou o seguinte: **“a minha sobrinha ela tomou remédio [anticoncepcional], porque ela queria acelerar o metabolismo dela. E o remédio tinha bastante hormônio, só que ele acelerou demais, agora ela tem 12 anos com o corpo de meninas de 16, 17 anos” (SM 292- Jady)**. Por sua vez, Daphene discorreu:

“eu vou citar um exemplo o da minha irmã ela foi tomar um anticoncepcional a gente tem histórico de trombose na família, então, nem eu nem ela podemos tomar nenhum medicamento com hormônio. Daí ela perguntou [para a ginecologista], eu preciso fazer algum exame ou alguma coisa assim? A médica disse que não. Daí a médica receitou um medicamento que deu trombose nas duas pernas [da minha irmã], e aí? Ela ficou prejudicada para a vida inteira. A médica falou que iria indicar um anticoncepcional que não iria dar trombose nem nada, mas deu” (DE 437- Daphene).

Nesse sentido, compreendeu-se que a Daphene desenvolveu princípios éticos e de justiça social decorrentes de erros médicos que aconteceram com seus familiares, especificamente por alguns desses profissionais negligenciarem a toxicidade farmacológica dos anticoncepcionais, expondo a população à graves problemas de saúde.

Essas controversas da biotecnologia e da farmacologia contribuíram para que Daphene e Jady desenvolvessem uma postura mais crítica acerca dos prováveis prejuízos decorrentes das reações toxicológicas na sociedade. Confirmando essas afirmações Linhares e Reis (2017) apontam que as potencialidades das dimensões científica, tecnológica, social e ambiental são inerentes a vida dos cidadãos, pois possibilitam que eles passem a desenvolver suas capacidades de pensamento, motivação e de formulação de opiniões bem fundamentadas para a tomada de decisão.

No que diz respeito a indústria farmacêutica e o consumo popular de fármacos Bruna afirmou: **“a depressão já atinge 350 milhões de pessoas no mundo todo [...], sendo que a depressão é duas vezes mais comum nas mulheres [...]. Houve um estudo que diz que ocorreu o crescimento de vinte por cento na utilização dos antidepressivos [...] sendo que para efeito de comparação a taxa de crescimento populacional aumentou apenas um por cento então é um crescimento bem grande” (SM 222- Bruna)**. A partir dessa fala, notou-se o desenvolvimento da consciência crítica e de justiça social decorrentes de um problema que têm se tornado crônico, visto que, atualmente, têm crescido o número de pessoas dependentes de antidepressivos, e a indústria farmacêutica, de certo modo, não vem atuando de modo a tratar todos os seus pacientes, mas remediá-los.

Ainda, considerando o uso de antidepressivos a Rebeca nos trouxe um dado científico preocupante, quando afirmou que:

[...] os estudos da “Organização Mundial da Saúde revelaram que a população brasileira é considerada a mais depressiva da América Latina [...] sendo que em foram encontradas 35.453 unidades em 2010 e 61. 859 em 2016, representando um aumento de setenta e quatro por cento no número das pessoas que tomam esses medicamentos, isso é um dado muito preocupante!” (SM 228- Rebeca).

Foi possível compreender, com essa fala, que Rebeca empregou pesquisas científicas para respaldar suas afirmações, além disso, verificou-se a formação de juízo de valor e de tomada de decisão, quando ela clarifica a informação conhecida, com suas referências particulares emitindo julgamento próprio sobre as situações sociais apresentadas.

A aluna Roberta durante a realização do seminário sobre os biofármacos e os medicamento sintéticos se respaldou de questões sociocientíficas associadas às vantagens e às desvantagens do uso dos inibidores de apetite, como também, os riscos decorrentes da automedicação e de dependência, a saber: **“o inibidor promove o emagrecimento e é indicado as pessoas que tem problemas com a “balança”. Mas se a pessoa não tem a necessidade de utilizá-los é indicado que não faça uso pois seus efeitos vão afetar a saúde da pessoa sendo que ela não precisa disso. Quando tomamos [remédios] sem orientação médica acabamos ficando dependente deles”** (SM 243- Roberta). Notou-se, a partir desse enxerto, que a aluna passou a desenvolver aspectos éticos, de julgamento, responsabilidade e senso crítico quanto aos prováveis riscos da automedicação na sociedade.

Pedretti (2003), afirma que essas percepções sobre a ciência e a tecnologia podem ser decorrentes da educação CTSA, a qual permite que os estudantes possam desenvolver a sensibilidade ética, formar opiniões críticas e de julgamento. Além disso, segundo a autora, estes alunos podem se tornar pessoas mais preparadas para implementar mudanças de comportamento social e de responsabilidade ambiental. Assim, ao debater com os estudantes sobre as questões científicas e tecnológicas, frente aos seus problemas sociais e ambientais, desenvolveram-se a sensibilidade ética dos participantes e a capacidade de tomada de decisão possível para resolver as dificuldades presentes na comunidade (PEDRETTI, 2003).

Ao passo que, a tomada de decisão cidadã pode também ser construída a partir de uma questão não completamente definida, cujo resultado pode encerrar alternativas diversas e cuja solução é tomada sob o foco multidisciplinar dos conhecimentos científicos e tecnológicos, por meio de discussões, sendo avaliado o bem-estar social (SANTOS; MORTIMER, 2001).

4.4. Aspectos éticos pela necessidade de maior conhecimento público sobre a biotecnologia e os fármacos

De acordo com Palácios et al. (2003), a ciência pode ser caracterizada por um conjunto de teorias ou paradigmas que necessitam de soluções tecnológicas voltadas aos problemas que se investiga em um determinado momento pela comunidade científica. No entanto, quando essas questões são resolvidas, podem se transformar em grandes setores industriais, colocando a Tecnologia à serviço do bem-estar humano. Do mesmo modo, as inovações tecnológicas foram incorporadas nos mais diversos campos do conhecimento científico, com o objetivo de desenvolver opções mais eficazes aos tratamentos médicos, por exemplo, unindo a farmacologia e a biotecnologia. Graças a elas, os medicamentos tornaram-se parte da realidade social, porém, acabam proporcionando o surgimento de questões controversas, na medida em que podem, ao mesmo tempo, curar um paciente como também causar nele outros problemas de saúde.

A partir das questões oriundas da biotecnologia e da farmacologia, foi possível observar, nos discursos dos estudantes Renan e Bruna, associações entre a composição bioquímica e os mecanismos de ação fisiológica humana pelo uso dos medicamentos sintéticos.

O Renan discorreu da seguinte maneira:” **os antidepressivos possuem efeitos colaterais eminentes vistos que eles são controladores de humor e a falta desses remédios pode fazer mal porque, a pessoa auxilia [na alteração] do humor, às vezes, fique brava, às vezes, fica feliz**” (SM 181-Renan). Nessa perspectiva, observou-se que as controvérsias científicas e tecnológicas contribuíram para que o Renan construísse opiniões mais críticas,

de julgamento e de tomada de decisão em relação ao uso de antidepressivos e seus reflexos sobre a sociedade.

Depois, Bruna argumentou: **“na Segunda Guerra Mundial eles foram usados pelos cientistas alemães que sintetizaram os esteroides anabólicos, acrescentando ainda sobre [...] as tropas alemãs receberam as doses desses produtos para ter maior agressividade e resistência durante as batalhas”** (SM 243- Bruna). Percebeu-se, a partir desses argumentos, a preocupação da estudante com as questões éticas da ciência e de justiça social, especificamente, nas pesquisas associadas à produção de anabolizantes para os soldados nazistas, os quais de maneira desumanas foram responsáveis por exterminar milhares de pessoas durante a guerra. Esse exemplo frisado por Bruna, evidenciou aos outros alunos as questões controversas da ciência e da tecnologia, pelo “uso” dos anabolizantes, especificamente, voltados aos desejos dos soldados alemães e de Adolf Hitler em adquirir agressividade e resistência durante as batalhas com civis e tropas adversárias.

Para Freire (2007), o senso crítico pode desenvolver-se por meio de um pensamento autônomo em que se analisa e se discute os problemas decorrentes da ciência e da tecnologia de maneira racional. As associações com questões cotidianas e tecnológicas atuais podem propiciar aos sujeitos a formação da consciência crítica e responsável na sociedade. A partir dos argumentos dos estudantes Wellington, Vanessa, Caroline, Ana Clara, Tatiane, Rodrigo e Fabiana em relação aos medicamentos biológicos (biofármacos) provenientes da biotecnologia, incluindo seus aspectos éticos, científicos e tecnológicos.

Os argumentos proferidos pelo Wellington foram os seguintes: **“Os biofármacos surgem por uma sequência de DNA que produz a proteína de maneira mais efetiva”** (SM 159- Wellington), na sequência Bárbara afirmou:

[...] a produção de Anticorpos Monoclonais [...] é feita por uma cultura de célula do rato que eles retiram o linfócito B do baço do rato [...] de uma fusão se forma o hibridon que faz a seleção das células híbridas, que serão transferidas para outro rato, e daí eles retiram os anticorpos monoclonais, e refazem os testes e a cultura de células que serão depois armazenadas [...] e congeladas para o futuro (SM 167- Bárbara).

Em ambos os casos, compreendemos que houve o desenvolvimento de conhecimentos científicos e tecnológicos, especificamente, no que diz respeito à produção de biofármacos e à manipulação genética da biotecnologia associada aos testes clínicos para a aprovação dos anticorpos monoclonais.

Notou-se também, que a abordagem da biotecnologia e da farmacologia permitiu que os alunos construíssem um saber mais aprofundado sobre a ciência e a tecnologia, principalmente associado à manipulação clínica dos fármacos passíveis de tratamento para as doenças humanas. Neste contexto, o ensino de ciência sob o enfoque CTSA é fundamental para a formação de cidadãos bem informados, ativos e críticos sobre questões controversas que possam surgir no cotidiano (LINHARES; REIS, 2017).

Posteriormente, a abordagem da biotecnologia e da farmacologia propiciou que Ana afirmasse: **“é infelizmente, os testes são realizados principalmente em animais. E tem aquela briga lá dos ambientalistas com os cientistas para tirar os ratinhos dos testes para a venda dos medicamentos”** (DE 497- Ana). Em relação ao relato de Ana, percebeu-se que ela passou a desenvolver uma postura mais crítica e de tomada de decisão contra os testes farmacêuticos realizados para aprovação científica dos medicamentos. Além disso, ela se fundamentou na afirmação do duelo que existe entre ambientalistas (contra) e cientistas (a favor), uma vez que essa prática é realizada com alguns animais (camundongos, cães, primatas, entre outros), os quais, são expostos à ingestão de remédios podendo sentir dores, alergias e mutilações até que esse produto seja considerado eficiente para a cura de determinada doença humana, se for aprovado ele passa a ser patenteadado pela indústria farmacêutica até chegar à população.

Cabe ressaltar, portanto, que essa controvérsia para muitos ambientalistas e biólogos é considerada antiética, visto que, essas cobaias passam por constante sofrimento nos laboratórios, em alguns casos, eles são tratados como objetos de estudo, sendo desconsiderada a qualidade de vida desse animal. Diante disso, Fabiana acrescentou o seguinte:

É eu tinha visto na internet que os cientistas e o pessoal da tecnologia estavam fazendo como “se fosse um humano digital” [...] com pele de

peessoa de verdade, eles injetavam o medicamento vendo os impactos causados tipo [...] um robô com pele humana” (DE 505- Fabiana).

A partir da problemática levantada por Ana, notou-se que a estudante Fabiana desenvolveu uma consciência mais ética e responsável sobre a ciência ao defender o uso da tecnologia, essencialmente, empregada para atender essa problemática sociocientífica, uma vez que esses cobaias poderiam ser substituídos por pele sintética humana, a qual tem como vantagem a ausência de dor e/ou sofrimento para aos animais e a garantia de aprovação aos medicamentos. Compreendemos também que essa controvérsia propiciou o debate sobre o papel da ciência e da tecnologia para a biotecnologia e a farmacologia, e ainda evidenciou as recentes mudanças, nos testes clínicos, voltadas para atender às críticas sociais, ambientalistas e científicas.

A abordagem de questões éticas envolvendo a Ciência e a Tecnologia pode estar diretamente vinculada aos alunos e estas, por sua vez, tornam-se essenciais para promover a discussão de diferentes pontos de vista, em uma construção coletiva dos alunos na busca das possíveis soluções para os problemas sociais (SANTOS; MORTIMER, 2001). Para Auler e Delizoicov (2006), a problematização pode levar os alunos a desconstruir ideias salvacionista/redentora atribuída à Ciência-tecnologia, propiciando assim, uma leitura crítica da realidade. Conforme Auler (2002), a problematização, no ambiente escolar, tem o intuito de articular os discernimentos éticos, morais e democráticos dos sujeitos de modo a propiciar a formação da consciência crítica e a tomada de decisão.

A seguir, serão apresentadas categorias que classificamos como emergentes: “Alternativas de prevenção dos efeitos colaterais dos fármacos com o uso de medicamentos naturais”, “Programas de saúde pública ou gratuidade para prevenção de doenças” e “Abordagens interdisciplinares na produção de fármacos”.

4.5 A construção interdisciplinar do conhecimento sobre a Biotecnologia e a Farmacologia

Durante a realização da prática do seminário sobre medicamentos sintéticos e biofármacos, surgiram diferentes argumentos em relação à composição bioquímica desses produtos, nessa perspectiva, Fabiana discorreu:

[...] as características químicas dos medicamentos apresentam um risco potencial a saúde pública pois esses resíduos possuem alguns componentes resistentes que podem contaminar o solo e água. Como por exemplo podemos citar o hormônio feminino presente nos anticoncepcionais e os medicamentos de reposição hormonal e pós-menopausa. Os hormônios naturais são compostos pelo Estradiol, Estrona e Estriol. E o sintético que é o Etilnil estradiol. Eles são de uso medicinal e eles são muito utilizados pra terapias de reposição hormonal feminina como anticoncepcional (SM 128- Fabiana).

Assim, percebeu-se que a estudante apresentou aspectos de conhecimentos interdisciplinares em relação aos compostos químicos presentes nos anticoncepcionais sintéticos, como foi o caso do Etilnil Estradiol, somado a isto, ela preocupou-se em apresentar opções mais naturais de reposição hormonal feminina. Notou-se também, a formação de juízo de valor em relação aos riscos potenciais dos anticoncepcionais à saúde humana e ao meio ambiente.

Na sequência, o Renan afirmou assim:

[...] eu trouxe o Polaramine, um exemplo de antialérgico. O Polaramine ele possui 15 moléculas de carbono, uma de cloro, 19 de hidrogênio e 2 de nitrogênio. Os efeitos que se esperam com o Polaramine é o tratamento de reações alérgicas e é um remédio que pode ser em comprimido e na forma líquida. E a utilização do comprimido pode ser três comprimidos ao dia, não passando seis unidades [...] por se tratar de componentes químicos ao entrar em contato com o meio hídrico ele passa pelo tratamento de água assim, poluindo rios e outros meios naturais (SM 189- Renan).

Foi possível constatar que a abordagem das questões científicas e tecnológicas permitiram que o estudante pudesse relacionar conhecimentos construídos entre as ciências naturais e as exatas inerentes à biotecnologia e à farmacologia. Ademais, o Renan adoeceu saberes interdisciplinares inerentes às reações fisiológicas dos medicamentos sobre a sociedade e seus impactos ambientais. Do mesmo modo, a Alanis trouxe aspectos interdisciplinares da biotecnologia e dos fármacos na seguinte fala:

[...] os anticoagulantes eles são fármacos e tem a função de ajudar na circulação do sangue [...], doença cardiovasculares como por exemplo, a trombose. O efeito colateral, é o sangramento excessivo ou as hemorragias diversas que podem ocorrer em qualquer parte do corpo, na boca, nos olhos, qualquer parte da pele pode ocorrer, as manchas roxas que são chamadas de equimoses, sangramento na boca que seria a gengivorragia e nas narinas que seria a hepistaxe[...] sangue na urina, fezes com sangue ou gangrena. Eles não são recomendados durante a gravidez especialmente, durante o primeiro trimestre pois, pode causar aborto e má formação no feto. Os impactos ambientais estão presentes na composição dos anticoagulantes. Por exemplo, o Lítio e a Amônia. O Lítio ele causa mais problemas ao meio ambiente durante a sua extração porque ele utiliza muita água para a sua lavagem e na sua produção em laboratórios. A amônia pelos impactos que ela pode causar se for derramada em rios e lagos (SM 196-Alanis).

A partir dos argumentos da Alanis, notou-se que ela passou a apresentar aspectos de consciência crítica e de justiça social, principalmente, que no diz respeito aos benefícios dos anticoagulantes à saúde humana, quando esses são utilizados no tratamento da trombose e em doenças cardiovasculares, mas também, os riscos de sangramentos contínuos, manchas no corpo, abortos e má formação fetal. Observamos ainda, que a estudante formou conhecimentos científicos e tecnológicos aprofundados, além das articulações dos saberes da química ambiental (poluição medicamentosa) e das ciências naturais (biologia e a química).

Ao longo da sequência didática, os estudantes passaram a desenvolver conhecimento científico e tecnológico, a partir da abordagem da biotecnologia e da farmacologia. Assim, a educação em ciência e tecnologia pode assumir um papel primordial para a abordagem de aspectos interdisciplinares, os quais possibilitam aos sujeitos explorar dimensões problematizadoras, dialógicas e de troca de saberes. Uma formação comprometida com o exercício da cidadania, que permite aos sujeitos avaliar os problemas, buscar soluções e tomar decisões comprometidas com o bem-estar social e a proteção do meio ambiente (ANGOTTI; AUTH, 2001).

4.6. Programas da rede pública, gratuidade de custos associados à cura e à prevenção de doenças

Durante a realização do debate sobre os riscos associados ao surgimento do câncer de mama e a utilização de anticoncepcionais, surgiram

críticas dos alunos no tocante aos programas de saúde pública de gratuidade de exames preventivos para doenças graves, os quais podem ser observados nos diálogos de Letícia e Gisele. Primeiramente, Letícia questionou:

[...] esses exames [preventivos] são acessíveis para todo mundo? Esse exame não é acessível para todo mundo. No caso, dos mais carentes eles não têm a possibilidade de fazer esse tipo de exames (se não for pelo SUS). E a demora para ela fazer o exame? E se ela não tiver dinheiro para fazer particular? [Cara de indignação], então a saúde pública não contribui para ninguém! (DE 315- Letícia).

Ao analisar os discursos de Letícia, percebemos sua posição crítica e de justiça social em relação aos programas de assistência e/ou preventivos contra doenças oncológicas oferecidos pelo SUS, por esses apresentarem problemas como: demora no atendimento prestado e a acessibilidade para os pacientes mais carentes, além disso, podemos notar que a estudante desenvolve aspectos de justiça social ao proferir tal questionamento sobre a saúde pública. Esse problema social pode ser associado às pesquisas científicas e tecnológicas, que têm descoberto diversos exames e tratamentos para o câncer, contudo, sabemos que eles não são acessíveis para toda a população, como questionou Letícia.

Considerando a categoria Programas da rede pública, gratuidade de custos associados à cura e à prevenção de doenças, Gisele perguntou para Joana:

- Qual o posicionamento [de vocês] sabendo que ao tratar uma doença pode causar outra, com a [utilização da] radiação? Se você vai lá tirar uma radiografia de alguma parte do seu corpo você não tem uma proteção para aquilo você está exposto a radiação e os médicos têm noção disso! (DE 319- Gisele)

- Eles não estão nem aí! Só se tivesse uma proteção para a gente também. (DE 320- Joana).

Perguntou: Mas, se tivesse essa proteção não teria como fazer o raio X? (DE 321- Gisele)

Perguntou: [...] será que tem outra coisa, que [faça o exame] mas que não causa dano para a gente? (Gisele DE 323)

Respondeu: Eles não estão nem aí! Mas acho que a gente está mais exposta do que os médicos (DE 324- Joana) (grifos do autor).

Foi possível verificar que a estudante Gisele se mostrou preocupada e assim ela crítica aos exames de raio X, os quais podem colocar em risco à saúde dos pacientes pela exposição à radiação. Joana concordou com a colega sobre tal risco, devido a isso, as alunas passaram a questionar sobre a

necessidade de pesquisas voltadas aos procedimentos radiológicos mais seguros para a população e seus profissionais. Compreendeu-se, por meio desses discursos, que a abordagem da farmacologia anexada aos tratamentos farmacêuticos e preventivos contra doenças oncológicas possibilitaram que os alunos pudessem discutir uma controvérsia social, científica e tecnológica que, por um lado, contém os benefícios do uso do raio X para os diagnósticos médicos, mas por outro lado, os malefícios de sua exposição radioativa para pacientes e médicos.

Segundo Freire (2017), a construção do pensamento crítico permite que os alunos passem a trocar experiências e inquietações, objetivando esclarecê-las em prol do bem-estar comum. Nesse sentido, a discussão de problemas científicos e tecnológicos pode propiciar aos educandos condições de assumirem-se como seres sociais e históricos, como seres pensantes, comunicantes, transformadores, capazes de intervirem de maneira ética e responsável sobre os problemas sociais. De acordo com Mortimer e Santos (2001), o enfoque educacional de questões críticas da ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, pode permitir que os estudantes expressem suas opiniões por meio de debates e, assim, possam discutir e apresentar possíveis soluções para os problemas sociais.

O enfoque CTSA possibilitou que, ao longo das aulas de ciências, os alunos pudessem abordar questões de ordem pública, bem como passaram a avaliar e a incorporar alternativas para resolver tais situações, a fim de garantir o controle de doenças e a segurança na realização de exames preventivos contra o câncer. A seguir apresentamos os dados categorizados a partir da relação entre a composição, as características de tratamentos e a produção de fármacos sintéticos.

4.7 Alternativas para a cura e a prevenção de doenças pelo uso de medicamentos naturais

Ao longo da realização da atividade do seminário pautado na ingestão de anticoncepcionais e seus riscos associados ao surgimento do câncer de mama, emergiram novas compreensões sobre a reposição hormonal, por meio

de produtos naturais, biológicos e sintéticos. Essas alternativas foram proferidas, principalmente, pelo Paulo que afirmou: [...] **a maioria dos [medicamentos naturais] que eu vi não tinha efeito colateral. E não vai poluir o meio ambiente** (DE 359- Paulo). Deste modo, é possível entender que esse estudante passou a conscientizar-se de modo crítico e responsável em relação ao uso de medicamentos sintéticos, ele ainda se mostrou atento com os prováveis efeitos colaterais dos produtos naturais à saúde. Paulo ainda se mostrou consciente dos prejuízos que o descarte incorreto de medicamentos sintéticos pode trazer ao meio ambiente.

Depois disso, Jéssica defendeu a seguinte posição: [...] **eu usaria os naturais como forma de reposição natural. Com exercícios físicos [...], alimentação mais saudável [...] evitando o uso de efeitos colaterais dos remédios sintéticos, agora, se eu tivesse com o câncer daí eu teria que recorrer aos biofármacos** (DE 372- Jéssica).

Esse argumento evidencia que a aluna passou a compreender de maneira mais profunda e responsável acerca do uso dos fármacos, considerando suas atribuições naturais, sintéticas e biológicas para determinadas patologias. Especificamente, quanto à reposição hormonal, Jessica defendeu o uso dos biofármacos em casos mais graves e a ingestão de produtos naturais e/ou de exercícios físicos, ao invés dos remédios sintéticos. Compartilhando da mesma opinião, Kauan disse o seguinte: **“os naturais [...]. Acho bem melhor tomar um chá do que ficar se enchendo de remédio** (DE 375- Kauan). Assim notou-se que ele passou a proferir opinião crítica e de juízo de valor, no que diz respeito à ingestão de medicamentos naturais para atuar na reposição hormonal devido aos riscos do consumo descontrolado de fármacos sintéticos.

Carolina acrescentou: **“o remédio natural pode agir de uma forma mais saudável porque os remédios que são feitos em laboratórios [...] podem melhorar mais também podem trazer [danos] para o nosso organismo** (DE 394- Carolina). Esse argumento mostra que a aluna desenvolveu concepções mais críticas, de julgamento e de tomada de decisão relativa às questões científicas e tecnológicas presentes na sociedade,

especificamente nos riscos e benefícios dos medicamentos naturais e dos biofármacos.

Os estudantes mencionaram a possibilidade de recorrer aos produtos naturais, massagens e a prática de atividades esportivas, como uma forma menos invasiva de reposição hormonal, como se demonstra no trecho das alunas Rayssa, Fabiana e Rebeca. A primeira delas, Rayssa apresentou o Canabidiol, visto que, **“ele meio que diminui as células cancerígenas, faz reposição hormonal e tem bastante estudos em relação a isso”** (DE 334-Rayssa). Fabiana acrescentou **“as vitaminas B12 E B3, D, tomar sol, consumir brócolis, salmão, laranja, mamão, chás, ervas** (DE 442- Fabiana), podem auxiliar na reposição de hormônios do corpo. Em outro momento, a Rebeca afirmou o seguinte: **“massagens, chá de ervas, esportes, brócolis, laranja, morango, linhaça podem ajudar bastante”** (DE 535- Rebeca).

Notou-se, nos argumentos dessas três alunas, a indicação da utilização de chás, vitaminas, frutas para atuarem no controle dos problemas hormonais e na prevenção do câncer. Essas afirmações consolidaram-se, a partir das questões científicas e tecnológicas, discutidas em relação ao uso de fármacos na sociedade e no meio ambiente. No debate relativo à ingestão de hormônios sintéticos, naturais e biofármacos pudemos perceber que os estudantes passaram a construir argumentos mais críticos e responsáveis sobre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Cabe ressaltar, entretanto, que os estudantes aqui mencionados apresentaram os aspectos controversos dos produtos naturais, tradicionais e dos biofármacos, acrescidos da necessidade de acompanhamento médico para prevenir sua toxicidade à saúde.

Conforme Santos e Mortimer (2001), a discussão de problemas científicos e tecnológicos pode desenvolver um senso de responsabilidade nos estudantes para a resolução de problemas sociais e ambientais, sejam eles, atuais ou futuros. Assim, a abordagem de questões CTSA permite promover o aprendizado colaborativo e a responsabilidade social, aumentando o interesse dos alunos em tais questões, além de favorecer a construção do pensamento crítico e reflexivo para a tomada de decisão responsável na sociedade (FREIRE, 2007).

4.8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS: NOVAS COMPREENSÕES

No tópico anterior, denominado “Biotecnologia numa Perspectiva CTSA”, apresentou-se a análise das categorias *emergentes* e *a priori* levando em conta a participação dos estudantes na Sequência Didática, a qual se constitui dos dados gerados nas atividades da roda de conversa, no seminário e no debate. Esses resultados foram organizados em sete grupos, com base nas nossas compreensões sobre o contexto da pesquisa e os pilares da educação CTSA. A seguir, foram apresentadas, de maneira mais clara e integrada, as novas compreensões que emergiram desta investigação na pesquisa.

Os encaminhamentos metodológicos presentes na sequência didática visaram à construção das relações entre a temática da Biotecnologia e da Farmacologia sobre o enfoque CTSA, estabelecendo as categorias: “Problematização sobre o uso e o descarte de medicamentos no meio ambiente”; “Perspectivas de solução para os problemas apontados”; “Perspectivas de promoção da justiça social, princípios éticos e a tomada de decisão”; “Ética pela necessidade de maior conhecimento público sobre a Biotecnologia e os fármacos”; “Abordagem da bioquímica na produção de fármacos”; “Programas da Rede Pública, gratuidade de custos associados à cura e à prevenção de doenças”; e “Alternativas para o uso de medicamentos naturais”.

A abordagem da biotecnologia relacionada às questões sociais e ambientais da educação CTSA propiciou aos alunos momentos de debates, críticas e sugestões a respeito da utilização popular dos fármacos e seus efeitos adversos sobre o meio ambiente, principalmente, no tocante às alterações reprodutivas na biota aquática pela ausência de tratamento sanitário adequado.

Devido a isso, os estudantes apresentaram algumas perspectivas de soluções para os problemas apontados, dentre elas, a orientação dos cidadãos quanto ao descarte indevido de fármacos junto ao lixo doméstico, a qual, segundo eles, poderia ser realizada por parte do poder público e das redes farmacêuticas. A partir da problematização sobre o uso e o descarte indevido de fármacos, os alunos assumiram responsabilidades cidadãs, incluindo

alternativas de solução para o problema, a exemplo, a importância da conscientização popular por meio de palestras e campanhas nas escolas, postos de saúde e farmácias.

Os estudantes apresentaram também sugestões de leis ambientais mais rígidas implementadas de diversas maneiras: a fiscalização dos fármacos produzidos pelas indústrias; a coleta de embalagens com sobras de produtos desprezados pelos consumidores em drogarias e farmácias; e a disposição final ambientalmente adequada pelos municípios. Por essas argumentações e sugestões de resolução de problemas sobre o uso e o descarte de fármacos presentes nas categorias 1 e 2, foi possível perceber que esses sujeitos passaram a apresentar uma postura mais crítica e ativa, levando em conta suas responsabilidades e alternativas frente aos desequilíbrios ambientais oriundos da poluição medicamentosa.

Nas categorias 3 e 4, quanto às perspectivas de promover a justiça social, princípios éticos e a tomada de decisão a partir da biotecnologia e do enfoque CTSA”, discutiu-se a produção dos fármacos e dos biofármacos atrelados à “cura” de doenças paliativas, crônicas e hereditárias que, de fato, podem camuflar problemas sociais, éticos, econômicos e políticos como: a automedicação, a dependência e os efeitos colaterais na saúde humana. Essas questões sociais foram relatadas pelos alunos durante as atividades do seminário e do debate, bem como também houve a exposição de casos de equívocos médicos responsáveis por desencadear alterações severas na produção hormonal, e até de trombose na família.

Na categoria 5, os alunos puderam expor seus conhecimentos em relação aos biofármacos, muitas vezes, indicados para atuar na cura de doenças virais, genéticas, hereditárias e autoimunes. Esses medicamentos envolveram questões éticas, econômicas e políticas, os quais, por seus altos preços, podem dificultar sua aquisição e o tratamento adequado para a população. As vacinas, por sua vez, têm dominado o mercado nacional de biofármacos, associadas à erradicação de pestes como a Malária, a Influenza A, Dengue, Febre Amarela, e assim, tornaram--se o estopim para o consumo desses medicamentos, que visam subsidiar o desenvolvimento da biotecnologia e, em seguida, a fabricação de novos produtos financiados pela indústria farmacêutica.

Durante as discussões com os estudantes sobre a ingestão abusiva de fármacos, eles passaram a criticar o uso frequente de antidepressivos, anticoncepcionais, antibióticos, principalmente por seus riscos de acarretar a evolução de doenças graves associadas à dependência, toxicidade e de reações fisiológicas à saúde. Além disso, para o alívio de problemas hormonais femininos, a maioria dos alunos defenderam o consumo de frutas, verduras, chás e a prática de atividades físicas, ao invés da automedicação, como pode ser verificado nas categorias 5 e 7.

Devido às críticas e às sugestões dos estudantes no tocante à resolução dos problemas na categoria 6, os quais são associados ao uso de remédios, eles defenderam a necessidade de programas da rede pública voltados à gratuidade de exames preventivos, principalmente contra a manifestação do câncer de mama.

As questões de saúde humana relacionadas à biotecnologia e à ingestão de fármacos garantiram, por um lado, a realização das atividades da roda de conversa, do seminário e do debate inerentes a essa pesquisa, já, por outro lado, elas permitiram que os alunos pudessem discutir suas questões científicas, tecnológicas, sociais, ambientais, políticas, éticas e econômicas.

A Biotecnologia associada à educação CTSA possibilitou aos estudantes formar opiniões próprias, dotadas de senso crítico, de justiça e ética, a partir dos problemas relativos ao uso de fármacos. Foi possível perceber, durante as aulas, princípios de conscientização e responsabilidade ativa quando esses sujeitos passaram a propor soluções contra o descarte inadequado de medicamentos no ambiente doméstico. Houve, ainda, a preocupação em relação aos riscos sociais de automedicação, dependência e reações fisiológicas provocados pelos fármacos ao bem-estar humano.

O enfoque CTSA e biotecnologia permitiram também interligar disciplinas curriculares como a Biologia, a Química, Física, Filosofia, História, a Sociologia, entre outras de cunho técnico, estas estavam presentes durante as discussões de questões como a produção de fármacos e as reações adversas dos medicamentos à saúde humana e ao meio ambiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

nessa pesquisa, buscamos compreender sobre os processos de construção de argumentos críticos que relacionam a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente ao ensino de biotecnologia. especificamente, com o intuito de elaborar, desenvolver e avaliar uma sequência didática com foco na biotecnologia e na farmacologia sob o enfoque CTSA. Essa sequência de aulas foi organizada com o intuito de discutir com os estudantes a respeito das implicações da biotecnologia e da indústria farmacêutica sobre a sociedade e os recursos hídricos.

Durante as aulas, percebeu-se que os estudantes desenvolveram uma compreensão mais ampla sobre a biotecnologia e uso de medicamentos a partir de seus aspectos científicos, tecnológicos, sociais, políticos, econômicos, éticos e ambientais. Por meio dessas questões, os alunos passaram a expressar suas concepções considerando os benefícios e os prejuízos da biotecnologia sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Diante disso, notou-se também que os alunos passaram a desenvolver um senso crítico em relação aos possíveis impactos da ciência e da tecnologia sobre a sociedade atual, pois eles apresentaram compreensões mais amplas e pautadas em argumentos críticos em relação à ingestão de fármacos, bem como seus reflexos sobre a questão da automedicação, efeitos colaterais, toxicidade e os riscos de dependência humana.

Por sua vez, eles relataram problemas reais de trombose e de amadurecimento corporal precoce na família, ambos decorrentes de prescrição médica incorreta dos anticoncepcionais. Aliás, quando os estudantes começaram a compartilhar ideias sobre as implicações da biotecnologia sobre a saúde humana, notou-se que eles desenvolveram atitudes mais responsáveis, conscientes e ativas, propondo como solução o consumo de produtos naturais, a prática de atividades físicas e a necessidade de exames periódicos, visando minimizar os danos decorrentes da automedicação, da toxicidade e da dependência medicamentosa na sociedade.

As práticas da roda de conversa, do seminário e do debate abordaram também as implicações da biotecnologia no meio ambiente devido ao descarte indevido de medicamentos vencidos ou inutilizados nas residências, os quais podem atingir os corpos d'água provocando mudanças reprodutivas na biota aquática. A partir dessa questão ambiental, foi possível perceber que os alunos, em seus discursos, assumiram suas responsabilidades e ainda apontaram soluções para problemas ambientais, ressaltando a importância da conscientização social e a responsabilidade farmacêutica pela disposição final ambientalmente adequada dos remédios.

As discussões sobre a indústria farmacêutica promoveram a construção de argumentos mais críticos, éticos e responsáveis nos alunos, por ela estar constantemente atrelada às políticas públicas e econômicas, compra e consumo dos remédios na sociedade. Além disso, percebeu-se que os estudantes participaram de modo ativo em grande parte das atividades propostas. Ainda, alguns desses alunos, continuaram estudando sobre os fármacos e os biofármacos, com o objetivo de pesquisar métodos bioquímicos de descontaminação medicamentosa nos corpos d'água.

A realização da sequência didática sobre a temática da biotecnologia e da farmacologia contribuiu para favorecer a construção do conhecimento científico dos estudantes, numa perspectiva que leva em conta as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. A abordagem de questões controversas da ciência e da tecnologia apresentou, por um lado, os benefícios associados à cura de doenças imunológicas, crônicas e paliativas, mas, por outro, expôs os riscos à saúde pelo uso abusivo de medicamentos na sociedade atual. Além disso, o ensino de biotecnologia e de farmacologia proporcionaram aos estudantes desenvolver de maneira interdisciplinar a abordagem da biologia com os conteúdos de Química, Física, Filosofia, Sociologia, História, e outros de cunho técnico (referentes às disciplinas de Gestão de Resíduos, Análise e Controle de Química Ambiental, Ecologia, Ecotoxicologia e Educação Ambiental).

Contudo, faz-se necessário que esse tema envolva outros professores de Ciências com o intuito de que eles possam trabalhar numa perspectiva mais

crítica da educação associada às questões controversas da ciência e da tecnologia sobre a sociedade e o meio ambiente.

Entre as possibilidades construtivas para aprimorar uma sequência didática com enfoque CTSA, no que diz respeito à roda de conversa, é essencial que o professor valorize a opinião de cada estudante, bem como conscientizá-los sobre o respeito que precisa existir, entre escutar o outro colega e expressar seus argumentos para toda a turma. Na etapa de apresentação do seminário, pode ser solicitado aos alunos ouvintes a transcrição da exposição de cada grupo e/ou a formulação de questões sobre o assunto, visando solucionar possíveis dúvidas entre todos os estudantes da turma.

A atividade do debate ocorreu em um único dia de aula, desse modo os alunos tiveram pouco tempo para estudar, por isso, sugere-se que eles recebam os textos com os artigos em aulas anteriores a realização do debate para, assim, terem maior oportunidade de estudar e se preparar. Além disso, ressalta-se que é uma atividade rica, pois possibilita incluir diferentes assuntos da biotecnologia, como o uso de cobaias humanas e/ou animais em pesquisas farmacêuticas, bem como a prescrição de produtos homeopáticos e fitoterápicos voltados ao recobro da saúde humana. A biotecnologia possui uma grande variedade de temas a serem debatidos com os alunos, diante disso, sabemos que a sequência didática poderia incluir de maneira mais específica e cautelosa os aspectos científicos dos fármacos e das terapias curativas. Contudo, entendemos que essa sequência didática atingiu os objetivos propostos, ao passo que os alunos passaram a expressar argumentos mais críticos e responsáveis sobre a biotecnologia, bem como, as possíveis alternativas para evitar a poluição medicamentosa e a ingestão abusiva de fármacos na sociedade.

Consideramos ainda que essa pesquisa contribuiu de maneira significativa para a formação profissional da professora-pesquisadora, pois em meio às reflexões teórico-práticas realizadas para a implementação da proposta foi possível rever alguns aspectos associados a práticas estritamente conteudistas, nas quais a professora se coloca como única detentora do conhecimento, dando lugar a aulas mais dialógicas, que hoje podem

proporcionar aos alunos momentos de debates e críticas em relação à ciência e à tecnologia.

No sentido de auxiliar outros professores de ciências em suas aulas de biotecnologia sobre o enfoque CTSA, foi elaborado um caderno de orientações docentes (produto) composto por uma sequência didática totalizando dez horas-aula. Este material incluiu atividades como questionário, roda de conversa, exposição dialógica de conteúdo, prática de leitura de bulas de medicamentos, seminários sobre a produção farmacêutica nacional e debate sobre a ingestão de anticoncepcionais propícios ao surgimento de problemas de saúde, como o câncer de mama. O produto educacional preza também por momentos de troca de ideias entre alunos e docentes, com perspectivas de problematização sobre questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais da biotecnologia, voltadas à formação da consciência crítica, ética e responsável.

Para a continuidade desse estudo, temos o objetivo de analisar a biotecnologia e a farmacologia na formação dos professores de ciências pautadas nos pilares da educação CTSA, bem como articulá-las de maneira interdisciplinar com as disciplinas de Filosofia, Sociologia, Física, Química e Artes. Por sua vez, essa pesquisa, pode associar-se também à indústria da beleza, trazendo com ela, discussões sobre os riscos à saúde humana originários das terapias estéticas e cosméticas invasivas. Além disso, atualmente, são descartados resíduos de tintas de cabelo, shampoos, esfoliantes e protetor solar de maneira incorreta, os quais, podem causar muitos desequilíbrios ambientais. Tratar de um tema polêmico e atual, é crucial para o ensino de ciências, pois defendemos que as controvérsias da Biotecnologia e as relações CTSA são um ponto de partida para formar cidadãos mais críticos, ativos e responsáveis na sociedade.

REFERÊNCIAS

AKAHOSHI, L. **Uma Análise de Materiais Instrucionais com Enfoque CTSA Produzidos por Professores em Uma Análise de Materiais Instrucionais com Enfoque CTSA Produzidas por Professores em um Curso de Formação Continuada**. 163f. Dissertação (Mestrado em Instituto de Física, Química e Biociências), Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2012.

ALVES, J. A.P A; MION, R.A; CARVALHO, W.L.P. Implicações da Relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente: Subsídios para a Formação de Professores de Física. In: **VI ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2007.

ANDRADES, T.O; GANIMI, R.N. Revolução Verde e a Apropriação Capitalista. **Revista CES**, Juiz de Fora, v. 21, n. 1, p.43-56, 2007.

ANGONESI, D; SEVALHO, G. Atenção Farmacêutica: fundamentação conceitual e crítica para um modelo brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p. 3606-3614, 2010.

ANGOTTI, J. A. P; AUTH, M.A. Ciência e Tecnologia: Implicações Sociais e o Papel da Educação. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.1, p.15-27, 2001.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução Normativa-RS nº 215 /2002**. Brasília: ANVISA, 2002. Disponível em:<
http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/REP_RDC_275_2002.pdf/79cdd4af-c05d-4b99-9569-8955a027d28f>. Acesso em: 23 jul. 2018.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Projeto educação e promoção da saúde no contexto escolar: o contributo da Agência Nacional de Vigilância Sanitária para o uso racional de medicamentos**. Brasília: ANVISA, 2007.

ARAUJO, L.U. et al. Medicamentos genéricos no Brasil: panorama histórico e legislação. **Panamericana de Saúde Pública**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 480-492, 2010.

AUN, M.V. et al. Aditivos em Alimentos. **Revista Brasileira de Alergia e Imunologia**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 177-186, 2011.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências**. 257 f. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n. 1, p.1-13, 2001.

- AULER, D; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de Ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 5, n.2, p. 337-355, 2006.
- BRAVO, P.A.F; NASSIF, M. C. Doença de Parkinson: terapêutica atual e avançada. **Infarma**, Santiago, v.18, n. 9, p. 25-29, 2006.
- BRASIL. Associação Brasileira de Cardiologia. Diretrizes Brasileiras de Antiagregantes Plaquetários e Anticoagulantes em Cardiologia. **CARDICOL**. São Paulo, v.101, n. 3, p. 1-93, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde: Secretaria de atenção à saúde- Departamento de Atenção especializada e Temática. **Manual de Hemofilia**, 2ª ed. Brasília, 2015.
- BECK, U. **Risk society: toward a new modernity, translated from the German by Mark Ritter, with an Introduction by Scott Lash and Brian Wynne**. 1ª ed. University Library: London, 1992.
- BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n 4, p. 523-530, 2003.
- BOGDAN, R.C; BIKLEN, S.K. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à Teoria e aos métodos**. 1.ed. Porto editora: Porto, 1994.
- BORÉM, A. A história da Biotecnologia. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Viçosa, v. 34, n.1, p. 10-12, jan/jun. 2005.
- CALAZANS, M.J. **Iniciação Científica: construindo o pensamento crítico**. 2ed. São Paulo: Cortez, 2002.
- CALIXTO, C.M.F; CAVALHEIRO, E.T.G. Penicilina: Efeito do Acaso e Momento Histórico no Desenvolvimento Científico. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 118-123, ago. 2012
- CANIVEZ, P. Educar o cidadão? **Papirus**, Campinas, v.1, n.1, 1991.
- CAPANEMA, L.X.L. A indústria farmacêutica brasileira e a atuação do BNDES. **BNDES SETORIAL**. Rio de Janeiro, v.1, n. 23, 2006.
- CARVALHO, I. C.M. Qual educação ambiental? Elementos para um debate sobre educação ambiental e extensão rural. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.2, n.2, p. 43-51, abr/jun. 2001.
- CASTRO, C.G.S.O. **Estudos de Utilização de Medicamentos: noções básicas**. 1 ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, p. 92, 2000.
- CEEP. CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA: **Projeto Político Pedagógico: Um Processo de Construção Coletiva**, 2010.

COUTINHO, M.P.L; et al. Depressão, um sofrimento sem fronteira: representações sociais entre crianças e idosos. **PSICO-USF**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 183-192, jul/dez.2003.

DAMIANI, M. F; et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 45, n. 1, p. 57-67, mai/ago. 2013.

DAMIANI, M. F. Sobre pesquisas do tipo Intervenção. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO, Livro 3., 2011, Campinas. **Anais Eletrônicos...** Campinas: EDIPE, 2012. Disponível em: <<http://endipe.pro.br/ebooks-2012/2345b>>. Acesso em 30 ago. 2019.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. **Glossário de Recursos Genéticos Vegetais**. Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia. Serviço de Produção de Informação, Brasília, 1996.

FARIAS, C. R; CARVALHO, W.L.P de. O Direito Ambiental na sala de aula: significados de uma prática educativa no ensino médio. **Ciência & Educação**, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 157-174. 2007.

FERRAZ, A. P. C. M; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**. São Carlos, v.17, n.2, p. 421-431. 2010.

FERRO, E.S. Biotecnologia translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 70, p.109-121. 2010.

FREIRE, L.I.F. **Pensamento Crítico, Enfoque educacional CTS e o Ensino de Química**. 175 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários para à prática educativa**. 55ª ed, Rio de Janeiro, Paz & Terra, 2017.

FIGUEIREDO, V.F. NETO, P.L.O.C. Implantação Do HACCP na Indústria de Alimentos. **Gestão & Produção**. São Paulo, v. 8, n.1. p. 101-111, 2001.

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

KAPP, A.M.; MIRANDA, E.M.; FREITAS.D. Biotecnologia a partir da perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): representações nos materiais didáticos. Congresso Iberoamericano de Ciência, Tecnologia, Innovación Y Educación. 4., 2014. Buenos Aires. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <<https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/1152.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2019.

KLEIN, T. A. S. **Perspectiva Semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de Biotecnologia por alunos do**

ensino médio. 201fs. Tese (doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática), Universidade Estadual de Londrina, 2011.

GARCIA, G.M.P. **Biotecnologia no Ensino Médio e os Indicadores de Alfabetização Científica.** 148 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade Federal de Itajubá, Rio de Janeiro, 2013.

GADELHA, C.; AZEVEDO, N. Inovação em vacinas no Brasil: experiência recente e constrangimento estruturais. **História, Ciências, Saúde.** Rio de Janeiro, v.10, n. 2, p. 697-724. 2003.

GREGO, A. **Transgênicos: o avanço da Biotecnologia.** 1ed. São Paulo: Ed. Oirã, 2009.

GEWANDSZNAJDER, F.; LINHARES, S. **Biologia Hoje.** 1ª ed. São Paulo: Ática, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** 4.ed. Atlas: São Paulo, 2002.

GUIMARÃES, M. Educação Ambiental Crítica. In: **LAYRARGUES, P.P.(Coord.) Identidades da Educação Ambiental Brasileira.** Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental, Brasília, 2004.

GOUVEIA, F. Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos. **Inovação UNIEMP,** Campinas, v. 2, n. 5, 2005.

GÓES, A.C.S; OLIVEIRA, B.V.X. Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista **Ciência Hoje.** **Ciência & Educação,** Bauru, v. 20, n. 3, p. 561-577, 2014.

GOTZCHE, P. C. **Medicamentos mortais e crime organizado.** 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

ISAAA. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. **ISAAA: Ithaca,** Nova Iorque, v.1, n. 53, 2017.

LARGEAULT, A.F. Embriões, células-tronco e terapias celulares: questões filosóficas e antropológicas. **Estudos Avançados,** São Paulo, v. 51, n. 18, p. 227-245, 2004.

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2001

LEFF, E **Epistemologia Ambiental.** Cortez, 5ª ed, São Paulo, 2002.

LEFF, E. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza.** 1ª ed. Record LTDA: Rio de Janeiro, 2006.

LEFF, E. Complexidade, Racionalidade Ambiental e Diálogo de Saberes, **Educação & Realidade,** Porto Alegre, v. 34, n. 3, p. 17-24, set/dez. 2009.

LINDEN, R. Terapia gênica: O que é, o que não é e o que será. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n.70, p. 31-69, 2010.

LINHARES, E. REIS, P. Controvérsias e representação de papéis como estratégia de Educação Ambiental. Formação Docente e Educação para o Desenvolvimento. **In.: II Encontro Internacional de Formação na Docência**, Bragança, 2017.

LINSINGEN, I.V; Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**. Piracicaba, v.1, n.1, p. 1-19, nov, 2007.

LOPES, L; et al. Estrogênios em águas naturais e tratadas da região de Jaboticabal - São Paulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n.3, p. 639-643, 2010.

LOPES, S; ROSSO, S. **Biologia**, 2ªed. Saraiva, São Paulo, 2010.

LÜDKE, M; ANDRÉ, M.D.A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas. Temas básicos de Educação e Ensino**. 1.ed. São Paulo: EPU, 2012.

MATOS, P.F.; PESSÔA, V.L. A Modernização da Agricultura no Brasil e os Novos Usos do Território. **GEO UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 22, p.290-322, set, 2011.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia: educando para a vida, Instituto de Tecnologia ORT**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.1-9, 2012.

MALAJOVICH, M.A. **Biotecnologia**, Biotecnologia: Ensino e Divulgação, 2ª ed, Rio de Janeiro, 2016.

MEDEIROS, M. S.G; et al. Descarte de medicamentos: programa de recolhimento e novos desafios. **Ciência Farmacêutica Básica e aplicada**, Rio de Janeiro, v. 35 n.4, 2014.

MILTRE, M. **Ciência e Política na era das novas Biotecnologias: Uma análise do marco regulatório brasileiro à luz de outras experiências**. 259f. Tese (Doutorado em Ciências Políticas), Programa de Pós-Graduação em Ciência Política da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

MOYNIHAN, R. Key opinion leaders: Independent experts or drug representatives in disguise. **British Medical Journal**. Canadá, v.1, n. 336, p. 1-20, 2008.

MONTEIRO, V.N; SILVA, R.N. Aplicações Industriais da Biotecnologia Enzimática. **Revista Processos Químicos**, Visçosa, v.3, n. 5, p. 9-23, jan/jun, 2009.

MONIZ, M.E.V. Cidadania, conhecimento, Ciência e educação CTS. Rumo a “novas” dimensões epistemológicas. **Revista CTS**, Lisboa, v. 2, n. 6, p.137-157, dez, 2005.

MORAES R; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 1 ed. Ijuí: Unijuí, 2011.

MOREIRA, M.A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1. Ed São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, H. CALEFFE, L.G. **Metodologia da Pesquisa para o Professor Pesquisador**. 2ed. São Paulo: Lamparina: 2008.

MORENO, S. M. Ética de la prescripción. Conflictos del médico con el paciente, la entidad gestora y la industria farmacêutica. **Medicina Clínica**. Segovia, v.116, n. 8, p.299-306, 2001.

MOURA, A.F. LIMA, M.G. A Reinvenção Da Roda: Roda De Conversa: Um Instrumento Metodológico Possível. **Revista Temas em Educação**, João Pessoa, v.23, n.1, p. 98-106, jan/jun. 2014

NARDI, N.B; TEIXEIRA, L.A.K; SILVA, E.F.A. Terapia Gênica. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 7, p.109-116, 2002. Disponível em:< https://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141381232002000100010>. Acesso em: 10 ago. 2018.

NODARI, R.O; GUERRA, M.P. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar: Biossegurança de plantas transgênicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 105-116, jan/mar, 2003.

ORLANDELLI, R. SPECIAN, V; PAMPHILE, J.A. Enzimas de Interesse Industrial: Produção Por Fungos e Aplicações. **Revista saúde e biologia**, Maringá, v.7, n. 3, p.97-109, set/dez, 2012.

PALÁCIOS, E.M; et al. Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e sociedade). **Caderno Ibero Americano de CTS**, Madri: Organização dos Estados Ibero-Americanos, p.168, 2003.

PALÁCIOS, M; REGO, S.; LINO, M.H. Promoção e propaganda de medicamentos em ambientes de ensino: elementos para o debate. **Comunicação Saúde Educação**. Rio de Janeiro, v.12, n. 27, p.893-905, out/dez, 2008.

PALODETO, M.F; FISCHER, M.L. A representação da medicação sob a perspectiva da bioética. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 27, n.1, p. 252-267, 2018.

PARANÁ. Lei complementar nº 108, de 18 de maio de 2005. Dispõe sobre a contratação de pessoal por tempo determinado. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, PR, 18 mai, 2005.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica Biologia**. Curitiba, DCE, 2008.

PEDRETTI, E. Teaching science, technology, society and environment (STSE) education: Preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. In D. **Science & Technology Educacional Library**, Florida, v.19, n.1, 2003.

PEDRETTI, E. Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. **Science & Education**, Toronto, v.17, n. 8, p.941-960, set. 2008.

PENGUE, W. **Cultivos transgenicos? Hacia donde vamos.** 1ª ed Buenos Aires: Editora Oirã, 2001.

PEREIRA, L.R; FREITAS, O. A evolução da Atenção Farmacêutica e a perspectiva para o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, Ribeirão Preto, v. 44, n. 4, p. 601-612, out/dez, 2008.

PINHEIRO, N. **Educação crítico-reflexiva para um ensino médio científico-tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino- aprendizagem do conhecimento matemático.** 306f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PINTO, G.M.F. et al. Estudo do Descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulina (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, São Paulo, v. 19, n.3, p.219-224, jun/set. 2014.

PUTTINI, R. F; JUNIOR, A.P; OLIVEIRA, L.R. Modelos explicativos em Saúde Coletiva: abordagem biopsicossocial e auto-organização. **Physis Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 20, p. 753-767, abr. 2010.

QUENTAL, C. et. al. Medicamentos genéricos no Brasil: impactos das políticas públicas sobre a indústria nacional. **Ciência & Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 13, 2008.

RANG, H.P. et al. **Farmacologia.** 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. Science Education For Citizenship: Teaching SocioScientific Issues. 1ª ed. Maidenhead: Open University Press, 2003.

REIS, P. **Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida.** 457f. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004. Disponível em :< <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/3109>>. Acesso em: 10 jun, 2018.

REIS, P. Ciência e Educação: que relação? **Interações**, Lisboa, v.3, n.3, p. 160-187, 2006.

Disponível em:< <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/4723>> Acesso em: 04. Mar. 2019.

REIS, P. O Ensino da Ética nas aulas de Ciências através do estudo de caso. **Interações**, v.5, n. 5, p. 36-45, 2007. Disponível em: < <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4725/1/O-ensino-da-etica-nas-aulas-deciencias-atraves-do-estudo-de-casos.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

REIS, C.; PIERONI, J.P.; SOUZA, J.B. Biotecnologia para saúde humana: tecnologias, aplicações e inserção na indústria farmacêutica. **BNDES SETORIAL**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 1 p.35, 2010.

REIS, et al. Lições da experiência internacional e propostas para incorporação da rota biotecnológica na indústria farmacêutica brasileira. *Complexo Industrial da Saúde. BNDES SETORIAL*, Rio de Janeiro, v.1, n. 34, p. 5-44, 2011.

REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Lisboa, v. 3, n. 1, p.1-10, jan/jun. 2013.

REIS, P. **A Educação em Direitos Humanos através da discussão e ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas e socioambientais: Tecendo diálogos sobre direitos humanos na educação em Ciências**. São Paulo: Livraria da Física, 1ed. p. 305-318, 2016.

RIBEIRO, A.G; COTTA, R.M; RIBEIRO, S.M.R. A Promoção da Saúde e a Prevenção Integrada dos Fatores de Risco para Doenças Cardiovasculares. **9 Ciência & Saúde Coletiva**, Viçosa, v. 1, n. 17, p.1-17, 2012.

RICARDO, E.C. Educação CTSA: Obstáculos E Possibilidades para sua Implementação no Contexto Escolar. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, n.1, p.1-12, nov. 2007.

ROEHRIG, S.A.G. **Educação com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS - nas Diretrizes Curriculares de física do estado do Paraná**. 116f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Universidade Federal do Paraná. 2013.

SALES, S.L.M. **Dinâmica Tecnológica da agricultura: perspectivas da Biotecnologia**. 246f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Estadual de Campinas, 1993.

SALOMON, J; AIKENHEAD, G. **What is STS Science Teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. STS Education: International Perspectives on Reform**. New York: Teachers College Press, 1. ed, 1994.

SANTANA, V. R. **Questões Socioambientais no Ensino de Ciências: superando visões naturalistas no Ensino Fundamental**. 151f. (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SANTOS, W.L; MORTIMER, E.F. Tomada de decisão para ação social responsável no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.1, p.95-111, 2001

SANTOS, W. L. P. **Aspectos sócio-científicos em aulas de química**. 336 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freiriana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v.1, n.1, 2008.

SASSERON, L. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula.** 281 f. Tese (doutorado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade de São Paulo, São Paulo 2008.

SCANDELARI, M.F.R; ALVES, J. A.P; ROEHRIG, S. A. G. **Educação Científica e Biotecnologia numa Perspectiva CTSA.** In: VI Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, 2018, Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/2018/selecionados.php>>. Acesso em: 19 fev. 2019 a.

SCANDELARI, M.F.R; ALVES, J. A.P; ROEHRIG, S. A. G. **Concepções de Estudantes da Educação Básica sobre o uso de fármacos a partir de Proposta Educacional de natureza CTSA.** In: XIII Jornada Nacionales. VIII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología y VI Seminario Iberoamericano CTS y X Seminario CTS. Berna, 2018 b.

SERGIO, P. et al. Perfil da automedicação no Brasil. **Revista de Saúde Pública,** Fortaleza, v. 1, n. 31, p. 17-77, fev. 1997.

SILVA, M.C. **Avaliação da Qualidade Microbiológica de Alimentos com a Utilização de Metodologias Convencionais e do Sistema Simplate.** 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, W.S.J.J. Descarte de Medicamentos. **Pharmacia Brasileira,** Brasília, v. 1. n.82, p. 14-16, jun/ago. 2011.

SILVEIRA, J.M.F; BORGES, I.C.; BUANAIN, A.M. Biotecnologia e agricultura: da Ciência e tecnologia aos impactos da inovação. **São Paulo em Perspectiva,** São Paulo, v.19, n.2, p.101-114, abr/jun. 2005.

SISMONDO, S. Ghosts in the machine: publication planning in the medical sciences. **Social Studies of Science.** Ontario, v 39, n.2, p. 171-198, abr. 2009

SISINNO, C.L.S; FILHO, E.C.O. **Princípios da Toxicologia Ambiental.** Interciência, 1 ed. Rio de Janeiro, p.23, 2013.

SISMONDO, S. Corporate Disguises in Medical Science Dodging the Interest Repertoire. **Bulletin of Science, Technology & Society.** Canada, v. 31, n. 6, p. 482-492, 2011.

STACCIARINI, T.S.G.; HAAS, V.J.; PACE, A.E. Fatores associados à auto aplicação da insulina nos usuários com diabetes mellitus acompanhados pela Estratégia Saúde da Família. **Cad. Saúde Pública,** Ribeirão Preto, v. 6, n. 24, p. 1314-1322, jun. 2008.

STRIEDER, R. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas.** 283f. Dissertação (Doutorado em Interunidades em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TANAKA, R.L.; AMORIN, M.C.S.; O mercado e as possibilidades da indústria de biofármacos no Brasil. **Rev. Fac. Ciênc. Méd.** Sorocaba, v. 16, n. 2, p. 86-92, Sorocaba, 2014.

TEIXEIRA, C. H. S. **Enfoque CTSA no Ensino de Astronomia: uma investigação de Possibilidades por Meio da Astronáutica.** 203 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013.

TOBAR, F. Opinión y análisis / Opinion and analysis Economía de los medicamentos genéricos en América Latina. **Revista Panamerica Salud. Publica.** Buenos Aires, v. 23, n.1, p. 59-67, 2008.

TORRES, C.E.F. **Biotecnologia no Brasil: uma atividade econômica baseada em empresa, academia e Estado.** 201f Tese (Doutorado em Sociologia). Universidade de São Paulo, 2014.

UENOJO, M; PASTORE, G.M. Pectinase: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, Campinas, v. 30, n. 2, p.388-394, jan, 2007.

VARGAS, M.A. et al. Indústrias de Base Química e Biotecnológica Voltadas para a Saúde no Brasil: panorama atual e perspectivas para 2030. **Fundação Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 5, n.1, p. 31-78, 2013.

VILCHES, A; PÉREZ, D.G; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 185-209, 2011.

VIEGAS, C.; BOLZANI, V.S; BARREIRO, E.J. Os Produtos Naturais e a Química Medicinal Moderna. **Química Nova**, Rio de Janeiro v. 29, n. 2, p. 326-337, jan. 2006.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar.** 1ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZATZ, M. Clonagem e células-tronco. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 51 n. 18, p. 247-256, 2004.

ZEIDLER, D. L; et al. The role of argument and fallacies during discourse about socioscientific issues. **International Journal of Science Education.** Florida, v. 29, n.11, p. 97-116, 2003.

ZEIDLER, D.L. Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. **International Journal of Science Education**, Florida, v.89, n.3, p.201-205, 2005.

ZIMAN, J. The rationale of STS Education is in the Approach. STS Education, Richard Durschl. **New York: Teachers College Columbia University:** New York, 1 ed. p.22, 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A: PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

<p>Aulas 1 e 2</p> <p>Tema: Biotecnologia no cotidiano e o descarte de medicamentos e cosméticos na residência dos alunos.</p>
<p>Atividade 1: Leitura de textos sobre poluentes gerados pelas indústrias farmacêuticas.</p> <p>Atividade 2: Roda de conversa sobre a exposição dos posicionamentos de cada grupo sobre os aspectos mais relevantes elencados por cada um;</p>
<p>Tempo didático: 100 minutos.</p>
<p>Objetivos de aprendizagem: Refletir sobre os impactos ambientais recorrentes do descarte de medicamentos.</p>
<p>Recursos Materiais: Questionário referente às percepções sobre Biotecnologia e descarte de medicamento (ANEXO A).</p> <p>Artigos científicos sobre resíduos gerados por fármacos, a saber:</p> <p>1) CRF-SP. Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo. Resíduos e Gestão ambiental. Revista do Farmacêutico, n. 114, nov-dez. 2013.</p> <p>2) UEDA, J.; TAVERNARO, R.; MARISTEGA, V.; PAVAN, W. Impacto ambiental do descarte de fármacos e estudo da conscientização da população a respeito do problema. Revista Ciência do Ambiente. v. 5, n. 1, jul, 2009.</p>
<p>Metodologia: Leitura individual e discussão coletiva de publicações científicas voltadas ao descarte de fármacos e suas implicações ambientais, como problematização inicial de acordo com os 3 MP.</p>
<p>Atividade:</p> <p>Em sala de informática:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Levantamento em forma de questionário referente às percepções sobre Biotecnologia e descarte de medicamentos; <p>Em sala de aula convencional:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Divisão dos estudantes em grupo de no máximo 3 componentes; - Distribuição dos textos, acima mencionados, uma para cada metade da turma; - Leitura do texto recebido, com a tarefa de cada componente destacar as ideias que considerar mais relevantes; - Em forma de roda de conversa, exposição dos posicionamentos de cada grupo sobre os aspectos mais relevantes elencados por cada um; - Sistematização das ideias levantadas e discutidas e elaboração de síntese.
<p>Avaliação: Validar os argumentos orais e descritivos em relação a Poluição Hídrica por cosméticos e medicamentos.</p> <p>A atividade educacional é considerada satisfatória se houver a reflexão engajada a respeito dos impactos ambientais decorrentes do descarte de medicamentos.</p>
<p>Referências:</p> <p>CRF-SP. Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo. Resíduos e Gestão ambiental. Revista do Farmacêutico, n. 114, nov-dez. 2013.</p> <p>UEDA, J.; TAVERNARO, R.; MARISTEGA, V.; PAVAN, W. Impacto ambiental do descarte de fármacos e estudo da conscientização da população a respeito do problema. Revista Ciência do Ambiente. v. 5, n. 1, jul, 2009. Disponível em <http://www.bhsbrasil.com.br/descarteconsciente/Estudo%20Unicamp.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017.</p>

Aulas 3 e 4:

Tema: História Da Biotecnologia e sua Inserção na Indústria Farmacêutica
Atividade 1: Dinâmica em grupo sobre eventos que marcaram a história da Biotecnologia. Atividade 2: Exposição de conteúdo sobre história da Biotecnologia e sua inserção na indústria farmacêutica. Atividade Complementar: Medicamentos sintéticos, naturais e biológicos.
Tempo didático: 100 minutos.
Objetivos de aprendizagem: Compreender eventos marcantes na história da Biotecnologia, bem como sua relevância na indústria farmacêutica.
Recursos Materiais: Textos sobre eventos marcantes na história da Biotecnologia; Aparelho de multimídia com uso slides sobre medicamentos sintéticos e biológicos (biofármacos); Vídeo sobre a fabricação de medicamentos. Artigos científicos sobre os eventos marcantes na história da Biotecnologia e sua inserção na indústria farmacêutica, que fundamentam a composição da aula, a saber: 1) KORRES, A.; AQUIJE, G.; COMARÚ, M. História da Ciência e cronologia em Biotecnologia: uma atividade realizada em uma disciplina do curso de engenharia sanitária e ambiental. Revista da SBENBIO . n. 7, out, 2014. 2) BOLZANI, C.; BARREIRO, E. Os produtos naturais e a química medicinal moderna. Química Nova . v. 29, n. 2, jan, 2006.
Metodologia: Levantamento de ideias prévias sobre cronologia de eventos salientes no campo da Biotecnologia (Anexo B); exposição dialogada sobre a Biotecnologia, com recorte para a indústria farmacêutica, levando em conta as ideias prévias dos estudantes.
Atividade 1: Em sala de aula (convencional): - Levantamento em forma quis em grupo de no máximo 3 integrantes, sobre os eventos marcantes na história da Biotecnologia, em que os estudantes serão solicitados a estabelecer uma possível ordem cronológica com base em Korres, Aquije e Comarú (2014). Atividade 2: Em sala de aula (convencional): - Aula expositiva dialogada sobre a Biotecnologia, com recorte para a indústria farmacêutica, no que diz respeito à definição de medicamentos sintéticos e biofármacos, levando em conta as ideias prévias dos estudantes. - Exibição de vídeo sobre as normas de fabricação dos medicamentos, a saber: (a) Vídeo: Curiosidades, como os remédios são fabricados?
Avaliação: A atividade educacional é considerada satisfatória se houver a reflexão engajada a respeito da Biotecnologia e a diferença entre medicamentos naturais, sintéticos e biológicos.
Referências: KORRES, A.; AQUIJE, G.; COMARÚ, M. História da Ciência e cronologia em Biotecnologia: uma atividade realizada em uma disciplina do curso de engenharia sanitária e ambiental. Revista da SBENBIO . n. 7, out, 2014. BOLZANI, C.; BARREIRO, E. Os produtos naturais e a química medicinal moderna. Química Nova . v. 29, n.2, jan, 2006. BARREIRO, E. Sobre a Química dos remédios dos fármacos e dos medicamentos. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola . n. 3, out, 2001.

Anexo B

(adaptado de Korres, Aquije, Comarú, 2014)

Evento na ordem proposta para os alunos

Numere em ordem cronológica os eventos da Biotecnologia descritos a baixo:
() Início da Produção de bebidas alcoólicas (Sumérios e babilônicos)
() Início dos estudos de Stanley Choen, Annie Chang e Herbert Boyer os quais usaram setores de DNA viral e DNA genes como fonte de resistência a antibióticos.
() Início dos estudos de Kary Mullis e outros voltados a técnica de PCR (reações polimerase em cadeia). A PCR permite, amplificar o material genético em tubos de ensaio.
() Liberação comercial para produção de produtos farmacêuticos como vacinas orais, e produtos especializados como plástico biodegradável.
() Panificação e bebidas fermentadas (egípcios e gregos)
() O primeiro sequenciamento de um organismo vivo diferente de vírus é concluído para a bactéria <i>Hemophilus influenzae</i> . Técnica utilizada como forma de terapia gênica contra o câncer.
() Surgimento da Penicilina (antibióticos voltados a doenças como a pneumonia, sífilis, gonorreia, febre reumática e tuberculose).
() Surgimento da fermentação bacteriana (Louis Pasteur)
() Produção de Insulina recombinante humana. Inserção de DNA humano em uma célula hospede.
() Surgimento do primeiro medicamentos sintético, o Ácido acetil salicílico (ASS).

Aulas 5, 6 e 7:

Tema: Uso de medicamentos sintéticos e biológicos (biofármacos).

Atividade 1: Seminário de apresentação em grupo sobre medicamentos sintéticos e biológicos (biofármacos)

Tempo didático: 160 minutos.

Objetivos de aprendizagem: Elaborar argumentos críticos sobre o uso de medicamentos e a indústria farmacêutica

Recursos Materiais: Atividade 1: Aparelho de multimídia com uso slides para apresentação de seminários sobre medicamentos, envolvendo a classificação e utilização de medicamentos sintéticos e biológicos.

Metodologia:

Levantamentos de argumentos sobre a classificação proposta, bem como a utilização de medicamentos e seus efeitos gerados, com recorte para a indústria farmacêutica e a problemática da automedicação, a partir das ideias construídas pelos estudantes das atividades.

Atividade 1:

Local: Auditório da escola:

- Apresentação dos seminários envolvendo a classificação proposta, bem como a utilização de medicamentos e seus efeitos gerados, com recorte para a indústria farmacêutica e a problemática da automedicação, a partir das ideias construídas pelos estudantes das atividades.

Os estudantes serão organizados em 6 grupos, com cerca de 5 integrantes cada, conforme os temas abaixo elencados, de acordo com as classes sintética e biológica:

- 1) Insulinas e Hormônios;
- 2) Heparinas e Trombolíticos;
- 3) Hemofílicos e Anticorpos;
- 4) Antibióticos, Antitérmicos e Analgésicos.
- 5) Vacinas e Antivirais.
- 6) Anti-inflamatórios, Antialérgicos e Antidepressivos.

Atividade 2:

Em ambiente externo à sala de aula será realizada uma dinâmica extraclasse de discussão sobre: Automedicação, Alergia à medicamentos, Intoxicação com medicamentos, Efeitos Colaterais dos

medicamentos, Dependência à Medicamentosa, Associação de medicamentos com outras substâncias, Indústria Farmacêutica, Propagandas de Medicamentos, Riscos Ambientais, Uso contínuo, Uso controlado e Riscos à saúde. Nessa dinâmica os estudantes serão convidados a girar uma garrafa sobre a representação o cartaz, para determinar quem elaborará pergunta sobre o tema apontado no relógio, escolhendo para quem o fará (exceto para quem já participou) do lado oposto (fundo da garrafa).
Avaliação: A atividade educacional será considerada satisfatória se os estudantes elaborarem argumentos críticos sobre o uso de medicamentos sintéticos e biológicos, tanto nos seminários quanto na dinâmica do compromisso agendado.
Referências: Ministério da Educação. Medicamentos o Risco da Automedicação . 2009. Disponível em: < http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=7258 >. Acesso em 10 de out. 2017.

Aulas 8 a 10: Tema: Controvérsias sobre uso de hormônios para prevenção do Câncer de Mama:
Atividade 1: Júri Simulado sobre o uso de medicamentos e o câncer de mama.
Tempo didático: 160 minutos.
Objetivos de aprendizagem: Elaborar argumentos críticos sobre o uso de medicamentos na prevenção do Câncer de Mama bem como as consequências eliminação de resíduos de hormônios no meio ambiente.
Recursos Materiais: <p>Texto 1: Efeitos colaterais e alterações fisiológicas relacionadas ao uso contínuo de anticoncepcionais hormonais orais (LAGE, 2015);</p> <p>Texto 2: Pílula aumenta risco de câncer de mama (ALMEIRA; ASSIS, 2017);</p> <p>Texto 3: Farmacogenética e implicações terapêuticas no câncer de mama (PIRANDA; FREITAS; JORGE, 2013);</p> <p>Texto 4: Descarga hormonal: Contaminantes pouco conhecidos, mas disseminados pelas águas do planeta, comprometem o sucesso reprodutivo de várias espécies animais e levantam suspeitas sobre os possíveis danos à saúde humana (CHRISTANTE, 2010).</p>
Metodologia: Levantamento de argumentos sobre as alternativas de prevenção do câncer de mama a partir do seguinte caso fictício: mulher precisa de controle hormonal, porém ao analisar a bula de seu anticoncepcional, percebe que este pode trazer diversos riscos para saúde, incluindo o câncer (ela tem histórico de câncer de mama na família).
Atividade 1: Através do Júri Simulado os estudantes vão expor seus argumentos defendendo e criticando a influência dos hormônios na saúde e no meio ambiente. <p>Grupo 1: Anticoncepção hormonal e câncer de mama (grupos farmacêuticos defendendo que as pessoas precisam de medicamentos para fazer controle hormonal);</p> <p>Grupo 2: Defesa da saúde da população, tendo em vista os riscos associados aos efeitos colaterais dos medicamentos;</p> <p>Grupo 3: Anticorpos monoclonais: biofármacos em defesa de novos medicamentos biológicos menos agressivos para tratamento do câncer;</p> <p>Grupo 4: Ambientalista expondo os impactos da presença dos hormônios no ambiente, oferecendo alternativas de prevenção do câncer de mama a partir de medicamentos naturais.</p>
Avaliação: A atividade educacional será considerada satisfatória se os estudantes elaborarem argumentos críticos sobre a influência dos hormônios na saúde e no meio ambiente, que contribuam para sua atuação profissional, no que condiz à tomada de decisões.

Referências:

ALMEIRA, A.; ASSIS, M. Efeitos colaterais e alterações fisiológicas relacionadas ao uso contínuo de anticoncepcionais hormonais orais. **Revista Eletrônica Atualiza Saúde**, v.5, p. 93, Jun. 2017. Acesso em 23 nov 2017. Disponível em: <http://atualizarevista.com.br/wp-content/uploads/2017/01/efeitos-colaterais-e-alteracoes-fisiologicas-relacionadas-ao-uso-contnuo-de-anticoncepcionais-hormonais-orais-v-5-n-5.pdf>.

CHRISTANTE, L. Descarga hormonal: Contaminantes pouco conhecidos, mas disseminados pelas águas do planeta, comprometem o sucesso reprodutivo de várias espécies animais e levantam suspeitas sobre os possíveis danos à saúde humana. **Revista Unesp Ciência**, mar, 2010.

LAGE, A. Como a pílula anticoncepcional moldou o mundo em que vivemos hoje. **Revista Galileu**. Acesso em: 23 nov 2017. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2015/05/55-anos-da-pilula-anticoncepcional-como-ela-moldou-o-mundo-em-que-vivemos-hoje.html>.

PIRANDA, D.; FREITAS, D.; JORGE, R. Farmacogenética e Implicações Terapêuticas no Câncer de Mama. **Revista Brasileira de Cancerologia**. v. 3. n.59. p.452, 2013. Acesso em: 23 nov 2017. Disponível em: http://www1.inca.gov.br/rbc/n_59/v03/pdf/15-artigoopiniao-farmacogenetica-implicacoes-terapeuticas-cancer-mama.pdf.

APÊNDICE B: TRANSCRIÇÕES DOS ÁUDIOS DOS ESTUDANTES EMPREGADOS NA ANÁLISE DOS DADOS

Quadro 1- Roda De Conversa 3MAM1

Tempo/ Aluno:	TRECHO:
00:00:00 Letícia RDC 1	Declarou o seguinte: a gente acha que através do descarte que a gente acaba contaminando o meio ambiente. Mas não, porque tem remédios que acabam não sendo totalmente absorvido pelo organismo e aí acabam saindo nas fezes e na urina e contaminando o ambiente. Quando a gente toma um remédio a gente acha que 100% do remédio é degradado pelo organismo, mas não é! É apenas entre 50 e 90% só. Então, sempre acaba sobrando vestígios disso!
00:04:51 Ana DRC 5	Declarou que: além do que o Brasil tem pouca infraestrutura para fazer o descarte correto dos remédios. Aterros não tem. Local para fazer a incineração são poucos, então fica difícil de descartá-los. Teria que ter um aterro específico só para o descarte de medicamentos para não misturar com o lixo orgânico ou reciclável.
00:06:26 Luan RDC 7	Declarou que: falta de estrutura para o tratamento e destinação final desses resíduos e também uma falta de estrutura para retirar sobre deles da água. E também a parte da legislação falta a fiscalização e o funcionamento correto dessa legislação focada ao medicamento.
00:07:40 Paulo RDC 9	Declarou: E como alguns farmacêuticos não conhecem a legislação acaba não orientando o consumidor sobre o descarte correto para que não haja nenhuma modificação no meio ambiente.
00:11:55 Joana RDC12	Declarou: a devida orientação sobre os medicamentos pode ser fundamental para que os pacientes comprem de maneira errada e até mesmo a compra de medicamentos sem a devida necessidade. As vezes os farmacêuticos fazem a gente comprar um medicamento sem a gente precisar, só para eles terem lucro. As vezes a gente não precisa e acaba fazendo mal ou causando algo que você não tinha.
00:16:28 Juliana RDC 15	Declarou a: gente acha que falta informação para a população também não só para os farmacêuticos. Poderia colocar um cartaz na farmácia, palestras, propagandas na internet, na tv...
00:19:12 Luiza RDC 16	Declarou: acho que falta muita informação. Nas embalagens não tem informação. Por exemplo tem campanhas sobre a Dengue que é algo comum no nosso dia, porém, não tem nenhuma informação sobre o descarte dos remédios dessas coisas do tipo. Acho que falta uma propaganda.
00:20:48 Julia RDC 17	Acrescentou: acho que falta meio uma conscientização da galera. Que é errado fazer o descarte o qualquer lugar.
01:01 Ruan RDC 25	Conclui: Sempre que a gente termina um medicamento a gente leva lá!
01:05 Alessandra Trecho 28	Declarou: Quando as embalagens com medicamentos são descartadas no meio ambiente incorretamente ela pode afetar os lençóis freáticos, as águas superficiais e o solo e o hormônios que contém esses medicamentos eles podem afetar o sistema reprodutivo dos organismos aquáticos causando a feminização dos peixes machos em ambientes contaminados.

01:06 Caroline Trecho 29	Ressaltou: Eu achei interessante que ele fala que cada composto pode afetar o meio de maneira diferente. E daí ele dá o exemplo dos hormônios porque eles são compostos resistentes e de difícil decomposição. E como a Carol disse eles atrapalham os peixes porque eles, "feminilizam" os peixes machos. E também fala que bactérias encontradas nesses ambientes acabam adquirindo resistência a essas substâncias porque elas acabam tendo um alto teor de mutação.
--------------------------------	---

Quadro 2 - Roda de Conversa 3mam2

Tempo/Aluno	Trecho:
02:07 Vanessa RDC 63	Discorreu: Tá, oh! A gente marcou que tem uma resolução que.. é do Conselho Regional de Farmácia que determina que os farmacêuticos eles são responsáveis pela destinação adequada dos resíduos gerados pelos serviços de saúde. Mas, muitos deles não conhecem essa legislação. É.. só que eles têm essa responsabilidade tanto a responsabilidade quanto estabelecimento como pelo descarte pelo resíduo que é gerado no estabelecimento.
02:09 Vanessa RDC 67	Discorreu: Tem uma resolução do CONAMA 258/ 2005 que diz que todo estabelecimento de serviço de saúde deve ter um plano para gerenciar esses resíduos. É, além disso, o texto fala que muitas pesquisas comprovam que: A presença de hormônios na água, pode causar diversas doenças como: o Câncer de Mama ou de Ovário e alterar o Sistema Reprodutor dos animais Aquáticos que podem acabar feminizados.
02:14 Giovana RDC 70	Ressaltou: Aqui fala que...uma solução seria colocar nas embalagens dos produtos os fármacos as instruções de como proceder com os resíduos que eles geram. Seria bom, a criação de uma Lei para que isso se tornasse comum, para que se colocassem nas embalagens dos produtos como que se deve especificamente descartar.
02:23 Ana RDC 74	Ressaltou: Outra parte que a gente marcou também. Que seria a parte da legislação farmacêutica. Porém, indústrias, farmácias, drogarias e hospitais elas tem que fazer uma destinação, porém, elas não têm uma fiscalização do que elas fazem ou não. Diferentemente, da indústria então algumas coisas ela acaba afetando sabendo ou não ela acaba afetando. E a maioria acaba destinando aos municípios e prefeituras o resíduo para fazer a destinação correta. Porém, muitas vezes esse município e essa prefeitura não tem a capacidade ou econômica um suporte mesmo de um órgão ambiental com conhecimento e acaba fazendo destinação errada desse resíduo. Gerando um impacto do mesmo jeito. Por não seguir uma lei e nem um Gerenciamento Correto. Por ele ter falhas no meio.
02:35 Aline RDC 84	Replicou :Geram gases. Complementou: Soltam fumaças que prejudicam o meio ambiente.
02:39 Juliana RDC 86	Ressaltou: Um dos caminhos para evitar esse problema é agir com responsabilidade e a assistência farmacêutica consciente. Que é o que a maioria das pessoas falaram que não existe uma legislação correta, para que digamos venceu um medicamento lá. Porque a gente sempre acaba descartando na pia, na privada ou no lixo deveria ter nas farmácias um lixo diretamente relacionado/ direcionado para isso!
03:28 Fabiana Seminário 128 Grupo 2: Hormônios e insulinas	Ressaltou: Então, o progresso industrial e o crescimento populacional que tem afetado o meio ambiente. E a exposição a diversas substâncias nocivas como os fármacos eles surgem pelo descaso e pelo manejo que acaba impactando os seres vivos e o meio. Além, dessas substâncias serem pouco biodegradáveis elas são muito persistentes no meio. Composição dos hormônios: É pelos naturais que é o Estradiol, Estrona e Estriol. E o sintético que é o Etinil estradiol. Eles são de uso medicinal e eles são muito utilizados pra terapias de reposição hormonal feminina como anticoncepcional. Então os hormônios são excretados pela urina e pelas fezes e eles podem voltar para o ser ou para outros através de água contaminada, pela cadeia alimentar e pela exposição prolongada do material.
03:35 Isabel Seminário 129 Grupo 2: Hormônios e insulinas	Declarou: Mas, afinal como ele interage em relação a cadeia alimentar. Porque o ser humano ele vai excretar as fezes ou a urina, aí isso vai para o meio aquático, do meio aquático vai para os peixes, daí vem o tubarão come os peixes e assim vai. Daí a gente vai lá como o peixe que está contaminado ou a gente mesmo toma a água que está contaminada com aqueles hormônios. Isso porque os hormônios não são muito bem degradáveis e eles ficam no meio por muito tempo e não tem o tratamento adequado até hoje sobre eles. Por exemplo, um impacto ao meio causa a feminilização de peixes, desregula a reprodução dos peixes e também causa a masculinizarão de certas espécies como por exemplo: a fêmea de caranguejo-ermitão e ele se transforma em macho. Mas, não é só porque tem os hormônios de anticoncepcional ou outros fármacos com hormônios, mas também, existe é esses hormônios em tintas de embarcações como também tem plásticos de brinquedos de crianças em soja e em vários compostos que estão no meio. Agora, os efeitos colaterais para o ser humano é que pode causar por exemplo, o câncer de útero, o câncer de próstata, o câncer de mama e a infertilidade também. Além disso, eles podem alterar o sistema reprodutor masculino e também a casos não são muito bem estudados, mas, a casos que podem diminuir é já está diminuindo a população masculina no mundo devido a esses hormônios femininos na presença da água que a gente acaba tomando. Agora a Insulina: nosso próximo tema. O que é ela? Ela é um hormônio natural que e produzido pelo pâncreas que controla o nível de glicose no sangue. E partir do momento que a gente acaba tendo a deficiência dessa insulina surge a diabete medius.

04:05 Gisely Seminário 148 Grupo 3: Heparinas e Trombolíticos	Relatou: Bom, a heparina ela pode ser encontrada no mercado como: liquemini. A heparina é um anticoagulante que ele é utilizado injetável com vacina. Ele serve como um tratamento e também, como uma prevenção além, de prevenir a formação de trombos. Ele previne e trata a coagulação ultra vascular disseminada, o trombolismo, trombolismo pulmonar, trombose venosa profunda, entre outros. É composição da heparina sódica é a solução aquosa estéril 5000 um de heparina sódica por 0,25 mls. Bom, os efeitos adversos podem ocorrer de acontecer uma hemorragia a partir da urina no sangue e hematomas. Contradições no caso de aborto, cirurgia aos olhos e ao cérebro, hemorragias cerebrais, insuficiência hemática hormonal, e pacientes com úlcera ou esofagite. Além disso, é importante ter uma atenção especial as grávidas e pacientes que fizeram cirurgias da próstata, fígado e vias biliares.
04:09 Giseli Seminário 150	Delatou: Bom, os trombolíticos a gente encontrou um medicamento não sei se é assim que fala o nome? Metalyse que ele é um anticoagulante também um trombolítico e a composição dele é a cada ml de solução contém Tecnetepase 5mg. A potência Tecnetepase é expressa em unidades (U) buscando-se num padrão de referências específicas para a Tecnetepase e pode ser comparada com as unidades utilizadas para outros agentes trombolíticos. Excipiente Arginina, ácido fosfórico, polisorbato 20 e água para injeção.
04:21 Wellinton Seminário 159	Dissertou: É o processo de fabricação de um medicamento biológico é mais complexo do que o dos medicamentos sintéticos. E os processos dos biofármacos surgem mais ou menos assim: formada por uma sequência de DNA que produz a proteína de maneira mais efetiva. Essa linhagem de células é tão cultivada nos biorreatores e esse processo é denominado fermentação. E essa proteína ela é separada fora do biorreator dá a proteína e purificada e modificada pelo biorreator.
04:28 Caroline Seminário 163 Grupo 4	Declarou: A gente trouxe o remédio que tem o princípio ativo Histise são 50 unidades por 10 miligramas. E são 20 miligramas ao Excipiente Antromine Humana, 100 miligramas de Cloreto Sódico, 90 miligramas de Citrato de Sódio e 44 miligramas de Anti-trombina Humana.
04:30 Caroline Seminário 166 Grupo 4	Disse: Bom, os Anticorpos Monoclonais ou MAB, são os anticorpos produzidos por um único clone, de um único linfócito B parental que é clonado e imortalizado produzindo sempre os mesmos anticorpos em resposta a um agente patogênico.
04:32 Bárbara Seminário 167 Grupo 4	Ressaltou: Daí aqui a gente tem a produção de Anticorpos Monoclonais que eles fazem para tirar esses anticorpos. Aqui tem a célula de mieloma e aqui tem o rato. Dessa cultura de célula de mieloma daí aqui tem a célula do rato que eles retiram o linfócito B do baço do rato e com isso é feito a fusão. Dessa fusão se forma o híbrido daí tem a seleção das células híbridas, daí tem o teste de anticorpos que são células livres, daí tem a transferência do híbrido para o rato, e daí eles retiram os anticorpos monoclonais, daí eles refazem os testes e daí fazem a cultura de células que daí eles armazenam essas células monoclonal e daí eles fazem o congelamentos dessas células para o futuro.
04:37 Wellinton Seminário 169 Grupo 4	Dissertou: Bom, é... essa utilização desses anticorpos foi mais do que esperado demorou bastante. E como foi falado eles são testados em camundongos e ratos para poder fazer os testes. E a utilização deles é mais para transplantes de órgãos, tratamento de tumores, doenças autoimunes, teste de gravidez, e também no tratamento do câncer de mama.
04:40 Caroline Seminário 170	Dissertou: As vantagens e desvantagens entre as vantagens estão a alta especificidade do clone, a alta afinidade, a ausência de anticorpos não específicos, a maior facilidade de caracterização, entre outros. As desvantagens é que são procedimentos extremamente caros, reconhecimento de um só antígeno, e existem certos casos em que a imensa vantagem da alta especificidade será inútil.
04:46 Renan Seminário 181 Grupo 5 Antidepressivos, Antialérgicos e Anti- inflamatórios	Ressaltou: Então, o nosso tema é sobre antidepressivos, anti-inflamatórios e antialérgicos. Bom, então a gente vai começar falando um pouco sobre os antidepressivos. Primeiramente, o que são os antidepressivos? Eles são os remédios específicos de doenças distúrbios mentais como: a depressão, e outros distúrbios mentais como: a ansiedade, e distúrbios alimentares como a bulimia e a anorexia. É os antidepressivos, eles possuem efeitos colaterais eminentes vistos que eles são controladores de humor e a falta desses remédios pode fazer mal porque, a pessoa auxilia o humor as vezes, fique brava as vezes, feliz. E eles trabalham na área cerebral e hormonal. Então, agora a gente vai falar sobre dois antidepressivos específicos.
04:47 Eduarda Seminário 182 GRUPO 5 Antidepressivos, Antialérgicos e Anti- inflamatórios	Relatou: Bom, a Fluoxetina, ela é um antidepressivo que faz parte dos medicamentos chamados inibidores seletivos da captação serotonina. Bom, a Serotonina é um hormônio da felicidade então, ela serve para melhorar a depressão, a ansiedade, a bulimia, e também serve para o ataque do Pânico isso.

04:50:22 Grupo 5: Allan Seminário 188	Relatou: Bom, os anti-inflamatórios agem no nosso organismo inibindo a ação da enzima Ciclo Oxigenase. O que aumenta a produção da Prostaglandina é combatendo essa enzima Ciclo Oxigenase diminui a produção da substância Prostaglandina e combate a inflamação, a dor e a febre. Usando esses anti-inflamatórios em grande quantidade periodicamente a longo prazo, ele pode afetar o coração e os rins podendo causar infarto agudo do miocárdio, úlcera péptica e insuficiência renal. Como exemplo eu peguei o Ibuprofeno ele é composto por 13 moléculas de carbono, 18 moléculas de hidrogênio, e 2 moléculas de oxigênio. Os estudos mostram que, esse Ibuprofeno pode causar mutação nas células sanguíneas da Tilápia que é um peixe de água doce.
04:51 Renan Seminário 189 Grupo 5:	Ressaltou: Bom, agora eu vou falar sobre os antialérgicos ou anti-histamínicos. É os antialérgicos ou anti-histamínicos eles são remédio voltados para a prevenção e reações alérgicas causadas pelo meio externo, pelo pó, pelo pólen, entre outras alergias com os espirros, úlceras, conjuntivite. Os antialérgicos eles agem justamente no combate a histamina, gerada pelo organismo. A histamina é um componente que ele visa proteger o corpo como se fosse do meio externo assim, defendendo o mesmo. Os antialérgicos eles são divididos em: primeira e segunda geração. A primeira geração dos antialérgicos é.. são os remédios que possuem um efeito colateral grande como a sonolência e mal-estar após a sua ingestão. Já a segunda geração, é a visa reduzir esses efeitos colaterais. Os antialérgicos naturais, eles podem ser extraídos de meio natural e pode ser ingerido como alimento. Eu trouxe dois exemplos, a maçã que apresenta grandes como eu posso dizer ...ela trata problemas respiratórios porque, ela possui componentes que diminuem a histamina do organismo. E o chá verde, é um antialérgico natural pois diminui a histamina gerada pelo organismo e trata todas as alergias que existem. Então, eu trouxe agora o Polaramine como um exemplo de antialérgico. O Polaramine ele possui 15 moléculas de carbono, uma de cloro, 19 de hidrogênio e 2 de nitrogênio. Ele tem como seu principal componente o Dexofileramina e a principal contaminação é que por se tratar de componentes químicos ao entrar em contato com o meio hídrico ele passa pelo tratamento de água assim, poluindo rios e outros meios. Os efeitos que se esperam com o Polaramine é o tratamento de reações alérgicas e é um remédio que pode ser em comprimido e na forma líquida. E a utilização do comprimido pode ser três comprimidos ao dia, não passando seis unidades.

Quadro 3- Apresentação de Seminário 3MAM 2

Tempo/ Aluno:	Seminário:
05:13:17 Aline Seminário 2: 197 Grupo 1: Aspirinas, Diuréticos e Anticoagulantes	Declarou: É que eu acabei esquecendo dos impactos ambientais dos diuréticos. Em sua composição os diuréticos têm o mercúrio, se o mercúrio ele for deixado sem nenhum gerenciamento de resíduos ele vai se misturar com outras substâncias que é o metil-mercúrio que acarreta doenças graves e atrapalha na respiração do organismo e etc.
05:14:17 Rodrigo Seminário 2: 199 Grupo 2: Renan	Relatou que: os principais biofármacos usados atualmente na terapia contra o câncer a quimioterapia são os Anticorpos Monoclonais. Sintetizados principalmente através da técnica do Hebridoma.
05:14:29 ao Vanessa Seminário 2: 200 Grupo 2:	Relatou que: em 1975, Georges e Cesar Milsten descreveram a produção dos primeiros anticorpos monoclonais. E pela técnica de hibridação somático celular também conhecida como Hebridoma.
05:14:48 Rodrigo Seminário 2: 201 Trombolíticos e Anticorpos Monoclonais	Declarou que: Já em consideração aos quiméricos humanizados os anticorpos monoclonais humanos tem menor imunogenocidade. Eles podem ser produzidos através de sistemas in-vitro ou plataforma de ex-vitro com ratos transgênicos.
05:20:36 Bruna Seminário 2: 222 Grupo 3: Antidepressivos, anabolizantes e inibidores de apetite	Disse: Bom, bom dia! Primeiramente nós vamos falar sobre os antidepressivos. Bom, segundo a Organização mundial de saúde a depressão já atinge 350 milhões de pessoas no mundo todo. Ou seja, uma a cada vinte pessoas no mundo sofre de depressão principalmente mulheres. Sendo que a depressão mais comum duas vezes mais comum nas mulheres. Bom, com isso o crescimento da depressão ocorre o crescimento da utilização dos antidepressivos por exemplo, na Europa entre 1995 e 2009 houve um estudo que diz que ocorreu o crescimento de vinte por cento na utilização dos antidepressivos sendo que para efeito de comparação a taxa de crescimento populacional aumento apenas um por cento então é um crescimento bem grande.
05:23:45 Roberta Seminário 2: 225 Grupo 3	Declarou: alguns pesquisadores apontam que os antidepressivos eles podem ser muito mais prejudiciais do que para aquilo que eles combatem. Começaram a se observar que esses medicamentos geram dependência sendo que eles podem ser muito mais prejudiciais do que até o álcool. E também no mundo não existe serviços especializados para essa desintoxicação. Além disso esses medicamentos podem trazer efeitos colaterais tipo um exemplo o da Fluoxetina que é um dos mais vendidos aqui no Brasil. Eles podem trazer efeitos de insônia, náuseas, tremores, e até redução de apetite.

05:25:41 Roberta Seminário 2: 227 Grupo 3	Declarou: É um estudo recente feito em um estuário na Flórida onde a água era contaminada por efluentes e eles pegaram a amostra de plasma de tubarões e nelas eles encontraram fármacos usados por humanos né! Dentre esses fármacos temos a Citanoplan, Fluoxetina, Fluoxetina, Paracetina, Sertralina, Metaflacina isso indicando a bioacumulação nesses animais. É a partir disso, pode se ver que os antidepressivos que no tratamento deles eles passam facilmente eles passam despercebidos e com isso ele vai crescendo no meio ambiente e pode gerar um grande problema futuramente.
05:26:42 Rebeca Seminário 2: 228 Grupo 3	Relatou que: setenta por cento das pessoas que tomam esses antidepressivos tem a disfunção sexual e essa disfunção sexual mesmo quando você para de tomar esse medicamento ele pode continuar por meses ou até mesmo por anos. Segundo a OMS a população brasileira ela é considerada a mais depressiva da América Latina essa triste constatação é reforçada pela Sul América que ela fez um levantamento que em seis anos teve setenta e quatro por cento de número nas pessoas que tomam esses medicamentos. E foram encontradas 35.453 unidades em 2010 e 61. 859 em 2016 então foi grande o aumento de pessoas que tomam esses medicamentos.
05:27:54 Davi Seminário 2: 229 Grupo 3	Ressaltou que: A gente vai falar um pouquinho sobre os anabolizantes e o que são os anabolizantes são substâncias de hormônios masculino a testosterona. É são elas que promovem o crescimento muscular e o aumento massa corpórea. Geralmente os anabolizantes são usados por atletas ou pessoas que querem obter melhor desempenho na academia e também uma melhor aparência física. E... esses medicamentos são considerados como drogas ilegais, porém, são vendidos em academias e lojas de produtos esportivos.
05:33:15 Bruna Seminário 2: 234 Grupo 3	Declarou: Bom, outra curiosidade é sobre o uso dos anabolizantes na Segunda Guerra Mundial os cientistas alemães foram a sintetizar os esteroides anabólicos. Em depoimentos de pessoas que participaram da guerra os alemães eles contaram que foi encontrado o uso de anabolizantes nas dozes tropas alemães com a intenção de aumentar a agressividade dos soldados. E sabe-se que Adolf Hitler ele tinha recordes físicos isso ocorreu por causa do uso de anabolizantes. E especula-se também que o consumo de anabolizantes nele tenha intensificado a sua personalidade agressiva.
05:40:38 Seminário 2:1) Bruna Seminário 2: 240; Seminário 2: 2) Davi Seminário 2: 241; Seminário 2: 3) Rebeca Seminário 2: 242	Declarou o Seminário 2: 1: Os malefícios não vão sumir com a indicação médica, mas, a gente enfatizou que é necessário justamente por causa dos maléficos se você não tem a necessidade de usar os inibidores que seria no caso de sobrepeso que é necessário por uma questão de saúde daí sim você deveria utilizá-los porque mesmo com os efeitos colaterais eles são necessários pra você. Mas se a pessoa não tem a necessidade de utiliza-los é indicado que não faça uso pois os efeitos vão afetar a pessoa sendo que ela não precisava disso. Declarou o Trecho 2: O caso que a gente trouxe pra exemplificar da Katia Moraes ela estava tomada pela angústia, mas na fonte dizia que ela teve consultas ao médico e explicou os problemas falou sobre seu organismo então, o médico receitou um certo tipo de medicamento pra ela o que não tantos efeitos colaterais assim.
Seminário 2: 4) Roberta Seminário 2: 243	Declarou o Trecho 4: Só fazendo uma complementação sobre os malefícios que podem ser causados com orientação médica, porém, a orientação ela procura acabar com a maior parte desses malefícios. Um exemplo de quando você tem a orientação e o que não acontecesse é a dependência porque o médico vai falar você vai tomar uma vez por semana. Vai tomar uma dosagem correta. Quando não temos a orientação médica acabamos ficando dependente daquele remédio. Declarou a Trecho 2: Um exemplo que eu vejo dentro de casa. Minha mãe ela sofria com depressão isso correu depois que ela teve o nosso último filho, nosso neném. Ela sofria de bipolaridade então, ela começou a tomar a Fluoxetina ela se diz muita mais ligada nas coisas mais feliz, mais ágil, mais adapta as coisas, e é isso. O único efeito colateral que ela fala pode ocorrer é que depois das 8 horas por aí por que ela sempre toma no período da manhã ela se sente mais cansada por isso ela fica mais disposta durante o dia. Declarou a Seminário 2: 3: Outro complemento é que os medicamentos naturais se você não tomar cuidado eles podem trazer problemas. O chá verde mesmo quando você toma demais esse chá ele causar uma infecção. Então tem que tomar muito cuidado com isso. Por isso antes de tomar qualquer coisa nós temos que ir ao médico para ter uma orientação médica.
05:47:21 Roberta Seminário 2: 246	Replicou: Ao meu ver, se a pessoa ter a consciência que se ela tomar fora do que o médico passou ela pode ficar depende desse medicamento ela vai ficar vai sentir falta dele tire a dor da pessoa por exemplo, ela toma esse remédio e passa. Mas daí ela começa com qualquer dorzinha a ficar dependente daquilo porque ela quer acabar com qualquer dorzinha e tal com orientação médica tem um risco menor. E também se a pessoa estiver interessada em si ajudar e a pessoa também tem que estar consciente de que ela não pode exagerar.
05:54:55 Bárbara Seminário 2: 265 Grupo 4	Declarou que: os anti-inflamatórios ou corticoides são amplamente usados na clínica tem ação anti-inflamatória por impedir a produção de substâncias mediadoras da inflamação e entre eles podemos destacar: a Dexametasona e a Hidrocortisona.

06:12:22 Jady Seminário 2: 292-Grupo 5: Insulinas e hormônios	Replicou: a minha sobrinha ela tomou remédio porque ela queria acelerar o metabolismo dela. E o remédio tenha bastante hormônio acelerou demais, ou seja, ela tem 12 anos com o corpo de meninas de 16, 17 anos.
--	--

Quadro 4- Debate Sobre Biofármacos, Indústria Farmacêutica, Saúde Pública, Medicamentos Naturais
3mam1

TEMPO	DEBATE 1:
06:21:08 Maria 309	Questionou: No que a saúde pública contribuir para a prevenção do câncer de mama?
06:21:09 GEOVANA DEBATE 1:310	Responderam: para pesquisar os remédios que a gente vai tomar.
06:21:31 LETÍCIA DEBATE 1: 311	P2: Não, dá para saber antes quem está com câncer de mama e se for carente?
06:21:56 LETÍCIA DEBATE 1: 315	P3: Esse exame é acessível para todo mundo? Esse exame não é acessível para todo mundo. No caso, dos mais carentes você não tem a possibilidade de fazer esse tipo de exames... E quem não tem dinheiro para ir? [Cara de indignação] Então a saúde pública não contribuir para ninguém. Porque é para os mais necessitados para quem não tem dinheiro para pagar. Então, ela não ajuda de nada?
06:22:09 LETÍCIA DEBATE 1: 316	Trecho 2: Neste caso não serve para nada....
06:24:40 GISELE Grupo 4 DEBATE 1: 319	Questionaram: Qual o posicionamento sabendo que ao tratar uma doença pode causar outra? Como a radiação. Se você vai lá tirar a radiografia de alguma parte do seu corpo você não tem uma proteção para aquilo você está exposto a radiação e os médicos tem noção disso. Agora, qual é o posicionamento deles em relação a isso?
06:25:40 JOANA Grupo: Saúde Pública DEBATE 1: 320	Responderam: Eles não estão nem ai... só se tivesse uma proteção pra gente também. Uma proteção para a gente.
06:26:01 GISELE Grupo: Saúde Pública DEBATE 1: 321	Questionaram: Mas, se tivesse esse tipo de proteção não teria como fazer o raio X?
06:21:51 GISELE Grupo: Saúde Pública DEBATE 1:323	Será não tem um outro tipo de coisa pra que ...não cause tanto dano pra gente?
06:21:56 JOANA Grupo: Saúde Pública DEBATE 1: 324	Responderam: Eles não estão aí! Mas acho que a gente está mais exposto do que os médicos
06:26:17: Rayssa Medicamento Natural DEBATE 1: 335	R1: A gente pesquisou sobre o Canabidiol que tem efeito...ele meio que diminui as células cancerígenas. E faz reposição hormonal e tem bastante estudos em relação a isso.
06:27:56 RAYSSA Medicamento Natural DEBATE 1: 336	R2: Ele é um óleo.
06:28:01 Elisangela Grupo 1 DEBATE 1: 337	P3: Ele mata as células do câncer?
06:21:17 ANA JÚLIA DEBATE 1: 342	Grupo dos naturais declaram: Eu não sei se responde a sua pergunta, mas, aqui diz que a luz natural do sol destrói tumores cancerígenos da mama. As células tratadas com vitamina D se saíram muito melhor. Então, acho que se você tomar sol adequadamente acho que diminui o risco de você ter já que está escrito que pode diminuir. E a Cannabis é a mesma coisa é a maconha. É dependendo muito da doença que o médico receita a Cannabis para você.

06:23:04 PAULO DEBATE 1: 359	Replicou: A maioria dos que eu vi não tinha efeito colateral. E não vai poluir o meio ambiente e iria ser melhor para a sua saúde.
06:27:50 DEBATE 1: 365 FABIANA	Replicou: Então é que hormônios para os fármacos ele é o meio mais próximo de conseguir uma cura. Só que excede o tanto de hormônio não é bom para as pessoas porque teria mais efeitos colaterais do que benefícios. DEBATE 1: 2: Tipo mudança de humor constante...Você vai ter que ir no médico ele vai receitar outro medicamento para controlar esse. Porque é um remédio para controlar outro então, você está se automedicando o tempo todo. Ou seja, aquilo vai prejudicar o meio ambiente pode ajudar no câncer mais não tem a cura. Não tem um tratamento que é 100% eficaz, mas ainda acaba utilizando. Hormônios demais não faz tão bem assim.
06:32:08 JÉSSICA DEBATE 1: 372	Replicou: Eu usaria os naturais como forma de reposição natural. Com exercícios físicos, com a alimentação tentando ter uma vida mais saudável para que isso não aconteça agora, se eu tivesse com o câncer daí eu teria que recorrer aos biofármacos.
06:34:10 KAUAN DEBATE 1: 375	Replica: Naturais também por que como ele falou muitas vezes a gente não tem uma vida saudável. Acho bem melhor tomar um chá do que ficar se enchendo de remédio.

Quadro 6- Debate sobre Biofármacos, Indústria Farmacêutica, Saúde Pública, Medicamentos Naturais 3mam2

TEMPO	Resposta:
07:03:10 DEBATE 3: 442 FABIANA	Refutou o grupo dos medicamentos naturais: Então dá para ser feito através de alimentos, terapias, massagens, vitamina B12 E B3, D, tomar sol, consumir brócolis, salmão, laranja, mamão, chás, ervas...
07:14:18 DEBATE 3: 472 Kauana	Refutou os naturais: Depende do tanto hormônio que ela precisa e de depende do alimento que ela está consumindo! O brócolis, o morango, o salmão e se ela precisar também ela pode tomar sol, cada um tem um específico.
07:15:22 KAUANA DEBATE 3: 474	Refutou os naturais: A amora é uns dos mais benéficos que tem!
07:15:35 NATALIA DEBATE 3: 475	Refutou os naturais: Além dos alimentos dos alimentos as melhores opções são as vitaminas a B12 e B 3 porque o câncer ele é causado por inflamações ...o Ômega 3 também é muito bom! O salmão tem também em cápsulas
07:24: 20 DEBATE 3: 497 ANA CLARA	Refutou a indústria farmacêutica: Infelizmente, os testes são principalmente testados em animais eles não querem buscar outras formas para fazer os testes. E teve aquela briga lá dos ambientalistas para tirar os ratinhos e tal só que se tirar aquilo dali não eles não têm outro jeito de testar! E por mais que tenha duas fases eles fazem mais a primeira daí eles passam para a venda.
07:34:53 ao RODRIGO DEBATE 3: 505	Refutou a indústria farmacêutica 2: Eu tinha visto na internet que cientistas e o pessoal da tecnologia estavam fazendo como "se fosse um humano digital" era como se fosse pele de pessoa de verdade daí eles injetavam o medicamento vendo os impactos causados tipo como se fosse um robô com pele humana.
07:54:20 REBECA DEBATE 3: 535	Replicou: Ela poderia recorrer a massagens, chá de ervas, esportes, brócolis, laranja, morango, linhaça pode ajudar bastante.