



ALEXANDRIA

ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

Ensino de Biotecnologia a partir do Enfoque CTSA: Problematização sobre o Uso e o Descarte de Medicamentos

Biotechnology Teaching by STSE Approach: Problem Posing about Medicines Use and Disposal

Maira Fernanda Rocha Scandelari^{a,b}; João Amadeus Pereira Alves^b; Silmara Alessi Guebur Roehrig^{c,b}

a Secretaria Estadual de Educação do Paraná, Curitiba, Brasil - mairascan@yahoo.com.br.

b Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil - joaoalves@utfpr.edu.br, roehrig@utfpr.edu.br.

Palavras-chave:

Enfoque CTSA.
Abordagem de biotecnologia.
Meio ambiente.
Medicamentos.
Problematização.

Resumo: O artigo aborda a Biotecnologia com foco na articulação de relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no contexto da educação básica. Objetivou-se compreender como tal abordagem contribui para a elaboração de reflexões e posicionamentos críticos pelos estudantes de um curso profissionalizante em Meio Ambiente, a partir das interações discursivas produzidas durante o desenvolvimento de sequência didática envolvendo o uso indevido e o descarte de medicamentos. Utilizaram-se estratégias pedagógicas a partir de atividades como roda de conversa, seminários e debate. Para constituição dos dados, empregou-se a Análise Textual Discursiva, resultando na construção de categorias associadas à problematização sobre uso e descarte de medicamentos, solução dos problemas apontados e alternativas ao uso de medicamentos. Como resultados, destaca-se que os estudantes apresentaram: indícios de conscientização sobre a ingestão indevida de fármacos; posicionamento crítico com relação à ciência e à tecnologia; perspectivas de soluções para problemas associados ao descarte inapropriado de medicamentos.

Keywords:

STSE approach.
Biotechnology approach.
Environment.
Medicines.
Problem posing.

Abstract: This paper approaches Biotechnology with focus in the relationship between Science, Technology, Society and Environment in the context of basic education. The goal was to understand how this approach contributes to the elaboration of critical positioning by the students of a professionalizing course in Environment, from the discursive interactions produced during the development of a unit involving the misuse and disposal of medicines. Pedagogical strategies were based on activities such as conversation circles, seminars and debates. For the data constitution, Discursive Textual Analysis was used, resulting in the construction of categories associated with the problematization about the use and disposal of medicines, solution of the pointed problems and alternatives to the use of medicines. As a result, it is noteworthy that the students presented: evidence of awareness about the improper intake of drugs; critical position in relation to science and technology; prospects for solutions to problems associated with inappropriate drug disposal.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Introdução

Enquanto campo de pesquisa, a biotecnologia se caracteriza como uma ciência multidisciplinar, baseada no uso de técnicas voltadas à manipulação microbiológica, que permite a utilização de organismos vivos para as mais distintas finalidades de interesse humano (LOPES; ROSSO, 2010; MALAJOVICH, 2016). Pesquisas genéticas e moleculares associadas à biotecnologia incluem, especialmente, o estudo dos vírus, bactérias e fungos voltados à prevenção, remediação e cura de enfermidades, sejam elas congênicas, hereditárias, genéticas ou crônicas (PUTTINI et al., 2010).

A biotecnologia abrange diversas técnicas de reprodução assistida nas áreas alimentícia, clínica, agrícola, terapêutica e farmacêutica (BORÉM, 2005). Se, por um lado, este viés mercadológico expande-se pelo uso industrial decorrente do conhecimento até então produzido, por outro ele manifesta novas exigências, a exemplo da manipulação genética em prol de negociações de *commodities* agrícolas e visões em favor da conservação de recursos naturais motivadas pelo *cap-and-trade*. De modo dicotômico, novas estratégias de domínio exploratório da natureza (LEFF, 2006) facilmente podem colocar conforto, interesses estéticos e longevidade em contraposição às necessidades básicas de mobilidade, alimentação saudável e redução de emissão de gases comprometedores ao meio ambiente.

Microrganismos manipulados a partir de técnicas específicas passaram a ter aplicação nos tratamentos medicinais e farmacológicos de forma dissociada de seus efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente, a exemplo do que já ocorreu com os antibióticos. Em um primeiro momento, a penicilina foi desenvolvida com a finalidade médica de restabelecimento do sistema imunológico dos pacientes. Contudo, a manipulação genética nesses medicamentos somada ao seu uso indiscriminado pode ter sido responsável pela reprodução de bactérias novas e mais resistentes que as anteriores, adquirindo a capacidade de infectar de forma devastadora por todo o organismo (MALAJOVICH, 2016).

Em razão do avanço econômico, a partir dos anos 1960 intensificaram-se pesquisas em agricultura, processamento e desenvolvimento de medicamentos (assim como de alimentos processados). O crescimento das indústrias vinha do espantoso *know-how* adquirido desde o fim da segunda grande guerra. Já nos anos 1990 essas indústrias passaram a formar *holdings* e *joint-ventures*, tornando os negócios muito mais volumosos. Porém, os monopólios de segmentos tais como o farmacológico, de fertilizantes, sementes, entre outros, restringia a aquisição de patentes e o desenvolvimento científico e tecnológico a “poucas mãos”, sobretudo em biotecnologia. A esse respeito é possível indagar: a disponibilidade de medicamentos tem sido induzida por fusões de companhias farmacêuticas? Sobre a indução ao uso de medicamentos, “[...] em paralelo à intensificação da pesquisa, houve adoção de métodos de marketing intensivos destinados a médicos, hospitais e farmácias” (KORNIS et

al., 2014, p. 888). Ainda assim, pairam questões residuais importantes, tais como: a disponibilidade de medicamentos é garantia para melhoria das condições de saúde da população? Prescrição médica, acesso (em sentido amplo) e uso de medicamentos garantem padrões de vida mais saudáveis à população?

Diante do surgimento de tais controvérsias no âmbito da biotecnologia e tendo em vista os aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais relacionados à presença destas técnicas no contexto histórico atual, torna-se imprescindível abordar conhecimentos científicos junto aos estudantes da educação básica que os permitam compreender tanto os processos relacionados aos produtos que eles consomem, quanto os impactos da presença destas tecnologias nas suas vidas.

De acordo com Reis (2004), os avanços da biotecnologia e os tratamentos genéticos a ela associados podem ser relacionados a implicações éticas, morais e econômicas da presença destes na sociedade, o que pode abrir espaço para discussão nas aulas de Ciências. Debater, com embasamento científico, as controvérsias que o avanço da biotecnologia levanta, permite construir possíveis soluções para os problemas envolvidos. Possibilita ainda que os estudantes, enquanto cidadãos em processo formativo, tenham condições de desenvolver uma consciência crítica e responsável sobre assuntos que envolvem sua participação no contexto científico e tecnológico da sociedade (REIS, 2013).

As Diretrizes Curriculares da Educação Básica para a disciplina de Biologia (PARANÁ, 2008) apontam a relevância pedagógica do aprendizado científico a partir de conhecimentos envolvendo biotecnologia, abrindo a possibilidade de contemplar aspectos éticos, morais e econômicos dos avanços tecnológicos. Destaca-se a manipulação genética e farmacêutica, que permite compreender a interferência do ser humano na biodiversidade. Visando o desenvolvimento dos estudantes, o referido documento prevê a possibilidade de abordar a biotecnologia por meio do ensino de Biologia. Isso suscita o seguinte problema: A vivência de estudantes de ensino técnico profissionalizante em uma proposta educacional, que aborda sistematicamente a biotecnologia e relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), torna possíveis reflexões e posicionamentos críticos sobre o uso e descarte de medicamentos?

Neste artigo apresentamos resultados obtidos a partir do desenvolvimento sistematizado de uma sequência didática sobre biotecnologia com estudantes de um curso técnico de nível médio da rede pública de ensino do Estado do Paraná. O foco da sequência didática foi a problemática dos impactos do consumo de fármacos no contexto social. A proposta se fundamenta no enfoque educativo das relações CTSA, pois esta vertente do ensino de Ciências congrega fundamentos teóricos e metodológicos com vistas ao desenvolvimento de posicionamentos críticos pelos estudantes. De modo complementar, a

sequência didática se utiliza de questões sociocientíficas (QSC), pois pretende abordar conhecimentos relacionados à biotecnologia e identificar a essência deles com relação a problemas ou situações controversas que envolvem as relações CTSA.

Desta forma, este trabalho tem como principal objetivo compreender como a abordagem da biotecnologia pelo foco da articulação de relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente pode contribuir para a reflexão e o posicionamento crítico dos estudantes de um curso profissionalizante em Meio Ambiente, a partir da análise das interações discursivas destes sujeitos durante o desenvolvimento da sequência didática. Neste sentido, buscou-se permitir que os estudantes tivessem condições de perceber como a aplicação do conhecimento científico interfere e modifica o contexto de vida da sociedade. Para isso, estabeleceu-se a meta de abordar o referido tema de um ponto de partida mais amplo, a fim de levar os estudantes à compreensão, exploração e disseminação de argumentos críticos na sociedade (PEDRETTI, 2008), o que pode permitir a eles desmistificar visões ingênuas sobre a ciência e a tecnologia.

A fim de estabelecer uma discussão sobre os resultados obtidos a partir do desenvolvimento da sequência didática, serão apresentados os aportes teóricos que pautaram este estudo, como a perspectiva de ensino de ciências com enfoque nas relações CTSA e o uso de QSC. Em seguida, serão abordados os principais aspectos da biotecnologia enquanto campo de conhecimento, especialmente aqueles relacionados a: mecanismos de ação fisiológica dos fármacos sintéticos e biológicos com relação ao restauro da saúde humana, e à poluição hídrica decorrente do descarte indevido de remédios no ambiente doméstico.

Posteriormente, serão apresentados os encaminhamentos metodológicos referentes a à pesquisa de intervenção pedagógica, utilizada para a organização e aplicação da proposta, e à Análise Textual Discursiva, no que concerne ao tratamento das informações e constituição das categorias de análise. A partir disso, pretende-se contribuir para a pesquisa que se preocupa com a formação mais crítica de estudantes, sob a abordagem das relações CTSA.

Relações CTSA no ensino de ciências

A imagem tradicional da ciência como um empreendimento autônomo e neutro carrega consigo a função de desvendar e compreender a natureza. Essa concepção começou a ser questionada com especial ênfase nos anos 1960 e 1970, conforme as consequências negativas do desenvolvimento científico e tecnológico se mostravam nos âmbitos social e ambiental. Naquele contexto, as obras *Primavera Silenciosa* (de Rachel Carson) e *A Estrutura das Revoluções Científicas* (de Thomas Kuhn) demonstraram-se marcantes na discussão acadêmica e filosófica à época. Enquanto a primeira obra denunciava as consequências do uso do inseticida dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) para a saúde humana e o meio ambiente, a

segunda revelava o caráter histórico, social e não neutro da atividade científica. Ambas forneceram suporte ao movimento que posteriormente se denominaria Ciência, Tecnologia e Sociedade (AULER; BAZZO, 2001).

Então, colocava-se em xeque a visão que personificava os cientistas e técnicos de alto nível acadêmico como dotados de capacidades privilegiadas para solucionar problemas sociais e produzir conhecimento científico sempre ascendente (PINHEIRO, 2005). Iniciava-se a perspectiva de superação, pela sociedade, da concepção ingênua sobre a ciência e a tecnologia e sobre seus representantes, bem como de que cabia a estes conduzir o aumento do bem-estar social (SANTOS; MORTIMER, 2001). Esse movimento gerou as reestruturações no ensino de ciências nas décadas que se sucederam, pois se percebia como imprescindível a formação de cidadãos capazes de compreender problemas, estabelecer parâmetros comparativos pautados em criticidade e na tomada de decisões conscientes, no âmbito da educação básica (DELIZOICOV et al., 2002). Tendo passado cinco décadas desde a inserção da nova concepção, Santos e Auler (2019) consideram fundamental a prioridade da participação social na formação educacional crítica.

A consolidação desse movimento no ensino de Ciências em alguns países, especialmente da América do Norte e Europa, resultou no avanço das pesquisas educacionais que buscavam aprimorar currículos educacionais com enfoque nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Com relação à presença deste movimento na América Latina, destaca-se a concepção do Pensamento Latino Americano em Ciência-Tecnologia-Sociedade (PLACTS), que visa aproximar o campo educacional CTS e as ideias de Freire, no que diz respeito à participação dos estudantes em temas sociocientíficos. Diante disso, o PLACTS favorece a problematização no ensino de Ciências, propiciando aos alunos uma aprendizagem mais realista e dialógica sobre as interações CTS (AULER; DELIZOICOV, 2015).

Com o tempo, percebeu-se que havia a necessidade de enfatizar a dimensão ambiental associada às consequências das relações CTS. Isso desencadeou a ampliação de escopo do movimento para a Educação CTSA, de modo a impulsionar as pesquisas que enfatizam esses quatro elementos no ensino de Ciências, com o intuito de envolver os estudantes em discussões sobre controvérsias científicas e tecnológicas contemporâneas no entendimento de problemas socioambientais, somadas a um processo de conscientização social (ALVES et al., 2007). Somando-se a esta perspectiva educacional, Vilches et al. (2011) defendem ainda que as relações CTSA demonstram o compromisso da educação científica com o desenvolvimento sustentável.

Para promover um ensino baseado em discussões que relacionam CTSA, uma das principais estratégias que precisa ser levada em conta diz respeito à contextualização dos conhecimentos. De acordo com Martins e Paixão (2011), a contextualização se constitui como

peça fundamental para o ensino que busca dar maior relevância ao conteúdo dos currículos de Ciências. Isso implica tomar como ponto de partida a sociedade enquanto contexto, de modo que sejam selecionados grandes temas “cuja abordagem mobiliza saberes específicos do domínio científico em questão, princípios da tecnologia associada e impactos de ordem social, econômica e ética” (MARTINS; PAIXÃO, 2011, p. 148).

Outro aspecto importante a ser considerado numa proposta com enfoque CTSA diz respeito à abordagem transdisciplinar, na medida que “integra saberes provenientes de disciplinas diversas para dar resposta a um problema de estudo” (MARTINS; PAIXÃO, 2011, p. 152). Essas autoras enfatizam que há um grande número de estratégias a serem consideradas, dentre elas: trabalho em grupo, debate em pequenos e grandes grupos, discussões centradas nas ideias dos estudantes, tomada de decisões sobre assuntos tecnocientíficos, visitas de estudo, situações práticas experimentais com foco na recriação de ambientes ou teste de previsões, estudo de materiais históricos, entre outros.

Pedretti (2003) considera que as relações CTSA podem ser promovidas levando-se em conta cinco aspectos: 1) compreensão social e ambiental das explorações da ciência e da tecnologia; 2) discussão da opinião pessoal e dos valores atribuídos à sociedade e à democracia; 3) consciência crítica sobre a natureza da ciência e da tecnologia; 4) aspectos econômicos e industriais do desenvolvimento tecnológico; e 5) compreensão das constantes ameaças ambientais, incluindo as globais e as locais para a preservação da vida. Em resultado de estudo posterior, a autora citada aponta que, ao levantar um problema ou uma questão socioambiental, os estudantes têm oportunidade de apresentar suas experiências pessoais, transmitindo seus sentimentos e experiências, com potencial de promover a formação crítica em relação à ciência e à tecnologia (PEDRETTI, 2008).

Com relação aos parâmetros e propósitos da educação sob essa perspectiva, de acordo com as pesquisas realizadas em contexto brasileiro, Strieder e Kawamura (2017) apontam que os parâmetros se estabelecem em torno da racionalidade científica, do desenvolvimento tecnológico e da participação social. Quanto aos propósitos educacionais, destacam-se o desenvolvimento de percepções acerca do conhecimento científico, os questionamentos e compromissos dos cidadãos com problemas sociais de natureza científica e tecnológica.

Ao considerar a resolução de um problema enraizado de questões mais complexas e do contexto dos alunos, seu potencial didático será proporcional à possibilidade que o professor tem de envolvê-los em discussões que considerem as controvérsias científicas e tecnológicas subjacentes, sendo fundamental analisá-las quanto aos seus benefícios e prejuízos para a sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2001). A esse respeito, por exemplo, quando problemas derivados de controvérsias são discutidos em sala de aula, os estudantes

têm a oportunidade de opinar e participar ativamente frente a questões de saúde humana e de proteção ambiental decorrentes da introdução da ciência e da tecnologia, podendo integrá-las criticamente para contribuir na construção da formação de valores e atitudes democráticas (REIS, 2013).

No que concerne à problematização educacional com foco em problemas que envolvem relações CTSA, a abordagem de questões sociocientíficas apresenta:

[...] base na ciência e frequentemente se localizam na fronteira do conhecimento científico; envolverem formação de opiniões, escolhas em nível pessoal ou social; são frequentemente relatadas pela mídia; possuem informações incompletas e conflitos de evidências científicas; possuem dimensões locais ou globais ligadas a estruturas políticas e sociais; podem envolver elementos de desenvolvimento sustentável; envolvem valores e raciocínio ético; podem requerer algum entendimento de probabilidade ou risco; e são tópicos frequentes na vida cotidiana (RATCLIFFE; GRACE, 2003, p. 2-3, tradução nossa).

De acordo com Reis (2004), as QSC têm o objetivo de promover o embate das crenças, culturas e dimensões morais dos alunos com relação a aplicação indiscriminada da ciência e da tecnologia, buscando desenvolver neles atitudes mais éticas e responsáveis (REIS, 2013). Assim, ao considerar a abordagem de relações CTSA, uma aproximação possível com as QSC pode ocorrer no âmbito da biotecnologia, no que diz respeito à problematização acerca da indústria farmacêutica, quando se fomenta o aumento do consumo de medicamentos de uso contínuo e/ou controlados, como antidepressivos, analgésicos, anti-inflamatórios e antivirais. Pode-se, a partir destas questões, problematizar o fato de a pesquisa associada à medicina curativa ter sido o principal foco da indústria no contexto brasileiro. Ou seja, pouco se investe na prevenção de doenças no âmbito da saúde pública, com exceção de algumas ações, como aquelas relacionadas à produção de vacinas, tais como rotavírus, poliomielite, febre amarela, sarampo, influenza H1N1, entre outras (BRUM, 2009).

Avanços da ciência têm popularizado o consumo de vasto espectro de produtos tecnológicos. A exemplo disso, incluem-se os alimentos transgênicos e os agrotóxicos, bem como a contribuição indireta para o uso indiscriminado de medicamentos (SISMONDO, 2009). Para atender aos riscos que a saúde humana corre, avanços científicos nas áreas da genética e da biotecnologia desencadeiam novos tratamentos médicos de doenças crônicas e hereditárias, inclusive com emprego de terapias paliativas quando níveis de comprometimento do paciente chegam ao limite. Somam-se a isso políticas de saúde pública com campanhas de vacinação em massa, realizadas diante de surtos. Novos e “antigos” fármacos são testados a cada doença ou mutação genética viral de grande impacto. Terapias com células-tronco voltadas ao recobro dos sistemas neurológico e imunológico dos pacientes (REIS, 2004) são igualmente alvo de testes em hospitais e institutos mundo afora.

Quando essas situações são discutidas em sala de aula, os estudantes têm oportunidade, talvez pela primeira vez, de opinar e participar ativamente frente às questões de

saúde humana e de proteção ambiental decorrentes da introdução dessas novas aplicações científico-tecnológicas, 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 refletir com mais criticidade sobre alternativas na ciência e na tecnologia, a partir de uma visão relacionada à justiça e ao bem-estar sociais.

A fim de expandir o horizonte de possibilidades de abordagem de QSC na biotecnologia para além de controvérsias acerca da prescrição médica e dos efeitos colaterais dos medicamentos, será abordado a seguir um aspecto sobre o consumo de fármacos pela sociedade. Trata-se da poluição ambiental decorrente do descarte indevido de medicamentos não utilizados ou vencidos. Tal questão se apresenta relevante no contexto dos estudantes e sua abordagem tem o potencial de contribuir para que juntos eles possam delinear possibilidades concretas para a solução desse problema social.

Ação fisiológica dos medicamentos associada à poluição ambiental

A utilização de ervas medicinais para a recuperação da saúde se constituiu um método historicamente desenvolvido pelos diferentes povos. Possivelmente, tal aspecto veio a influenciar o desenvolvimento da medicina tradicional das culturas orientais e ocidentais desde a antiguidade. Estas tinham o intuito de combater pragas e gerar mecanismos de defesa imunológica, principalmente nas civilizações Egípcia, Greco-Romana e Chinesa (VIEGAS et al., 2006).

Em 1757, o inglês Edward Stone estudou as cascas do salgueiro (*Salix alba*) incluindo os extratos de *Cinchona*, e depois de seis anos de pesquisa descobriu as propriedades antitérmicas e analgésicas contidas nelas. Dada a importância desta descoberta, em 1828 o Instituto de Farmacologia de Munique incorporou uma pequena quantidade de salicina à *Salix alba*, com o objetivo de aprimorá-la quanto à sua propriedade ácida e paliativa esperada para o restabelecimento da saúde humana (VIEGAS et al., 2006).

De acordo com os autores, no ano de 1898 o químico alemão Felix Hoffmann, com suas pesquisas clínicas empregadas em salicilatos como o sódio, descobriu o ácido acetilsalicílico, especificamente eficaz contra a artrite. Esse produto chamou a atenção dos laboratórios farmacêuticos da Bayer, que o “elegeram como AAS, um novo medicamento a ser lançado no mercado para competir com os salicilatos naturais, sob o nome de Aspirina” (VIEGAS et al., 2006, p. 328). Este passou então a ser prescrito para casos de febres, inibição plaquetária, artrite, infecções e dores musculares.

De alcance quase global, por volta de 1928, outro medicamento sintético importante que se descobriu foi a Penicilina, pelo oficial médico e bacteriologista Alexander Fleming, no

Hospital St. Mary's, em Londres. Esse estudo visou combater especificamente as colônias do gênero *Staphylococcus*, “a partir da utilização de um bolor contaminando uma de suas culturas, o qual provocou a morte dessas bactérias, resultando em um marco essencial contra as infecções” (CALIXTO; CAVALHEIRO, 2012, p. 119).

No ano de 1921, foi formulada uma droga sintética empregada para repor taxas de glicose sanguínea, que ficou conhecida como insulina. Esse produto foi produzido a partir da manipulação bacteriana responsável pela liberação da insulina para o tratamento dos diabéticos (GARCIA, 2013). Já em 1975, o biólogo George Kohler e o bioquímico César Milsteins produziram os primeiros biofármacos compostos por anticorpos monoclonais, oriundos 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 desenvolver anticorpos contra o câncer (MALAJOVICH, 2012).

Em meados do século XX, outros importantes biofármacos foram desenvolvidos, a exemplo das vacinas devido aos surtos de poliomielite e gripe. A utilização deste novo tipo de droga buscou reduzir e proteger as pessoas de surtos virais, mais especificamente os habitantes da América do Sul, Europa, Ásia e África (GADELHA; AZEVEDO, 2003).

Diante disso, a biotecnologia e a farmacologia passaram a integrar-se com a finalidade de ampliar sua linha de produção, de natureza sintética e/ou biológica. Hoje, os medicamentos sintéticos são prescritos contra problemas de largo espectro, como os cardíacos, neurológicos, hormonais, inflamatórios, imunológicas e infecciosos etc. (RANG et al., 2007).

Por sua vez, os medicamentos de base biológica são obtidos a partir de proteínas produzidas por culturas de células ou organismos completos. Eles são prescritos principalmente para os tratamentos contra doenças imunológicas, infecciosas, artrite, trombose, hemofilia, esclerose múltipla, diabetes, doenças hormonais, anemia, entre outras (REIS et al., 2010). Ademais, os biofármacos incluem a produção de vacinas para a prevenção de doenças imunológico-infecciosas provocadas por agentes bacterianos e virais (TANAKA; AMORIN, 2014).

Essa aliança entre os remédios biofármacos e sintéticos trouxe para a sociedade uma infinidade de produtos destinados ao tratamento de doenças agudas, crônicas e hereditárias. Porém, esses medicamentos têm sido alvo de críticas proferidas por grupos de ambientalistas, químicos, médicos e farmacêuticos, devido aos efeitos adversos por acometimento decorrente de sua utilização, especialmente para o meio ambiente (BILA; DEZOTTI, 2003; LOPES; ROSSO, 2010; LOPES et al., 2010; MEDEIROS et al., 2014).

A crítica associada a tais impactos ambientais diz respeito às consequências do descarte de toxinas biológicas e sintéticas contidas nos fármacos. Isso porque, ao atingirem os

corpos d'água, estas podem gerar, entre outros males, aumento reprodutivo de bactérias patogênicas aos seres humanos, bem como afetar peixes, moluscos e répteis, podendo causar o surgimento de anomalias, infertilidades e a extinção de espécies endêmicas (BILA; DEZOTTI, 2003).

Há pouco tempo, esse problema tinha os holofotes quase que exclusivamente voltados para os grandes geradores desses resíduos, como indústrias, hospitais e farmácias. Atualmente, com o crescimento do consumo de medicamentos, a quantidade de resíduos farmacológicos despejados nos corpos d'água pela população passou a ser considerada relevante do ponto de vista dos impactos ambientais. A esse aspecto, somam-se a falta de tratamento adequado e a ineficiência de programas de recolhimento de remédios inutilizados nas farmácia e drogarias (MEDEIROS et al., 2014).

A conscientização dos cidadãos acerca do problema do descarte indevido de medicamentos no meio ambiente torna-se essencial na medida que todos são diretamente responsáveis pela solução deste problema. A temática do uso e descarte dos fármacos visa contribuir para a formação de cidadãos mais éticos, críticos e responsáveis na sociedade. Além disso, a discussão sobre a destinação incorreta de medicamentos proporciona aos estudantes condições de analisar e julgar suas ações, de modo a construírem alternativas viáveis e amenizar impactos negativos para a sociedade e para o meio ambiente.

Aspectos metodológicos da pesquisa

Esse estudo foi desenvolvido em pesquisa de mestrado profissional, tendo como campo de constituição de dados empíricos o contexto de docência da primeira autora deste artigo. Os encaminhamentos metodológicos alinharam-se com a pesquisa de natureza qualitativa do tipo intervenção pedagógica. De acordo com Ludke e André (2012), a intervenção pedagógica pode ser caracterizada como oportunidade privilegiada para o desenvolvimento da atividade de ensino e pesquisa, pois reúne o pensamento e a ação de um professor com determinado grupo de alunos, no esforço de construir um conhecimento profissional novo frente à realidade, por meio da investigação. Um dos objetivos centrais da pesquisa qualitativa de tipo intervenção pedagógica consiste em promover a troca de experiências entre alunos e professores quanto às questões éticas, científicas, políticas, tecnológicas e econômicas pertencentes à vida dos participantes do estudo (MOREIRA, 2011).

Para o desenvolvimento da proposta de intervenção, escopo da pesquisa realizada, foi construída uma sequência didática de dez horas-aula, intitulada “Biotecnologia e farmacologia: relações entre a saúde humana e o meio ambiente em um contexto educacional”, com base na educação com enfoque CTSA. A sequência didática foi desenvolvida junto a duas turmas do 3º ano de curso integrado profissionalizante em Meio Ambiente, de nível escolar médio, de uma

escola da rede estadual de ensino do Paraná, na cidade de Curitiba. O desenvolvimento empírico da pesquisa ocorreu entre os meses de novembro e dezembro de 2017, após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa, conforme Plataforma Brasil, sob projeto nº 2.374.982/2017.

O universo de sujeitos envolvidos na pesquisa foi de 60 estudantes, de ambos os sexos, de faixa etária de 17-19 anos, que se encontravam matriculados no curso técnico mencionado e frequentaram as aulas da disciplina de Biologia ministrada pela primeira autora deste artigo durante a pesquisa. A abordagem da biotecnologia se insere como conteúdo estruturante da disciplina. Porém, as questões sobre o uso e descarte de medicamentos foram acrescentadas na estrutura da sequência didática. Como se trata de uma disciplina obrigatória, as etapas da pesquisa foram desenvolvidas após a conclusão das avaliações oficiais dela, previstas no planejamento docente, de modo que a participação dos sujeitos da pesquisa nas atividades propostas não fosse obrigatória. Sendo assim, os estudantes foram informados com antecedência de todas as etapas do trabalho e foram convidados a participar da pesquisa, cientes de que caso alguém se sentisse insatisfeito ou constrangido, poderia deixá-la a qualquer momento. Ressalta-se que todas essas questões, bem como as providências a serem tomadas com os estudantes que por ventura optassem por não participar da pesquisa, estavam detalhadas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e no Termo de Assentimento Livre e Esclarecimento, que foram devidamente encaminhados aos estudantes e seus responsáveis. No caso das turmas em que a pesquisa foi realizada, todos os estudantes concordaram em participar das atividades pertinentes à pesquisa.

Levando em conta estratégias coerentes com as discussões sobre as relações CTSA, a sequência didática foi estruturada a partir das seguintes atividades: 1) roda de conversa sobre os poluentes gerados pelo descarte de medicamentos no meio hídrico; 2) exposição dialogada relacionada à história da biotecnologia e sua participação na indústria farmacêutica; 3) apresentação de seminário pelos grupos de estudantes sobre temas relacionados aos medicamentos sintéticos e biológicos; 4) debate concernente ao uso de medicamentos anticoncepcionais associados a casos de câncer de mama. O quadro I apresenta uma síntese da sequência didática proposta e os objetivos delineados para cada etapa.

Quadro I: 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”	
Tema / Abordagem das aulas	Objetivos de aprendizagem
A 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 na água pelos fármacos.	Discutir e refletir sobre os impactos ambientais decorrentes do descarte de medicamentos.
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.
Uso de medicamentos sintéticos e biológicos: 5ª a 7ª aula: apresentação de seminário sobre medicamentos biológicos e sintéticos. Organização dos alunos em grupo de cinco integrantes cada conforme as seguintes classes medicamentosas: 1) insulinas, hormônios; 2) heparinas e trombolíticos; 3) anticorpos; antibióticos, antitérmicos e analgésicos; 4) vacinas e antivirais; 5) anti-inflamatórios, antialérgicos e antidepressivos.	Argumentar de maneira mais crítica sobre o uso de medicamentos e a indústria farmacêutica.
Controvérsias sobre uso de hormônios para prevenção do câncer de mama: 8ª a 10ª aula: debate a partir de textos sobre os efeitos colaterais e as alterações fisiológicas relacionadas ao uso contínuo de anticoncepcionais.	Elaborar argumentos críticos sobre o uso de medicamentos responsáveis ou preventivos contra o câncer de mama.

Fonte: Autoria própria (2018).

A construção do corpus da investigação se deu pela coleta de informações por meio de gravador de áudio e diário de bordo. A coleta foi realizada ao longo das atividades referentes à exposição dialogada, à roda de conversa, ao seminário em grupos e ao debate.

Para a organização do processo de análise, foi utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD). Partindo desta perspectiva metodológica, organizou-se a análise de acordo com as etapas propostas por Moraes e Galiuzzi (2011), que consistem em: 1) desmontagem dos textos, também conhecida como processo de unitarização; 2) agrupamento das unidades obtidas no passo anterior, de modo a construir as categorias de análise; 3) análise das categorias em busca de uma nova compreensão sobre o objeto de estudo; e 4) auto-organização, em que os resultados do trabalho de análise são apresentados na forma de textos analíticos.

A primeira etapa da ATD, na pesquisa que resultou neste artigo, foi organizada a partir da transcrição dos áudios, seguida de uma leitura aprofundada do material. As informações foram separadas em unidades de análise, que em seguida foram reorganizadas em grupos por semelhança de elementos que remetem a indícios de que os estudantes levaram em conta aspectos acerca das relações CTSA. Este processo levou à segunda etapa, em que foram construídas as categorias de análise para a discussão dos resultados. As categorias foram assim denominadas: 1) Problematização relacionada ao uso e descarte de medicamentos no meio ambiente; 2) Perspectivas de solução para os problemas apontados; 3)

Problematização sobre as questões científicas e tecnológicas; 4) Alternativas ao uso de medicamentos industrializados.

A seguir apresentam-se resultados e discussões sobre a pesquisa, considerando os elementos percebidos nas falas dos sujeitos participantes dela. Todos eles receberam pseudônimos, em atendimento às normas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição onde se encontra sediado o curso de Mestrado e seu respectivo Programa de Pós-Graduação. Ao longo do texto que segue, busca-se analisar as interações discursivas dos sujeitos, tendo em vista as relações CTSA fomentadas, os conhecimentos de biotecnologia e aspectos da farmacologia.

Resultados e discussões

Na primeira categoria, denominada “Problematização relacionada ao uso e descarte de medicamentos no meio ambiente”, são analisadas evidências de que os sujeitos apresentam um olhar crítico e responsável acerca das influências da ciência e da tecnologia na sociedade. A partir das atividades da roda de conversa (RDC), do seminário (SM) e do debate (DE), as estudantes de pseudônimo Letícia, Alessandra, Isabel e Roberta expressaram alguns argumentos quanto a danos ambientais decorrentes do descarte inadequado de medicamentos pela ação humana:

[...] 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** e aí acabam saindo na urina e contaminando a água (RDC – Letícia, grifos dos autores).

[...] além disso, quando as embalagens com medicamentos são descartadas, no meio ambiente, incorretamente ... elas podem afetar os lençóis freáticos, as águas superficiais e o solo [...] (RDC – Alessandra).

[...] o descarte desses produtos em meio aquático pode causar a feminização de peixes e crustáceos deixando-os inférteis (SM – Isabel).

[...] eu vi que estudos realizados na Flórida mostraram que [os produtos] Citanoplan, Fluoxetina, Fluoxamina, Paracetina, Sertralina e Metaflacina podem ser bioacumulados no plasma dos tubarões (SM – Roberta).

Nesse sentido, percebeu-se que as estudantes problematizaram as ações de descarte incorreto de medicamentos e suas possíveis consequências sobre a infertilidade da fauna marinha e de água doce. Letícia, Alessandra, Isabel e Roberta expressaram posicionamentos críticos e com princípios de responsabilidade cidadã no tocante aos desequilíbrios ambientais oriundos do uso e descarte de fármacos. Referente à construção de princípios de responsabilidade cidadã, chama a atenção a fala de Letícia, que usa a primeira pessoa do plural (trechos em destaque) ao mencionar a questão da contaminação produzida pelos seres humanos após a ingestão de medicamentos. A estudante não somente aponta o problema, mas se coloca como parte dele, o que pode sinalizar uma tomada de consciência tanto de seu papel como agente causador, quanto como responsável por refletir sobre a solução do problema.

De acordo com Reis (2016), a problematização possibilita que os sujeitos passem a construir saberes e habilidades, tornando-se capazes de se mobilizar de maneira ativa, crítica e sensível, com o objetivo de encontrar alternativas para um fenômeno ou problema social e ambiental. A problematização, enquanto um dos pilares da educação CTSA, pode promover o desenvolvimento da análise crítica sobre a ciência e a tecnologia, incluindo benefícios e prejuízos para o meio ambiente e a sociedade (FREIRE, 2017). A partir da análise dos excertos destacados, percebem-se indícios de articulação dos saberes construídos pelos estudantes com os problemas presentes na sociedade, o que se mostra coerente como resultado da problematização proposta.

A segunda categoria, denominada “Perspectivas de solução para os problemas apontados”, se baseia nas interações discursivas que ocorreram também durante a atividades da roda de conversa, no seminário e no debate. Dentre as falas dos sujeitos, se destacaram as dos estudantes de pseudônimo Juliana e Ruan, que afirmaram o seguinte:

[...] a gente acha que falta informação para a população [sobre o descarte de medicamentos], poderia colocar um cartaz nas farmácias, palestras públicas, propagandas na internet e na televisão (RDC – Juliana).

[...] 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]” (RDC - Ruan).

[...] acho muito importante que seja discutido essa matéria nas salas de aula. Passar também a educação ambiental para as crianças e adolescentes, para eles repassem aos familiares essa informação. Além da informação sobre o descarte incorreto de medicamentos e outras informações que pessoas não fazem nem ideia que pode ocorrer no meio ambiente e elas praticam no dia a dia (RDC – Juliana).

[...] Um dos caminhos para evitar esse problema é agir com responsabilidade e [...] a gente sempre acaba descartando na pia, na privada ou no lixo, sendo que algumas farmácias recebem esse lixo” (RDC – Juliana).

A aluna Juliana, no último trecho das falas acima, sugere que também já realizou descarte incorreto de remédios em casa, reconhecendo que o material poderia ser encaminhado às farmácias. Tanto Juliana quanto Ruan apontam que uma possível alternativa para a resolução dos problemas ambientais passa pela necessidade de conscientização social, apontando a pertinência da promoção de palestras, propagandas e programas de televisão acerca destes temas. Soma-se a isso o fato de que ambos defenderam aulas de educação ambiental e de disciplinas técnicas do curso profissionalizante em Meio Ambiente voltadas à temática da poluição por medicamentos no meio hídrico.

Tais elementos do discurso dos sujeitos corroboram com as ideias de Reis (2006), pois este afirma que a educação científica e tecnológica deve ter como premissa o desenvolvimento de atitudes mais responsáveis por parte dos estudantes, as quais são indispensáveis para a resolução de problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia. A importância dessas reflexões nas salas de aula é apontada pela estudante Juliana, pois ela reconhece que a disseminação da educação ambiental nos contextos sociais deve se iniciar no âmbito escolar. A tomada de consciência sobre os procedimentos corretos de descarte de

medicamentos ocorre, na perspectiva dos estudantes, se as pessoas tiverem acesso à informação e ajam com responsabilidade. Tal possibilidade ocorre se estas questões forem problematizadas no contexto educacional.

A terceira categoria de análise “Problematização sobre as questões científicas e tecnológicas” compreendeu, a partir das atividades do seminário e do debate, manifestações argumentativas dos estudantes de pseudônimo Wellington e Ana Clara, apresentadas a seguir. É importante frisar que esta categoria se articula com a primeira, porque ambas se referem à problematização das relações entre ciência e tecnologia acerca do uso e descarte de fármacos. Entretanto, destacam-se a partir de agora elementos relacionados à biotecnologia e farmacologia tendo em vista os efeitos e impactos dos diferentes tipos de medicamentos no organismo.

[...] [medicamentos] podem ser auto administrados, ou seja, o paciente pode pegar o comprimido e ele mesmo tomar em casa. Ele normalmente é indicado por um profissional da área da saúde, um médico ou farmacêutico. Os antidepressivos possuem efeitos colaterais eminentes vistos que eles são controladores de humor e a falta desses remédios pode fazer mal (SM – Renan).

[...] o processo de fabricação de um medicamento biológico é mais complexo do que o dos medicamentos sintéticos. 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. Daí a proteína é purificada e modificada pelo biorreator (SM – Wellington).

[...] além disso, para a utilização desses anticorpos são realizados testes em camundongos para poder [aprovar esse medicamento] ... e a utilização deles é mais para transplantes de órgãos, tratamento de tumores, doenças autoimunes, e também no tratamento do câncer de mama. Entre as vantagens de seu uso estão a alta especificidade do clone e a eficiência no tratamento para médico (SM – Caroline).

[...] infelizmente, os testes são realizados principalmente em animais. E teve aquela briga lá dos ambientalistas para tirar os ratinhos dos testes para a venda (sic) dos medicamentos. 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 injetaram o medicamento, vendo [em seguida] os impactos causados tipo como se fosse um robô com pele humana (DE – Ana Clara).

Wellington e Carolina destacaram os aspectos científicos que diferenciam os fármacos sintéticos dos biológicos, mostrando assim o desenvolvimento de uma compreensão mais aprofundada sobre a biotecnologia e a farmacologia. Nesse sentido, cabe apontar que a construção do conhecimento, no que se refere à assimilação dos conteúdos científicos específicos, se manifesta nas interações discursivas dos estudantes, ao mesmo tempo em que questões de cunho tecnológico e social são problematizadas. Ou seja, estes estudantes não somente “passaram” pelos conteúdos, mas construíram referências destes com questões que são relevantes para suas vidas pessoais e em sociedade. De acordo com Sasseron (2008), a educação científica deve proporcionar aos sujeitos a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliá-lo na construção de uma consciência mais crítica, voltada para sua alfabetização científica.

Já na fala de Ana Clara, constatou-se a crítica à ciência quanto aos aspectos éticos relacionados ao uso de animais para testes visando a aprovação e a liberação da venda de medicamentos. Percebe-se também que a estudante relacionou o conteúdo da biotecnologia com questões científicas e tecnológicas do seu cotidiano, tendo pesquisado quais seriam as possíveis alternativas para resolver questões éticas da indústria farmacêutica. De acordo com Freire (2007), a consciência crítica pode emergir de um pensamento autônomo, o qual permite aos cidadãos avaliarem as consequências da ciência e da tecnologia de maneira racional, incluindo suas questões morais, políticas e éticas.

A quarta categoria originou-se da atividade do debate acerca dos tipos de hormônios responsáveis pelo surgimento do câncer de mama e os biofármacos empregados nos tratamentos associados à cura da doença. Contudo, ao longo dessa prática, os alunos passaram a apresentar algumas alternativas naturais para a prevenção de problemas hormonais, a exemplo dos chás de amora, da vitamina D e pílulas de magnésio. Assim, a categoria “Alternativas ao uso de medicamentos industrializados” relaciona-se principalmente aos discursos dos estudantes de pseudônimo Renan, Rayssa e Ana Júlia, conforme segue:

[...] o Canabidiol que tem efeito, ele meio que diminui as células cancerígenas. E faz reposição hormonal e tem bastante estudos em relação a isso. Ele é um óleo (DE – Rayssa).

[...] a luz natural do sol destrói tumores cancerígenos da mama. As células tratadas com vitamina D “se saíram” muito melhor (DE – Ana Júlia).

[...] na questão de misturar o natural com o tradicional eu gostaria de citar um exemplo das pílulas de magnésio e o chá de folha de amora. O chá de amora tem uma concentração 22 vezes maior de cálcio do que o leite de vaca, mas não tem toda a quantidade necessária para os nossos ossos (DE – Renan).

Para Rayssa, o canabidiol é uma opção para se fazer reposição hormonal natural, em vez dos remédios tradicionais. Ana Júlia mostrou-se consciente dos problemas associados aos anticoncepcionais, de modo que optou por discorrer sobre alternativas naturais para evitar o aparecimento de células cancerígenas. Em seguida, Renan passou a apresentar diferentes produtos naturais, os quais podem ser empregados para reposição hormonal e ainda ajudam a diminuir as chances de problemas oncológicos decorrentes do uso contínuo de medicamentos tradicionais. Estas alternativas vão ao encontro da preocupação com a redução do impacto do descarte de medicamentos no meio ambiente, pois quando possível e dependendo do quadro clínico, as pessoas possam optar por produtos naturais e reduzir o consumo de fármacos.

A esse respeito, para Mortimer e Santos (2001), o enfoque educacional que parte de questões controversas que envolvem as relações CTSA pode permitir que os estudantes expressem suas opiniões por meio de debates, de modo a discutirem e apresentarem possíveis soluções para os problemas pertinentes à sociedade. Espera-se, assim, que os estudantes tenham condições de problematizar de maneira crítica a ingestão de medicamentos. A esse respeito, destacam-se os argumentos de Paulo, Jéssica, Kauan, Carolina e Luiz:

[...] a maioria dos [medicamentos naturais] que eu vi não tinha efeito colateral. E não vai poluir o meio ambiente e seria melhor para a sua saúde (DE – Paulo).

[...] 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 [efeitos colaterais dos remédios sintéticos]. Agora, se eu tivesse com o câncer, daí eu teria que recorrer aos biofármacos (DE – Jéssica).

[...] naturais, porque muitas vezes a gente não tem uma vida saudável. Acho bem melhor tomar um chá do que ficar se enchendo de remédio (DE – Kauan).

[...] o remédio natural pode agir de uma forma mais saudável porque remédios que são feitos em laboratórios [...] podem melhorar mais também podem trazer [danos] para o nosso organismo. O natural seria uma forma mais saudável de tratar (DE – Carolina).

[...] os médicos não acreditam muito na cura natural. Eles já estão muito acostumados com esse negócio de laboratório eles não dão ênfase na questão natural “do negócio”, entendeu? (DE – Luiz).

É possível perceber que, a partir da problematização sobre as causas do surgimento do câncer de mama, os estudantes consideram alternativas de tratamento que produzem menor impacto tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. Por exemplo, Paulo destacou que o uso dos medicamentos naturais pode tanto minimizar o efeito do tratamento no organismo, quanto os impactos do uso de medicamentos tradicionais à sociedade e ao meio ambiente. A questão dos efeitos colaterais dos fármacos é também apontada por Jéssica e Carolina, ao passo que mencionam atitudes que podem ser adotadas e vir a garantir uma vida mais saudável e a evitar o surgimento de doenças.

Chamou a atenção a crítica de Luiz quanto a alguns profissionais médicos que fazem as prescrições de medicamentos, priorizando aqueles que são de origem industrial, por supostamente não acreditarem no potencial curativo dos tratamentos naturais. Tal perspectiva, em que são exaltados produtos da ciência e da tecnologia como alternativas únicas para a solução de problemas, tem sido debatida no âmbito da educação CTSA por autores como Auler e Delizoicov (2006), caracterizando-se como crenças e mitos acerca das relações entre ciência e tecnologia, que se reproduzem nos discursos sociais.

No contexto educacional estudado, em que se problematizou o uso excessivo de fármacos e seus efeitos colaterais, o estudante Luiz argumentou que tal visão se faz presente no ambiente médico, o que dificulta que as pessoas mudem seus hábitos e passem a fazer uso de alternativas naturais para a manutenção da saúde. De acordo com Angonesi e Sevalho (2010), o médico precisa ter uma postura profissional de respeito, sinceridade e autenticidade, incluindo o intuito específico de satisfazer as necessidades sociais de qualidade de vida.

A partir da discussão dos resultados, pode-se estabelecer relações entre as quatro categorias que emergiram do processo de análise. As informações coletadas no material discursivo levaram à evidência de que os estudantes articularam a proposta de problematização acerca do uso e do descarte de medicamentos (categorias 1 e 3), elencando possíveis soluções tanto para os problemas apontados no âmbito da sociedade, quanto para as

questões de cunho científico e tecnológico associados à biotecnologia (categorias 2 e 3). Reflexões sobre atitudes e posicionamentos críticos quanto ao uso excessivo, os impactos no meio ambiente, bem como os efeitos colaterais dos fármacos no organismo, foram abordados pelos estudantes em diversas situações de aula, na medida que se apoiavam no conhecimento científico construído ao longo do desenvolvimento das atividades educacionais (categorias 3 e 4). Embora o processo de análise tenha culminado na construção de categorias distintas, não significa que elas estejam desconectadas entre si, mas que formam um conjunto de lentes para análise sobre os impactos da proposta pautada na educação CTSA no contexto desta pesquisa.

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 das relações CTSA na educação científica permite promover o aprendizado colaborativo e a responsabilidade social, além de favorecer a construção do pensamento crítico e reflexivo para a tomada de decisão responsável na sociedade (FREIRE, 2007).

Considerações finais

Tendo em vista o objetivo deste trabalho, que consiste em compreender como a abordagem da biotecnologia pelo foco da articulação de relações CTSA pode contribuir para a elaboração de posicionamentos críticos pelos estudantes de um curso profissionalizante em Meio Ambiente, são feitas algumas considerações acerca da discussão dos resultados apresentados. A partir da análise das categorias, foi possível perceber que as interações discursivas dos estudantes, tornadas possíveis durante o desenvolvimento da sequência didática, permitiram a eles problematizar as relações entre o consumo de medicamentos e os impactos disso no meio ambiente, tal como os danos à fauna aquática e as interferências sociais na destinação e/ou disposição final dos remédios. Tais interações discursivas apresentaram princípios de responsabilidade, posicionamentos críticos e tomada de decisão, ao proporem ações sociais e ambientais voltadas às alternativas e/ou solução ao problema do descarte incorreto de fármacos no ambiente doméstico.

A partir da problematização sobre questões científicas e tecnológicas, percebeu-se que os estudantes passaram a articular o uso de medicamentos com seus respectivos ganhos, efeitos colaterais, processos produtivos e aspectos éticos inerentes à produção e comercialização de fármacos. Na última categoria, sobre alternativas para o uso de medicamentos industrializados, os alunos passaram a analisar de maneira crítica e responsável os riscos da automedicação, da dependência e da toxicidade associada a fármacos convencionais. Contudo, a ingestão de remédios naturais foi considerada pelos estudantes

como um meio de prevenir os efeitos adversos dos anticoncepcionais tradicionais, por exemplo.

Por fim, a abordagem da biotecnologia sob enfoque da educação CTSA associado aos fármacos possibilitou aos estudantes tomarem consciência sobre os riscos do uso e descarte incorreto de fármacos sobre a saúde humana e o meio ambiente. A elaboração de situações de ensino relacionando Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, com a intenção de gerar engajamento dos estudantes, suscitou discussões envolvendo aspectos éticos, políticos, econômicos, sociais e ambientais associados à biotecnologia.

As controvérsias da biotecnologia e da farmacologia, pautadas em pilares da educação CTSA, levaram os estudantes à reflexão e elaboração de posicionamentos críticos. Espera-se que isso os favoreça a tornarem-se cidadãos responsáveis e ativos em relação à sociedade e ao meio ambiente.

Além disso, pode-se vislumbrar a entrada dos estudantes em perspectiva de uma cultura científica no contexto escolar, que segundo Carvalho (2005, p. 7) visam:

[...] discutir a imagem pública da ciência; problematizar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; evidenciar o funcionamento da ciência; explicitar a importância da linguagem e da comunicação em ciência e sobre a ciência; conhecer a respeito de como a ciência lida com a subjetividade; conhecer sobre o desenvolvimento histórico e social da ciência; conhecer sobre o que a ciência reconhece como conhecimento científico e como se posiciona em relação a outros tipos de conhecimentos e saberes.

A pesquisa que deu origem a este artigo foi realizada a fim de contribuir para o rompimento com a cultura do silêncio do professor e dos estudantes em trabalhos que relacionam CTSA, o que em parte vai ao encontro de alguns apontamentos de Rosa e Auler (2016) e Santos e Auler (2019). A esse respeito, aspectos que problematizam relações CTSA em caráter social e da vida privada dos estudantes foram estimulados e suscitados em discussão de sala de aula em prol da tomada de consciência e posicionamento refletido quanto ao uso e descarte de medicamentos.

Contudo, é preciso ressaltar que a Educação CTSA está muito distante de ser algo consolidado nas salas de aula pelo país. Abordagens mais elementares desta concepção são escassas na prática docente em Biologia, como é o caso da rede pública de ensino do estado do Paraná. Considerando esse contexto, esperamos que este trabalho possa ter contribuído para romper com a inércia sobre a discussão em biotecnologia, ao menos no escopo dos medicamentos, dentre outros temas de igual importância destacados na introdução deste texto.

Referências

- ALVES, J. A. P.; MION, R. A.; CARVALHO, W. L. P. Implicações da Relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente: subsídios para a formação de professores de Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Bauru. *Anais...* Bauru, 2007.
- ANGONESI, D.; SEVALHO, G. Atenção Farmacêutica: fundamentação conceitual e crítica para um modelo brasileiro. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, n. 3, p. 3603-3614, 2010.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, 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* v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. *Linhas Críticas*, v. 21, n. 45, p. 275-296, 2015.
- BORÉM, A. A história da Biotecnologia. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 11-105, 2005.
- BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.
- BRUM, R. C. de S. *Padronização e Validação da técnica do Limulus Amebocyte Lysate (LAL) Semi-Quantitativa e Quantitativa para o Biofármaco Alfainterferona 2b Humana Recombinante*. 115 f. Mestrado Profissional em Tecnologia de Imunobiológicos- Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.
- CALIXTO, C. M. F.; CAVALHEIRO, E. T. G. Penicilina: Efeito do Acaso e Momento Histórico no Desenvolvimento Científico. *Química Nova*, v. 34, n. 3, p. 118-123, 2012.
- CARVALHO, W. L. P. *Cultura Científica e Cultura Humanística: espaços, necessidades e expressões*. 2005. 147 f Tese de doutorado em Livre Docência - UNESP, Ilha Solteira, 2005.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2002.
- GARCIA, G. M. P. *Biotecnologia no Ensino Médio e os Indicadores de Alfabetização Científica*. 2013. 148 f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências - Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2013.
- GADELHA, C.; AZEVEDO, N. Inovação em vacinas no Brasil: experiência recente e constrangimento estruturais. *História, Ciências, Saúde*. v. 10, n. 2, p. 697-724, 2003.
- FREIRE, L. I. F. *Pensamento Crítico, Enfoque educacional CTS e o Ensino de Química*. 2007. 175 f. Dissertação de 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.
- KORNIS, G. E. M.; BRAGA, M. H.; PAULA, P. A. B de. Transformações recentes da indústria farmacêutica: um exame da experiência mundial e brasileira no século XXI. *Physis*, v. 24, n. 3, p. 885-908, 2014.
- LEFF, E. *Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Record Ltda, 2006.
- LOPES, L. G.; MARCHI, M. R. R.; SOUZA, J. B. G.; MOURA, J.; LORENZON, C. S., CRUZ, C.; AMARAL, L. A. Estrogênios em águas naturais e tratadas da região de Jaboticabal - São Paulo. *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 639-643, 2010.
- LOPES, S; ROSSO, S. *Biologia*. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. Temas Básicos de Educação e Ensino. 1ª ed. São Paulo: EPU, 2012.
- MALAJOVICH, M. A. *Biotecnologia: educando para a vida*, Instituto de Tecnologia ORT, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2012.
- MALAJOVICH, M. A. *Biotecnologia: Ensino e Divulgação*. 2ª ed, Rio de Janeiro: BTeduc, 2016.
- MARTINS, I. P.; PAIXÃO, M. de F. *Perspectivas atuais ciência-tecnologia-sociedade no ensino e na investigação em educação em ciência*. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas. 2011, Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p.135-160.
- MEDEIROS, M. S. G.; MOREIRA, L. M. F; LOPES, C. C. G. O. Descarte de medicamentos: programa de recolhimento e novos desafios. *Ciência Farmacêutica Básica e Aplicada*, Ceará, v. 35, n. 4, p. 651-662, 2014.
- MORAES R; GALIAZZI, M. C. *Análise Textual Discursiva*. 1ª ed. Ijuí: Unijuí, 2011.
- MOREIRA, M. A. *Metodologias de Pesquisa em Ensino*. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Biologia*. Curitiba: SEED/PR, 2008.
- PEDRETTI, E. Teaching science, technology, society and environment (STSE) education: Preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. *Science & Technology Education Library*, v. 19, n. 1, p. 219-240, 2003.
- PEDRETTI, E. Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. *Science & Education*, v. 17, n. 8, p. 941-960, 2008.
- PINHEIRO, N. *Educação crítico-reflexiva para um ensino médio científico- tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento*

- matemático*. 2005.306 f. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- PUTTINI, R. F.; JUNIOR, A. P.; OLIVEIRA, L. R. Modelos explicativos em Saúde Coletiva: abordagem biopsicossocial e auto-organização. *Physis Revista de Saúde Coletiva*, v. 3, n. 20, p. 753-767, 2010.
- RANG, H. P.; DALE, M.M.; RITTER, J.M.; FLOWER, R.J. *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*. 2004. 457 f. Tese de Doutorado em Educação- Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004.
- 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. 193-230, 2010.
- REIS, P. Ciência e Educação: que relação? *Interações*, v. 3, n. 3, p. 160-187, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/4723>> Acesso em: 04 mar. 2019.
- REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013.
- REIS, P. *A Educação em Direitos Humanos através da discussão e ação sociopolítica sobre controvérsias sociocientíficas e socioambientais*. Tecendo diálogos sobre direitos humanos na educação em ciências. São Paulo: Livraria da Física, p. 305-318, 2016.
- ROSA, S. E.; AULER, D. Não neutralidade da ciência-tecnologia: Problematizando silenciamentos em práticas educativas CTS. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, p. 203-231, 2016.
- SANTOS, R. A.; AULER, D. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. *Ciências & Educação*, v. 25, n. 2, p. 485-503, 2019.
- 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.
- SASSERON, L. *Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. 2008. 281 f. Tese de Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SISMONDO, S. Ghosts in the machine: publication planning in the medical sciences. *Social Studies of Science*. v. 39, n.2, p. 171-198, 2009.
- STRIEDER, R. B.; KAWAMURA, M. R. D. Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 27-56, 2017.

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

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

VILCHES, A.; PEREZ, D.G.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (org.) *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora UNB, p. 161-184, 2011.

SOBRE OS AUTORES

MAIRA FERNANDA ROCHA SCANDELARI. Licenciatura em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2011), Especialização em Educação Ambiental e Conservação da Natureza (2013) e Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2019). Possui interesse em pesquisas sobre Educação em Ciências, Educação Não-formal, Educação Ambiental, Ensino de Biotecnologia, Interdisciplinaridade e Educação com enfoque CTSA.

JOÃO AMADEUS PEREIRA ALVES. Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1998), Mestrado em Educação Para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2005) e Doutorado em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2010). Possui interesse em pesquisas sobre Formação Inicial e Continuada de Professores, Educação com enfoque CTSA; Questões Sócio-científicas; Alfabetização Científica e Tecnológica; Teoria Crítica e Educação em Ciências.

SILMARA ALESSI GUEBUR ROEHRIG. Licenciatura em Física pela Universidade Federal do Paraná (2005), Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática pela Universidade Federal do Paraná (2013) e Doutorado em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (2016). Possui interesse em pesquisas sobre Ensino de Física, Currículo, Educação com enfoque CTS, Teoria Histórico-Cultural da Atividade e Formação Continuada de Professores.

Recebido: 30 de setembro de 2019.

Revisado: 24 de julho de 2020.

Aceito: 08 de outubro de 2020.