

ABORDAGENS EDUCACIONAIS DAS BIOTECNOLOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DE UMA ANÁLISE EM PERIÓDICOS DA ÁREA

Educational Approaches of Biotechnologies in Science Education through an analysis of journals in the area

Leonardo Victor Marcelino [leovmarcelino@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade, Florianópolis, SC, Brasil

Carlos Alberto Marques [carlos.marques@ufsc.br]

Departamento de Metodologia de Ensino

Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade, Florianópolis, SC, Brasil

Resumo

As biotecnologias estão cada vez mais presentes entre as pessoas e oferecem várias possibilidades de aplicação em nossas vidas, tornando-se imperativo entender como elas estão sendo eventualmente abordadas na Educação Científica, especialmente no Ensino de Química. O objetivo deste artigo foi analisar e apontar as possibilidades educacionais das biotecnologias a partir de um levantamento de artigos publicados em nove periódicos de importância para a área de Ensino de Ciências, especialmente à Química. Selecionaram-se 54 artigos por ferramenta eletrônica de busca por meio das seguintes palavras-chave: biotecnologia, transgênico, soja e suas derivações. Pela Análise Textual Discursiva, encontraram-se os seguintes significados em três categorias: diversas formas de interação entre Ciências e Biotecnologias; compreensões parciais sobre biotecnologias entre professores, alunos e graduandos e; três grandes abordagens das biotecnologias na Educação Científica — Desenvolvimentista, que objetiva a inovação a fim de desenvolvimento econômico; Propedêutica, voltada à resolução de problemas sociais meramente pela apropriação de conceitos e; Alfabetização Científica e Tecnológica Ampliada, que discute os conceitos, valores, princípios e filosofias para solucionar problemas sociais. Conclui-se que o tema é incipiente na área e que mais pesquisas são necessárias para investigar e divulgar suas possibilidades para discutir incertezas científicas e interdisciplinaridade no Ensino de Ciências.

Palavras-Chave: Biotecnologias; Transgênicos; Ensino de Química.

Abstract

Due to the great possibilities made available by the use of biotechnology and to its growing presence on people lives, it urges understanding how Science Education, especially Chemistry, approaches the teaching of such techniques. This paper aims to analyze and to point out the educational possibilities of biotechnologies by means of a research in papers published in nine journals of relevance to the Science Education area, mainly to Chemistry. It was selected 54 texts by electronic means using the following keywords: biotechnology, transgenic, soy, and their derivatives. The Discursive Textual Analysis generated meanings which are grouped in three categories: a variety of relations between Science and Biotechnologies; partial comprehensions about biotechnologies by teachers, students and undergraduates, and; three major approaches of biotechnologies in Science Education — “Developmentist” approach aims the innovation for economic development; Propaedeutic approach, towards the resolution of societal problems exclusively by concepts apprehension, and; Broad Science and Technology Literacy, which discuss the concepts, values, principles and philosophies for solving social problems. Finally, the theme Biotechnologies is inceptive in the area and more researches are needed to investigate and divulgate its possibilities for discussing scientific uncertainties and interdisciplinary practices in Science Education.

Keywords: Biotechnologies; Transgenic; Chemistry Education.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As biotecnologias representam saberes e práticas baseados no uso de organismos vivos ou suas partes para obtenção de produtos ou serviços. Dentro desse escopo, diversas atividades são possíveis, desde a antiga fermentação do pão e do vinho, até as novas técnicas de recombinação gênica. É justamente por essa pluralidade de métodos e conhecimentos que se adota o termo “biotecnologias”, representando um campo de pesquisa (Gilding & Pickering, 2011).

As biotecnologias sempre tiveram um papel importante para as sociedades humanas, da sua nutrição à manutenção de ritos culturais – como as celebrações com vinho, o pão na Eucaristia, etc. -, mas sua influência é amplificada pela combinação com as técnicas modernas e a mentalidade científica. Assim, a biotecnologia moderna, entendida com “*aplicação de técnicas in vitro de ácidos nucleicos, [... e] a fusão de células de organismos que não pertencem à mesma família taxonômica*” (Brasil, 2006, p. 3), possibilita numerosas aplicações, como os diagnósticos de doenças congênitas, a sua possibilidade de tratamento, o conhecimento detalhado dos genes e sua manipulação, etc. Tais possibilidades são obtidas a custos de diversas mudanças sociais, pois como diria Postman (1994, p. 27) “*Uma tecnologia nova não acrescenta nem subtrai coisa alguma. Ela muda tudo*”. Ao concordar-se com tal premissa, diversos questionamentos se impõem sobre os impactos das biotecnologias na sociedade, o que demanda discussões muito transparentes, sérias e bem fundamentadas.

Paul Kennedy (1993), ao comparar as forças de produção com o crescimento demográfico, ressalta o papel fundamental das biotecnologias, que beneficiam a uns, mas desagradam outros. Enquanto em países com excedente de produção (desenvolvidos) o governo pode desestimular a biotecnologia para agradar seus eleitores-agricultores, em países importadores de alimentos a biotecnologia seria incentivada, como maneira de adquirir autossuficiência. As relações entre os hemisférios Norte e Sul também poderiam ser comprometidas, caso os países em desenvolvimento (mais localizados no hemisfério sul) passassem a produzir alimentos em grande quantidade e a baixo custo, graças às biotecnologias, ameaçando a mão de obra de agricultores do Norte. Os custos das pesquisas em biotecnologia também tornam essas tecnologias um privilégio de multinacionais provenientes de países desenvolvidos, causando a dependência de produtores de países em desenvolvimento. Mas, mesmo que estes países fossem capazes de desenvolver pesquisas e produzir alimentos modificados, ainda há o risco de uma revolta camponesa, que seria destituída de seus postos de trabalho.

Em longo prazo, adverte Kennedy (1993), a revolução biotecnológica pode transferir a produção agrícola para os países desenvolvidos (que possuem melhores técnicas e capital), agravando a posição econômica e dívidas das nações em desenvolvimento para com os países ricos. Passados mais de vinte anos da publicação do livro *Preparando para o Século XXI*, em que Paul Kennedy expôs essas ideias, é possível apontar a efetivação de algumas contradições na produção agrícola mundial. Enquanto a área de solo cultivada caiu em cerca de 1 milhão de km² nos países desenvolvidos, ela cresceu em mais de 15 milhões de km² nos países de baixa e média renda, no período de 1993 a 2011 (World Bank, 2014). A intensificação da produção nos países em desenvolvimento, no entanto, se dá sob o regime de importação de tecnologias e de produção em larga escala voltada para a exportação para países desenvolvidos, nos moldes do agronegócio (Porto & Soares, 2012). Especificamente no Brasil, segundo maior produtor de transgênicos do mundo (Companhia Nacional de Abastecimento, 2014), há a compra de sementes transgênicas de grandes corporações internacionais, provenientes, não obstante, de países ricos, exemplificando a relação de dependência que se cria, conforme já apontado por Kennedy (1993). Esse autor conclui que as biotecnologias, paradoxalmente, podem melhorar ou complicar os problemas globais (Kennedy, 1993).

Esse é um exemplar das diversas controvérsias sobre as biotecnologias. Não nos deteremos a ela, pois o objetivo não é este no momento. Basta entendê-las como um conjunto de temas controversos e que, de acordo com Reis (2003, 2007), os temas controversos são aqueles que suscitam opiniões divergentes, não podem ser resolvidos apenas por análises baseadas nas evidências ou experiências, pois implicam na negociação de valores, devendo ser situações significativas para a maioria das pessoas. Eles são pouco delimitados e não estão presentes no rol de conteúdos tradicionalmente abordados pela escola (Reis, 2007, p. 129), sendo as biotecnologias um exemplo (Reis, 2003).

Devido às grandes possibilidades que as biotecnologias oferecem e de sua presença cada vez maior na vida das pessoas, torna-se imperativo entender como ela está sendo eventualmente abordada na educação, particularmente nos processos envolvendo a educação científica e tecnológica de alunos e professores de diferentes níveis educacionais. Com tal perspectiva de natureza investigativa e no intuito de se desenvolver uma visão ampla das relações entre a educação científica e as biotecnologias, procurou-se

efetuar uma análise sobre o tema por meio do levantamento de artigos publicados em periódicos de importância para a área de Ensino de Ciências, com destaque para a Química – área de nossa formação acadêmica. Assim, nosso objetivo principal foi o de entender as potencialidades educacionais da abordagem sobre biotecnologias, apontadas em produções acadêmicas na área de Ensino de Ciências/Química. Adicionalmente, buscamos: a) identificar as relações estabelecidas entre as biotecnologias e as áreas de conhecimento — Biologia, Química, etc.; b) identificar e discutir as compreensões relativas ao tema por parte de professores, alunos e graduandos que são investigados nos artigos; e c) analisar quais são as justificativas e objetivos para sua abordagem.

Como um tema controverso, acreditamos que a circulação de ideias e práticas (Fleck, 2010) concernentes à sua abordagem no ensino ainda seja incipiente, mas em crescimento, e as ideias são ainda pouco claras quanto ao como ensinar tal conteúdo. Para tanto, estruturamos nossa discussão apresentando, em primeiro lugar, os caminhos da pesquisa, reportando os seus aspectos metodológicos. Em seguida, na seção As biotecnologias nos Periódicos de Ensino de Ciências, faz-se uma discussão mais descritiva do *corpus* de análise, sucedida pela categorização a partir de elementos *a priori* e pelas subcategorias que emergiram dos textos analisados, processo efetuado por meio da Análise Textual Discursiva. Por último, as considerações finais.

CAMINHOS PERCORRIDOS NA PESQUISA

Fez-se uma análise em nove periódicos nacionais de importância reconhecida para a área, cujos perfis estão descritos no Quadro 1. O foco nos periódicos nacionais é justificado pelas diferenças dos contextos em que as propostas educacionais se dão. Muito embora seja maior a produção científica no exterior relativa a inserção das biotecnologias no ensino, ela corresponde a um contexto científico, tecnológico e econômico bem diferenciado. Entretanto, contribuições de autores estrangeiros serão trazidas à discussão conforme necessário. Por outro lado, não foram analisadas sistematicamente dissertações, teses e atas de eventos, pois a maioria desses textos é publicada em revistas da área, que possuem maior circulação.

Quadro 1— Perfil dos periódicos da área de ensino analisados.

ISSN	Periódico	Qualis - Ensino (2013)	Textos Analisados	
			Qtde.	Período
1982-5153	Alexandria	B1	4	2008–2012
1980-850X	Ciência & Educação	A2	2	2008; 2012
1415-2150	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	A2	1	2012
1982-2413	Experiências em Ensino de Ciências	B1	8	2007–2012
1518-8795	Investigações em Ensino de ciências	A2	10	1998–2011
2177-580X	Pesquisa em Educação Ambiental (Online)	B1	5	2007–2010
0100-4042	Química Nova	A2	10	1995–2012
0104-8899	Química Nova na Escola	B1	14	1997–2012
1806-5104	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência	A2	0	–
Total Geral			54	1995–2012

Foram selecionados artigos, por ferramenta eletrônica de busca, em revistas da área de educação científica e tecnológica, bem como de ensino de química, por meio das seguintes palavras-chave: biotecnologia, transgênico e soja, bem como derivações (biotecnológico, transgenia, etc.). Não se definiu um período fixo para delimitar o conjunto de arquivos como forma de explorar os períodos em que foram produzidos, mas coletaram-se os arquivos nas bases de dados no período de março a abril de 2013. O objetivo foi selecionar artigos cujo foco da discussão fosse biotecnologias em contextos de ensino, assim, artigos que apresentavam as biotecnologias em outros contextos não foram considerados. Apresenta-se acima (Quadro 1) o perfil dos periódicos analisados, o número de artigos encontrados e o período em que foram publicados.

Como instrumento de análise, optou-se pela Análise Textual Discursiva (Moraes & Galiuzzi, 2007), que combina simultaneamente descrição e interpretação dos textos. A primeira etapa desse processo é a leitura e significação do *corpus de análise*. Após definidas as unidades de sentido, seguiu-se o processo de categorização, de ressurgimento da ordem a partir do caos que outrora havia sido criado. A descrição, interpretação e inter-relação entre essas categorias constitui o metatexto, essa nova compreensão do fenômeno investigado. Na seção a seguir, descreve-se primeiramente o *corpus de análise* e em seguida as três categorias encontradas: Interações entre Ciência e Biotecnologias; Compreensões de Biotecnologias; e Abordagens pedagógicas das Biotecnologias.

AS BIOTECNOLOGIAS NOS PERIÓDICOS DE ENSINO DE CIÊNCIAS

Descrição do corpus de análise

Foram encontrados 54 artigos no período de 1995 a 2012 (relacionados em Apêndice A). Com o Quadro 2, percebe-se que a partir de 2005 houve um aumento expressivo das publicações, provavelmente relacionado com as primeiras legislações sobre a segurança dos OGMs, emanadas em 2003 (Brasil, 2003), e com a criação da Lei de Biossegurança, em 2005 (Brasil, 2005). Nota-se ainda que nos últimos dois anos foram produzidos mais artigos que no período de 2001 a 2005, indicando um crescente aumento de interesse e pesquisas sobre o tema.

Quadro 2 — Artigos relacionados com biotecnologias no ensino por período.

Nº artigos	6	8	29	11
Período	1995-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2012

No que tange às publicações por Instituição de Ensino Superior (IES) de origem dos pesquisadores, as que contribuíram com mais artigos foram a UFSC¹ (08 artigos), UFSCar (07 artigos), UFRJ e USP (06 artigos cada) (conf. Quadro 3). A preponderância do Sul e Sudeste brasileiro, pode se justificar pela existência de grupos de pesquisa consolidado em ensino de Ciências. A contribuição de uma universidade internacional, como a de Lisboa, provavelmente decorre dos trabalhos e interações entre IES brasileiras com Pedro Reis, autor com vasta produção sobre temas controversos, dentre os quais os transgênicos.

Quadro 3 — Número de autores de artigos relacionados às biotecnologias por IES.

IES	UFSC	UFSCAR	UFRJ	USP	UNICAMP	PUCRS	UFBA	UFG	UFPE	UNESP	UEL	UERJ	UFMG	UFPR	UFSM	ULISBOA	OUTRAS
Nº AUTORES	8	7	6	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	19

¹UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina; UFSCAR: Universidade Federal de São Carlos; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; USP: Universidade de São Paulo; UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas; PUCRS: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; UFBA: Universidade Federal da Bahia; UFG: Universidade Federal de Goiás; UFPE: Universidade Federal do Pernambuco; UNESP: Universidade Estadual Paulista; UEL: Universidade Estadual de Londrina; UERJ: Universidade Estadual do Rio de Janeiro; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; UFPR: Universidade Federal do Paraná; UFSM: Universidade Federal de Santa Maria; ULISBOA: Universidade de Lisboa.

Com relação às unidades federativas (UF) das quais os autores são provenientes, os estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio de Janeiro são responsáveis em conjunto por mais da metade dos artigos publicados (Quadro 4). Ressalta-se que as UF que mais produzem soja — Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (2014) — não são os que mais produzem sobre o assunto, o que indica que os artigos que tratam de biotecnologias se concentram em instituições e estados que já têm grupos de pesquisa mais estruturados e mais antigos como os da USP, UFRGS e UNICAMP. Ademais, pressões políticas e econômicas podem suprimir as pesquisas nos estados que mais produzem transgênicos.

Quadro 4 — Número de autores de artigos relacionados às biotecnologias por UF.

UF	SP	SC	RJ	RS	MG	PR	BA	GO	PE	DF	MS	MT	PA
Nº ARTIGOS	17	9	7	6	5	5	4	3	3	1	1	1	1

Com relação aos artigos produzidos por área de ensino, foi encontrada uma maioria relacionada à área de Química (46%), principalmente por causa das duas revistas direcionadas a essa disciplina (Química Nova e Química Nova na Escola). Constatou-se número grande de trabalhos da área de ensino de Biologia (32%), presentes nas revistas voltadas a educação científica no geral, o que pode decorrer da maior vinculação desse assunto com essa área de pesquisa. A Educação Ambiental e a Educação Científica possuem 10% cada e a Física 2% dos artigos analisados.

Quanto ao nível de ensino a que se dirigem as publicações, um montante de 42% dos artigos analisados tratava do ensino médio; 28% do ensino superior; 10% da educação básica; 8% do ensino fundamental; 8% do ensino no geral; e 3% aos ensinos técnico/profissionalizante.

Categorias de análise

Foram delimitadas três categorias *a priori* e a partir delas surgiram subcategorias emergentes. A inter-relação é mostrada na Figura 1, abaixo.

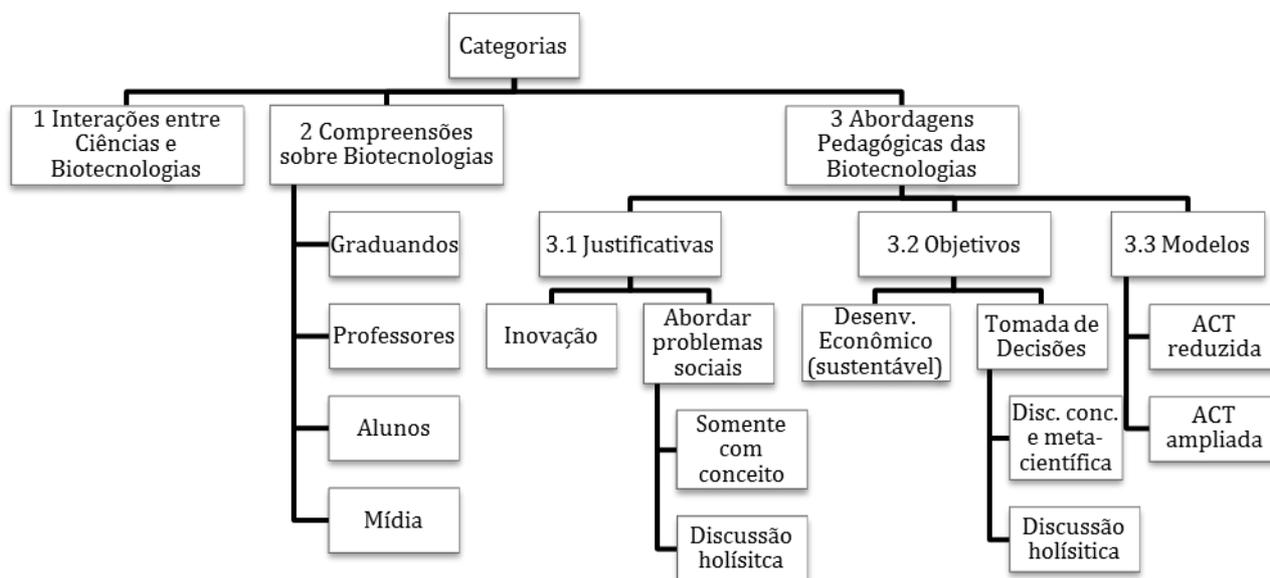


Figura 1 — Categorias *a priori* e subcategorias emergentes da análise dos artigos analisados.

1 Interações entre Ciências e Biotecnologias

Embora nem todos os textos analisados discutam as interações entre as Ciências e as Biotecnologias, apontam-se quatro tipos de interações que estiveram presentes em alguns artigos. O primeiro tipo, presente em dois artigos, considera as influências das biotecnologias na

conformação/configuração das várias áreas científicas (na Química, na Biológica, etc.) (Chamizo & Izquierdo, 2008; Lima *et al.*, 2008). Essa abordagem se concretiza em falas como:

*“A química, tal como a conhecemos hoje, é resultado de uma grande quantidade de heranças que, concretizadas em ofícios, influíram na vida cotidiana de todas as culturas. Não deixa de ser surpreendente que práticas tão diferentes como a do ferreiro — e da metalurgia, do curandeiro — e da farmácia, do oleiro — e da cerâmica, do padeiro — e da **biotecnologia** tenham podido estar reunidas e terminar por se fundirem em um campo comum: a **química**”* (Chamizo & Izquierdo, 2008, p. 4, grifo nosso).

Outra possibilidade de interação é a das Ciências explicarem as biotecnologias, como exposto por Takahashi, Martins e Quadros (2008), compreensão corroborada em mais três outros textos (Carvalho, Couto & Bossolan, 2012; Pedrancini *et al.*, 2008; Rocha *et al.*, 2010):

*“**Ensinar biotecnologia** também parece não ser tarefa fácil, embora a compreensão dessas novas técnicas e novos produtos envolva o entendimento dos fenômenos que ocorrem em nível molecular e, portanto, podem ser explicados por meio de conceitos **químicos**, físicos e biológicos”* (Takahashi, Martins & Quadros, 2008, p. 4, grifo nosso).

Também houve o reconhecimento por oito textos das influências que as Ciências têm sobre as biotecnologias (Araujo *et al.*, 2005; Correia, Costa & Ferreira, 2002; Faljoni-Alario, 1998; Lima & Fraceto, 2007; Pereira, Basso & Borges, 2008; Pinto *et al.*, 2009; Tancredi & Caballero, 2011; Thiemann, 2003). O destaque nesse caso é para a relação que alguns alunos estabeleceram, onde afirmam que o transgênico *“É uma química que usam para melhorar o desenvolvimento das sementes para que se desenvolvam melhor”* (Pedrancini *et al.*, 2008, p. 139). Um outro exemplo de trabalho que corrobora essa compreensão afirma que:

*“O conhecimento, cada vez mais multifacetado, pressupõe um diálogo entre as várias áreas, ficando a Química, dada a sua natureza de processo fundamental, implícita aos conteúdos das demais matérias [fato que se relaciona com] o reconhecimento, no início deste século, da convergência tecnológica que pretende a unificação da ciência e da tecnologia baseada na combinação da nanotecnologia, **biotecnologia**, tecnologia da informação e ciência cognitiva”* (Pinto *et al.*, 2009, p. 567, grifo nosso).

Por último, em seis textos houve a ideia de biotecnologias como atividades sobre a qual incidem aplicações científicas (Jafellici Junior & Varanda, 1999; Ovigli, 2010; Amorim, 1998; Pereira, Honório & Sannomiya, 2010; Vargas, 1995; Viviani & Bechara, 2008), cujo exemplo vem na afirmação que segue:

*“A nanotecnologia é uma área de pesquisa bastante ampla e interdisciplinar [...] Suas aplicações podem ser nas mais diversas áreas como eletrônica, medicina, aeronáutica, cosméticos, meio ambiente, **biotecnologia**, agricultura e segurança nacional”* (Pereira, Honório & Sannomiya, 2010, p. 74, grifo nosso).

Cabe destacar que apenas 10 artigos trouxeram as biotecnologias, ou seus processos, como foco principal (Legey, Jurberg & Coutinho, 2009; Klein & Laburú, 2012; Lima *et al.*, 2008; Nascimento & Martins, 2005; Ovigli, 2010; Souza & Farias 2011; Pedrancini *et al.*, 2008; Takahashi, Martins & Quadros, 2008; Tancredi & Caballero, 2011; Zompero, 2009). Nos demais 44 artigos, trabalhavam-se as biotecnologias como um exemplar, como em Levinson (2008), em que ela aparece várias vezes como um exemplo de tema sociocientífico; e para Delizoicov e Auler (2011), que a discutem como exemplar da abordagem do problema da produção de alimentos, privilegiada na agenda de pesquisa científica em detrimento da agroecologia, mas não se constituindo como foco do trabalho. Assim, talvez um dos motivos pelo qual as relações entre biotecnologias com outras áreas científicas não terem sido mencionadas e esclarecidas em todos os trabalhos é porque nem todos tratavam especificamente das biotecnologias, mas de outros assuntos, dos quais esse tema foi apresentado apenas como um exemplo.

2 Compreensões sobre Biotecnologias

Os trabalhos que tratavam das compreensões de sujeitos sobre biotecnologias foram poucos, 11 no total. Dentre eles, dois buscavam informações com alunos da graduação em Biologia (Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007; Tancredi & Caballero, 2011), outros dois junto a professores de Biologia (Amorim, 1998;

Reis & Galvão, 2005), um na mídia (Legey, Jurberg & Coutinho, 2009) e seis com alunos da educação básica (Carvalho, Couto & Bossolan, 2012; Pedrancini *et al.*, 2008; Santos, 2006; Souza & Farias 2011; Takahashi, Martins & Quadros, 2008; Zompero, 2009).

Em cursos de graduação, a maioria dos alunos investigados possuía conceitos de gene incompletos (Tancredi & Caballero, 2011) e uma imagem de Ciência experimentalista, verificacionista (atribuindo aos experimentos o caráter de “atestador” da veracidade das teorias), empirista, dogmática e neutra (Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007). Os professores consideraram sua dificuldade em acompanhar o avanço das realizações em biotecnologias, o que prejudica a previsão dos seus impactos; a falta de informações relevantes para o público tomar decisões (Reis & Galvão, 2005); e a relação de dominação dos países pobres pelas multinacionais (Reis & Galvão, 2005). Todos esses trabalhos encontram em seus entrevistados relações lineares entre Ciência neutra e Tecnologia dualista (Reis & Galvão, 2005), sendo que esta última se apresenta na forma de aplicações ou aparelhos (Amorim, 1998).

Sobre as compreensões apresentadas pela mídia, um artigo (Legey, Jurberg & Coutinho, 2009) mostra o posicionamento negativo de sujeitos (atitude de rejeição) perante os transgênicos, com foco em pesquisas internacionais e nos aspectos científicos, mas com pouca ênfase em dimensões sociais, principalmente éticas e religiosas. Entretanto, a mídia é ressaltada como importante fonte de informações para os alunos sobre o referido tema (Pedrancini *et al.*, 2008; Takahashi, Martins & Quadros, 2008; Zompero, 2009).

No que tange aos alunos, os trabalhos ressaltam os conhecimentos simplistas e genéricos sobre: transgênicos (Pedrancini *et al.*, 2008; Souza & Farias 2011; Takahashi, Martins & Quadros, 2008); sobre o conceito de micro-organismo e sua importância biotecnológica (Zompero, 2009) e, por fim, sobre proteínas, sua síntese e uso na produção de fármacos (Carvalho, Couto & Bossolan, 2012). Santos (2006) traz a constatação de que grande parte da população escolarizada ainda é iletrada cientificamente e que os alunos geralmente não têm consciência do seu próprio consumo de alimentos transgênicos. Nesse sentido, as pesquisas são contraditórias quanto à aceitação dos OGMs pelos alunos. Uns ressaltam a aprovação majoritária (Takahashi, Martins & Quadros, 2008), mas outros a sua total reprovação (Pedrancini *et al.*, 2008). Entretanto, em ambas as pesquisas, cerca de 20% dos entrevistados não tomou posição.

Alguns alunos citaram como vantagem dos transgênicos o benefício ambiental pela redução de agrotóxicos, o aumento nutricional, a redução dos custos e a diminuição do problema da fome. Entretanto, a grande maioria os concebe como prejudiciais à saúde humana, por seu caráter alergênico, tóxico, podendo causar doenças genéticas e também desequilíbrio ambiental, segundo Pedrancini *et al.* (2008). Alguns alunos relacionaram a melhoria nutricional com a capacidade científica de melhorar os alimentos provenientes de organismos geneticamente modificados; que a controvérsia da segurança decorre da falta de estudos, que poderiam esclarecer os fatos; que há um risco, mas que a ciência pode determinar um consumo mínimo seguro (Souza & Farias, 2011) — imagens que se aproximam do paradigma do risco, conceito desenvolvido por Thornton (2001), em que há uma crença mítica na capacidade humana de controlar os riscos das atividades e também dos ecossistemas em dissipar um limite de degradação. Em outra pesquisa, Takahashi, Martins e Quadros (2008) destacam que alguns alunos se posicionaram contra os transgênicos pela falta de consenso sobre seus efeitos — aproximando-se de uma abordagem precaucionária (Ewald, 1997). Por outro lado, em outra pesquisa (Kolstø, 2004), alunos também disseram ser a favor justamente pela falta de pesquisas que comprovassem os efeitos malignos. Esses dados corroboram para a pesquisa de Kolstø (2004), que ressalta a importância da incorporação do risco na tomada de decisão por alunos.

3 Abordagens Pedagógicas das Biotecnologias

No que diz respeito à abordagem do tema na educação, a seguir apresenta-se e analisam-se as **Justificativas** (o por quê?) para a inclusão das biotecnologias em situações didáticas, bem como os **Objetivos** (o para quê?) almejados e, por fim, os **Modelos** (o como?) de vários trabalhos.

3.1 Justificativas

Com relação ao “por quê?”, encontraram-se duas **justificativas** gerais: **Inovação** e **Abordagem de problemas sociais**. Essa **Abordagem de problemas** se dá por duas vias: somente pela apropriação de conhecimentos científicos e pela discussão de valores da atividade científico-tecnológica.

O primeiro tipo de justificativa **diz respeito à Inovação**, e considera a necessidade da inter-relação Química-Biotecnologias devido a atual configuração do conhecimento científico, que é interdisciplinar, multidimensional. Esses autores (Abreu, Gomes & Lopes, 2005; Andrade *et al.*, 2004; Araujo

et al., 2005; Carvalho, Couto & Bossolan, 2012; Faljoni-Alario, 1998; Ferreira & Queiroz, 2011; Pacheco & Damasio, 2008; Klein & Laburú, 2012; Legey, Jurberg & Coutinho, 2009; Lima *et al.*, 2008; Nascimento & Martins, 2005; Nascimento & Rezende Junior, 2010; Ovigli, 2010; Pedrancini *et al.*, 2008; Pereira, Basso & Borges, 2008; Pereira, Honório & Sannomiya, 2010; Pinto *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2010; Silva, 2010; Tancredi & Caballero, 2011; Vargas, 1995; Zucco, 2007; Zucco, Pessine & Andrade, 1999) consideram a interdisciplinaridade um novo desafio científico, portanto, uma oportunidade para a inovação e o progresso do conhecimento e da economia. É por isso que ele está atrelado ao objetivo de desenvolvimento econômico e maior apropriação do conhecimento científico.

“O conhecimento, cada vez mais multifacetado, pressupõe um diálogo entre as várias áreas [... devido ao] reconhecimento, no início deste século, da convergência tecnológica que pretende a unificação da ciência e da tecnologia baseada na combinação da nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciência cognitiva. [...] a inovação emerge como o principal combustível para a longevidade das corporações. [...] Inventar e inovar são, pois, dois verbos que devem ser incorporados à cultura dos cursos técnicos e superiores de Química. [...] Viver mais e melhor depende, principalmente, do progresso da ciência e do domínio de novas tecnologias” (Pinto *et al.*, 2009, p. 567-570).

Nesses trabalhos, as biotecnologias são tratadas como área e não como campo. Como já discutido anteriormente, entende-se que o conceito de campo melhor abarca a diversidade de práticas e conhecimentos disciplinares que incidem sobre as biotecnologias (Gilding & Pickering, 2011).

A segunda justificativa está ligada à **Abordagem de problemas sociais**. Esses problemas são apresentados como estando relacionados à adoção de uma tecnologia, às controvérsias quanto aos efeitos de alimentos transgênicos, ou ao direcionamento das pesquisas científicas, como, por exemplo, a utilização de células-tronco embrionárias. Nesse sentido, corrobora-se Fleck (2010) de que na formulação de um problema científico já se encontra a metade da sua solução. Portanto, quando se consideram os problemas apenas expostos, duas soluções distintas são propostas nos artigos: por meio da mera apropriação de conceitos científicos e por meio da apropriação de conceitos, métodos e filosofias científicas.

A primeira forma de **abordar os problemas sociais** considera o problema como resolvível pela mera apropriação de conhecimentos científicos (Dellazari, Rocha Filho & Borges, 2010; Figueira & Rocha, 2012; Ovigli, 2010; Paredes & Guimarães, 2012; Souza & Farias, 2011; Santos, 2007; Takahashi, Martins & Quadros, 2008; Zompero, 2009):

“Vamos considerar, nesse momento, os ‘transgênicos’ como um exemplo de tecnologia a qual o cidadão comum não está sendo capaz de julgar nem de se posicionar criticamente quanto ao assunto. [...] No entanto, justamente por gerar um número grande de inovações e com grande rapidez, a biotecnologia parece cada vez mais difícil de ser entendida pelo cidadão ‘normal’ que, na grande maioria das vezes, é usuário passivo dos avanços dessa área” (Takahashi, Martins & Quadros, p. 3).

“Os alunos não elaboraram explicações com referência no que foi apresentado anteriormente pelo professor, bem como não integraram campos de conhecimento diferentes ou se utilizaram de argumentos científicos para se posicionarem diante de uma questão polêmica, apresentando e utilizando os conceitos de forma equivocada” (Souza & Farias, 2011, p. 29).

Já a segunda forma, considera que a tomada de decisão só ocorrerá com uma discussão e reflexão que transcenda o conceitual e incorpore a reflexão crítica no nível axiológico (Amorim, 1998; Barbosa & Pires, 2011; Caretti & Zuin, 2010; Chaves, 2012; Delizoicov & Auler, 2011; Levinson, 2008; Lima & Copello, 2007; Reis, 2007; Reis & Galvão, 2005; Santos, 2006; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007; Slongo & Delizoicov, 2010; Vázquez-Alonso *et al.*, 2008):

“[...] os temas ambientais não podem ser conteúdos curriculares somente transmitidos aos alunos, conforme a pedagogia tradicional (pedagogia da transmissão). A educação crítica e transformadora exige um tratamento mais vivo e dinâmico dos conhecimentos. É preciso tomar os temas ambientais locais que se tornam significativos para a análise crítica da realidade socioambiental” (Barbosa & Pires, 2011, p. 72).

3.2 Objetivos

Com relação aos **Objetivos** (o para que?), foram encontrados dois: o **Desenvolvimento econômico** e a **Tomada de decisão**. Os trabalhos voltados à dimensão econômica eram direcionados principalmente para a graduação em química, defendendo que ela se voltasse a atender às novas necessidades de mercado, bem como proporcionasse uma formação química para a inovação e empreendedorismo (Andrade *et al.*, 2004; Araujo *et al.*, 2005; Correia, Costa & Ferreira, 2002; Pinto *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2012; Vargas, 1995; Zucco, 2007). Têm uma ligação com a justificativa da inovação das biotecnologias como conhecimento interdisciplinar e novo. Assim se pronuncia Araújo *et al.* (2005, p. S18): *“A formação de profissionais que sejam capazes de transformar o conhecimento químico gerando tecnologias, processos, riquezas e empregos é de grande relevância”*. Mas também Abreu, Gomes e Lopes (2005, p. 413), que ao analisarem livros didáticos de química, encontram a narrativa, em um desses, de que *“A expressão tecnologia aparece fortemente ligada ao processo produtivo, industrial e às questões ambientais [...]”*; o que corrobora para uma finalidade de atrelar a química ao setor produtivo.

O argumento da necessária interdisciplinaridade na formação do químico por meio das *“áreas afins”* (Zucco, 2007, p. 1433), a exemplo das biotecnologias, se une à agenda da sustentabilidade em alguns desses artigos (Araujo *et al.*, 2005; Pinto *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2012; Santos, 2006).

“[...] a interdisciplinaridade e a sustentabilidade devem estar presentes durante todo o processo de formação do Químico, pois delas depende a criação do ‘comportamento verde’. A formação do Químico precisa ser feita num ambiente que explicita os caminhos da sustentabilidade, com destaque à produção de energia, de alimentos, de tecnologias de purificação e minimização do uso da água e, acima de tudo, da preservação do ambiente e do bem-estar da humanidade” (Pinto *et al.*, 2009, p. 568, grifo nosso).

Entretanto, exceto Santos (2006), os demais autores não discutem o conceito de sustentabilidade e/ou de desenvolvimento sustentável (DS), os aceitam como dado e consolidado. Santos (2006) esclarece a origem do conceito de DS, com base no Relatório Nosso Futuro Comum, conhecido como relatório Brundtland, no âmbito da ONU, em 1997. O autor ressalta que o conceito tem sofrido críticas por ser apropriado por diferentes grupos que não tem a proteção ambiental como objetivo, pelo contrário, é usado como estratégia para aceitação pela população dentro da lógica consumista, que passa por não ambientalmente agressiva. Salaria que o conceito de DS pode estar agindo como uma ferramenta de exclusão e opressão, no sentido de impedir o crescimento das nações pobres, ao mesmo tempo em que se garantem os recursos naturais para manter o desenvolvimento econômico e ritmo de crescimento das nações ricas. Conclui-se que para uma sociedade ser sustentável implica em ter-se um DS *“economicamente factível, ecologicamente apropriado, socialmente justo, culturalmente equitativo, respeitoso e sem discriminação de gênero”* (Santos, 2006, p. 617).

O trabalho de Santos (2006), embora aborde a sustentabilidade como um dos objetivos da educação química, tem algo maior como alvo, qual seja: a **Tomada de decisão**. Ele se situa num grupo de trabalhos (Amorim, 1998; Barbosa & Pires, 2011; Caretti & Zuin, 2010; Chaves, 2012; Delizoicov & Auler, 2011; Levinson, 2008; Lima & Copello, 2007; Reis, 2007; Reis & Galvão, 2005; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007; Slongo & Delizoicov, 2010; Vázquez-Alonso *et al.*, 2008) que, com variado grau de aproximação, objetiva uma situação educacional democrática, portanto, baseada na busca de participação pública, tanto pela apropriação crítica de conhecimentos científicos, quanto de uma reflexão axiológica e social dos temas propostos para o ensino. Esse grupo se aproxima da ideia de que a tomada de decisão não se baseia apenas em processos racionais, mas envolve principalmente um jogo de interesses políticos e econômicos. O grande diferencial está na reflexão crítica de cunho social e científico, não de mera apropriação científica, como se pode evidenciar na afirmação a seguir.

“Como participantes da ação comunitária, as pessoas são agentes de mudança e suas identidades são formadas e reformadas como resultado das mudanças em que elas participam. Conhecimentos e compreensões de temas sociocientíficos não são propriedade individual, mas emergem através da ação e são ambos indeterminados e subdeterminados. Perspectivas são comprometidas e vêm de membros de grupos e comunidades de interesse, mas também recaem em pontos de vista marginais, crianças desabrigadas, mulheres, minorias étnicas. Sobretudo, trata-se de cidadãos usando ciência para abordar seus próprios problemas e, como resultado da busca de soluções, produzem novos conhecimentos” (Levinson, 2008, p. 144, tradução nossa).

Ainda dentro do âmbito da tomada de decisão, há aqueles que defendem a apropriação do conhecimento científico e discussão de seus métodos, alcances e valores. Entretanto, diferentemente do grupo anterior, restringem a tomada de decisão ao aspecto epistemológico tão somente, não discutindo de forma mais aprofundada as relações entre as Ciências e as estruturas sociais (Abreu, Gomes & Lopes, 2005; Carvalho, Couto & Bossolan, 2012; Dellazari, Rocha Filho & Borges, 2010; Faljoni-Alario, 1998; Ferreira & Queiroz, 2011; Figueira & Rocha, 2012; Legey, Jurberg & Coutinho, 2009; Lima *et al.*, 2008; Nascimento & Martins, 2005; Nascimento & Rezende Junior, 2010; Ovigli, 2010; Pacheco & Damasio, 2008; Paredes & Guimarães, 2012; Pedrancini *et al.*, 2008; Pereira, Basso & Borges, 2008; Pereira, Honório & Sannomiya, 2010; Rocha *et al.*, 2010; Santos, 2007; Silva, 2010; Souza & Farias, 2011; Takahashi, Martins & Quadros, 2008; Tancredi & Caballero, 2011; Zompero, 2009; Zucco, Pessine & Andrade, 1999). Algo que se pode concluir do trecho a seguir.

“Segundo Giordan e Vecchi (1996), cresce cada vez mais a defasagem entre uma minoria que se apropriou do saber sistematizado e a maioria dos sujeitos que continua analisando os fatos com base em saberes espontâneos, trazendo consequências culturais e sociais no mundo em que a maioria dos problemas de gestão tem base científica. Ressaltando-se o papel da escola nesse cenário, os autores consideram que esta instituição não pode mais se limitar à transmissão de um programa de conhecimentos enciclopédicos, temporariamente retidos pelos alunos, mas deve, em primeiro lugar, trabalhar com conhecimentos de modo que estes possam ser generalizados para a resolução de problemas e entendimento de situações que fazem parte da realidade atual” (Pedrancini, 2008, p. 136-137).

Assim, os dois grupos que almejam a tomada de decisão estão de certa forma relacionados àqueles grupos que justificam suas pesquisas pela identificação de problemas, resolvíveis principalmente por conhecimentos científicos ou por reflexão sociocientífica crítica.

3.3 Modelos

Essa relação continua quando se analisa um aspecto prático em sala de aula, os **Modelos** (o como?). Nesse aspecto, um grupo de trabalhos (Carvalho, Couto & Bossolan, 2012; Chamizo & Izquierdo, 2008; Faljoni-Alario, 1998; Ferreira & Queiroz, 2011; Figueira & Rocha, 2012; Legey, Jurberg & Coutinho, 2009; Nascimento & Rezende Junior, 2010; Ovigli, 2010; Pacheco & Damasio, 2008; Pedrancini *et al.*, 2008; Pereira, Basso & Borges, 2008; Pereira, Honório & Sannomiya, 2010; Rocha *et al.*, 2010; Santos, 2007; Silva, 2010; Souza & Farias, 2011; Tancredi & Caballero, 2011; Vargas, 1995; Zompero, 2009; Zucco, Pessine & Andrade, 1999) se aproxima do que é chamado de “modelo do déficit” de abordagem de temas sociocientíficos (cf. Levinson, 2008), ou Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) Reduzida (cf. Auler & Delizoicov, 2001), que centram a metodologia na apropriação de conhecimentos científicos, como se ilustra no fragmento abaixo.

“Optou-se por trabalhar o tema ‘Microrganismos’ em um minicurso intitulado ‘Microrganismos? Sim, na saúde e na doença!’ por meio de uma abordagem crítica, prazerosa e participativa, objetivando uma maior apropriação e compreensão dos conceitos e procedimentos envolvidos, fundamentados em um referencial da teoria da aprendizagem significativa” (Ovigli, 2010, p. 146).

Dentro dessa perspectiva, há trabalhos que aproximam as biotecnologias do sentido de conteúdo curricular trabalhado em sala de aula, e não de um tema (Carvalho, Couto & Bossolan, 2012; Nascimento & Martins, 2005; Figueira & Rocha, 2012; Ovigli, 2010; Pereira, Basso & Borges, 2008; Rocha *et al.*, 2010; Santos, 2007; Silva, 2010; Tancredi & Caballero, 2011; Zompero, 2009). Por exemplo, em um artigo (Silva, 2010) se consideram as biotecnologias como um dos conceitos de biologia, referido à fermentação. Outro trabalho traz o uso de micro-organismos na saúde e na alimentação como um conteúdo escolar biotecnológico, ligado também à biologia (Zompero, 2009).

O outro grupo (Abreu, Gomes & Lopes, 2005; Amorim, 1998; Barbosa & Pires, 2011; Caretti & Zuin, 2010; Chaves, 2012; Dellazari, Rocha Filho & Borges, 2010; Delizoicov & Auler, 2011; Klein & Laburú, 2012; Levinson, 2008; Lima & Copello, 2007; Lima *et al.*, 2008; Nascimento & Martins, 2005; Paredes & Guimarães, 2012; Reis, 2007; Reis & Galvão, 2005; Santos, 2006; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007; Slongo & Delizoicov, 2010; Takahashi, Martins & Quadros, 2008; Vázquez-Alonso *et al.*, 2008), no entanto, centra a abordagem em discussões de atitudes e valores, aliadas aos conhecimentos científicos. Aproximam-se dos conceitos de ACT Ampliada (Auler & Delizoicov, 2001) e dos modelos de abordagem de

temas sociocientíficos, propostos por Levinson (2008), a saber: conhecimento escolar e questões sociais; sociopragmático; dialógico e de negociação; e ainda de práxis coletiva.

“[...] faz décadas que o movimento CTS vem destacando a perspectiva sociológica da CeT [Ciência e Tecnologia] como elemento relevante da educação científica (Acevedo, Vázquez e Manassero, 2002) e este estudo a assume como parte da NdC, superando assim a redução conceitual desta à mera epistemologia da ciência, da mesma forma como é interpretada restritivamente em outros estudos” (Vázquez-Alonso et al., 2008, p. 44).

Por último, alguns trabalhos não esclarecem muito bem como a abordagem das biotecnologias seria feita (Araujo *et al.*, 2005; Pinto *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2012; Zucco, 2007; Andrade *et al.*, 2004). Esses são os que justificaram o tema pela sua inovação e interdisciplinaridade, defendendo a abordagem das áreas fronteiriças, ou correlatas. Outros trabalhos não discutem sobre a abordagens das biotecnologias, mas apresentam uma discussão teórica ou conceitual como subsídio para o professor (Fiorucci, Soares & Cavalheiro, 2003; Floriani, 2009; Gouveia-Matos, 1997; Guido & Bruzo, 2007; Jafellici Junior & Varanda, 1999; Lima & Fraceto, 2007; Thiemann, 2003; Viviani & Bechara, 2008).

Em suma, há duas formas resumidas de considerar o contexto social ao se trabalhar as biotecnologias. A primeira considera a existência de um problema social, que levanta perspectivas socialmente antagônicas, e que recorre **somente aos conceitos** científicos como meio de resolvê-los. Para eles, a introdução de temas biotecnológicos na escola já vem sendo feita (Pedrancini *et al.*, 2008), mas nem sempre de forma satisfatória (Carvalho, Couto & Bossolan, 2012), pois *“os conhecimentos ensinados na escola não tem possibilitado aos sujeitos o entendimento da realidade atual, assim como o pensar, falar e agir cientificamente”* (Souza & Farias, 2011, p. 27), tal entendimento é corroborado no trabalho de Pedrancini e colaboradores (2008).

Para esses autores, temas biotecnológicos são complexos e abstratos, exigindo conhecimentos, por exemplo, de bioquímica para seu entendimento, o que a faz parecer *“estar cada vez mais difícil de ser entendida pelo cidadão ‘normal’ que, na grande maioria das vezes, é usuário passivo dos avanços dessa área”* (Takahashi, Martins & Quadros, 2008, p. 3). As pesquisas procuram, então, **meios de melhorar a apropriação científica**, pela busca de conhecimentos prévios numa abordagem de mudança conceitual (Zompero, 2009) ou de ressignificação conceitual (Pedrancini *et al.*, 2008).

A outra forma de relacionar o meio social com as biotecnologias considera que a necessidade da abordagem das biotecnologias como tema vem de problemas que também levantam tensões, nomeadamente entre direitos individuais e objetivos sociais, ambientais, políticos, econômicos e de saúde (Reis & Galvão, 2005; Santos, 2006). Entretanto, a sua superação **não é um mero caso de apropriação de conceitos** e de encontrar meios de melhorar a sua apropriação, **mas de ir além disso, discutindo a própria cultura científica** – seus valores, princípios, filosofias e, também, conceitos criados.

Nessa perspectiva, essas controvérsias têm influência sobre as concepções da população sobre Natureza da Ciência (NdC) e na sua atitude perante questões sociocientíficas. O ensino acerca da NdC pode encorajar o aluno a ver a ciência como construção humana histórica, com suas normas, princípios e controvérsias (Levinson, 2008; Vázquez-Alonso *et al.*, 2008). O debate público se torna necessário, pois a ciência não proporciona conhecimentos completamente fiáveis, sendo eles provisórios e alvo de contestação. Entretanto, o conhecimento científico tem valor e deve ser reconhecido com um dos elementos de um complexo processo de ação.

“Os especialistas entram frequentemente em conflito pois as controvérsias sociocientíficas não podem ser resolvidas simplesmente numa base técnica, uma vez que envolvem hierarquizações de valores, conveniências pessoais, pressões de grupos sociais e econômicos, etc.” (Reis & Galvão, 2005, p. 134).

Essa segunda perspectiva avança com relação à primeira, pois a escolha entre teorias diferentes não está pautada em base técnica neutra ou em capacidade racional atemporal. Envolve pressupostos sociais — valores e princípios — que determinam os rumos da pesquisa (Delizoicov & Auler, 2011; Reis & Galvão, 2005; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007). A educação para democratização estaria pautada na discussão de temas controversos, questões sociocientíficas ou aspectos sociocientíficos, que assumem o sentido de *“questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e tecnologia”* que possibilitam a discussão de valores e atitudes do mundo tecnológico em que se está inserido, possibilitando a transformação (Santos, 2006).

Ao se comparar as três subcategorias das Abordagens (Justificativas; Objetivos e Modelos), pode-se perceber certa inter-relação entre os trabalhos que as compõem, chegando em três concepções teórico-práticas distintas, simplificadas no Quadro 5, a seguir. A primeira, **Desenvolvimentista**, que se justifica pela necessária inovação e produção de novos conhecimentos, objetivando o desenvolvimento econômico e buscando como metodologia a simples aquisição de conceitos científicos. A segunda, **Propedêutica**, é justificada pela necessidade de resolver problemas sociais, mas objetiva apenas a apreensão de conceitos e a reorganização das estruturas cognitivas, apoiando-se num método de déficit cognitivo, criticado por Levinson (2008). Por último, **ACT Ampliada**, que justifica seus trabalhos pela resolução de problemas sociais, mas entende os conceitos científicos como apenas uma parte do conteúdo, que tem que ser agregado de discussão axiológica, política, etc. — aproxima-se, então, das abordagens da Alfabetização Científica e Tecnológica Ampliada.

Quadro 5— Modelos de abordagens pedagógicas das biotecnologias presentes nas produções acadêmicas da área de Ensino de Ciências.

Desenvolvimentista	Propedêutica	ACT ampliada
<ul style="list-style-type: none"> • Inovação • Desenvolvimento econômico • Modelo de déficit cognitivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver problemas sociais • Apreensão de conceitos • Modelo de déficit cognitivo – Ciência escolar 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver problemas sociais • Discussão de conceitos, valores e princípios • ACT ampliada

Este levantamento apontou que somente 18% dos trabalhos analisados traziam as biotecnologias com certo destaque, a maioria as utilizou como exemplar, uma exemplificação. Independente da evidência do tema no artigo, as abordagens em sala de aula (baseadas na apropriação de conhecimentos científicos e aquela baseada na discussão sociocientífica propriamente dita) obtiveram contribuições parecidas, ou seja, 20 artigos para cada.

Por fim, ressalta-se que as biotecnologias ainda são temas pouco explorados nos periódicos nacionais se comparados com a produção total. As questões relacionadas aos transgênicos foram ainda a que menos foram encontradas nas revistas analisadas. Slongo e Delizoicov (2010) ressaltaram a pouca discussão das biotecnologias em teses e dissertações sobre ensino de biologia no período de 1972 a 2000, o que se repete com a presença do tema em livros didáticos de ensino médio de biologia (Amorim, 1998).

Entretanto, as biotecnologias são percebidas como de grande importância para a sociedade, estando relacionada na resolução de problemas sociais, justificando sua importância para introdução na educação. Porquanto, ela apresenta grandes possibilidades para a educação que objetiva a democracia, inclusive para uma maior participação social nas decisões sobre a ciência e tecnologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da *análise* foi possível inferir que a educação biotecnológica é uma linha de estudo em expansão na área de ensino de ciências, embora ainda vinculada às instituições de ensino mais antigas e reconhecidas nacionalmente. Os esforços no sentido de inserir a discussão das biotecnologias no ensino (básico ou superior) parecem, mesmo que em expansão, ainda incipientes e insuficientes, dado as poucas produções (quando comparadas com a de outros temas presentes na literatura dessa área no país) e o pouco conhecimento público do tema. Por conseguinte, pelos vários motivos que sinalizamos, defendemos a necessária expansão das pesquisas e de ações que visem a apresentar proposições à abordagem das biotecnologias em salas de aula, além de maiores reflexões das experiências de ensino que são desenvolvidas sobre o tema. Os modelos identificados trazem desde preocupações econômicas vinculadas às agendas globais dentro do marco neoliberal, até os que expressam um real interesse em propor uma sociedade mais democrática, pelo engajamento das comunidades nas decisões científicas e tecnológicas.

Nesse sentido, encontramos três grandes abordagens das biotecnologias nos periódicos analisados. O primeiro modelo tem clara vinculação entre o desenvolvimento econômico e a aquisição de conhecimento (modelo desenvolvimentista), uma visão linear de relações CTS, em que mais informações conduzem ao crescimento das riquezas e ao bem-estar social. Nesse modelo são ignorados os papéis sociais dos sujeitos e das estruturas em que essas relações são dadas, não importando quem se apossa dessa riqueza/conhecimento/tecnologia, quem as produzem, quem é delas excluído ou seus impactos no ambiente.

Um segundo modelo se aproxima do que Levinson (2008) denomina - e critica - de “Ciência escolar” (o modelo propedêutico), em que os alunos são postos a refletir sobre a realidade e a decidirem sobre problemas, mas de forma individual e disjunta. A escola é separada da comunidade em que está inserida, criando uma virtualização da situação concreta e da ação transformadora. Não obstante, o foco continua na apropriação de conceitos, teorias e fórmulas, ignorando quase sempre os aspectos éticos ou reduzindo-os aos científicos.

Por fim, alguns pesquisadores trouxeram a necessidade de apropriação conceitual vinculada à discussão axiológica e epistemológica para embasar o engajamento ativo do coletivo de estudante na transformação da sociedade. Aqui, o estudante dialoga com seus pares e com os seus professores no processo de conhecimento sobre a realidade, que envolve toda a escola e a comunidade, juntas e inter-relacionadas. Com algumas nuances sobre os processos pedagógicos usados, esse terceiro modelo centra-se na ação coletiva e na busca pela transformação crítica do social, combatendo a tecnocracia e o cientificismo, agrupando-se sobre os referenciais da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) Ampliada.

A carência de maiores discussões sobre os modelos de abordagem das biotecnologias apontados a partir dos artigos analisados, especialmente no ensino de química, reforça para a necessidade de aprofundamento nesse campo de estudo, de intervenção e de pesquisa. Nesse sentido, mesmo que o foco de nosso estudo tenha sido o de trazer à tona um panorama das biotecnologias no ensino, discutindo as abordagens e possíveis teorias que as subjazem, nossa análise permitiu justamente salientar sobre as carências da pesquisa e do ensino sobre o tema, apontando às futuras investigações a necessidade de esmiuçar ainda mais os aspectos teóricos e discutir suas implicações para a prática docente e a formação de professores.

Corroboramos a ideia de Levinson (2008) de que para se ampliar a inserção e abordagem da biotecnologia no ensino de ciências é necessário que ocorra uma Alfabetização Científica e Tecnológica, mesmo que por meio de modelos problemáticos, como o do déficit cognitivo. Tal complacência é porque, a partir de iniciativas nele ancorado, podem ser realizadas outras ações de problematização e alargamento dos objetivos pedagógicos. Talvez a própria configuração das práticas e conhecimentos da biotecnologia moderna (baseada na modificação gênica) imponha a necessidade de se lidar com a incerteza científica e o risco de impactos socioambientais em larga escala causados pelas (bio)tecnologias. Todavia, tal consideração é uma das questões para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(2), 122–134.
- Brasil. (2003). Decreto nº. 4680, de 24 de abril de 2003. Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei nº. 8.078, de 11 de setembro de 1990. *Diário Oficial da União*, 25 abr. 2003.
- Brasil. (2006). Protocolo de Cartagena sobre biossegurança da convenção sobre diversidade biológica. *Decreto Nº 5.705*, de 16 de fevereiro de 2006.
- Brasil. (2005). *Lei de Biossegurança*. Lei nº 11.105, 24 de março de 2005. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111105.html
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2014). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Brasília: CONAB. V. 1 - Safra 2013/14, n. 9 - Nono Levantamento.
- Ewald, F. (1997). Le r etour du malin g enie. Esquisse d’une philosophie de la precaution. In O. Godard (Org.), *Le principe de precaution dans la conduite des affaires humaines* (99-128). Paris: Inra.
- Fleck, L. (2010). *G enese e desenvolvimento de um fato científico*. Belo Horizonte: Fabrefactum.
- Gilding, M., & Pickering, J. (2011). “May contain traces of biotech”: (re)defining the biotechnology field in Australia, In *Proceedings of Australian Sociological Association Conference* (p. 1). Newcastle, New South Wales, Australia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/1959.3/210221>
- Kennedy, P. (1993). *Preparando para o século XXI*. Rio de Janeiro: Campos.

- Kolstø, S. D. (2004). Students' argumentations: knowledge, values and decisions. In E. K.Henriksen & M. Ødegaard (Eds.), *Naturfagenes didaktikk – en disiplin i forandring? Det 7. nordiske forskersymposiet om undervisning i naturfag i skolen* (pp. 63-78). Kristiansand: Høyskoleforlaget AS.
- Levidow, L. (2001). Precautionary uncertainty: regulating GM crops in Europe. *Social Studies of Science*, 31(6), 842–874.
- Levinson, R. (2008). A theory of curricular approaches to the teaching of socio-scientific issues. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 133–151.
- Moraes, R., & Galiazzi, M. do C. (2007). *Análise textual discursiva*. Ijuí: UNIJUI.
- Porto, M. F., & Soares, W. L. (2012). Development model, pesticides, and health: a panorama of the Brazilian agricultural reality and proposals for an innovative research agenda. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 37(125), 17–31. DOI: [10.1590/S0303-76572012000100004](https://doi.org/10.1590/S0303-76572012000100004)
- Postman, N. (1994). *Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia*. São Paulo: Nobel.
- Reis, P. R. dos. (2003). *O “admirável mundo novo” em discussão*. Lisboa: Ministério da Educação. Recuperado de <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/4609>
- Reis, P. R. dos. (2007). Os temas controversos na educação ambiental. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 2(1), 125–140.
- Sadler, T. D. (Org.). (2011). *Socio-scientific issues in the classroom*. Dordrecht: Springer Netherlands. Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-1159-4>
- World Bank. (2014). World Development Indicators 2014. Recuperado de <http://data.worldbank.org/products/wdi>

Recebido em: 23.09.2016

Aceito em: 20.12.2016

APÊNDICE A - ARTIGOS ANALISADOS

- Abreu, R. G., Gomes, M. M., & Lopes, A. C. (2005). Contextualização e tecnologias em livros didáticos de Biologia e Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(3), 405-417.
- Amorim, A. C. R. (1998). Biologia, tecnologia e inovação no currículo do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 29(1), 61–80.
- Andrade, J. B., Cadore, S., Vieira, P. C., Zucco, C., & Pinto, A. C. (2004). A formação do químico. *Química Nova*, 27(2), 358–362.
- Aquino Neto, F. R. de. (2005). O quadrante de Ruetsap e a anti-ciência, tecnologia e inovação. *Química Nova*, 28, 95–99.
- Araújo, M. H., Lago, R. M., Oliveira, L. C. A., Cabral, P. R. M., Lin, C. C., & Fillion, L. J. (2005). O estímulo ao empreendedorismo nos cursos de química: formando químicos empreendedores. *Química Nova*, 28, S18-S25. DOI: [10.1590/S0100-40422005000700005](https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000700005)
- Barbosa, L. C. A., & Pires, D. X. (2011). O uso da fotografia como recurso didático para a educação ambiental: uma experiência em busca da educação problematizadora. *Experiências em Ensino de Ciências*, 6(1), 69-84.
- Caretti, I. S., & Zuin, V. G. (2010). Análise das concepções de educação ambiental de livros paradidáticos pertencentes ao acervo do Programa Nacional Biblioteca da Escola 2008. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 5(1), 141-169.
- Carvalho, J. C. Q. de, Couto, S. G. de, & Bossolan, N. R. S. (2012). Algumas concepções de alunos do ensino médio a respeito das proteínas. *Ciência & Educação*, 18(4), 897–912.
- Chamizo, J. A., & Izquierdo, M. (2008). Avaliação das competências de pensamento científico. *Química Nova na Escola*, 7, 4–8.
- Chaves, S. N. (2012). História da ciência através do cinema: dispositivo pedagógico na formação de professores de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia*, 5(2), 83–93.
- Correia, C. R. D., Costa, P. R. R., & Ferreira, V. F. (2002). Vinte e cinco anos de reações, estratégias e metodologias em química orgânica. *Química Nova*, 25(1), 82–89.
- Delizoicov, D., & Auler, D. (2011). Ciência, Tecnologia e Formação Social do Espaço: questões sobre a não-neutralidade. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 4(2), 247–273.
- Faljoni-Alario, A. (1998). Carta ao editor. *Química Nova*, 21(5), 674-680. DOI: [10.1590/S0100-40421998000500025](https://doi.org/10.1590/S0100-40421998000500025)
- Ferreira, L. N. de A., & Queiroz, S. L. (2011). Artigos da revista ciência hoje como recurso didático no ensino de química. *Química Nova*, 34(2), 354-360. DOI: 10.1590/S0100-40422011000200033
- Fiorucci, A. R., Soares, M. H. F. B., & Cavalheiro, É. T. G. (2003). A importância da vitamina C através dos tempos. *Química Nova na Escola*, 17, 3-7.
- Floriani, D. (2009). Educação ambiental e epistemologia: conhecimento e prática de fronteira ou uma disciplina a mais? *Pesquisa em Educação Ambiental*, 4(2), 191-202.
- Gouveia-Matos, J. A. M. (1998). Pasteur. *Química Nova na Escola*, 6, 20-22.
- Guido, L. F. E., & Bruzzo, C. (2007). O desenvolvimento sustentável nas imagens do Repórter Eco: o projeto Barú como modelo. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 2(2), 153-172.
- Jafelicci Junior, M., & Varanda, L. C. (1999). O Mundo dos colóides. *Química Nova na Escola*, 9, 9-13.
- Klein, T. A. S., & Laburú, C. E. (2012). Multimodos de representação e teoria da aprendizagem significativa: possíveis interconexões na construção do conceito de biotecnologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 14(2), 137-152.

- Legey, A. P., Jurberg, C., & Coutinho, C. M. L. M. (2009). Educação científica na mídia impressa brasileira: avaliação da divulgação de biologia celular em jornais e revistas selecionados. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 2(3), 35-52.
- Levinson, R. (2008). A theory of curricular approaches to the teaching of socio-scientific issues. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 133–151.
- Lima, C. A., & Copello, M. I. (2007). Educação ambiental desde o enfoque ciência/tecnologia/sociedade (CTS) - um possível caminho. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 2(2), 173-196.
- Lima, K. E., Mayer, M., Carneiro-Leão, A. M., & Vasconcelos, S. D. (2008). Conflito ou convergência? Percepções de professores e licenciandos sobre ética no uso de animais no ensino de zoologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 353–369.
- Lima, R.; Fraceto, & L. F. (2007). Abordagem química na extração de DNA de tomate. *Química Nova na Escola*, 25, 43-45.
- Nascimento, T. G., & Martins, I. (2005). O texto de genética no livro didático de Ciências: uma análise retórica crítica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 255–278.
- Nascimento, T. G., & Rezende Junior, M. F. (2010). A produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(1), 97–120.
- Ovigli, D. F. B. (2010). Microrganismos? Sim, na saúde e na doença! Aproximando universidade e escola pública. *Experiências em Ensino de Ciências*, 5(1), 145–158.
- Pacheco, S. M. V., & Damasio, F. (2010). Vanilina: origem, propriedades e produção. *Química Nova na Escola*, 32(4), 215-219.
- Paredes, G. G. O., & Guimarães, O. M. (2012). Compreensões e significados sobre o PIBID. *Química Nova Na Escola*, 34(4), 266–277.
- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Galuch, M. T. B., Moreira, A. L. O. R., & de Carvalho Nunes, W. M. (2008). Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. *Ciência & Educação*, 14(1), 135–146.
- Pereira, C. R. da S., Basso, N. R. de S., & Borges, R. M. R. (2008). Unidade de aprendizagem sobre citologia e nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3(3), 7–17.
- Pereira, F. D., Honório, K. M., & Sannomiya, M. (2010). Nanotecnologia. *Química Nova na Escola*, 32(2), 73-77.
- Pinto, A. C., Zucco, C., Andrade, J. B. de, & Vieira, P. C. (2009). Recursos humanos para novos cenários. *Química Nova*, 32(3), 567–570.
- Pinto, A. C., Zucco, C., Galembeck, F., De Andrade, J. B., & Vieira, P. C. (2012). Química sem fronteiras. *Química Nova*, 35(10), 2092-2097. DOI: 10.1590/S0100-40422012001000034
- Reis, P. R. dos. (2007). Os temas controversos na educação ambiental. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 2(1), 125–140.
- Reis, P. R. dos, & Galvão, C. (2005). Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 131–160.
- Rocha, T. L., Oliveira, M. L., Seraphin, J. C., & Sabóia-Morais, S. M. T. (2010). Análise comparativa das aulas práticas de biologia celular para graduandos em bacharelado e em licenciatura de ciências biológicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(2), 297–309.
- Santos, F. M. T. dos. (2007). Unidades temáticas - produção de material didático por professores em formação inicial. *Experiências em Ensino de Ciências*, 2(1), 01-11.

- Santos, W. L. P. dos. (2006). Letramento em química, educação planetária e inclusão social. *Química Nova*, 29(3), 611-620. DOI: [10.1590/S0100-40422006000300034](https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000300034)
- Scheid, N. M. J., Ferrari, N., & Delizoicov, D. (2007). Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(2), 157–181.
- Silva, R. O. (2010). Cana de Mel, Sabor de Fel — Capitania de Pernambuco. *Química Nova na Escola*, 32(2), 90-94.
- Slongo, I. I. P., & Delizoicov, D. (2010). Teses e dissertações em ensino de biologia: uma análise histórico-epistemológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(2), 275–296.
- Souza, A. F. de, & Farias, G. B. de. (2011). Percepção do Conhecimento dos Alunos do Ensino Médio sobre Transgênicos: Concepções que Influenciam na Tomada de Decisões. *Experiências em Ensino de Ciências*, 6(1), 21-32.
- Takahashi, J. A., Fabrícia, P., Martins, F., & Luiza De Quadros, A. (2008). Questões tecnológicas permeando o ensino de Química: o caso dos transgênicos. *Química Nova na Escola*, 29, 3–7.
- Tancredi, D. D., & Caballero, C. (2016). Evolución de significados del concepto de gen en estudiantes de educación superior de la carrera docente de biología. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(3), 443–472.
- Thiemann, O. H. (2003). A descoberta da estrutura do DNA. *Química Nova na Escola*, 17, 13-19.
- Vargas, J. I. (1997). Alguns aspectos da política nacional de ciência e tecnologia. *Química Nova*, 20, 7-14. DOI: [10.1590/S0100-40421997000700003](https://doi.org/10.1590/S0100-40421997000700003).
- Vázquez-Alonso, A.; Manassero-Mas, M. A.; Acevedo-Díaz, J. A. & Acevedo-Romero, P. (2008). Consensos sobre a natureza da ciência. *Química Nova na Escola*, 27, 34-50.
- Viviani, V. R., & Bechara, E. J. H. (2008). Um Prêmio Nobel por uma Proteína Brilhante. *Química Nova Na Escola*, 30, 24–26.
- Zompero, A. de F. (2009). Concepções de Alunos do Ensino Fundamental sobre Microorganismos em Aspectos que Envolvem Saúde: Implicações para o Ensino Aprendizagem. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(3), 31-42.
- Zucco, C. (2007). Graduação em química: avaliação, perspectivas e desafios. *Química Nova*, 30(6), 1429–1434.
- Zucco, C., Pessine, F. B., & Andrade, J. B. de. (1999). Diretrizes curriculares para os cursos de química. *Química Nova*, 22(3), 454–461.