

Contribuições da Biotecnologia para o Ensino de Biologia e Química

Contributions of Biotechnology to Biology and Chemistry Education Contribuciones de la Biotecnología a la Enseñanza de la Biología y la Química

Jairo Ribeiro de Lima,  Maria Goretti de Vasconcelos Silva,  e Erika Freitas Mota 

Resumo

A biotecnologia é uma ciência contemporânea de grande impacto social e ambiental, pois, além de proporcionar avanços científicos, pode gerar consequências indesejadas. Por essa razão, torna-se essencial que temáticas biotecnológicas sejam incorporadas ao ensino de Biologia e Química, de modo a favorecer uma compreensão crítica em relação aos efeitos socioambientais das biotecnologias. Assim, este estudo buscou apontar as contribuições da biotecnologia na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para o ensino de Biologia e Química. Para tanto, realizou-se uma pesquisa qualitativa de caráter descritivo. Participaram do estudo coordenadores e docentes dos Cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Química da Universidade Federal do Ceará e da Universidade Federal de Campina Grande. Na coleta de dados, foram utilizados dois questionários compostos por questões abertas e fechadas e estruturados em seis e quatro seções, respectivamente. A análise dos dados ocorreu por análise de conteúdo categorial com o estabelecimento de quatro categorias analíticas. Como resultados, os coordenadores consideraram que as temáticas biotecnológicas contribuem positivamente para a formação do professor de Biologia e Química, todavia, apontaram desafios para sua efetiva integração nos cursos. Já para os docentes, a biotecnologia contribui para o ensino de Biologia e Química em três pontos essenciais: na integração dos conhecimentos teóricos e práticos, na compreensão e preservação da biodiversidade e na alfabetização científica. Destarte, este estudo ressalta os potenciais da abordagem das biotecnologias sob um viés CTS, bem como fomenta discussões alinhadas aos contextos sociais e ambientais.

Palavras-chave: abordagem CTS, biotecnologias, ensino de biologia, ensino de ciências, ensino de química

Abstract

Biotechnology is a contemporary science with major social and environmental impacts because, in addition to driving scientific advances, it can also have undesirable consequences. For this reason, it is essential to include biotechnological themes in Biology and Chemistry education to support critical understanding of the socio-environmental effects of biotechnologies. Thus, this study aimed at identifying biotechnology contributions from a Science, Technology, and Society (STS) perspective to teach Biology and Chemistry. Accordingly, a qualitative, descriptive study was conducted. Coordinators and professors from the Bachelor's Degree Courses in Biological and Chemical Sciences at the Federal University of Ceará and the Federal University of Campina Grande participated in this study. Data collection involved two questionnaires with open- and closed-ended questions, structured into six and four sections, respectively. Data analysis used categorical content analysis with four established

analytical categories. As a result, the coordinators considered that biotechnology themes have contributed positively to Biology and Chemistry professors' qualifications; however, they have shown some challenges for their effective integration into these courses. According to the studied professors, biotechnology has strengthened Biology and Chemistry education in three essential areas: integrating theoretical and practical knowledge, understanding and preserving biodiversity, and scientific literacy. Therefore, this study highlights the potential of approaching biotechnologies from an STS perspective and encourages discussions associated with social and environmental contexts.

Keywords: STS approach, biotechnologies, biology education, science teaching, chemistry teaching

Resumen

La biotecnología es una ciencia contemporánea con un gran impacto social y medioambiental, ya que, además de proporcionar avances científicos, puede generar consecuencias indeseadas. Por esta razón, es esencial que los temas biotecnológicos se incorporen a la enseñanza de la biología y la química, con el fin de favorecer una comprensión crítica de los efectos socioambientales de las biotecnologías. Así, este estudio buscó señalar las contribuciones de la biotecnología desde la perspectiva de la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS) para la enseñanza de la biología y la química. Para ello, se llevó a cabo una investigación cualitativa de carácter descriptivo. Participaron en el estudio coordinadores y profesores de los cursos de licenciatura en Ciencias Biológicas y Química de la Universidad Federal de Ceará y de la Universidad Federal de Campina Grande. En la recopilación de datos se utilizaron dos cuestionarios compuestos por preguntas abiertas y cerradas y estructurados en seis y cuatro secciones, respectivamente. El análisis de los datos se realizó mediante un análisis de contenido categórico con el establecimiento de cuatro categorías analíticas. Como resultado, los coordinadores consideraron que los temas biotecnológicos contribuyen positivamente a la formación del profesor de Biología y Química, sin embargo, señalaron los retos para su integración efectiva en los cursos. Para los docentes, la biotecnología contribuye a la enseñanza de la biología y la química en tres aspectos esenciales: la integración de los conocimientos teóricos y prácticos, la comprensión y la preservación de la biodiversidad y la alfabetización científica. Así, este estudio destaca el potencial del enfoque de las biotecnologías desde una perspectiva CTS, además de fomentar debates alineados con los contextos sociales y ambientales.

Palabras clave: enfoque CTS, biotecnologías, enseñanza de la biología, enseñanza de las ciencias, enseñanza de la química

Introdução

A ciência e a tecnologia, a partir de métodos próprios, permitem-nos investigar e compreender os mais diversos fenômenos naturais, bem como promover avanços civilizacionais. Desde o domínio do fogo até as inovações contemporâneas da era digital, passando pelo surgimento da agricultura e da indústria modernas, assim como pela notável elevação da qualidade de vida humana alcançada no último século, os conhecimentos científico e tecnológico desempenharam papel fundamental em cada progresso da humanidade (IPEA, 2020).

Nesse ponto específico, as biotecnologias, entendidas como aplicações de organismos vivos ou seus derivados para o desenvolvimento de produtos e processos úteis, sempre exerceram papel relevante nas sociedades humanas. Estão presentes desde as práticas tradicionais, como a produção de alimentos e bebidas, até as aplicações mais complexas resultantes do avanço científico e técnico, que possibilitam o diagnóstico e tratamento de doenças congênitas, tal como o conhecimento detalhado dos genes e sua manipulação, por exemplo (Marcelino & Marques, 2017).

A amplitude de saberes tecnocientíficos que compõem a ciência biotecnologia demanda que seu ensino seja conduzido de maneira sistemática e integrada no currículo escolar e na formação de professores, especialmente de Biologia e Química, uma vez que o conhecimento biotecnológico, que absorve técnicas biológicas e químicas, não está limitado à compreensão dos produtos da ciência e da tecnologia em si, mas envolve também a reflexão sobre o desenvolvimento dos próprios processos tecnocientíficos em contextos socioambientais. Tal fato exige uma prática pedagógica que estimule a investigação e o pensamento crítico dos estudantes (Nascimento & Saraiva, 2019).

Dessa forma, a biotecnologia é uma ciência contemporânea de grande impacto social e ambiental, pois, além de proporcionar avanços, especialmente nas áreas da saúde e da indústria, também pode gerar consequências indesejadas. Por essa razão, torna-se essencial que temas relacionados a esse campo sejam incorporados ao ensino de Biologia e Química, de modo a favorecer o desenvolvimento de uma compreensão crítica sobre seus impactos na sociedade e no ambiente. Diante dessa necessidade, a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) tem se consolidado como um importante referencial para a educação científica, ao defender que o ensino de conteúdos científicos esteja articulado às suas implicações sociais, ambientais, políticas e econômicas (Girola et al., 2024).

O movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) emergiu em meados do século XX em um contexto de questionamento da visão linear e determinista que associava o desenvolvimento científico e tecnológico ao progresso social. As consequências da tecnociência evidenciadas no período pós-Segunda Guerra Mundial, especialmente a degradação ambiental e o emprego da ciência na produção de armamentos, impulsionaram uma perspectiva crítica sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Nesse cenário, as contribuições de Thomas Kuhn, com *A estrutura das revoluções científicas*, e de Rachel Carson, com *Primavera silenciosa*, foram decisivas para fortalecer esse debate e consolidar o movimento CTS como um campo de reflexão científica, social e política (Bazzo, 2020).

Com isso, é evidente que a perspectiva CTS apresenta-se como uma alternativa viável para a abordagem abrangente das biotecnologias no âmbito do ensino e da formação de professores de Biologia e Química. Por possuir caráter polissêmico, o enfoque CTS engloba distintas concepções curriculares e finalidades educativas a fim de promover o ensino dos conhecimentos científicos e tecnológicos de modo contextualizado, considerando os impactos sociais e ambientais da ciência e da tecnologia, assim como a necessidade de problematizar as práticas e os sentidos da atividade científico-tecnológica no ambiente educativo (Bonfim et al., 2022).

Pedretti (2003) e Scandelari et al. (2021, p. 98) consideram que as relações CTS podem ser promovidas a partir de cinco aspectos que perfeitamente se alinham ao ensino de biotecnologia: (a) “compreensão social e ambiental das explorações da ciência e da tecnologia”; (b) “discussão da opinião pessoal e dos valores atribuídos à sociedade e à democracia”; (c) “consciência crítica sobre a natureza da ciência e da tecnologia”; (d) “aspectos econômicos e industriais do desenvolvimento tecnológico”; e (e) “compreensão das constantes ameaças ambientais, incluindo as globais e as locais para a preservação da vida”.

Como resultado, a inclusão das relações CTS na abordagem das biotecnologias no ensino de Biologia e Química, a partir dos cinco aspectos destacados anteriormente por Scandelari et al. (2021), justifica-se por encontrar respaldo na oportunidade de desenvolver nos estudantes conhecimentos contextualizados que levem, sobretudo, a uma consciência social e ambiental das aplicações e implicações das biotecnologias.

Assim, a questão que norteou esta pesquisa foi: *Quais as contribuições da biotecnologia para o ensino de Biologia e Química?* Para abordar esse questionamento, esta pesquisa objetivou apontar as contribuições da biotecnologia na perspectiva CTS para o ensino de Biologia e Química, em interface com as concepções de docentes e coordenadores dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Química.

A Biotecnologia Como Campo Científico e Educacional

Desde os tempos da antiguidade, a biotecnologia já era utilizada na produção de pães e cervejas a partir de microrganismos vivos, prática atualmente reconhecida como biotecnológica e atribuída à denominada Biotecnologia Clássica. Com os avanços dos conhecimentos sobre genética, microbiologia, química, fisiologia, biologia molecular, entre outras áreas, desenvolveu-se a Biotecnologia Moderna, marcada pelas descobertas das leis de herança de Gregor Mendel (Mozafari et al., 2020).

Como campo científico, a biotecnologia diz respeito a um conjunto de técnicas e processos de manipulação de organismos vivos e seus derivados, incluindo o nível molecular, tendo em vista a produção de bens e serviços úteis. De certa forma, a biotecnologia moderna é uma área inovadora de exploração para fins econômicos, voltada para setores diversos, tais como: saúde humana, saúde animal, agropecuária, meio ambiente, indústria e prestação de serviços (Ramos et al., 2016). É possível observar um breve histórico do desenvolvimento da biotecnologia como campo científico na Figura 1.

Figura 1

Breve histórico da Biotecnologia

Ano	Evento
1750	Utilização de microrganismos para a produção de queijos, bebidas e pães através da fermentação.
1893	Processo de fermentação foi patenteado por Koch e Pasteur.
1902	Walter Sutton cunhou o termo “gene”. O fisiologista alemão Gottlieb Haberlandt desenvolveu o conceito de cultura <i>in vitro</i> de células, ao fornecer bases teóricas para a cultura de tecidos vegetais.
1919	O termo biotecnologia foi criado pelo engenheiro húngaro Karl Ereky.
1928	Alexander Fleming descobriu as propriedades antibióticas de certos fungos.
1953	James Watson e Francis Crick determinaram a estrutura em dupla hélice de DNA.
1957	Dogma central da Biologia Molecular é proposto por Francis Crick.
1966	O código genético foi decifrado (considerado uma das mais importantes descobertas científicas do século XX) por Marshall Nirenberg e H. Gobind Khorana.
1970	A enzima transcriptase reversa é descoberta (usada hoje na clonagem de DNA). U. K. Laemmli utilizou géis de empilhamento para análises eletroforéticas que tornaram a caracterização de proteínas mais fácil.
1973	Stanley Cohen e Herbert Boyer produziram a primeira molécula de DNA recombinante. Inicia-se, então, a era da Engenharia Genética.
1977	Primeira aplicação da engenharia genética: produção de hormônio de crescimento humano em bactérias.
1978	Células-tronco são descobertas no cordão umbilical de seres humanos.
1982	Primeiro produto comercial advindo do uso da tecnologia do DNA recombinante: insulina humana.
1983	Kary Mullis descreve o processo de amplificação de DNA a partir da reação em cadeia de polimerase (PCR).
1988	Primeira enzima (renina) produzida em uma levedura geneticamente modificada é aprovada para uso em alimentos.
1990	As vacinas de DNA foram descritas.
1995	Os primeiros alimentos transgênicos começaram a ser comercializados nos Estados Unidos. O primeiro deles foi o tomate Flavr Savr, planejado para demorar a amadurecer e permanecer atrativo por mais tempo nas prateleiras de supermercado.
1996	Keith Campbell e Ian Wilmut promoveram o nascimento da ovelha Dolly, o primeiro mamífero clonado.
2003	O sequenciamento do genoma humano foi concluído.

Fonte: adaptado de Ramos et al. (2016).

O panorama apresentado demonstra que a biotecnologia vem se consolidando como um campo científico em ascensão. Conforme Gusmão et al. (2017, p. 150), o conhecimento biotecnológico é responsável por gerar novas tendências e impulsionar significativos avanços na produção de “novas terapias biológicas”, na sistematização de “novas ferramentas analíticas”, no desenvolvimento de “ferramentas na bioinformática”, na ampliação das “tecnologias de conversão de biomassa em biocombustível”, na conexão de “novas plataformas de plantas à produção de fármacos”, na propagação da “tecnologia transgênica” para aumentar a produção agrícola e pecuária, na produção de “novas drogas baseadas na metagenômica da comunidade microbiana marinha”, e no progresso da “nanobiotecnologia” com o propósito de promover soluções nas áreas da saúde, alimentação, energia, materiais e meio ambiente.

No entanto, a biotecnologia é uma área plural, visto que desencadeia a evolução tecnológica de muitos outros campos, além de possibilitar o surgimento de novas áreas e se dedicar ao estudo de conceitos relevantes na atualidade como sustentabilidade ambiental, preservação das espécies, uso racional de medicamentos e emergência climática. Dada a sua importância no cenário atual, é imprescindível considerar o caráter educativo da biotecnologia e sua abordagem essencial no ensino de Biologia e Química, especialmente quando tratada à luz da perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (Ramos et al., 2016).

Entretanto, Lima et al. (2024a, p. 10) apontam que “a presença da Biotecnologia nas pesquisas brasileiras em Ensino de Biologia é limitada” e ressaltam a “necessidade de integrá-la de forma mais ampla nas discussões da área, bem como reconhecer e aproveitar seu vasto potencial na alfabetização científica e tecnológica dos estudantes”. Em pesquisa anterior, direcionada ao Ensino de Química, os mesmos autores inferem que “a abordagem da Biotecnologia na Educação Básica está em fase de expansão, no entanto, ainda é considerada insuficiente e incipiente” (Lima et al., 2023, p. 2).

Do ponto de vista do currículo, quando analisamos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), especificamente as habilidades direcionadas para a Biologia e a Química, podemos observar a presença de diversas temáticas biotecnológicas, a exemplo do uso dos transgênicos na agricultura, biocombustíveis, tecnologias do DNA recombinante e da produção de vacinas. O documento assinala, seguindo a linha CTS, que “a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo” (Ministério da Educação [MEC], 2018, p. 1).

Ao investigarem como a biotecnologia tem sido abordada nos livros didáticos de Biologia e Química do Novo Ensino Médio, Lima et al. (2024b) afirmam que há carência de tópicos de discussão que indiquem os desafios sociais e ambientais relacionados ao uso de produtos biotecnológicos. Ou seja, caberá ao professor uma integração mais ampla desses conteúdos, com destaque para os aspectos positivos e negativos das biotecnologias, com ênfase na alfabetização científica e tecnológica, para explorar o potencial interdisciplinar da biotecnologia.

Na esteira dessa discussão, Marcelino e Marques (2017) asseguram que, para que ocorra a abordagem da biotecnologia no Ensino de Ciências, é necessário que se promova uma alfabetização científica e tecnológica, mesmo que a partir de modelos problemáticos, visto que a própria natureza dos conhecimentos biotecnológicos modernos, firmados na manipulação gênica, impõe os riscos de impactos socioambientais em larga escala. Essa questão é de fato um ponto central que une a Biologia e a Química ao ensino (básico e superior) das biotecnologias e realça a importância da biotecnologia enquanto campo educacional.

Nesse aspecto, reconhecer a biotecnologia como um campo educacional implica compreender que seu ensino deve contribuir para a formação de estudantes capazes de interpretar criticamente os impactos científicos, tecnológicos, sociais, ambientais e éticos das inovações biotecnológicas. Em uma sociedade marcada pela rápida incorporação dessas tecnologias em áreas como saúde, agricultura, indústria e conservação ambiental, torna-se indispensável que a educação científica promova não apenas a apropriação de conceitos, mas também o desenvolvimento de competências para analisar informações, avaliar riscos e benefícios, argumentar com base em evidências e participar de processos de tomada de decisão (Santos, 2012).

Metodologia

Este estudo é de abordagem qualitativa e de caráter descritivo. De acordo com Yin (2016, p. 7), a pesquisa qualitativa apresenta as seguintes características: “representar as opiniões e perspectivas dos participantes de um estudo”; “contribuir com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que podem ajudar a explicar o comportamento social humano”; e “esforçar-se por usar múltiplas fontes de evidência”. Já as pesquisas descritivas, na concepção de Gil (2025), entre outros aspectos, objetivam levantar as opiniões, atitudes e crenças de um grupo, visando descobrir a existência de relações entre as variáveis.

A coleta dos dados ocorreu no segundo semestre de 2024 e no primeiro semestre de 2025 na Universidade Federal do Ceará e na Universidade Federal de Campina Grande, por meio da aplicação de dois questionários, contendo questões abertas e fechadas disponíveis na plataforma *Google Forms*. Todos os docentes e coordenadores dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e de Química foram convidados a participar da pesquisa via *e-mail*. Dentre os convidados, aceitaram participar do estudo quatro professores e dois coordenadores de curso, os quais constituíram os grupos de participantes da investigação. Como critério de inclusão, foram considerados elegíveis os docentes que ministravam componentes curriculares específicos ou conteúdos relacionados à biotecnologia nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e em Química.

O questionário destinado aos coordenadores, acompanhado do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foi estruturado em seis seções que abordavam: dados pessoais e formação acadêmica dos participantes, identificação dos

cursos de licenciatura, relação entre organização curricular e biotecnologia, aspectos do Projeto Pedagógico do Curso (PPC), além dos impactos e desafios relacionados à formação nesse campo nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Química.

Já o questionário reservado aos docentes foi estruturado em quatro seções, contendo questões abertas e fechadas, voltadas à coleta de informações sobre dados pessoais, formação acadêmica, atuação profissional no campo da biotecnologia e concepções a respeito das contribuições dessa área para o ensino de Biologia e de Química, com foco nas relações CTS. Contudo, havia uma questão inicial que funcionou como critério de inclusão do estudo, a qual indagava ao respondente se lecionava sobre temáticas da biotecnologia nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e/ou em Química.

As respostas às questões relacionadas aos objetivos da pesquisa foram submetidas à Análise de Conteúdo, conforme proposta por Bardin (2016), seguindo as etapas de pré-análise, exploração do material, tratamento dos dados, inferência e interpretação. Isto é, na etapa de pré-análise, foi realizada a leitura atenta das respostas dos docentes e coordenadores, na qual houve a exploração dos dados. As questões destinadas à caracterização do perfil dos participantes e dos cursos em análise foram tratadas por meio da análise descritiva qualitativa, de acordo com Soares (2022).

Especificamente, as questões que investigaram as concepções dos docentes sobre as contribuições da biotecnologia para o ensino de Biologia e Química na perspectiva CTS foram organizadas em quatro categorias temáticas: (i) Conceitos e implicações da biotecnologia; (ii) Compreensões da biotecnologia na perspectiva CTS; (iii) Contribuições da biotecnologia para o ensino de Biologia e Química; e (iv) Desafios para a integração da biotecnologia na formação de professores. As categorias de análise foram estabelecidas de forma indutiva, a partir da leitura do *corpus*, considerando as unidades de registro recorrentes e sua pertinência aos objetivos da pesquisa.

Em relação aos aspectos éticos da pesquisa, destaca-se que este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (CEP/PROPESQ/UFC), conforme registra o CAAE 6938323.3.0000.5054.

Resultados e Discussão

Os resultados desta pesquisa decorrem das respostas aos questionários aplicados aos dois coordenadores de cursos e aos quatro docentes vinculados às Licenciaturas em Ciências Biológicas e em Química da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Com isso, os dados e a análise serão apresentados em dois eixos analíticos, organizados de acordo com os grupos participantes da pesquisa e os objetivos do estudo: (i) cenários da biotecnologia na formação de professores de Biologia e de Química na visão de coordenadores de cursos; e (ii) contribuições da biotecnologia para o ensino de Biologia e Química na visão dos docentes.

Cenários da Biotecnologia na Formação de Professores de Biologia e de Química na Visão de Coordenadores de Cursos

Esta seção apresenta a análise das concepções dos dois coordenadores dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e em Química acerca dos cenários da biotecnologia na formação inicial de professores. A partir das respostas obtidas no questionário, buscou-se compreender como essa área está inserida nos projetos formativos, considerando aspectos relacionados à organização curricular, às oportunidades de formação e aos desafios para sua integração na preparação de futuros docentes.

A primeira e a segunda seções do questionário dos coordenadores trataram do perfil e da formação acadêmica. Quanto ao gênero, um participante identificou-se como masculino e o outro como feminino. Ambos são doutores e possuem licenciatura em Ciências Biológicas ou Química. Contudo, ao serem indagados se já cursaram alguma disciplina específica sobre biotecnologia, ou equivalente, na graduação ou na pós-graduação, um participante respondeu que não e o outro que sim, referindo-se à disciplina de Bioquímica Geral.

A terceira seção do questionário abordou a identificação dos cursos, sendo um de Licenciatura em Ciências Biológicas, vinculado à Universidade Federal do Ceará (UFC), e o outro de Licenciatura em Química, ligado à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Quanto ao tempo em que os participantes ocupam o cargo de coordenador de curso, um deles afirmou atuar há quatro anos, enquanto o outro exerce a função há três anos.

Na quarta seção do questionário, foi discutida a presença da biotecnologia na matriz curricular dos cursos e instituições participantes. Quando solicitados se há componentes curriculares específicos que a abordam, ambos os coordenadores afirmaram que sim e indicaram as disciplinas: Fitoquímica (optativa) e Fundamentos de Bioquímica (obrigatória). Um dos coordenadores ainda indicou que “o curso tem várias opções de componentes optativos dessa área”.

Sequencialmente, os coordenadores foram interrogados sobre se consideram a carga horária destinada à biotecnologia insuficiente, adequada ou excessiva em seus cursos de licenciatura. Um participante considerou a carga horária adequada, enquanto o outro a avaliou como insuficiente. No mesmo sentido, ainda foram indagados sobre como avaliam a preparação dos discentes para lecionar temas relacionados à biotecnologia na Educação Básica. Um deles a avaliou da seguinte forma: “muito boa, pois o tema é abordado indiretamente em outros componentes e projetos (microbiologia, biologia celular, molecular etc.)”. O outro coordenador atestou: “insuficiente”.

A quinta seção do questionário destacou o Projeto Pedagógico dos Cursos (PPC) em termos de atualização. Um dos participantes informou que o PPC foi atualizado recentemente, em 2024, e que, no processo de atualização, a biotecnologia foi “mantida como elemento e área do curso”. O outro participante relatou que a última versão do PCC data de 2011 e que, atualmente, o documento está sendo analisado, porém, “não houve discussão sobre o tema” biotecnologia.

Por fim, a sexta seção do questionário abordou os impactos e desafios da implementação da Biotecnologia na formação de professores de Biologia e Química. Quanto aos impactos, um dos participantes afirmou: “muito importante para desenvolver ciência aplicada”. Já o outro enfatizou: “acho que o tema é relevante para os futuros docentes e é abordado em componentes obrigatórios e optativos no curso, além de projetos (monitoria, PET — Programa de Educação Tutorial, PID — Programa de Iniciação à Docência, BIA — Bolsa de Incentivo Acadêmico etc.)”. Quanto aos principais desafios para integrar a biotecnologia na formação inicial de professores de Biologia e Química, um participante destacou “a carga horária do curso” (de Química), ao passo que o outro afirmou: “o principal é a amplitude da formação do professor biólogo, pois a formação abrange temas de educação, meio ambiente, saúde e biotecnologia”.

Ao analisarmos as respostas dos coordenadores, percebemos diferentes cenários sobre o lugar da biotecnologia na formação inicial de docentes de Biologia e Química. Por ocuparem funções de gestão e coordenação pedagógica, esses participantes desempenham papel extremamente relevante na definição de diretrizes curriculares e na atualização científica dentro dos cursos de formação de professores. Compreender esses cenários nos permite identificar, nesses contextos formativos, como a biotecnologia tem sido inserida, ou, em alguns casos, negligenciada, além de tornar latentes os avanços alcançados e os desafios a serem enfrentados.

Os dados evidenciam que a inserção da biotecnologia na formação inicial de professores ocorre de maneira heterogênea entre os cursos investigados. Enquanto um dos coordenadores considera que a área está contemplada no currículo, com componentes curriculares específicos e carga horária suficiente para o desenvolvimento das competências necessárias, o outro reconhece que a biotecnologia não é inserida de forma sistemática na matriz curricular. Tal discrepância revela que a presença da biotecnologia na formação docente ainda depende das escolhas curriculares e das prioridades institucionais de cada curso, resultando em oportunidades formativas distintas para os licenciandos e, consequentemente, em diferentes níveis de preparação para abordar esse campo do conhecimento na Educação Básica.

Ao discutirem como os professores de Biologia percebem a educação em biotecnologia, Fonseca et al. (2012) evidenciam a necessidade de aprimoramento na formação inicial docente em Portugal. Há indícios de que essa é uma realidade atual no Brasil, uma vez que as respostas dos coordenadores indicam que a biotecnologia está inserida no currículo de forma pontual, ou diluída em poucos componentes curriculares. Há que se considerar, portanto, a necessidade de que se forneça uma formação mais sólida e integrada das temáticas biotecnológicas aos futuros professores de Biologia e Química, sobretudo considerando o enfoque CTS.

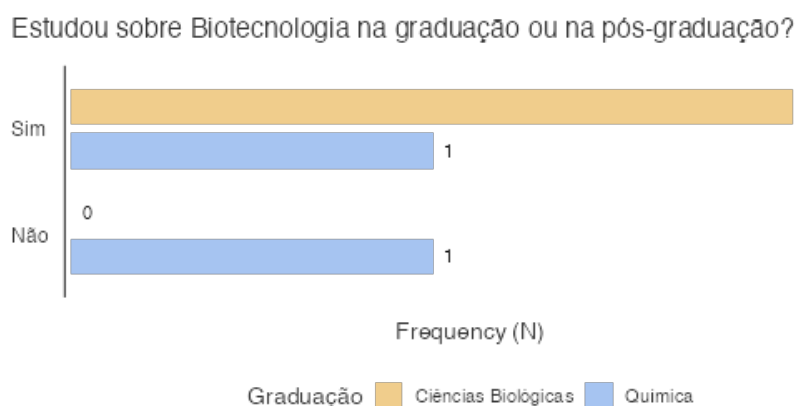
Nessa direção, Corrêa e Galieta (2020, p. 125) analisaram as concepções de licenciandos em Ciências Biológicas sobre a biotecnologia na perspectiva CTS e constataram que “quase a metade dos graduandos apresentou uma visão reducionista sobre os processos em Biotecnologia”. As autoras defendem que os temas biotecnológicos devem ser abordados à luz das relações CTS na formação inicial para que os futuros docentes sejam capazes de debater o conhecimento biotecnológico frente às suas relações com a sociedade e com o ambiente na Educação Básica.

No entanto, mesmo reconhecendo a importância da biotecnologia para a formação dos licenciandos, os coordenadores apontaram acentuados desafios para sua efetiva integração nos cursos. O primeiro desafio diz respeito à carga horária extensa do curso de Licenciatura em Química, que se divide em componentes da formação específica e componentes da área pedagógica e, por vezes, tende a fragmentar as temáticas biotecnológicas. O segundo desafio considera a amplitude da formação do professor de Biologia em diferentes áreas do conhecimento biológico. Entretanto, consideramos que investir na implementação de componentes curriculares obrigatórios específicos de biotecnologia, estruturados a partir de um viés CTS, com foco na alfabetização científica e tecnológica, seja uma alternativa viável para fornecer elementos essenciais da educação biotecnológica na formação inicial.

Contribuições da Biotecnologia para o Ensino de Biologia e Química na Visão dos Docentes

Nesta seção, são analisadas as concepções dos quatro docentes acerca das contribuições da biotecnologia para o ensino de Biologia e Química. A partir de suas experiências na formação inicial de professores, buscou-se compreender como esse campo do conhecimento tem contribuído para o desenvolvimento dos licenciandos, evidenciando potencialidades, desafios e possibilidades para a inserção das temáticas biotecnológicas no processo formativo.

O questionário dos docentes, em suas duas primeiras seções, buscou recolher dados pessoais e a formação acadêmica desses profissionais. Em relação ao gênero, todos se identificam como masculino. Quanto à formação acadêmica, todos possuem doutorado, dos quais três são licenciados em Ciências Biológicas ou Química e um é bacharel em Química Industrial. No que se refere à formação em biotecnologia na graduação ou na pós-graduação, a Figura 2 apresenta as respostas dos participantes.

Figura 2*Formação em Biotecnologia dos docentes*

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

A respeito da atuação docente, na terceira seção do questionário, os quatro professores demonstram possuir considerável experiência, visto que lecionam há 5, 11, 13 e 26 anos, respectivamente. Além disso, dois deles atuam na Universidade Federal do Ceará (UFC), sendo um no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e um no curso de Licenciatura em Química; enquanto os outros dois estão vinculados à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), distribuídos igualmente nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e em Química.

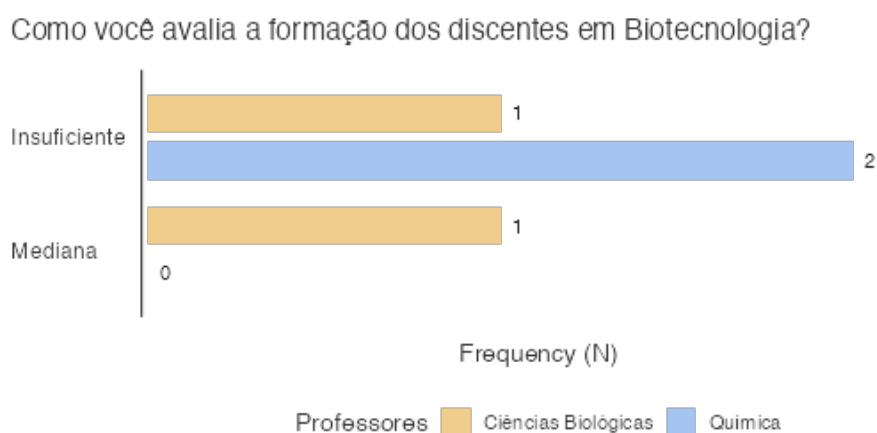
Em relação aos componentes curriculares, nos quais os participantes atuam nas licenciaturas, destacam-se: Metodologia e Instrumentação no Ensino de Ciência e Biologia, Educação Ambiental, Bioética e Ética na Ciência, Estágio Supervisionado, Sustentabilidade e Convivência no Semiárido, Química Analítica I, II, III e IV, Química Aplicada à Biotecnologia, Fisiologia comparada, Biologia Celular, Genética, Evolução Biológica e Biologia Molecular.

Acerca das temáticas biotecnológicas que lecionam nas licenciaturas em Ciências Biológicas e em Química, os participantes citaram: controle de qualidade de alimentos, transgenia, terapia gênica, edição de DNA, vacinas de DNA e clonagem. Para trabalhar essas temáticas, os docentes indicaram as seguintes metodologias: Aprendizagem Baseada em Problemas; Gamificação; Estratégias que envolvam Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA); Teoria de volumetria ácido-base: Solução de Tampão; Práticas de laboratório de controle de qualidade de alimentos (titulação); Aula expositiva em quadro branco; Aula expositiva com *datashow*; Videoaulas como atividade complementar para casa; e vídeos com animações sobre os procedimentos experimentais.

Em relação à formação dos licenciandos em Ciências Biológicas e em Química para ensinar biotecnologia, a Figura 3 apresenta a opinião dos professores. Observa-se que a avaliação predominante foi a de que a formação oferecida é insuficiente. Entre os docentes de Química, os dois participantes classificaram a formação como insuficiente. Já entre os professores de Ciências Biológicas, um deles considerou a formação insuficiente e o outro a avaliou como mediana. Nenhum dos participantes a classificou como satisfatória, evidenciando uma percepção de fragilidade na preparação dos licenciandos para o ensino de biotecnologia.

Figura 3

Avaliação da formação dos licenciandos para ensinar Biotecnologia



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

A quarta questão do questionário se dedicou a explorar as concepções dos docentes em relação às contribuições da biotecnologia para o Ensino de Biologia e Química, com destaque para as relações CTS. Os dados estão apresentados a partir de quatro categorias de análise: *conceitos e implicações da biotecnologia*; *compreensões da biotecnologia a partir da perspectiva CTS*; *contribuições da biotecnologia para o ensino de Biologia e Química*; *desafios para integração da biotecnologia na formação de professores*. Cada categoria reúne aspectos específicos das concepções dos participantes, permitindo compreender desde os entendimentos sobre a biotecnologia e suas implicações até suas contribuições para o ensino de Biologia e Química e os desafios relacionados à sua inserção na formação inicial de professores.

No que concerne à categoria “Conceitos e implicações da Biotecnologia”, a Tabela 1 indica as subcategorias, as unidades de registro e a frequência absoluta, obtidos a partir das respostas dos docentes.

Tabela 1

Organização e frequência da categoria Conceitos e implicações da Biotecnologia, segundo as respostas dos docentes

Categoria	Subcategorias	Unidades de Registro	Frequência
Conceitos e implicações da Biotecnologia	Conceitos da Biotecnologia	Tecnologia	3
		Ciências	1
	Implicações da Biotecnologia	Positivas	2
		Positivas e Negativas	1
		Indefinida	1

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Como mostra a Tabela 1, no que tange à subcategoria “Conceitos da Biotecnologia”, três docentes forneceram elementos conceituais em suas respostas que destacam o aspecto tecnológico da biotecnologia como ferramenta de inovação em diversos setores, enquanto um professor aponta para o campo científico. Já no que diz respeito à subcategoria “Implicações da Biotecnologia”, dois participantes reconhecem que os produtos biotecnológicos têm impactos socioambientais estritamente positivos. No entanto, um respondente apresenta um caráter dual em sua resposta ao considerar tanto os aspectos positivos quanto negativos das aplicações biotecnológicas. Por fim, um docente não detalhou sua resposta, a qual foi, portanto, considerada indefinida para análise. A seguir, estão descritas as respostas dos professores.

Trata-se de tecnologias usadas para criar soluções em diferentes áreas do conhecimento e que trazem impactos importantes positivos para a CTS, todavia, podem trazer impactos negativos se não forem conduzidos de forma ética (Docente 1).

Trata-se de uma ciência relativamente nova. Então, envolve aplicações tecnológicas ligadas a matrizes biológicas para atuar principalmente na manipulação de produtos em processos industriais, utilizando principalmente os recursos marinhos. Em relação ao meio ambiente e à sociedade, pode atuar na preservação da fauna e flora (ecossistemas marinhos), bem como no desenvolvimento/ produção de fármacos, alimentos, vacinas (Docente 2).

Grande (Docente 3).

A biotecnologia é a utilização de conhecimentos sobre os processos biológicos naturais como ferramentas para a resolução de problemas práticos na atualidade. Os impactos são enormes e mudam diretamente nossa forma de enfrentar os

desafios do dia a dia. Desde a mudança no padrão de alimentação, passando por tecnologias de prevenção de doenças, até a cura de patologias que até então eram consideradas incuráveis (Docente 4).

É possível notar que as respostas dos docentes expõem uma sólida compreensão do conceito de biotecnologia, evidenciando-a como campo científico que se dedica à resolução de problemas de setores distintos. Os participantes reconhecem que se trata de uma ciência contemporânea que se apropria de matrizes biológicas e processos industriais com foco no desenvolvimento de produtos e tecnologias inovadoras. Tal concepção encontra lastro no que propõem Ramos et al. (2016) ao evidenciarem a área como uma interconexão entre ciência e tecnologia no desenvolvimento de ferramentas úteis para a sociedade. Assim, passa-se a reconhecer o caráter aplicado e multidisciplinar dessa importante área do conhecimento.

Com relação às implicações socioambientais da biotecnologia, os depoimentos dos docentes indicam uma visão crítica sobre os desdobramentos provenientes da utilização de biotecnologias. Evidenciam tanto benefícios quanto possíveis riscos associados ao uso inadequado dos produtos biotecnológicos, principalmente quando não se observam os princípios éticos. Isso reforça, portanto, a necessidade de olhar essa ciência a partir das lentes da perspectiva CTS, e reconhece que os avanços científicos e tecnológicos, embora promissores, podem gerar dilemas éticos sociais e ambientais que necessitam de reflexão crítica na tomada de decisões e no processo de educação biotecnológica (Marcelino & Marques, 2017).

De acordo com a categoria “Compreensões da Biotecnologia a partir da perspectiva CTS”, a Tabela 2 exhibe as subcategorias, as unidades de registro e a frequência absoluta, obtidas a partir das respostas dos participantes.

Tabela 2

Organização e frequência da categoria Compreensão da Biotecnologia a partir da perspectiva CTS

Categoria	Subcategorias	Unidades de Registro	Frequência
Compreensão da Biotecnologia a partir da perspectiva CTS	Usos atribuídos à Biotecnologia	Integração CTS	1
		Aplicação prática	2
		Desconhecimento	1

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

A Tabela 2 indica a subcategoria “Usos atribuídos à Biotecnologia” no contexto do enfoque CTS. Nesse sentido, um docente considera que a biotecnologia é uma ferramenta que integra ciência, tecnologia e sociedade; dois participantes a classificam como uma aplicação prática do conhecimento científico e tecnológico e um professor demonstrou desconhecer a intrínseca relação entre os produtos biotecnológicos e a abordagem CTS, como é possível observar a seguir.

Compreendo como uma área que busca integrar o conhecimento científico e tecnológico com seus impactos sociais, éticos e ambientais, promovendo uma formação crítica e ajudando a sociedade a tomar decisões conscientes e fundamentadas (Docente 1).

Em minha opinião, a biotecnologia aplicada pode atuar em diversas áreas, tais como medicina, farmácia, agricultura, alimentação, indústria química. Principalmente em pesquisas voltadas para a remediação de sistemas marinhos contaminados por poluentes químicos, testes e diagnósticos, contaminação por microplásticos e desenvolvimento de processos visando à descontaminação do solo e da água por pesticidas (Docente 2).

Não conheço (Docente 3).

A biotecnologia é de fato a aplicabilidade da ciência básica gerando tecnologias para um retorno positivo à sociedade. É uma área da ciência biológica que visa encontrar soluções para os desafios humanos que envolvem sistemas biológicos (Docente 4).

Os docentes, em suas respostas, evidenciam diferentes níveis de compreensão da biotecnologia à luz das relações CTS. Destaca-se que, de modo geral, os participantes reconhecem a biotecnologia como uma área capaz de integrar o conhecimento científico e tecnológico às questões sociais, ambientais e éticas a ela associadas, o que resulta no cerne da alfabetização científica e tecnológica (Chassot, 2018).

Ressalta-se, também, que, na ótica dos participantes, as biotecnologias aplicam-se em contextos diversos, com ênfase, inclusive, na mitigação de impactos ambientais deletérios. Demonstra-se, inclusive, que a biotecnologia, ao se aproximar da perspectiva CTS, ultrapassa a dimensão técnica e se conecta às questões sociais, ambientais e éticas. Entretanto, o desconhecimento de um dos participantes aponta para a necessidade do processo formativo em biotecnologia dentro de um viés CTS. Nesse caso, indica-se a necessidade de aprofundamento conceitual sobre a temática na formação docente (Gusmão et al., 2017).

A respeito da categoria “Contribuições da Biotecnologia para o ensino de Biologia e Química”, a Tabela 3 apresenta subcategorias, unidades de registro e frequência absoluta, obtidas por intermédio das respostas dos professores.

Tabela 3

Organização e frequência da categoria Contribuições da Biotecnologia para o ensino de Biologia e Química, segundo as respostas dos docentes

Categoria	Subcategorias	Unidades de Registro	Frequência
Contribuições da Biotecnologia para o ensino de Biologia e Química	Ensino de Biologia	Integração teoria-prática	1
		Compreensão da Biodiversidade	1
	Ensino de Química	Integração teoria-prática	1
		Letramento científico	1

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Quanto à subcategoria “Ensino de Biologia”, conforme a Tabela 3, dois professores indicaram que a biotecnologia é um instrumento de integração teórico-prática do conhecimento biológico e químico, respectivamente. Um docente sugeriu que os produtos biotecnológicos podem auxiliar na compreensão da biodiversidade, ao passo que outro realçou o potencial da biotecnologia para o letramento científico. Seguem as respostas dos docentes na íntegra:

A Biotecnologia contribui para o ensino de Biologia e Química ao integrar teoria e prática de forma científica e tecnológica, aproximando a ciência da realidade atual. Exemplos como vacinas, transgênicos e sustentabilidade discutidos atualmente mostram um pouco da importância da temática para o ensino de Biologia (Docente 1).

Em relação à química, por exemplo, aplicação da teoria/prática na resolução/explicação dos fenômenos envolvendo problemas práticos, tais como danos ao meio ambiente, particularmente causados pela contaminação de metais pesados, agrotóxicos, remediação de sistemas marinhos contaminados por poluentes químicos (Docente 2).

Muito. É importante a educação científica para a correta compreensão da biotecnologia, como é feita, quais as implicações na biodiversidade e todos os aspectos éticos envolvidos (Docente 3).

Portanto, é importante o ensino de biotecnologia nos cursos de Química e Biologia, a fim de fazer um correto letramento científico desses futuros professores, os quais irão facilitar o aprendizado correto desta área do saber nos estudantes do ensino básico. Aprender corretamente para ensinar com propriedade (Docente 4).

Com base nas respostas dos docentes, a biotecnologia contribui para o ensino de Biologia e Química em três pontos fundamentais: na integração dos conhecimentos teóricos e práticos, na compreensão e preservação da biodiversidade e no letramento científico.

Do ponto de vista da integração dos conhecimentos teóricos e práticos, o ensino de biotecnologia tem o potencial de conectar conceitos biológicos e químicos às diversas situações concretas, como os efeitos das vacinas, dos transgênicos e dos biocombustíveis na sociedade moderna. Além de tornar as biotecnologias mais difundidas, tal articulação é uma reconhecida estratégia com potencial de tornar o processo ensino-aprendizagem mais contextualizado e dinâmico (Nascimento & Saraiva, 2019).

Em termos ambientais, a biotecnologia pode contribuir para o ensino de Biologia e Química ao favorecer a compreensão e a preservação da biodiversidade. O fato de produtos biotecnológicos serem utilizados na descontaminação de ecossistemas aquáticos destaca a potencialidade mitigatória dessa ciência. Sobre essa questão, Ribeiro e Ferreira (2024, p. 17) defendem que “a biotecnologia e a biodiversidade podem garantir para gerações atuais e futuras um país mais sustentável e produtivo, resiliente e preparado para os desafios futuros”.

Para Chassot (2018) e Sasseron e Carvalho (2011), letramento científico e alfabetização científica referem-se a denominações equivalentes e revelam a construção de uma consciência crítica frente às questões socioambientais. Dessa forma, para o ensino de Biologia e Química, a compreensão dos conceitos biotecnológicos ancorada na abordagem CTS pode contribuir para o desenvolvimento de uma visão crítica das biotecnologias, considerando as interfaces sociais e ambientais (Premebida, 2011).

Quanto à categoria “Desafios para integração da Biotecnologia na formação de professores”, a Tabela 4 apresenta subcategorias, unidades de registro e frequência absoluta, obtidas a partir das respostas dos participantes.

Tabela 4

Organização e frequência da categoria Desafios para integração da Biotecnologia na formação de professores, segundo as respostas dos docentes

Categoria	Subcategorias	Unidades de Registro	Frequência
Desafios para integração da Biotecnologia na formação de professores	Ciências Biológicas	Desatualização curricular	1
		Ensino	1
	Química	Domínio conceitual	1
		Abstração dos processos biotecnológicos	1

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Em consonância com a Tabela 4, os docentes dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas consideram a desatualização curricular e o ensino das temáticas biotecnológicas desafios estruturais para a implementação da biotecnologia na formação inicial do professor de Biologia. Por outro lado, os docentes dos cursos de Licenciatura em Química destacam o domínio e a aplicação em sala de aula dos conceitos biotecnológicos e a abstração dos fenômenos moleculares como os desafios mais relevantes para a formação dos professores de Química em biotecnologia. A seguir, estão detalhadas as falas dos participantes:

Acredito que a desatualização curricular, a falta de formação específica na temática e as dificuldades de abordagem crítica sejam os principais desafios estruturais para integrar a biotecnologia na formação inicial de professores de Biologia (Docente 1).

O domínio dos temas supracitados e a aplicação em sala de aula de exemplos práticos envolvendo os referidos temas (Docente 2).

Ensinar (Docente 3).

Criar uma mentalidade de abstração que permita compreender os fenômenos moleculares em escalas nanométricas. Percebo que é difícil a compreensão das forças físicas e químicas que levam às reações em cadeia a acontecerem. A compreensão do processo e da velocidade em que ocorre em nível celular é muitas vezes difícil, tendo em vista que não é uma escala de acontecimento percebida no dia a dia (Docente 4).

No que diz respeito à desatualização curricular frente à abordagem crítica de temáticas biotecnológicas na formação de professores, Krasilchik (2000, p. 90) já advertia que “os alunos não serão adequadamente formados se não correlacionarem as disciplinas escolares com a atividade científica e tecnológica e os problemas sociais contemporâneos”. Tal constatação reforça a necessidade de revisão dos currículos de formação de professores de Biologia e Química, a fim de incluir, nas matrizes curriculares, os fundamentos da biotecnologia, bem como suas implicações socioambientais.

Quanto ao domínio conceitual e à falta de práticas pedagógicas que favoreçam o ensino de biotecnologia no âmbito da formação de professores de Biologia e Química, Oliveira e Silva (2021) recomendam que as disciplinas pedagógicas podem auxiliar as disciplinas da área específica com o intuito de fornecer subsídios didático-pedagógicos para os docentes. Como resultado, os licenciandos poderão vivenciar experiências didáticas que destaquem a biotecnologia como ferramenta de ensino, relacionando-a a problemas reais e contextualizados.

No que concerne à compreensão de fenômenos moleculares como desafio para o ensino de biotecnologia, Nascimento e Saraiva (2019, p. 78) afirmam que o “abstratismo gerado pelo somatório de informações necessárias à compreensão de assuntos de cunho

biotecnológico submete o aluno a situações de dependentes de celeridade e dinamismo, nem sempre bem desenvolvidas no decurso acadêmico”. Dessa forma, é importante que o docente da formação inicial utilize diferentes recursos didáticos, tecnologias digitais e práticas experimentais que tornem os conceitos da biotecnologia mais acessíveis e concretos.

De modo geral, as concepções dos docentes evidenciam que a biotecnologia constitui um campo de conhecimento estratégico para o ensino de Biologia e Química, ao favorecer a articulação entre conceitos científicos, aplicações tecnológicas e suas implicações sociais e ambientais. Entretanto, os resultados também revelam fragilidades na formação inicial dos licenciandos e desafios para a integração sistemática da biotecnologia aos currículos, reforçando a necessidade de ampliar sua inserção nos cursos de formação de professores, em consonância com as demandas da educação científica e da perspectiva CTS.

Considerações Finais

Esta pesquisa objetivou apontar as contribuições da biotecnologia na perspectiva CTS para o ensino de Biologia e Química, em interface com as concepções de docentes e coordenadores dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Química, com o intuito de responder ao seguinte questionamento: *qual é o potencial da biotecnologia sob o enfoque CTS para o ensino de Biologia e Química?*

Na perspectiva dos coordenadores, foram identificados cenários distintos para a inserção da biotecnologia na formação inicial de professores de Biologia e Química. Enquanto um curso contempla as temáticas biotecnológicas em seu currículo, o outro ainda apresenta lacunas em sua integração. Apesar dessas diferenças, os coordenadores reconheceram que a biotecnologia contribui positivamente para a formação docente, ao mesmo tempo em que apontaram desafios para sua efetiva incorporação aos cursos de licenciatura. O primeiro desses desafios refere-se à extensa carga horária do curso de Licenciatura em Química, que, por vezes, tende a fragmentar as temáticas biotecnológicas. O segundo, na mesma direção, indica que a amplitude da formação do professor de Biologia em diferentes áreas do conhecimento biológico pode dificultar a conexão do conhecimento biotecnológico presente em diferentes disciplinas.

Já para os docentes, a biotecnologia contribui para o ensino de Biologia e Química em três pontos essenciais: na integração dos conhecimentos teóricos e práticos; na compreensão e preservação da biodiversidade; e na alfabetização científica. O primeiro diz respeito ao potencial da biotecnologia em conectar conceitos biológicos e químicos a situações concretas atuais, como os efeitos das vacinas, dos transgênicos e dos biocombustíveis, por exemplo. O segundo ponto decorre do fato de produtos biotecnológicos serem utilizados na descontaminação de ecossistemas naturais, fato que os torna recursos pedagógicos importantes para a compreensão e a preservação da biodiversidade no ensino de Biologia e Química. O terceiro ponto indica que a abordagem dos conceitos biotecnológicos, sob a perspectiva CTS, pode contribuir para o desenvolvimento da alfabetização científica.

No entanto, os docentes e os coordenadores, em sua maioria, consideram a formação dos licenciandos em Ciências Biológicas e Química em biotecnologia insuficiente. Assim, demonstra-se a necessidade de incluí-la de forma mais abrangente e articulada no currículo da formação inicial. No mesmo aspecto, devem-se considerar os potenciais da abordagem das temáticas biotecnológicas sob um viés CTS e fomentar discussões alinhadas aos contextos sociais e ambientais.

Contribuições dos Autores

Administração do projeto: Lima, J. R., Silva, M. G. V., Mota, E. F.; **Análise formal:** Lima, J. R., Silva, M. G. V., Mota, E. F.; **Conceituação:** Lima, J. R., Silva, M. G. V., Mota, E. F.; **Gerenciamento de dados:** Lima, J. R., Silva, M. G. V., Mota, E. F.; **Escrita — Primeira versão:** Lima, J. R.; **Escrita — Revisão e edição:** Lima, J. R., Silva, M. G. V., Mota, E. F.; **Investigação:** Lima, J. R.; **Metodologia:** Lima, J. R.; **Recursos:** Lima, J. R.; **Software:** Lima, J. R.; **Supervisão:** Silva, M. G. V., Mota, E. F.; **Validação:** Silva, M. G. V., Mota, E. F.; **Visualização:** Silva, M. G. V., Mota, E. F.

Disponibilidade de Dados de Pesquisa

Os dados serão fornecidos quando solicitados aos autores.

Referências

- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Bazzo, W. A. (2020). *Ciência, tecnologia e sociedade: E o contexto da educação tecnológica* (6ª ed.). Editora da Universidade Federal de Santa Catarina (EdUFSC).
- Bonfim, C. S., Strieder, R. B., & Machado, P. F. L. (2022). Articulações entre Educação CTS e Natureza da Ciência na Pesquisa em Educação em Ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 15(2), 307–333. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2022.e84837>
- Chasot, A. (2018). *Alfabetização científica*. Ed. Unijuí.
- Corrêa, R. S., & Galieta, T. (2020). Biotecnologia sob o enfoque CTS: concepções de licenciandos em Ciências Biológicas. *Conexões – Ciência e Tecnologia*, 14(2), 118–126. <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1470>
- Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 368–381. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.11.007>
- Gil, A. C. (2025). *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas.
- Girola, C., Cunha, B. F., Martins, S. E., Luiz, M. E. T., & Marinho, A. (2024). Temas da Bioética e o ambiente, escolar: revisão integrativa. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 24(1), 1–28. <https://doi.org/10.15517/aie.v24i1.55512>

- Gusmão, A. O. M, Silva, A. R., & Medeiros, M. O. (2017). A Biotecnologia e os avanços na sociedade. *Biodiversidade*, 16(1), 135–154. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/4979>
- IPEA. (2020). *A ciência e a tecnologia como estratégia de desenvolvimento*. Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade.
- Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino das Ciências. *São Paulo em Perspectiva*, 14(1), 85–93. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392000000100010>
- Lima, J. R., Costa, F. J., Soares, L. F., & Silva, M. G. V. (2024a). *Explorando a biotecnologia nas pesquisas em ensino de Biologia: Um estudo com base nos anais do ENEBIO*. Anais do 9º Encontro Nacional de Ensino de Biologia. Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia.
- Lima, J. R., Costa, F. J., Soares, L. F., & Silva, M. G. V. (2024b). *A biotecnologia nos livros didáticos de Ciências da Natureza do Novo Ensino Médio: Análise de conteúdo na perspectiva do currículo CTS*. Anais do 1º Workshop da Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Ceará.
- Lima, J. R., Soares, L. F., & Silva, M. G. V. (2023). *A presença da biotecnologia nas pesquisas em ensino de Química: Uma análise a partir dos anais do SIMPEQUI*. Anais do 20º Simpósio Brasileiro de Educação Química. Associação Brasileira de Química.
- Marcelino, L. V., & Marques, C. A. (2017). Abordagens educacionais das Biotecnologias no Ensino de Ciências através de uma análise em periódicos da área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(1), 61–77.
- Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Secretaria de Educação Básica..
- Mozafari, M., Tariverdian, T., & Beynaghi, A. (2020). Trends in Biotechnology at the Turn of the Millennium. *Recent Patents on Biotechnology*, 14(1), 78–82. <https://doi.org/10.2174/1872208313666190924162831>
- Nascimento, Y. A. P., & Saraiva, L. F. M. (2019). Ferramentas de bioinformática aplicadas ao ensino de Biotecnologia. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 17(1), 1–16. <https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/819>
- Oliveira, A. C. C., & Silva, F. V. (2021). As emendas e os recursos didáticos empregados no ensino sobre tecnologia do DNA recombinante em um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, 1–18. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230123>
- Pedretti, E. (2003). Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education. In D. L. Zeidler (ed.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (pp. 219–239). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-4996-X_12

- Premebida, A. (2011). *Biotecnologias: dimensões sociológicas e políticas*. Paco Editorial.
- Ramos, M. V., Melo, D. F., & Silva, A. L. C. (2016). *Biotecnologia: a ciência, o bacharelado, a demanda socioeconômica*. Imprensa Universitária.
- Ribeiro, H. C. R., & Ferreira, R. M. (2024). A importância da Biotecnologia e Biodiversidade para o agronegócio sustentável. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 16(2), 1–22. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n11-097>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>
- Santos, W. L. P. dos. (2012). Educação CTS e cidadania: Confluências e diferenças. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 5(2), 49–82. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v9i17.1647>
- Scandelari, M. F. R., Alves, J. A. P., & Roehrig, S. A. G. (2021). Ensino de biotecnologia a partir do enfoque CTSA: problematização sobre o uso e o descarte de medicamentos. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 14(1), 93–115. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2021.e67832>
- Soares, C. J. F. (2022). *Análise descritiva qualitativa*. Editora CRV.
- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa Qualitativa do início ao fim*. Penso.



Jairo Ribeiro de Lima

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil
jairolima@alu.ufc.br



Maria Goretti de Vasconcelos Silva

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil
mgvsilva@ufc.br



Erika Freitas Mota

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil
erika.mota@ufc.br



Editora Responsável: Márcia Goretti Lima da Silva

Revisado por: Ana Cristina Vieira Lopes

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

Copyright (c) 2026 Jairo Ribeiro de Lima, Maria Goretti de Vasconcelos Silva, Erika Freitas Mota



Este texto é licenciado pela **Creative Commons CC BY 4.0 License**

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, mesmo que comercial) e Adaptar (remixar, transformar, e criar a partir do material para qualquer fim, mesmo que comercial). De acordo com os termos seguintes:

Atribuição: Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.

Sem restrições adicionais: Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.
