

TECNOLOGIAS DIGITAIS E ENSINO DE BIOLOGIA: UM ESTUDO À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

Jairo Ribeiro de Lima¹

Maria Goretti de Vasconcelos Silva²

RESUMO:

O potencial das tecnologias digitais no Ensino de Biologia está intrinsecamente ligado à formação docente. A utilização dessas tecnologias possibilita a visualização e interação direta com os sistemas biológicos, o que desempenha um papel fundamental na promoção de uma compreensão mais profunda e significativa do conhecimento biológico. Diante disso, este estudo buscou investigar a percepção de licenciandos em Ciências Biológicas frente aos impactos das tecnologias digitais no Ensino de Biologia, ancorado nos princípios da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de abordagem quanti-qualitativa e de caráter exploratório. O instrumento empregado na coleta de dados foi um questionário contendo questões abertas e fechadas, aplicado a um grupo de 20 estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande. A análise dos dados combinou técnicas da estatística descritiva e da análise temática categorial. Os resultados forneceram elementos de discussão que convergiram, especialmente, em direção à necessária formação do professor de Biologia em competências digitais, considerando as possibilidades da aplicação de tecnologias no ensino e na aprendizagem de conceitos e processos biológicos.

PALAVRAS-CHAVE:

Aprendizagem Significativa Crítica, Ensino de Biologia, Tecnologias digitais.

DIGITAL TECHNOLOGIES AND BIOLOGY TEACHING: A STUDY ACCORDING TO THE CRITICAL MEANINGFUL LEARNING THEORY

ABSTRACT:

The potential of digital technologies in biology teaching is intrinsically linked to teacher training. The use of these technologies makes it possible to visualize and interact directly with biological

¹ Universidade Federal do Ceará. E-mail: jairolima@alu.ufc.br  <https://orcid.org/0000-0001-5826-6192>

² Universidade Federal do Ceará. E-mail: mgvsilva@ufc.br  <https://orcid.org/0000-0002-7062-4834>

systems, which plays a fundamental role in promoting a deeper and more meaningful understanding of biological knowledge. In view of this, this study aimed at investigating the undergraduates' perception of Biological Sciences in relation to the impacts of digital technologies on Biology Teaching, anchored in the principles of Critical Meaningful Learning theory. Thus, a quantitative-qualitative and exploratory approach was carried out. A questionnaire containing open and closed questions was applied to collect data from a 20-students group of Biological Sciences Degree course at the Federal University of Campina Grande. Data analysis combined techniques from descriptive statistics and categorical thematic analysis. The results provided elements for discussion that matched with one another, mainly, towards the necessary training of Biology teachers in digital skills, considering the possibilities of applying technologies in teaching and learning biological concepts and processes.

KEYWORDS:

Critical meaningful learning, Digital Technologies, Teaching Biology.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, temos testemunhado uma variedade de modelos e infraestruturas de comunicação e ciberespaço que definiram distintas eras tecnológicas. O telefone e a televisão representaram inovações radicais em suas respectivas épocas. A internet, em tempos mais recentes, desencadeou uma revolução em toda uma geração, e oferece novas tecnologias e novos formatos de interação. Hoje, estamos imersos em uma cultura digital que permeia todos os aspectos da nossa vida, incluindo espaços sociais como a escola (Cerigatto; Machado, 2018).

No ambiente escolar, as tecnologias digitais desempenham um papel fundamental e têm trazido mudanças significativas no processo de ensino e aprendizagem. Aplicativos, simuladores, jogos, *sites* e *softwares* especializados estão transformando a realidade das aulas tradicionais e proporcionando dinamismo ao ato pedagógico. Essas ferramentas inovadoras substituem, em grande parte, o uso tradicional da lousa, giz e livro didático (Kenski, 2024).

A ação docente mediada pelas tecnologias tornou-se uma ação compartilhada. Não estando restrita apenas ao professor em sua sala de aula, permite o estabelecimento de inúmeras interações para o desenvolvimento das situações didático-pedagógicas. Quando estudantes, professores e tecnologias interagem com o objetivo em comum, de forma adequada e

contundente, surge um movimento de descobertas e aprendizados que perpassa os limites físicos da escola (Kenski, 2024).

Entretanto, a integração das tecnologias digitais em sala de aula impõe desafios que não se restringem ao conhecimento tecnológico do professor. Na ótica de Kenski (2024), o grande desafio é encontrar maneiras produtivas e viáveis para integrar efetivamente as tecnologias digitais no processo ensino-aprendizagem, observando os currículos existentes, as condições específicas da escola e, especialmente, a formação docente.

No mais recente documento relativo às Diretrizes Nacionais Curriculares para a Formação Docente, a Resolução CNE/CP 02/2019, as tecnologias digitais são explicitamente referenciadas em uma das competências gerais docentes da Base Nacional Curricular de Formação de Professores (BNC-Formação), apresentada a seguir:

Competência 5: Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa e reflexiva e ética nas diversas práticas docentes, como recurso pedagógico e como ferramenta de formação, para comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e potencializar as aprendizagens (Brasil, 2020, p. 47).

Nessa direção, o Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB) disponibilizou referenciais de competências digitais a serem implementadas nos cursos de formação inicial de professores tendo em vista que os egressos das licenciaturas devem possuir um repertório de conhecimentos, atitudes e habilidades digitais. Tal formação está composta por elementos teóricos e práticos nas áreas pedagógica (prática pedagógica, avaliação, personalização, curadoria e criação), cidadania digital (uso responsável, uso seguro, uso crítico e inclusão) e desenvolvimento profissional (autodesenvolvimento, autoavaliação, compartilhamento e comunicação), a fim de expandir as oportunidades de ensino e aprendizagem em todas as áreas do conhecimento (Araripe; Lins, 2020).

Direcionando nossos olhares para a área de Ciências da Natureza, em particular para o Ensino de Biologia, o potencial das tecnologias digitais está intrinsecamente ligado à reestruturação do currículo de Biologia e à definição de abordagens pedagógicas que tornem o conhecimento biológico acessível (Martinho; Pombo, 2009).

Do ponto de vista do currículo, consoante Krasilchik (2019), o Ensino de Biologia deve favorecer a cada indivíduo a capacidade de compreender e aprofundar-se em explicações atualizadas sobre o conhecimento biológico, a fim de reconhecer a importância da ciência e da tecnologia na vida moderna e despertar o interesse pelo mundo dos seres vivos. Como resultado, os estudantes devem ser capazes de utilizar o que aprenderam na escola, especialmente, ao tomarem decisões que afetam tanto seus interesses particulares quanto coletivos, considerando sempre um quadro ético de responsabilidade e respeito, levando em conta o papel do ser humano na biosfera.

No entanto, Krasilchik (2019) ainda aponta que é comum encontrarmos aulas de Biologia que se caracterizam por um ensino informativo, centrado no professor, representado por aulas teóricas exaustivas que demandam um alto nível de abstração, podendo, dessa forma, dificultar a compreensão dos conceitos e processos biológicos. Na tentativa de fugir desse cenário, Gianotto e Diniz (2010) propõem uma estratégia altamente eficaz para enriquecer as aulas de Biologia por meio da utilização de simulações virtuais, que permitem explorar conteúdos como síntese de proteínas, replicação de DNA, divisão celular e tantos outros. A utilização dessas tecnologias permite a visualização dos sistemas biológicos e possibilitam a compreensão de suas etapas e relações de forma mais significativa. Contudo, é importante que esse processo seja fundamentado em elementos teórico-metodológicos consistentes.

Assim, partindo da hipótese de que o uso das tecnologias digitais ainda é um desafio na formação e atuação do docente de Biologia, a questão que norteou esta pesquisa foi: como os estudantes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas percebem às relações existentes entre as tecnologias digitais e o Ensino de Biologia?

Para responder a tal questionamento, este estudo buscou investigar a percepção de licenciandos em Ciências Biológicas frente aos impactos das tecnologias digitais no Ensino de Biologia, tendo os princípios da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica como suporte teórico (Moreira, 2010).

2. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

A teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, descrita por Marco Antônio Moreira, propõe onze princípios que podem embasar o processo ensino-aprendizagem mediado por tecnologias. Esses princípios estão resumidos a seguir:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos (Princípio do conhecimento prévio);
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas (Princípio da interação social e do questionamento);
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos (Princípio da não centralidade do livro de texto);
4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (Princípio do aprendiz como perceptor/representador);
5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade (Princípio do conhecimento como linguagem);
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras (Princípio da consciência semântica);
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros (Princípio da aprendizagem pelo erro);
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência (Princípio da desaprendizagem);
9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar (Princípio da incerteza do conhecimento);
10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino (Princípio da não utilização do quadro-de-giz);
11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão (Princípio do abandono da narrativa) (Moreira, 2010, p. 21).

O princípio 3, da “não centralidade do livro de texto”, e o princípio 10, da “diversidade de estratégias de ensino”, entre outros, relacionam-se, diretamente, ao uso de tecnologias digitais com criticidade. A partir da ótica do autor, para que a aprendizagem significativa crítica ocorra, é necessário que o professor mobilize distintos materiais educativos e diferentes estratégias metodológicas para que o aluno possa, em consonância com Moreira (2010, p. 7), “manejar a informação sem sentir-se imponente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, bem como usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo”.

Nesse ponto, há que se considerar a importância da formação docente para o alcance de tais princípios. Em outros termos, é preciso refletir criticamente acerca dos impactos das tecnologias digitais no Ensino de Biologia, no contexto da formação inicial de professores de Biologia, tendo em vista que essa formação vai além da aquisição de conhecimentos biológicos e pedagógicos tradicionais, inclui, também, o domínio de competências digitais em diversas atividades de ensino e de aprendizagem. Assim, o uso pedagógico das tecnologias não se limita à inovação pela inovação, mas se consolida como uma estratégia que pode potencializar o ato pedagógico, respeitando a especificidade da Biologia e do seu papel na formação científica e cidadã dos estudantes (Kenski, 2024; Moreira, 2010; Krasilchik, 2019).

As competências digitais compreendem a identificação das melhores maneiras para incorporar as tecnologias digitais no ensino de um tema específico de Biologia, ou de um projeto interdisciplinar. Para tanto, vale estar atento ao objetivo principal de garantir a qualidade da aprendizagem dos alunos para estimular o senso crítico e a tomada de decisões nas diversas práticas sociais. Isso envolve combinar as singularidades dos recursos pedagógicos, que incluem desde as aulas expositivas tradicionais ao uso de artefatos digitais, na busca por melhores práticas de ensino e manuseio de tecnologias disponíveis (Kenski, 2024; Krasilchik, 2019; Araripe; Lins, 2020).

Além disso, é importante destacar que a Teoria da Aprendizagem Significativa ainda é pouco discutida nas pesquisas voltadas ao Ensino de Biologia, conforme apontado por Ferreira, Mateus e Moretti (2022), em um estudo que analisou como essa teoria tem sido utilizada nas pesquisas brasileiras na área de Ensino de Ciências. Os autores observaram que o Ensino de Física concentrou o maior número de trabalhos, enquanto o Ensino de Biologia apresentou a menor quantidade de produções acadêmicas relacionadas à Teoria da Aprendizagem Significativa. Esse cenário evidencia uma lacuna que pode ser explorada, sobretudo diante da importância de práticas pedagógicas que favoreçam aprendizagens significativas e críticas no Ensino de Ciências.

3. METODOLOGIA

O estudo adotou uma abordagem de pesquisa de métodos mistos e teve um caráter exploratório. Esses modelos investigativos integram os dados qualitativos e quantitativos e apostam na complementaridade metodológica para o esclarecimento das questões de pesquisa (Creswell; Creswell, 2021).

O instrumento para a coleta de dados foi um questionário, contendo questões abertas e fechadas (Coutinho, 2018), aplicado presencialmente em outubro de 2022 a um grupo de 20 estudantes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), que estavam matriculados no componente curricular “Estágio Supervisionado III”. O questionário continha três seções. A primeira seção buscava identificar o perfil dos participantes, enquanto a segunda seção solicitava informações sobre a atuação docente. Na terceira seção, os estudantes foram convidados a expressar suas percepções no que diz respeito à relação entre as tecnologias digitais e o Ensino de Biologia, conforme descrito no Quadro 1.

Dada a natureza da pesquisa, a análise dos dados seguiu uma abordagem integrada, combinando técnicas de análise qualitativa e quantitativa. No aspecto qualitativo, foi utilizada a análise temática categorial que, de acordo com Gil (2021), consiste no exame de temas e em suas relações a partir do processo de codificação dos dados. Já no aspecto quantitativo, a análise foi realizada por meio da estatística descritiva, com a utilização do *software* estatístico *Jamovi*, o qual permite a obtenção de frequências e valores percentuais correspondentes, segundo Coutinho (2018).

Para a discussão dos resultados, foram utilizados os princípios da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, descrita por Moreira (2010), além de referenciais especializados da área de Tecnologias na educação e Ensino de Biologia, como Kenski (2024) e Krasilchik (2019).

Quadro 1: Questionário para coleta de dados

Questão	Objetivo
1. Em uma escala de 1 a 5, onde 1 representa nada importante, 2 pouco importante, 3 importante, 4 muito importante e 5 indica extremamente importante, estabeleça o grau de importância das tecnologias digitais listadas abaixo para o processo de ensino e aprendizagem em Biologia: a) Aplicativos; b) <i>Softwares</i> ; c) Jogos virtuais; d) Simuladores; e e) Museus virtuais.	Indicar o grau de importância de tecnologias digitais para o processo ensino-aprendizagem em Biologia.
2. Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 nenhuma dificuldade, 2 pouca dificuldade, 3 média dificuldade, 4 dificuldade e 5 muita dificuldade, classifique os itens a seguir a partir do seguinte questionamento: Quais são as principais dificuldades que você enfrenta, enquanto professor de Biologia, ao fazer uso de tecnologias digitais em suas aulas? a) Manuseio; b) Planejamento; c) Execução; e d) Avaliação.	Indicar o grau de dificuldade em relação à utilização de tecnologias digitais no processo educativo.
3. O que você entende por tecnologias digitais?	Apresentar conceitos de tecnologias digitais.
4. Em sua opinião, como a utilização de tecnologias digitais pode favorecer o Ensino de Biologia?	Estabelecer a relação entre as tecnologias digitais e o Ensino de Biologia.
5. Qual(is) conteúdo(s) de Biologia você considera mais adequado(s) para a utilização de tecnologias digitais em sala de aula?	Reconhecer que é possível utilizar tecnologias digitais em todos os conteúdos de Biologia.
6. Em sua visão, qual(is) o(s) principal(is) desafio(s) enfrentado(s) pelos professores na utilização das tecnologias digitais no Ensino de Biologia?	Identificar os principais desafios relacionados à utilização de tecnologias digitais no Ensino de Biologia.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Em relação aos aspectos éticos, destaca-se que houve a anuência dos licenciandos em participar da pesquisa através de assinatura termo de consentimento, e, na intenção de garantir o sigilo das informações fornecidas nas respostas do questionário, atribuímos códigos de identificação para cada respondente que consiste da letra L seguida de um número de 1 a 20.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados a seguir referem-se às respostas dos 20 participantes da pesquisa às três seções do questionário (Quadro 1). A primeira seção forneceu o perfil dos licenciandos e a segunda seção indicou informações relativas à atuação docente. Na terceira

seção, obteve-se a relação entre as tecnologias digitais e o Ensino de Biologia na percepção dos professores em formação inicial.

4.1 O PERFIL E A ATUAÇÃO DOCENTE DOS LICENCIANDOS

A primeira e a segunda seções evidenciaram o perfil e a atuação docente dos licenciandos. Quanto ao gênero, 80% dos estudantes são do sexo feminino e 20% são do sexo masculino. Em relação à faixa etária, 95% possuem entre 18 e 25 anos e 5% possuem entre 26 e 30 anos. Sobre a formação acadêmica, 80% encontram-se no sétimo período do curso de licenciatura em Ciências Biológicas e 20% no oitavo período. Por estarem no último ano de graduação, conforme atesta o fluxograma do curso, é provável que a maioria dos licenciandos já tenha cursado os componentes curriculares da área específica, restando apenas os últimos componentes da área pedagógica, como os estágios supervisionados, por exemplo.

Embora os participantes da pesquisa estivessem em momentos distintos da formação não foram identificadas diferenças notáveis nas respostas às questões aplicadas. Essa homogeneidade pode estar relacionada a uma formação acadêmica relativamente semelhante até aquele ponto do curso, bem como à proximidade entre os semestres em termos de carga horária e componentes curriculares. Assim, embora o perfil dos sujeitos tenha sido considerado na análise, não foi possível estabelecer uma relação direta entre o semestre cursado e a natureza das respostas obtidas no questionário.

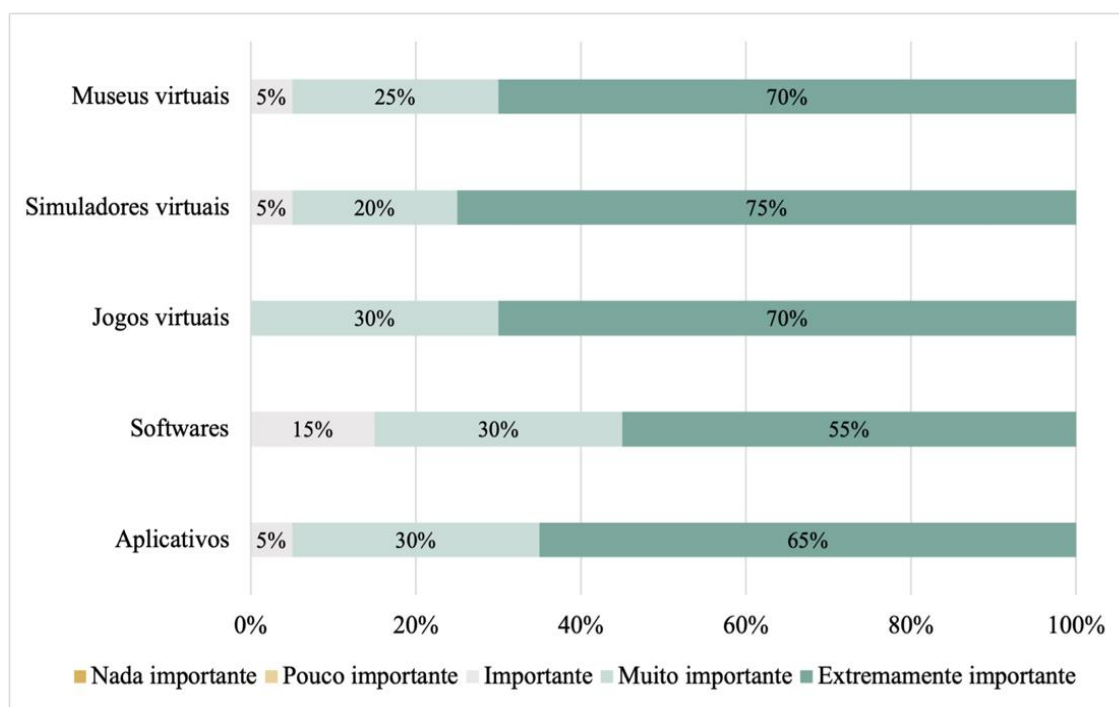
Quanto à atuação docente, todos os estudantes que participaram da pesquisa já lecionaram ou ainda lecionam na Educação Básica, ministrando, por exemplo, os componentes curriculares Ciências no Ensino Fundamental e Biologia no Ensino Médio. Nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, o percentual de atuação docente foi de 15% e nos Anos Finais do Ensino Fundamental, 60% do total. No Ensino Médio, o percentual de atuação docente foi de 25%. Tal constatação constitui-se como um dado muito importante da pesquisa, uma vez que possibilitou obtermos a percepção de professores que ainda se encontram em formação inicial. Todavia, já experimentaram a docência e puderam fornecer seus posicionamentos em relação às implicações das tecnologias digitais no Ensino de Biologia a partir de suas vivências na academia e no ambiente escolar.

4.2 A RELAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E O ENSINO DE BIOLOGIA

A terceira seção do questionário indicou as percepções dos licenciandos acerca da relação entre as tecnologias digitais e o Ensino de Biologia. Na questão inicial, os estudantes foram solicitados a indicar o grau de importância que eles atribuíam às tecnologias digitais como aplicativos, *softwares*, jogos virtuais, simuladores virtuais e museus virtuais para o processo de ensino e aprendizagem de Biologia, em uma escala *likert* de 5 pontos, que variava entre as opções de resposta “nada importante” até “extremamente importante”.

A Figura 1 aponta que os estudantes consideraram como “importante”, “muito importante” e “extremamente importante” o uso dessas tecnologias no processo ensino-aprendizagem de Biologia. Nenhum respondente assinalou as alternativas que não atribuíam relevância à utilização dessas tecnologias em sala de aula. No entanto, observa-se que a utilização pedagógica de “Museus virtuais”, “Simuladores virtuais” e “Jogos virtuais” foi considerada como “extremamente importante” por cerca de 70% dos licenciandos.

Figura 1: Grau de importância das tecnologias digitais para o Ensino de Biologia na percepção dos participantes da pesquisa

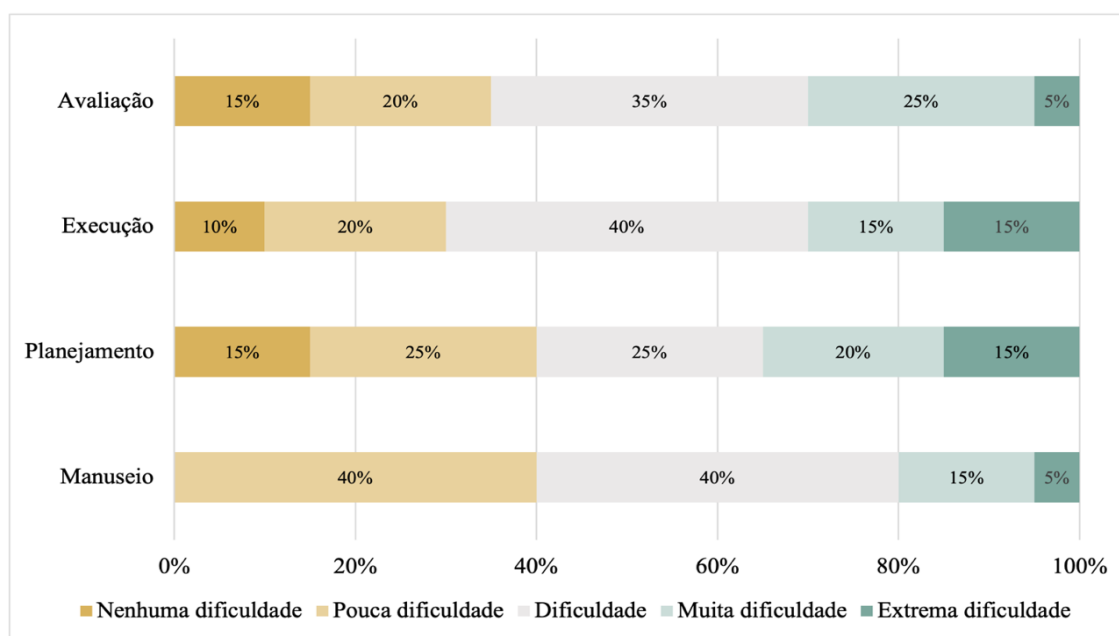


Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

Em seguida, na questão 2, também fazendo uso de escala *likert* de 5 pontos que variava entre as opções “nenhuma dificuldade” até “dificuldade extrema”, os estudantes foram convidados a indicar o grau de dificuldade que eles enfrentavam em relação ao emprego de tecnologias digitais nas diferentes etapas do processo educativo, desde o manuseio das tecnologias digitais até o planejamento das aulas com o uso dessas tecnologias, além da execução das atividades em sala de aula e da avaliação da aprendizagem dentro desse contexto.

A Figura 2 revela que os licenciandos possuem algum tipo de dificuldade em todas as etapas destacadas: manuseio, planejamento, execução e avaliação. Em relação ao manuseio das ferramentas digitais e ao planejamento das aulas, o percentual de licenciandos que relataram ter alguma dificuldade foi de 60%. Na etapa de execução das atividades em sala de aula com a aplicação de tecnologias digitais, 70% dos participantes afirmaram possuir dificuldades, e na etapa de avaliação do processo ensino-aprendizagem, o percentual foi de 65% do total.

Figura 2: Grau de dificuldade dos participantes da pesquisa em relação ao uso das tecnologias digitais em sala de aula



Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

A partir da análise das respostas dos licenciandos às questões 3, 4, 5 e 6, foi possível estabelecer quatro eixos temáticos de análise: “Conceitos e aplicações das tecnologias digitais”, “Influências das tecnologias no Ensino de Biologia”, “Possibilidades de uso das tecnologias digitais

na abordagem de conteúdos de Biologia” e “Os principais desafios em relação ao uso das tecnologias digitais no Ensino de Biologia”. Em cada eixo, emergiram unidades de registro que estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2: Eixos temáticos e unidades de registro

Eixos temáticos	Unidades de registro
Conceitos e aplicações das tecnologias digitais	Ferramentas de ensino
	Ferramentas de comunicação
	Ferramentas de disseminação
Influências das tecnologias digitais no Ensino de Biologia	Favorecem à compreensão
	Favorecem à motivação
	Favorecem à comunicação
Possibilidades de uso das tecnologias digitais na abordagem de conteúdos de Biologia	Conteúdos específicos
	Todos os conteúdos
Os principais desafios em relação ao uso das tecnologias digitais no Ensino de Biologia	Infraestrutura das escolas
	Formação docente
	Equipamentos e materiais
	Recursos financeiros

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Em relação ao eixo temático “Conceitos e aplicações das tecnologias digitais”, os licenciandos apresentaram definições voltadas ao emprego de tecnologias na escola e fora dela. A primeira unidade de registro que emergiu em 50% das respostas classificou as tecnologias digitais como “ferramentas de ensino” (L1, L3, L4, L5, L10, L11, L12, L14, L15, L17). Para esses estudantes, a principal finalidade das tecnologias digitais é mediar o processo de ensino e aprendizagem. A segunda unidade de registro levantada nas respostas de 30% dos licenciandos foi a de tecnologias digitais como “ferramentas de comunicação” (L2, L6, L8, L9, L13, L16). Nesse quesito, de acordo com os licenciandos, as tecnologias têm o papel fundamental de facilitar a comunicação e a interação dos indivíduos em todos os setores da sociedade. A última unidade de registro evidenciada pelos participantes da pesquisa foi a de tecnologias digitais enquanto “ferramentas de disseminação”, observado nas respostas de 20% dos licenciandos (L7, L18, L19, L20). Direcionadas à disseminação de informações científicas, esse grupo destacou o relevante papel que as tecnologias digitais desempenham frente a divulgação das descobertas da ciência.

A partir do eixo temático “Influências das tecnologias digitais no Ensino de Biologia”, as respostas dos estudantes levantaram unidades de registro que buscaram justificar a aplicação de tecnologias digitais no Ensino de Biologia. Para 45% dos licenciandos, as tecnologias digitais

“favorecem à compreensão” de conceitos biológicos ao permitirem a visualização de estruturas anatômicas, simulação de processos biológicos e confecção digital de modelos celulares tridimensionais, por exemplo (L1, L5, L7, L8, L9, L11, L18, L19, L20). Conforme 35% dos estudantes, as tecnologias digitais “favorecem à motivação” por tornarem o processo de ensino e aprendizagem dinâmico e interativo (L2, L10, L12, L13, L14, L16, L17). De acordo com 20% dos graduandos, as tecnologias digitais são relevantes porque “favorecem à comunicação” entre professor-aluno e aluno-aluno, a exemplo do que ocorreu durante o período pandêmico da COVID-19, em que plataformas digitais, como o *Google Classroom* e o *Google Meet*, permitiram a aproximação de professores e estudantes e o desenvolvimento de grande parte das atividades escolares de maneira virtual (L3, L4, L6, L15).

No eixo temático “Possibilidades de uso das tecnologias digitais na abordagem de conteúdos de Biologia”, 70% dos licenciandos indicaram que o manuseio dessas tecnologias deve ser direcionado à “conteúdos específicos” de Biologia, pertencentes às áreas como Biologia Celular, Genética, Anatomia e Fisiologia humanas, entre outras (L2, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L17, L18, L19). Apenas 30% dos estudantes afirmaram que as tecnologias digitais podem ser aplicadas em “todos os conteúdos” de Biologia (L1, L3, L14, L15, L16).

Quanto ao eixo da temática que evidencia “Os principais desafios em relação ao uso das tecnologias digitais no Ensino de Biologia”, foram identificadas quatro unidades de registro. Para 10% dos licenciandos, o maior desafio a ser enfrentado quanto à utilização dessas tecnologias em sala de aula é a “infraestrutura das escolas”, no que se refere às condições das salas de aulas e dos laboratórios de informática (L7, 17). Em consonância com 35% dos estudantes, a “formação docente” consiste no maior obstáculo a ser enfrentado, tendo em vista a predominância de métodos de ensinos tradicionais e dificuldades dos professores em manipular ferramentas tecnológicas (L2, L5, L6, L11, L12, L13, L16). Outro fator limitante destacado por 25% dos participantes é a “ausência de materiais e equipamentos tecnológicos” nas escolas, particularmente, a falta de computadores modernos e *internet* adequada (L3, L8, L10, L14, L15). Além da ausência de artefatos digitais, 30% dos licenciandos ressaltaram que os “recursos financeiros” que constam no orçamento das escolas são insuficientes frente às necessidades da comunidade escolar (L1, L4, L9, L18, L19, L20).

Considerando os resultados apresentados anteriormente, fica evidente a importância da inserção das tecnologias digitais no contexto da formação inicial de professores de Biologia, tendo em vista que o Ensino de Biologia mediado por artefatos tecnológicos tem potencial para promover avanços na aprendizagem. Nessa perspectiva, Silva et al. (2019) destacam que o uso de tecnologias pode tornar o ensino de temáticas biológicas diversificado e eficaz, bem como desmitificar conceitos biológicos complexos. Por esse prisma, a utilização de diferentes materiais, cuidadosamente selecionados, e a não centralidade no livro-texto é um dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Entretanto, de acordo com Moreira (2010, p. 10) “não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre os vários materiais educativos”.

Um aspecto relevante evidenciado neste estudo diz respeito ao grau de dificuldade dos licenciandos em Ciências Biológicas referente ao uso de tecnologias digitais no processo educativo. Seja em relação ao manuseio de equipamentos tecnológicos, ou ainda à elaboração de planos de aula e de ensino que contemplem ferramentas digitais. Esse fato reforça o quanto é imprescindível que, no processo de formação inicial do professor de Biologia, os fundamentos teóricos e práticos das competências digitais docentes sejam discutidos em profundidade. Nessa compreensão, Lopes, Alves e Lira-da-Silva (2023) advertem que, no âmbito das licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Química, deve ser afastada a perspectiva instrumentalizadora que limita o diálogo entre o ensino e as tecnologias nas matrizes curriculares.

Dentro desse quadro, Kenski (2024) destaca que as ferramentas digitais podem ser auxiliares no processo educativo, posto que não é especificamente o objeto, a substância ou a finalidade em si. Contudo, as tecnologias podem contemplar todas as etapas do processo pedagógico, do planejamento à avaliação. Qualquer que seja a modalidade didática e o conteúdo escolhido pelo professor, eles podem ser incrementados a partir de recursos tecnológicos, especialmente no âmbito da Biologia, uma vez que a visualização de processos biológicos quase sempre é apresentada de forma abstrata e, portanto, pode tornar-se de difícil entendimento para os estudantes (Krasilchik, 2019).

Assim, o ensino e a aprendizagem de Biologia podem ser mais interativos e significativos com o uso pedagógico de aplicativos, simuladores, *softwares*, jogos virtuais, museus virtuais, por

exemplo, na medida em que têm o potencial de despertar interesse e motivação, além de favorecerem à compreensão do conteúdo proposto em sala de aula (Gianotto; Diniz, 2010; Guerra; Madeira, 2019; Souza; Salvador, 2022; Oliveira; Alves, 2022). Nesse prisma, o princípio da “diversidade de estratégias de ensino” da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica encoraja o docente a fugir do ensino transmissivo e a variar suas estratégias de ensino na construção do conhecimento. “O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica” (Moreira, 2010, p. 18).

No entanto, para ampliar o repertório metodológico, é importante que o professor disponha de condições mínimas de trabalho, no que concerne à infraestrutura da sala de aula e dos laboratórios, equipamentos, materiais e a formação docente adequada. A percepção dos licenciandos em relação aos desafios enfrentados pelos docentes frente à implementação de tecnologias digitais em suas aulas corrobora com discussões já situadas na literatura. Sherer e Brito (2020), por exemplo, destacam a evidente necessidade de ações contínuas de formação de professores e investimento em infraestrutura tecnológica nas escolas para atender à imperiosa necessidade de integração de tecnologias digitais no currículo da Educação Básica.

No Ensino de Biologia, o uso de distintas estratégias instrucionais que promovam a participação ativa dos estudantes é essencial para favorecer uma aprendizagem significativa crítica. Quando o aluno é colocado no centro do processo educativo, ele passa a construir o conhecimento com base em suas vivências, conhecimentos prévios, interesses e questionamentos, o que pode tornar o conteúdo científico mais acessível, contextualizado e relevante (Krasilchik, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve o intuito de investigar a percepção de licenciandos em Ciências Biológicas em relação à inserção das tecnologias digitais no Ensino de Biologia, tendo os princípios da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica como suporte teórico.

A partir da análise quantitativa, podemos inferir que, de acordo com a percepção dos licenciandos, o uso de tecnologias digitais para abordagem do conhecimento biológico é extremamente importante na perspectiva do ensino e da aprendizagem. Antes, considerou-se o grau de abstração de muitos conteúdos em Biologia e o potencial dessas tecnologias em favorecer à compreensão e à visualização em nível microscópico dos sistemas biológicos, bem como as interações entre esses sistemas. Quanto ao grau de dificuldade relativo ao uso de tecnologias digitais no processo educativo, os dados revelaram que os licenciandos possuem acentuadas dificuldades em relação ao manuseio de tecnologias digitais, indicados incisivamente nas etapas de planejamento, execução das atividades em sala de aula e avaliação da aprendizagem

Na análise qualitativa, obtivemos os eixos temáticos “Conceitos e aplicações das tecnologias digitais”, “Influências das tecnologias no Ensino de Biologia”, “Possibilidades de uso das tecnologias digitais na abordagem de conteúdos de Biologia” e “Os principais desafios em relação ao uso das tecnologias digitais no Ensino de Biologia”. A partir desses eixos é pertinente destacar, com base nas percepções dos licenciandos, que as tecnologias digitais são ferramentas de ensino, comunicação e disseminação de conhecimento científico. Tendo, dessa forma, o potencial de promover a compreensão de conceitos biológicos, além de despertar o interesse e a motivação dos estudantes. No que tange aos principais desafios relativos à implementação de tecnologias digitais no Ensino de Biologia, os graduando acentuaram a formação de professores e a ausência de materiais e equipamentos tecnológicos nas escolas.

Isso posto, é possível inferir que a percepção dos estudantes em relação ao emprego de tecnologias digitais no Ensino de Biologia fornece elementos de discussão que convergem, especialmente, em direção à necessária formação do professor em competências digitais docentes. Haja vista os potenciais dessas tecnologias no ensino e na aprendizagem de conceitos e processos biológicos. Outrossim, esse estudo apresentou resultados que demonstram o cabível investimento em pesquisas que se proponham a analisar os cursos de licenciatura em Ciências Biológicas na perspectiva do currículo e da prática docente, direcionando o foco, especificamente, à alfabetização tecnológica dos futuros professores de Biologia da Educação Básica.

REFERÊNCIAS

- ARARIPE, J. P. G. A.; LINS, W. C. B. **Competências digitais na Formação Inicial de Professores**. São Paulo: CIEB, 2020.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. Resolução nº 2, de 20 de dezembro de 2019. Define as diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 de abril de 2020. Seção I, p. 46-49.
- CERIGATTO, M. P.; MACHADO, V. G. **Tecnologias digitais na prática pedagógica**. Porto Alegre: SAGAG, 2018.
- COUTINHO, C. P. **Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática**. 2 ed. Coimbra: Almedina, 2018.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.
- FERREIRA, L. H.; MATEUS, P. G.; MORETTI, A. A. S. A Teoria da Aprendizagem Significativa em pesquisas na área de Ensino de Ciências da Natureza: uma revisão sistemática da literatura. **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 29, n. 2, p. 444-468, 2022.
- GIANOTTO, D. E. P.; DINIZ, R. E. S. Formação inicial de professores de Biologia: a metodologia colaborativa mediada pelo computador e a aprendizagem para a docência. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 3, p. 631-648, 2010.
- GIL, A. C. **Como fazer pesquisa qualitativa**: Barueri: Atlas, 2021.
- GUERRA, D. M. de J.; MADEIRA, A. V. M. Reverberações da cibercultura nos processos formativos de professores de Ciências e Biologia. **Boletim GEPEN**, n. 75, 2019, p. 46-60.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade São Paulo, 2019.
- KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 13 ed. Campinas: Papyrus Editora, 2024.

LOPES, D. S.; ALVES, L. R. G.; LIRA-DA-SILVA, R. M. O programa residência pedagógica e a formação digital de licenciandos das Ciências da Natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 28, n. 1, p. 127-156, 2023

MARTINHO, T.; POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais: um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 527-538, 2009.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. 2 ed. Porto Alegre: Instituto de Física/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

OLIVEIRA, M. P.; ALVES, L. R. G. Museus digitais e Ensino de Ciências: uma revisão da literatura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 2, p. 197-221, 2022.

SHERER, S.; BRITO, G. da S. Integrações de tecnologias digitais no currículo: diálogos sobre desafios e dificuldades. **Dossiê: Cultura digital e educação**, v. 36, 2020.

SILVA, M. G. *et al.* O uso de Tecnologias na Formação Inicial de Licenciandos em Ciências Biológicas: o que dizem as pesquisas na área? *In*: Congresso sobre Tecnologias na Educação, 4., 2019, Recife. **Anais [...]**. Recife, 2019.

SOUZA, A. H. S.; SALVADOR, D. F. Escolhas tecnológicas na elaboração de planos de ensino por licenciandos em Biologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 15, n. 2, 2022.