

# O USO DE SIMULADORES NAS AULAS DE BIOLOGIA PARA A COMPREENSÃO DE CONTEÚDOS ABSTRATOS

Alex Sander da Silva<sup>1</sup>  
Rosabel Bertolin Daniel<sup>2</sup>

## Resumo

As aulas de Biologia no Ensino Médio permanecem ainda, na maioria dos casos, restritas às aulas expositivas com pouca participação dos alunos. Essa situação se caracteriza como um desafio para os educadores, ou pela dificuldade da escolha metodológica ou pelo desinteresse dos alunos. Muitas vezes esse quadro pode ser ocasionado pelo fato do conteúdo ser muito abstrato, tornando-se incompreensível. Nesse contexto, torna-se necessária a utilização de novas metodologias que despertem o interesse dos alunos promovendo um processo de ensino e aprendizagem de qualidade. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo refletir sobre uma abordagem de caráter investigativo utilizando a simulação computacional “Neurônio” da plataforma do PhET (*Physics Educacional Technology*) da Universidade do Colorado como ferramenta didática. Também foi analisada a percepção dos alunos acerca do uso da simulação nas aulas de Biologia. A turma selecionada para a pesquisa foi do segundo ano do Curso Técnico Integrado em Produção de Moda do IFSC – Campus Araranguá, Santa Catarina, composta por 28 alunos. Os resultados direcionam a um novo olhar metodológico, destacando o uso de simulação computacional mediada por um roteiro que juntos possibilitam interação dos alunos com os conteúdos e permitem ao professor inovar para alcançar seus objetivos no que se refere à aquisição de conhecimentos nas aulas de Biologia.

**Palavras-chave:** Ensino de Biologia; Simulador PhET; Tecnologias da Informação; Simulador; Ensino Investigativo; Conteúdos Abstratos.

---

<sup>1</sup> Bacharel em Ciências da Computação – 2003/2 – UNISUL - SC

<sup>2</sup> Doutora em Ciências Ambientais - Professora IFSC

## **Abstract**

Biology classes in High School are still, in most cases, restricted to lectures with little student participation. This situation is characterized as a challenge for educators, sometimes because of the difficulty of methodological choice, or because of the students' lack of interest. Often this picture can be occasional because the content is too abstract, making it incomprehensible. In this context, it is necessary to use new methodologies that arouse students' interest, promoting a quality teaching-learning process. Therefore, the present work aimed to reflect on an investigative approach using a computer simulation "Neurons from the PhET (Physics Educational Technology) platform from the University of Colorado as a didactic tool. It was also considered the students' perception about the use of simulation in biology classes. The group selected for the research was from the second year of the Integrated Fashion Course at IFSC – Campus Araranguá, Santa Catarina, composed of 28 students. The results provide a new computational methodological thinking, highlighting the use of computational simulation mediated by a script that allows students to interact with the contents and the teacher to innovate to achieve their goals regarding the acquisition of knowledge in their classes.

**Keywords:** Biology Teaching; PhET simulator; Information Technologies, Simulator, Investigative Teaching, Abstract Contents.

## **1 Introdução**

Nos dias atuais não há como separar a vida cotidiana dos avanços tecnológicos, pois a tecnologia digital está cada vez mais presente levando o ser humano a imergir no universo virtual de tal forma, que precisa deste tipo de ferramenta para realizar até mesmo as atividades mais corriqueiras.

De acordo com Zara (2011), vivemos em uma sociedade que a tecnologia permeia os mais diversos ambientes, e nossos alunos estão em contato íntimo com computadores e celulares com acesso a redes sociais. Entretanto, quando o ambiente escolar é analisado, percebe-se que entre as metodologias mais usadas, está a aula expositiva, com giz e quadro-negro, sendo que o uso do computador facilitaria a

aprendizagem devido o seu potencial de explorar aspectos do conteúdo difíceis de serem visualizados.

Neste cenário, de constante transformação, é imprescindível que o indivíduo se atualize, busque e interaja com os novos conhecimentos e novas tecnologias que surgem a cada dia. Porém, no âmbito educacional, as mudanças ocorrem de forma muito lenta e gradativa. Ataíde e Mesquita (2014) relatam que a distância entre a realidade dos mais jovens e aquela constatada no mundo escolar, no que diz respeito ao uso e aplicação das tecnologias da informação, ainda é muito grande e pouco tem sido feito no sentido de se reduzir tal distância.

A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o aluno ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade (BRASIL, 2002, p. 229-230). Entretanto, toda mudança de paradigmas gera resistência, mas enquanto as salas de aula não internalizarem as inovações tecnológicas em seu favor, elas não estarão mais atrativas para os alunos, pois quando eles adentram a maioria dos muros escolares, não conseguem fazer a conexão com a realidade que eles vivem em suas casas e em todos os ambientes em que interagem, onde a tecnologia está presente.

Nesse contexto, Moreira (2003 citado por Keller, et al., 2011) destaca que, no ensino de Biologia, a experimentação é muito importante e praticamente inquestionável. Netto e Giraffa (2012) alertam para o fato de que a maioria dos atuais professores não tiveram uma formação com o uso de recursos tecnológicos, e possui pouca vivência na sua aplicação como elemento apoiador das atividades envolvendo o ensino e a aprendizagem.

Segundo Keller et al. (2011), não é aceitável essa inércia do ensino, perante uma sociedade que se transforma, principalmente nas aulas de Biologia em que o ensino tradicional é pouco motivador e pressupõe alunos com dificuldades para compreender os conceitos abstratos abordados. Seguindo a mesma linha de pensamento, Machado (2004) destaca que a Biologia é uma área que possui necessidades de aprendizagem diferenciada, pois possui a relação direta de compreensão dos fenômenos naturais agregados a uma linguagem técnica própria, que possui muitos termos específicos e abstratos.

Nesse sentido, Lima (2012) corrobora com a autora acima, destacando que:

(...) o ensino de Biologia é um desafio para os educadores, ora pela dificuldade da escolha metodológica, ora pelo desinteresse dos educandos, resultado, muitas vezes, da utilização de práticas inadequadas para cada faixa etária, da barreira existente entre o modo como professores e educandos percebem a Biologia entre outros fatores.

Diante desse cenário Salgado & Gautério (2020) alertam que o ensino de Biologia pode ser enriquecido a partir da utilização de Tecnologias Digitais que despertem interesse nos estudantes, visto que é considerado um conteúdo complexo e de difícil compreensão. Para Figueiredo et al. (2013), a utilização de simulações no ensino de Biologia é uma potente ferramenta para o processo ensino-aprendizagem, uma vez que facilitam a formulação e os testes de hipóteses, características que são fundamentais para a compreensão da Biologia.

Zara (2011) destaca que para o ensino de conteúdos abstratos exige-se metodologias de ensino diferenciadas e considera que o uso de simuladores como ferramentas de ensino, contribuem na superação das dificuldades de compreensão. Para o autor, os softwares educacionais são programados e implementados com o intuito de melhorar a aprendizagem sobre um assunto específico. Eles possuem inúmeras vantagens, dentre elas auxiliar o estudante a pensar acerca de vários fenômenos, ajudando no aspecto cognitivo promovendo o interesse e motivação pelo conteúdo apresentado.

Entre os conteúdos abordados no ensino de Biologia, está o tópico de Neurônio – Impulsos Nervosos, que aborda conceitos e processos microscópicos, como Transporte Ativo - Bomba de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ . Considerando que a utilização de simuladores associada a uma abordagem investigativa pode facilitar a aprendizagem de conteúdos abstratos, o objetivo deste trabalho é analisar e avaliar como o software de simulações PhET, utilizado como ferramenta didática, pode contribuir para o ensino e aprendizagem de conteúdos abstratos da Biologia. Pretendem-se analisar o envolvimento e a percepção dos alunos no que se refere ao uso dessa ferramenta e promover o desenvolvimento da autonomia e tomada de decisão para estudar e fazer ciências de forma investigativa.

Para a consecução dos objetivos propostos, utilizou-se uma pesquisa do tipo qualitativa, empregando-se os métodos exploratório e descritivo.

Este artigo, então, está organizado em 5 seções, sendo a primeira a introdução; a seção 2 apresenta a revisão bibliográfica; a seção 3 descreve a metodologia; na seção 4 está a discussão dos resultados e a seção 5 contempla as considerações finais.

## **2 Uso de softwares no processo de ensino-aprendizagem: uma revisão bibliográfica**

O recorte da revisão aqui descrita se estabeleceu ao último decênio. Os periódicos consultados se limitaram aos indexados com Qualis A1, A2 e B1 na área de ensino de ciências. Foram eles: Revista Ciência & Educação (SCIELO), Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (SCIELO), Revista Brasileira de Ensino de Física (SCIELO), Enseñanza De Las Ciencias, Revista de Ensino de Ciências e Matemática (ACTA SCIENTIAE), Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia (UFSC), Revista de Educação em Ciências e Matemáticas (Online) (AMAZÔNIA), Revista Amazônica de Ensino de Ciências (ARETÉ), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigações em Ensino de Ciências (Online) (IENCI), Revista de Ensino de Ciências e Tecnologia (ENCITEC), Experiências Em Ensino de Ciências (EENCI), Revista de Educação, Ciência e Tecnologia (TEAR), Abrakós: Instituto de Ciências Exatas e Informática (ICEI), Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA), Revista Tecnologias na Educação (TECEDU), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT), Revista de Ensino de Ciências e Matemática (RENCIMA).

Sobrinho e Borges (2010), descreveram sobre uma unidade de ensino elaborada para o estudo de epidemias na disciplina de Biologia para o 2º ano do Ensino Médio. Para isso eles planejaram uma série de atividades que permitiriam aos estudantes explorar cenários e modelos baseados em um software de simulação computacional. A opção por fazer uso da simulação computacional como parte das ferramentas para estudo da dinâmica das epidemias é justificada pelas próprias características desses processos: eles são de difícil estudo no laboratório por uma série de razões, tais como: requerem mecanismos de segurança muito elaborados que não são encontrados nos laboratórios escolares, apresentam altos custos

financeiros para sua implantação e envolvem questões muito polêmicas relacionadas à bioética.

No intuito de apresentar a efetividade da integração entre teoria, simulação computacional com o software Modellus e atividades experimentais, em tópicos de mecânica, Mendes et al (2012) escreveram um artigo mostrando que para alguns tipos de problemas de mecânica, as atividades experimentais se mostraram mais eficientes.

Objetivando proporcionar aos alunos um ganho real em termos de aprendizagem referentes aos conceitos de Física, Macedo et al (2012) apresentaram a proposta de um Roteiro de Atividades constituído por treze atividades sobre Circuitos simples e oito atividades sobre Ímãs, Corrente elétrica e Indução Eletromagnética. Para tanto, foram utilizadas as simulações Kit para Construção de Circuitos (KCC) e Laboratório de Eletromagnetismo, ambas desenvolvidas pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET) em uma turma do Ensino Médio.

Também buscando proporcionar aulas de Física inovadoras, Cardoso e Dickman (2012) apresentaram uma proposta que busca inserir o uso de simulações computacionais no ensino de Física, por entender que estas podem oportunizar uma interação entre o conteúdo e o aprendiz. Além de conduzir a processos de investigação e melhorar a compreensão de fenômenos físicos, presenteia os docentes com uma metodologia alternativa para o processo de ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. Para isso, foi aplicada uma sequência de atividades e utilizada a simulação do efeito fotoelétrico desenvolvida pelo projeto PhET em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio.

Fazendo um comparativo sobre o processo ensino-aprendizagem de algumas décadas atrás e atualmente, Hillesheim e Schottz (2014) relataram que o livro era considerado o principal instrumento para aproximar o aluno da disciplina científica, já que a maioria das escolas não tinham laboratórios estruturados, por exemplo, para o ensino de biologia. Os autores relataram que atualmente com a evolução tecnológica, a realidade é outra e apresentaram detalhes sobre alguns softwares educacionais utilizados como simuladores na prática pedagógica do ensino de Biologia, descrevendo suas características principais, funcionalidades e aplicabilidades.

No que se refere à disciplina de Química, Mendes et al (2015) apresentaram uma proposta para ensinar os conceitos fundamentais da lei da conservação de massa utilizando os métodos de balanceamento de equações químicas. Usaram o software PhET - *Balancing-chemical-equations* como ferramenta de ensino com uma

turma de segundo ano do ensino médio. Obtiveram como resultado a aprendizagem dos alunos sobre os significados dos coeficientes e subscritos encontrados nas fórmulas químicas.

Soares et al (2015) avaliaram o alinhamento do uso de simuladores computacionais com o desenvolvimento da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) proposta na teoria de Vygotsky como foco. Também analisaram a eficácia do uso de simuladores virtuais para viabilizar e potencializar a interação entre os estudantes e o docente. Para tanto, o estudo de caso descritivo abordou três diferentes temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC): espectroscopia; radioatividade e física nuclear, utilizando simuladores virtuais desenvolvidos pela plataforma PhET. Os alunos selecionados para o estudo eram de duas turmas do terceiro ano do ensino médio de uma escola da rede pública do interior de São Paulo.

Gregório et al (2016) elaboraram uma proposta de atividade com características investigativas a partir da simulação computacional. Expressão genética - Fundamentos disponível no projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado. Analisaram as contribuições da simulação para a aprendizagem e a opinião dos alunos quanto ao roteiro e o uso da simulação nas aulas de Biologia. O trabalho foi realizado com 77 alunos de três turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Divinópolis, Minas Gerais. Diante dos resultados positivos referentes a presente proposta, os autores sugeriram o uso de simulações no ensino de outros conteúdos de Biologia.

Oliveira (2017) apresenta em seu artigo uma análise quanti-qualitativa a respeito de Objetos de Aprendizagem (OA) do tipo animação/simulação produzidos no Brasil e armazenados no repositório digital Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE). A pesquisa teve como objetivo principal analisar dialeticamente a estrutura dos OAs por meio da exploração e descrição destes recursos considerando a sua teoria educacional, autoria e conteúdo curricular temático, a partir de uma abordagem comparativa dos conceitos, habilidades e competências objetivados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o componente Biologia no ensino médio

Para analisar a contribuição do software de simulações PhET como ferramenta didática na aprendizagem da multiplicação, Reis e Rehfeldt (2019) realizaram uma pesquisa qualitativa no laboratório de informática com uma turma do sétimo ano de uma escola estadual do município de Rubim em Minas Gerais. Os

resultados apontam que os alunos demonstram interesse em aprender de forma diferente, por meio de tecnologias digitais computadorizadas, visto que se envolveram com a atividade, se mostraram autônomos e estabeleceram interação entre si, o que é ponto importante para a aprendizagem

Ramos et al (2019) realizaram um levantamento de autores que pesquisam sobre a utilização de simuladores no processo de ensino-aprendizagem. Consideram que o uso de simuladores como ferramentas para fins didáticos deve ser avaliado em relação a sua eficácia, de forma que seja justificado sua incorporação nas metodologias de ensino. Destacaram estudos na área da saúde, como o de Harder (2010), o qual descreve que na saúde, a utilização de simuladores vem crescendo e sendo empregado como metodologia inovadora para treinamento e ensino, pois podem reproduzir a realidade com resultados cada vez mais acurados. Segundo Lellis-Santos et al. (2011), a simulação é uma opção inovadora para o ensino de disciplinas complexas que causam menor interesse nos alunos, como é o caso da fisiologia endocrinológica. Nesse sentido, Tawalbeh e Tubaishat (2013) destacam que por meio das diretrizes educacionais para educação e formação dos profissionais de saúde, a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda fortemente o emprego de simulação nos cursos de saúde, enfatiza a possibilidade de sua aplicação em diferentes áreas, além da capacidade de conferir habilidades, satisfação e aceleração do aprendizado do estudante.

## **2.1 Ensino de Biologia**

Alguns conteúdos da disciplina de Biologia, ultrapassam a realidade dos alunos e são muito complexos para serem explicados utilizando apenas palavras ou figuras estáticas de forma descontextualizada. Ao prevalecer os aspectos teóricos de forma complexa, o conteúdo fica abstrato para o aluno, tornando a disciplina sem sentido.

Nesse contexto, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - DCNEM (BRASIL, 1998) agrupam a interdisciplinaridade e a contextualização como princípios organizadores do currículo. De acordo com esses documentos, o objetivo é dar sentido ao objeto de ensino e o uso do cotidiano é recomendado para que se considere a prática como sendo as experiências vivenciadas pelos alunos ou vivências do próprio ambiente escolar (KATO; KAWASAKI, 2007).

Os documentos oficiais destacam que a contextualização do conteúdo em sala de aula, indica essencialmente assumir que todo conhecimento, envolve uma relação entre sujeito e objeto. Também enfatizam que a contextualização, é concebida como recurso por meio do qual se busca dar um novo significado ao conhecimento escolar, possibilitando ao aluno uma aprendizagem mais significativa (BRASIL, 1999).

Para Carvalho (2013), a sala de aula é um local de encontro entre diferentes conhecimentos e é necessário proporcionar um ensino que contextualize e problematize o conhecimento científico. Wartha et al. (2013, p.86) afirmam que, *“Contextuar, portanto, seria uma estratégia fundamental para a construção de significações na medida em que incorpora relações tacitamente percebidas”*

Nessa perspectiva, Figueiredo & Gautério (2021) consideram que para o ensino de Biologia é importante a contextualização das temáticas presentes no dia a dia dos alunos, para que consigam entender e refletir sobre as diversas informações e teorias disponíveis nos meios digitais.

As tecnologias digitais, cada vez mais presentes no cotidiano dos alunos, provocam o reconhecimento por parte da escola sobre a necessidade de sair do ensino tradicional para ingressar num estilo de aprendizagem mais participativo e integrado. A inserção da tecnologia na prática pedagógica torna os alunos protagonistas do seu processo de aprendizagem (MORAN, 2015).

O autor afirma ainda, que a associação entre sala de aula e ambientes virtuais é imprescindível para aproximar a escola do mundo e para trazer o mundo para dentro da escola, proporcionando também processos de comunicação mais planejados, como os que ocorrem nas redes sociais, com uma linguagem mais familiar, espontânea, fluência de imagens e ideias.

Entre os conteúdos abordados no ensino de Biologia, está o tópico de “Neurônios – Impulsos Nervosos”, que aborda conceitos e processos microscópicos, como Transporte Ativo – Bomba de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>. Os Neurônios são as células chave para a complexa funcionalidade do sistema nervoso, são unidades anatômicas e funcionais do tecido nervoso, especializadas na recepção e transmissão de sinal. Recebem mensagens de maneira constante levando informação de uma parte do corpo para outra por meio dos impulsos nervosos (AMABIS & MARTHO, 2016). Segundo Orlando et al. (2009), a Biologia Celular está entre os conteúdos de Biologia que mais requer a utilização de materiais de apoio, pois emprega conceitos abstratos difíceis de serem compreendidos apenas com as tradicionais aulas expositivas e uso

do livro didático.

Uma possibilidade de proporcionar uma melhor compreensão e uma visão mais aproximada desse mundo abstrato, é a utilização de modelos didáticos que são representações confeccionadas a partir de material concreto, de estruturas ou partes de processos biológicos (JUSTNA & FERLA, 2006). Diante dessa perspectiva estão os simuladores computacionais, que são softwares que proporcionam a criação de modelos, que podem aproximar os alunos de conteúdos abstratos como a passagem do impulso nervoso.

## **2.2 Uso de simuladores no ensino de Biologia**

Nas simulações acontece uma interação do estudante com recursos computacionais, baseada na exploração realizada pelo estudante ao receber uma simulação computacional pronta, onde é possível alterar parâmetros, valores iniciais e tipos de relações entre variáveis para explorar diferentes situações e consequências. Existem muitas possibilidades de uso das simulações na aprendizagem, podendo o professor propor experimentos, roteiros, perguntas, para que o aluno realize, responda e escreva relatórios experimentais (HELKLER et al., 2007).

Atualmente vários sites disponibilizam simuladores que podem ser utilizados como ferramentas no ensino de Biologia. A utilização de simulações no ensino de Biologia tem apresentado excelentes resultados no processo de ensino aprendizagem, pois essas ferramentas possibilitam a formulação e os testes de hipóteses características que são imprescindíveis para a compreensão dos conteúdos (FIGUEIREDO et al, 2013).

O PhET (Physics Educacional Technology) trata-se de um software gratuito. Ele foi desenvolvido pela Universidade do Colorado (EUA) e disponibiliza mais de 100 simulações de alta qualidade na área da matemática e das ciências. Possui características relevantes para o ambiente educacional, pois as simulações existentes no PhET pautam-se em extensas pesquisas em educação e conectam o aluno por meio de um ambiente intuitivo, parecido com um jogo, proporcionando um aprendizado através da exploração e da descoberta. Disponível em: [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/about](http://phet.colorado.edu/pt_BR/about)).

Além das vantagens educacionais desse software que justificam a escolha para o presente trabalho, tais como possuir diversas simulações para a disciplina de

Biologia, ele pode ser usado diretamente pelo site ou depois de instalado no computador, apresentar os conceitos de forma cientificamente correta, não exigindo uma alta configuração da máquina.

Além do simulador PhET, podemos citar outros simuladores mais conhecidos como: Biology Simulations, Learn.Genetics, Ask a Biologist, Virtual Microscope, PraxiLabs, Células virtuais CBME e MOL-Map of Life) e simulações para a confecção da cartilha.

### **2.3 Ensino de Biologia por investigação**

Diante da complexidade do processo de aprendizagem é preciso ensinar aos estudantes para além dos conteúdos em si, desenvolver autonomia e tomada de decisão para compreender os porquês e como de se estudar e fazer ciências. Para isso, o ensino por investigação é considerado como estratégia metodológica para desenvolvimento cognitivo do aprendiz (COSTA, 2020).

No ensino de Ciência por investigação as aulas são mais interativas e o aluno é o protagonista da construção do conhecimento, diferente das tradicionais aulas em que o professor é o centro de ensino e aprendizagem, fazendo anotações no quadro e dissertando sobre o conteúdo. Munford e Lima (2007) destacam que não existe uma atividade naturalmente investigativa, existem características investigativas. Afirmam que as atividades investigativas podem apresentar diferentes níveis de abertura e controle, possibilitando a aprendizagem em diferentes faixas etárias e perfis.

Melville et al. (2008) descrevem que o Ensino de Ciências por Investigação está pautado pela ideia da utilização de estratégias didáticas que procuram envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem, por meio da construção de questões e problemas a serem resolvidos de forma investigativa, com coleta, análise e interpretação de dados que levem a organização de conclusões pautadas em evidências e reflexão sobre o processo.

Na mesma linha de pensamento, Sasseron (2015) define o ensino por investigação com uma abordagem didática em que as estratégias a serem usadas possibilitam a realização de uma investigação pelos estudantes com a mediação do professor.

De acordo com Scarpa e Campos (2018), a Biologia pode ser considerada uma das unidades curriculares mais interessantes ou mais enfeadas para os

estudantes, de acordo com a abordagem escolhida pelo professor. Explorar os conteúdos com conexões relacionadas ao cotidiano dos estudantes ou com debates presentes na mídia é uma forma de despertar interesse resultando no envolvimento necessário para a realização de atividades. Nesse contexto, o cotidiano dos estudantes oferece muitas oportunidades que podem ser abordadas do ponto de vista dos conceitos biológicos.

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa desenvolvida teve um caráter exploratório e descritivo, com o objetivo de analisar como o software de simulações PhET, utilizado como ferramenta didática, pode contribuir para o ensino e aprendizagem de conteúdos abstratos da Biologia, bem como analisar o envolvimento e a percepção dos alunos no que se refere ao uso dessa ferramenta. Seus resultados foram analisados adotando uma abordagem qualitativa que busca interpretar dados da realidade a partir da perspectiva dos pesquisados.

Para Sá et al. (2011), as atividades investigativas podem ser classificadas em três níveis de acordo com a participação do professor: nas atividades estruturadas, o professor propõe as questões e o método para a investigação; no segundo nível, o professor propõe apenas as questões; e no terceiro nível, o mais aberto, as questões e as metodologias são propostas pelo aluno. No trabalho desenvolvido teve como participação do professor as atividades estruturadas onde o ele propôs as questões e o método para a investigação.

Para o delineamento do processo da pesquisa no sentido de atingir os objetivos, algumas estratégias foram adotadas:

- a) Uma revisão bibliográfica com leituras de artigos em revistas da área de ensino de Ciências Qualis A1, A2 e B1, relacionados com a utilização de novas metodologias de ensino e abordagens de caráter investigativo por meio de simulações computacionais.
- b) Desenvolvimento de uma sequência didática sobre tecido nervoso e impulsos nervosos, para aplicação em laboratório de informática com os alunos selecionados para a pesquisa.

- c) Aplicação de questionário aos alunos, para analisar o envolvimento e percepção acerca da utilização do simulador da plataforma PhET na aula de Biologia.

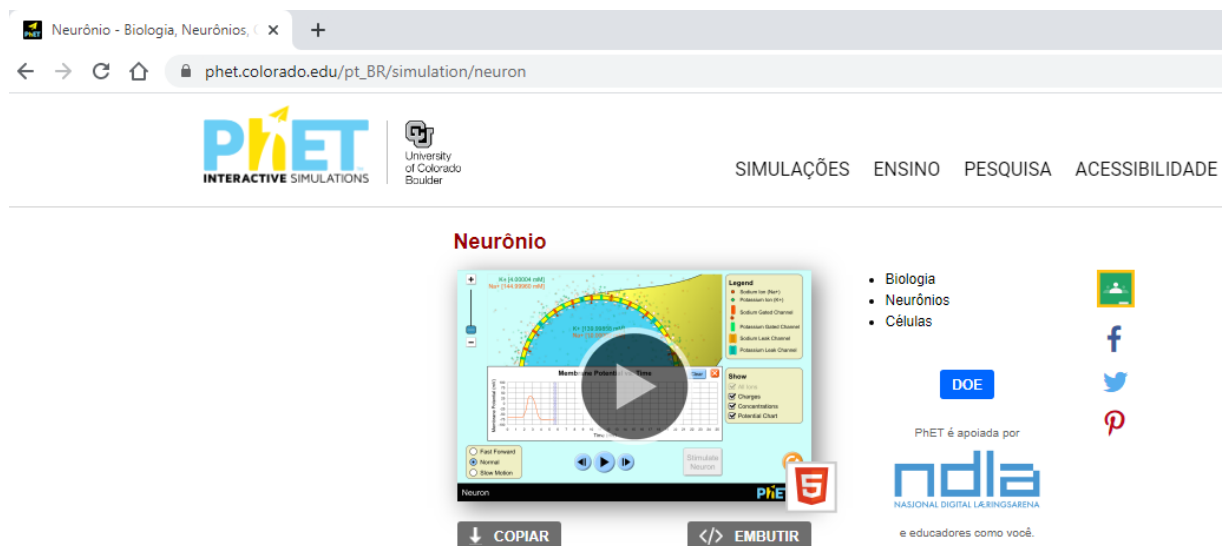
### 3.1 Seleção da amostra

A pesquisa foi desenvolvida na turma de segundo ano do Curso Técnico Integrado de Produção em Moda do IFSC – Campus Araranguá, Santa Catarina, com 28 alunos.

### 3.2 A Simulação

Como procedimento inicial foi escolhida como objeto de pesquisa a simulação disponível na plataforma PhET intitulada Neurônios (Figura 1), com sequência didática.

**Figura 1** – Interface da plataforma *PhET Interactive Simulations*

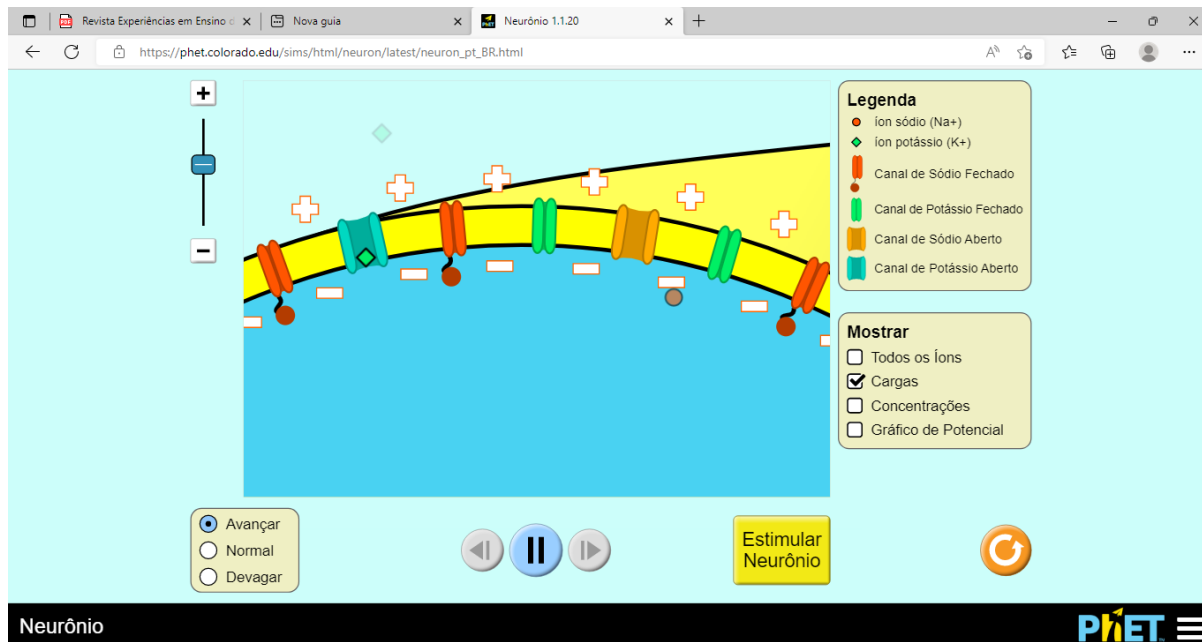


**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/neuron](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/neuron)

Selecionamos para esta pesquisa a simulação intitulada Neurônios – Impulso Nervoso (Figura 2). Nesta simulação é possível observar a Bomba de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  através da membrana plasmática (transporte ativo) em diferentes situações no que se refere à velocidade do estímulo nervoso, concentração de íons, cargas e potencial da

membrana promovendo uma melhor compreensão da transmissão de estímulos nervosos.

**Figura 2** – Interface da plataforma aproximada *PhET Interactive Simulations*



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/neuron](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/neuron)

### 3.3 Coleta de dados

A sequência didática foi dividida em quatro momentos:

O primeiro momento (50 min), aconteceu na sala de aula com exposição do conteúdo utilizando o Datashow para a apresentação no Canva: Neurônios - Impulso Nervoso – Transporte Ativo e Bomba de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>.

O segundo momento (50 min), foi realizado no Laboratório de Informática, quando os alunos foram divididos em duplas e receberam o roteiro didático a ser seguido. Acessaram o link [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/neuron](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/neuron) para executar a simulação.

**Figura 3** – Laboratório de Informática – IFSC Araranguá.



**Fonte:** Professora Rosabel Bertolin Daniel

O terceiro momento (30 min), foi feito um debate com os alunos para exposição das suas respostas às questões propostas no roteiro. No quarto momento (30 min) foi realizado um fechamento da atividade com esclarecimentos de dúvidas sobre os Impulsos Nervosos.

Após o encerramento da aplicação da sequência didática foi aplicado o questionário elaborado de acordo com a proposta de Paula e Talim (2011), para analisar o envolvimento e a percepção dos alunos sobre as contribuições do uso da simulação para a aprendizagem nas aulas de Biologia.

A primeira questão do questionário avaliou o envolvimento do aluno quanto à utilização da simulação com 4 alternativas de respostas, em nível crescente de engajamento: a, b, c e d.

A segunda questão do questionário permitiu que os alunos expressassem suas percepções sobre a contribuição da simulação para outras metodologias de ensino. As alternativas são: (1) não houve contribuição; (2) pouca contribuição; (3) contribuição média e (4) grande contribuição.

Na terceira questão o objetivo foi avaliar se os alunos concordam sobre a importância da utilização do roteiro durante a simulação. As alternativas estavam dispostas: (1) discordo muito; (2) discordo; (3) nem discordo, nem concordo; (4) concordo; (5) concordo muito.

Na última questão do questionário o estudante deu sua opinião sobre o uso da simulação nas aulas de Biologia. As alternativas são: (1) muito ruim; (2) ruim; (3) nem ruim, nem bom; (4) bom e (5) muito bom.

### **3.4 Sistematização e análise dos dados**

Os dados levantados no questionário foram organizados com a utilização do programa Microsoft Office Excel. Foi calculada frequência absoluta e relativa das respostas a cada variável do questionário: engajamento e contribuição da simulação na aprendizagem dos alunos.

## **4 Discussão dos Resultados**

No que se refere a discussão dos resultados, no primeiro momento foi realizada uma análise sobre o roteiro de atividades, em seguida a reflexão foi sobre os aspectos investigativos presentes na aplicação da sequência didática. Finalmente foram analisados os dados levantados pelo questionário, considerando o nível de satisfação dos alunos ao usar o simulador, assim como o potencial da atividade para o entendimento do impulso nervoso.

### **4.1 Análise sobre o roteiro didático de atividades**

A aula começou com a seguinte afirmação: *“O sistema nervoso humano coordena e regula todas as atividades corporais”. Não para de trabalhar”*.

Em seguida foram mostradas imagens de pessoas brincando, namorando, sorrindo, trabalhando, dormindo, chorando, pensando, meditando, brigando, entre outros. Por meio da observação das várias situações mostradas foi realizado um debate sobre o sistema fisiológico responsável pelas diferentes emoções e as relações dessas emoções com outros sistemas fisiológicos do corpo humano.

Após discussão, os alunos perceberam que tudo está ligado ao nosso Sistema Nervoso, o qual nos proporciona demonstrações de alegrias, tristezas, desejos, dores, etc. porque recebemos estímulos nervosos e passamos de um neurônio para outro

até chegar em um determinado local de nosso corpo que reagirá de alguma forma.

Surge uma dúvida: *Como funciona um estímulo nervoso?* Nesse momento foram orientados a acessar o site: PhET para visualizarem e conhecerem a plataforma com as simulações. Os alunos divididos em duplas receberam o roteiro com os passos para serem executados, justamente com os questionamentos a serem respondidos.

O roteiro de atividades (Figura 3) foi organizado para proporcionar um direcionamento aos alunos na execução da simulação “Neurônios - Impulso Nervoso – Transporte Ativo e Bomba de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>”. Os alunos seguiram uma sequência de 17 etapas, as quais foram executadas por meio de observações e respostas. As etapas foram elaboradas com o objetivo de levar os alunos a explorar os acontecimentos ao longo de um impulso nervoso. Os alunos são conduzidos a observarem os transportes de íons de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> entre o meio intracelular e extracelular de um neurônio.

#### **ROTEIRO DIDÁTICO – IMPULSO NERVOSO**

Bomba de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>

Acesse o link: [http://phet.colorado.edu/pt BR/simulations/neuron](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/neuron)

**Figura 4:** Roteiro elaborado para execução da simulação "Neurônio – Impulso Nervoso"

#### **Roteiro Didático**

- 1) Aumente a imagem para visualizar melhor o que está acontecendo no neurônio.
- 2) Ao observar a animação, o que você percebe?
- 3) Em que parte do neurônio está acontecendo a animação?
- 4) Aumente a velocidade do transporte de íons, clicando no “avanço rápido”. Observe
- 5) Diminua a velocidade do transporte de íons, clicando em “câmera lenta”. Observe
- 6) Normalize a velocidade do transporte de íons, clicando em “normal”. Observe
- 7) Selecione todos os íons e responda: Onde há maior concentração de íons Na<sup>+</sup> e de íons K<sup>+</sup>, respectivamente (dentro ou fora da célula)?
- 8) Selecione as cargas e responda: O neurônio está em repouso ou despolarizado?
- 9) Selecione as concentrações e responda: Como estão as concentrações de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>, dentro e fora da célula?
- 10) Limpe todos os itens selecionados.
- 11) Clique em “todos os íons”, e na sequência no “estímulo nervoso”. O que acontece?
- 12) Clique em “cargas” e na sequência no “estímulo nervoso”. O que ocorreu?
- 13) Por um curto espaço de tempo, o neurônio ficou despolarizado ou repolarizado?

- 14) Clique em “concentrações”, e na sequência no “estímulo nervoso”. O que aconteceu com os números referentes às concentrações de íons de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>?
- 15) Clique em “gráfico potencial”, e na sequência no “estímulo nervoso”. O que aconteceu ao longo do gráfico?
- 16) Ao clicar no “estímulo nervoso”, o que acontece com os canais de entrada e saída de íons?
- 17) Responda:
- a) Quais os tipos de transportes são observados através da membrana plasmática do neurônio?
  - b) Relacione as colunas de acordo com as etapas do processo de Impulso Nervoso.
    - ( 1 ) Fase de despolarização
    - ( 2 ) Fase de repolarização
    - ( 3 ) Potencial de repouso
    - (   ) Ocorre um significativo aumento na permeabilidade aos íons de K<sup>+</sup> na membrana plasmática.
    - (   ) Ocorre um significativo aumento na permeabilidade aos íons de Na<sup>+</sup> na membrana plasmática.
    - (   ) Diferença de concentrações de íons de Na<sup>+</sup> e de íons de K<sup>+</sup> dentro e fora da célula.

**Fonte:** Rosabel Bertolin Daniel.

O Impulso Nervoso consiste numa corrente elétrica que percorre o axônio (parte do neurônio responsável pela transmissão do impulso nervoso) para transmitir uma informação. A simulação possibilitou aos alunos observarem os diferentes momentos de um neurônio no processo, passando por etapas de potencial de repouso, despolarização e repolarização.

Nas etapas 1, 2 e 3 do roteiro, os alunos puderam observar o neurônio, percebendo o fluxo contínuo de íons, bem como indicar o local em que ocorre as trocas entre os meios intracelular e extracelular.

As etapas 4, 5 e 6 direcionaram os alunos à percepção de diferentes velocidades no transporte de íons, proporcionando momentos de interação e de reflexões referentes à passagem de estímulos.

Na etapa 7 foi solicitado que os alunos selecionassem todos os íons e observassem onde eles se concentravam em maior quantidade, dentro ou fora da célula. Nesse momento os alunos puderam constatar que os íons de Na<sup>+</sup> estão

sempre em maior quantidade no meio extracelular e os íons de  $K^+$  no meio intracelular, apesar dos fluxos contínuos desses íons.

Na etapa 8, foi possível os alunos perceberem, ao selecionar as cargas, que o neurônio estava em repouso devido à diferença de potencial elétrico que as faces internas e externas na membrana de apresentaram. O valor do potencial de repouso é da ordem de  $-70\text{mV}$  (miliVolts). O sinal negativo indica que o interior da célula é negativo em relação ao exterior.

A etapa 9 teve por objetivo mostrar aos alunos que na situação de repouso há diferentes concentrações de íons de  $K^+$  e  $Na^+$  dentro e fora da célula e que não há corrente. Não há corrente porque a membrana tem poucos canais sódio ativos e o potássio está perto do equilíbrio dele.

Na etapa seguinte foi solicitado aos alunos que realizassem a limpeza de todos os itens selecionados. E a partir desse momento a simulação contará com o estímulo nervoso.

Etapas 11 e 12, os alunos foram orientados a selecionar todos os íons e cargas. Em seguida clicar no estímulo nervoso. Nesse momento puderam observar que com a chegada do estímulo nervoso à membrana, os canais de  $Na^+$  abriram proporcionando a entrada de íons de  $Na^+$  e a saída de íons de  $K^+$  de forma rápida. Perceberam que a célula despolarizou momentaneamente provocando a passagem do impulso nervoso.

A questão 13 do roteiro foi respondida a partir da observação da execução das etapas 11 e 12 que resultaram na despolarização do neurônio.

Na etapa 14 foi questionado sobre o que acontece com as concentrações de  $Na^+$  e  $K^+$  quando o estímulo nervoso chega até a membrana da célula. Foi possível verificar que ocorreu diminuição nas concentrações de  $Na^+$  fora da célula, e de  $K^+$  dentro da célula. Com relação ao gráfico potencial, na etapa 15 os alunos perceberam que com a chegada do estímulo nervoso o potencial da membrana aumenta.

O roteiro didático é finalizado com as etapas 16 e 17, que remetem os alunos a pensarem nos transportes por meio da membrana plasmática da célula durante a transmissão do impulso nervoso. Eles observaram a abertura dos canais de  $Na^+$  e também perceberam que ao longo do processo ocorreram transportes passivos e ativos. Para concluir, ainda na etapa 17, os alunos relacionaram as fases de despolarização, repolarização e de repouso com suas características no que se refere às permeabilidades e concentrações dos íons de  $Na$  e  $K^+$  durante a passagem de

impulsos nervosos.

## **4.2 Análise sobre a sequência didática investigativa ou comportamental**

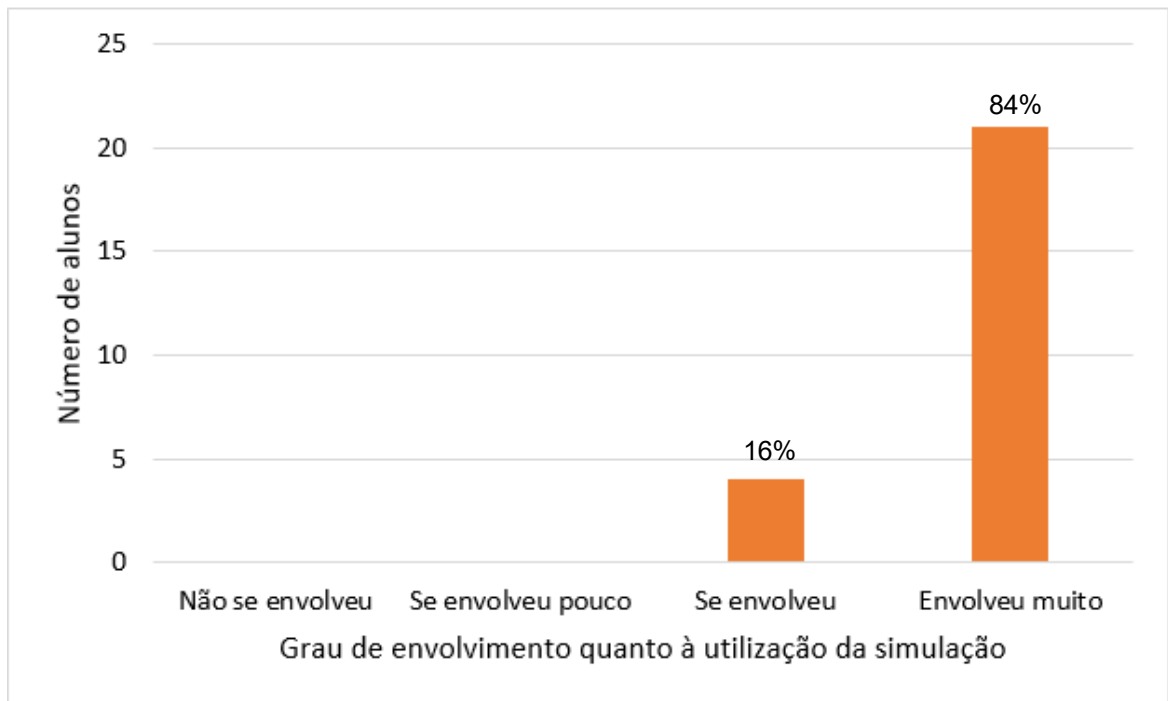
Durante toda a realização da atividade a professora auxiliou os alunos, orientando e esclarecendo as dúvidas. No decorrer da simulação foi possível perceber o interesse, a motivação e o comprometimento de todos os alunos, inclusive daqueles que dificilmente se envolvem com as outras aulas no decorrer do processo de ensino. Para Silva et. al (2014), isto ocorre porque as simulações proporcionam a visualização de fatos que são impossíveis de serem observados em outros experimentos, motivando os alunos, como afirmam Machado & Santos (2004).

Outro fator importante durante a realização da atividade foi o fato de formar duplas de alunos, promovendo dessa forma a interação entre si, com comentários e questionamentos. Rodrigues (2007) afirma que a realização de trabalhos escolares em duplas proporciona troca de informações promovendo socialização entre os alunos e facilita o processo de ensino.

A utilização da simulação foi bastante positiva, permitindo aos alunos a manipulação e visualização dos recursos disponíveis na simulação Neurônio. Os alunos seguiram o roteiro e tiveram facilidade em executar a simulação, investigando e construindo seu conhecimento com a participação do professor como mediador, permitindo o protagonismo do aluno no processo. Nesse sentido, Sobrinho & Borges (2010) observam que o caráter lúdico e a semelhança das simulações com jogos que fazem parte do cotidiano dos alunos facilitam a manipulação e aprendizagem.

## **4.3 Análise dos dados coletados pelo questionário**

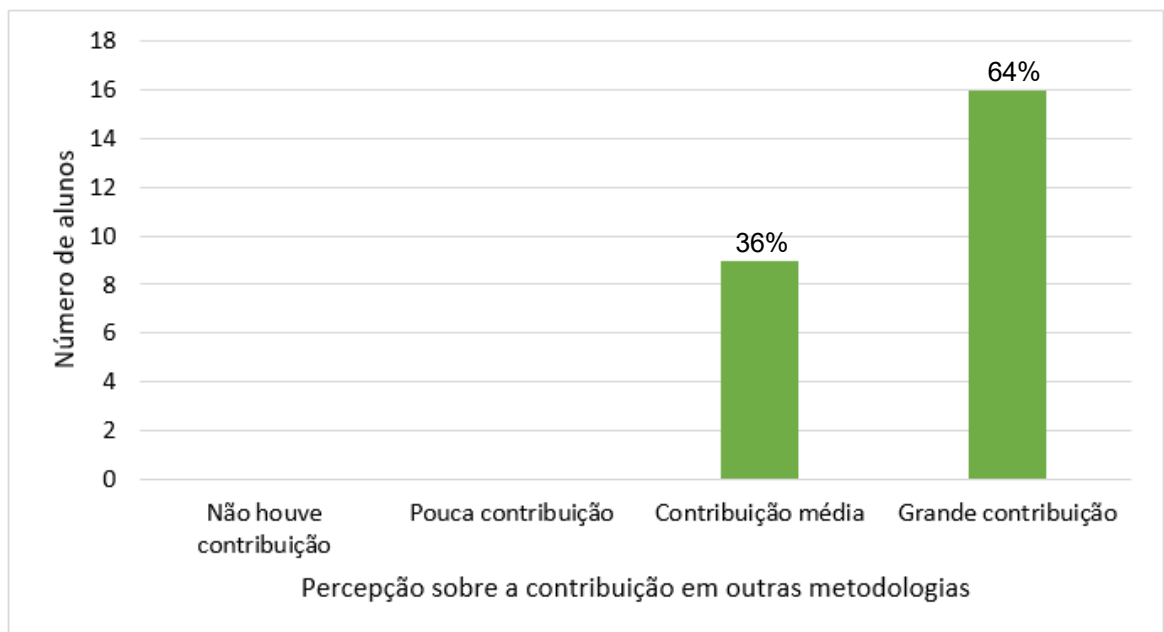
Com os dados obtidos pelos alunos, observamos que o grau de envolvimento em relação a simulação foi de 84% dos alunos se “envolveram muito” com a simulação e 16% “se envolveu” com a simulação, conforme mostra (Gráfico 1). Vale ressaltar que nenhum aluno considerou que “Não se envolveu” ou “Se envolveu pouco” no engajamento da simulação.



**Gráfico 1 - Grau de envolvimento quanto à utilização da simulação.**

Fonte: O Autor.

No Gráfico 2 foi avaliado quanto à percepção sobre a contribuição em outras metodologias, segundo os dados coletados para 64% dos alunos avaliaram que tem “Grande contribuição” para o aprendizado e outros 36% avaliaram “Contribuição média”.

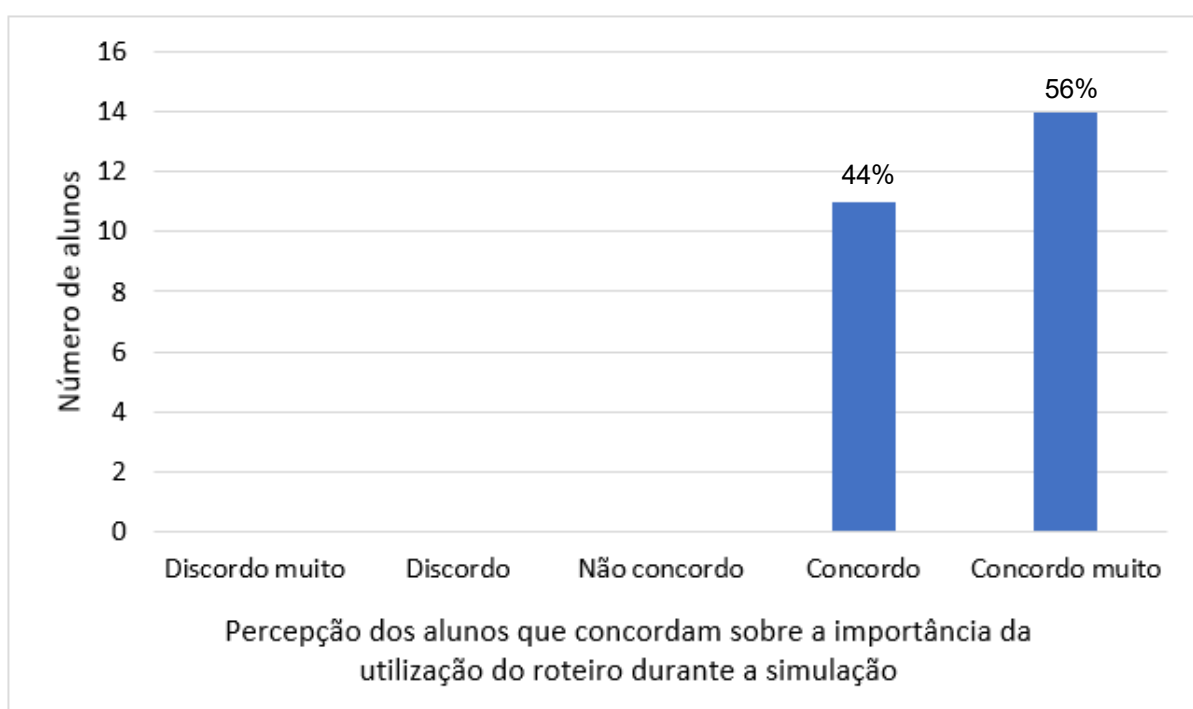


**Gráfico 2 - Percepção sobre a contribuição em outras metodologias.**

Fonte: O Autor.

A partir da observação do gráfico anterior foi possível perceber que a utilização de recursos didáticos que integram conteúdo e tecnologias da informação e comunicação pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem proporcionando a superação de muitas barreiras.

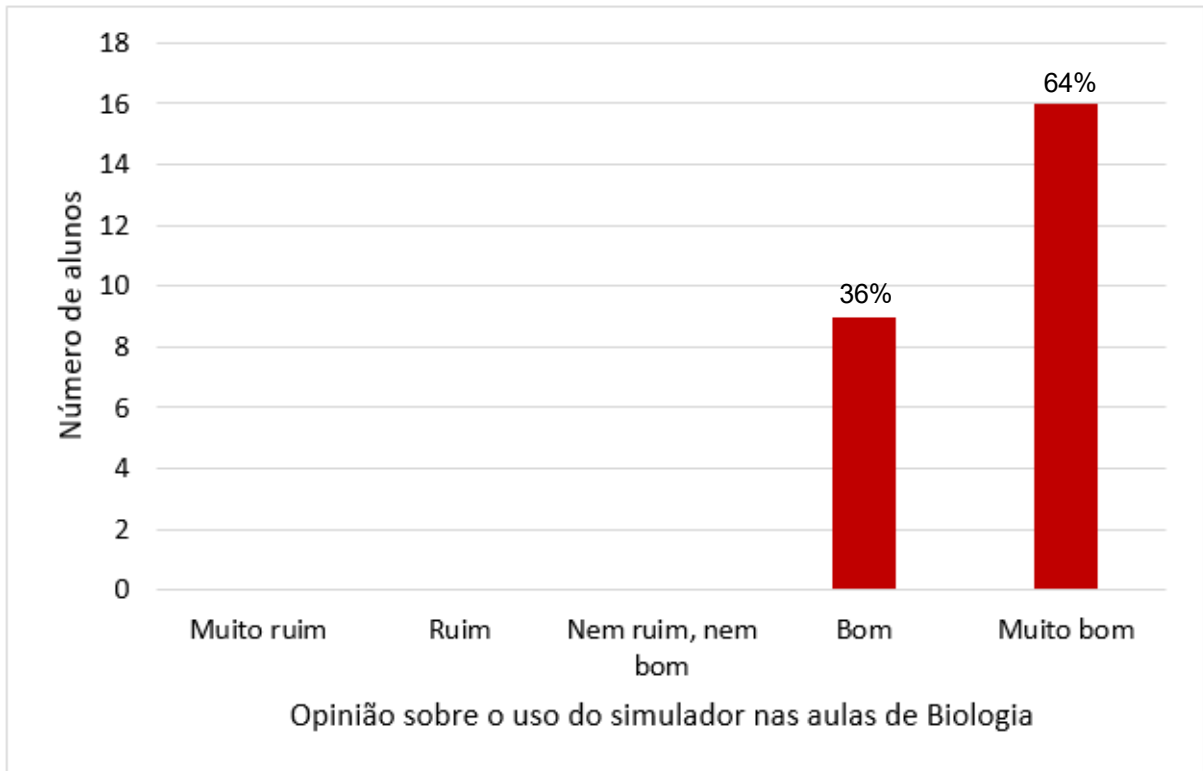
No Gráfico 3 56% dos alunos concordam muito sobre a importância da utilização do roteiro durante a simulação, e 44% deles concordam com o roteiro. Percebe-se que um roteiro bem elaborado, ajuda na hora de utilizar a ferramenta de simulação com o conteúdo proposto.



**Gráfico 3 - Percepção dos alunos que concordam sobre a importância da utilização do roteiro durante a simulação.**

Fonte: O Autor.

Como mostra no Gráfico 4, 64% dos alunos consideram “Muito bom” o uso do simulador nas aulas de biologia, já 36% consideram “Bom”. Nota-se que nenhum aluno considerou as outras alternativas da pesquisa.



**Gráfico 4 - Opinião sobre o uso do simulador nas aulas de Biologia**

**Fonte:** O Autor.

Ao prevalecer os aspectos teóricos de forma complexa faz com que o conteúdo se torne abstrato para o aluno, tornando a disciplina tediosa e sem sentido. A partir da simulação feita o gráfico 4 mostra o quanto os alunos estão engajados e satisfeitos com a tecnologia utilizada na aula de biologia.

## **5 Considerações finais**

Esse estudo possibilitou refletir e entender, por meio do posicionamento dos estudantes, sobre a utilização do simulador da plataforma PhET na aula de Biologia, a importância da utilização de recursos didáticos que aliem conteúdo e tecnologias da informação e comunicação no processo de ensino e aprendizagem. Visto que a tecnologia está sempre inovando, buscando novas soluções que ajudem as pessoas, no ensino não é diferente, a tecnologia busca desenvolver a criatividade e o raciocínio lógico e torna os temas das aulas mais claros, facilitando ao estudante a visualização dos processos e por consequência a construção do conhecimento.

Em razão disso, é fundamental que a escola considere relevante a presença de tecnologias digitais na vida dos estudantes, bem como a necessidade de inovarem e substituírem o ensino tradicional, migrando para uma aprendizagem mais participativa e integrada. Enquanto as salas de aula não internalizarem as inovações tecnológicas em seu favor, elas não serão atrativas, pois na maioria das escolas os alunos não conseguem fazer a conexão com a realidade que vivem e interagem, onde a tecnologia está presente.

Dentro desse contexto, na disciplina de Biologia, muitos conteúdos ultrapassam a realidade dos alunos e são muito complexos para serem explicados utilizando apenas palavras ou figuras estáticas de forma descontextualizada. A possibilidade de visualização do abstrato durante a simulação foi um dos aspectos claramente evidenciados, aliado a capacidade de fugir do ensino tradicional, enriquecendo a prática educacional. Ficou demonstrado que a simulação auxiliou na compreensão da Biologia Celular por meio da visualização da célula nervosa com suas estruturas e transportes de íons, diferente do que acontece com as aulas tradicionais com quadro e giz.

Outro aspecto comprovado é que as simulações oportunizam interações dos estudantes com recursos computacionais e permitem que o professor apresente diferentes propostas, como roteiros, experimentos, perguntas, para que o aluno responda e participe de forma ativa como investigador, sendo o professor um mediador.

A utilização de da plataforma PhET num ambiente colaborativo foi um importante mecanismo de compartilhamento dos conhecimentos adquiridos durante a simulação, construindo um diálogo de saberes. A metodologia usada propiciou ao aluno um papel protagonista por meio da investigação, desenvolvendo seu cognitivo. Por fim, as observações mostraram que a utilização da plataforma PhET intitulada Neurônio, enriqueceu o ensino de Biologia, pois as ferramentas digitais tornaram o processo de aprendizagem de conceitos complexos e abstratos mais atrativos e compreensíveis, à medida que foram contextualizados e investigados de forma divertida, dinâmica e ativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABIS, Jose Mariano; Martho, Gilberto Rodrigues. **Fundamentos da Biologia Moderna**. Editora: Moderna, 4ª Edição, 2016.

ATAÍDE, J. F.; MESQUITA, N. A. S. **O Arborescer das TIC na Educação: da raiz aos ramos mais recentes**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 7, n. 1, p. 82-106, 2014.

BRASIL. **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+**. Brasília: 2002.

\_\_\_\_\_. **Secretaria de Educação Fundamental. Política Nacional de Educação Ambiental**. Lei Nº 9795, de 27 de abril de 1999. Acesso em 12 fev., 2014, [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm).

\_\_\_\_\_. **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+**. Brasília: 2002.

CARDOSO, S. O. O., DICKMAN A. G. **Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. Especial 2: p. 891-934, out. 2012.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências Por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

COSTA, Ana Gabriela Cavalcante Pereira Santos. **Encontro entre o ensino por investigação e a aprendizagem significativa. Tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI...** Campina Grande: Realize Editora, 2020. p. 355-369.

FIGUEIREDO, O.J.E.M.; WERNECK, V.M.B.; COSTA, R.M.E.M. **Simulando a dinâmica populacional de uma colmeia para o ensino de Biologia**. Revista Brasileira de Informática na Educação, 21 (1), 106-120. 2013.

FIGUEIREDO, M. T. S.; GAUTÉRIO, V. L. B. **A tecnologia digital potencializando o ensino de biologia celular: a utilização do blog aliado ao Canva**. Revista Tecnologia e Sociedade-ISSN, v. 1984, p. 3526. 2021.

GREGÓRIO, E. A., OLIVEIRA, L. G., & MATOS, S. A. **Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de biologia: uma proposição investigativa para o ensino de síntese proteica**. Revista Experiências em Ensino de Ciências, Vol.11, p. 101-125, 2016.

HARDER, B. N. (2010). **Use of simulation in teaching and learning in health sciences: A systematic review.** Journal of Nursing Education, 49(1):23–28.

HILLESHEIM, Geraldo Jose; SCHOTTZ, Eliane de Souza. **Softwares simuladores interativos aplicados ao estudo de biologia.** Revista Maiêutica - Curso de Ciências Biológicas, p.16, 2014.

JUSTINA, L. A. D. & FERLA, M. R. **A utilização de modelos didáticos no ensino de genética:** exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Arq Mudi, v. 10, n. 2, p. 35-40, ago. 2006.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. **As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências.** Ciência & Educação, v. 17, p. 35-50, 2011.

KELLER, Lígia e (Antônio Augusto Soares, 2015) tal. **A importância da experimentação no ensino de Biologia.** XVI Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, p. 1-3, 2011.

LELLIS-SANTOS, C.; GIANNOCO, G. ; NUNES, M. T. **The case of thyroid hormones: how to learn physiology by solving a detective case.** Advances in Physiology Education, v. 35, p. 219-226, 2011.

LIMA, A. C. G. **A influência das tecnologias no processo ensino-aprendizagem: um estudo de caso na Escola Estadual Coelho Mascarenhas.** Crateús - CE, 2012. 54f. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual do Ceará. Faculdade de Educação de Crateús, Crateús-CE, 2012.

MACEDO, J. A., DICKMAN A. G., ANDRADE, I. S. F. **Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, 2012.

MACHADO, Daniel Iria e SANTOS, Plácida L. V. Amorim da Costa. **Avaliação da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da física: o caso da gravitação.** *Ciênc. educ. (Bauru)* [online]. 2004, vol.10, n.1, pp.75-100. ISSN 1516-7313. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132004000100006>.

MELVILLE, W.; FAZIO, X.; BARTLEY, A.; JONES, D. **Experience and reflection: preservice science teachers' capacity for teaching inquiry.** Journal of Science Teacher Education, v.19, n.5, p.477-94, 2008.

MENDES, A. P., SANTANA, G. P., & JÚNIOR, E. S. **O uso do software PHET como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação QUÍMICA.** Revista Amazônica de Ensino de Ciências, 52-60, 2015.

MORAN, J. M. **Mudando a educação com metodologias ativas.** In: Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens. 2015.

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** In: Revista Ensaio. v. 9. n .1. Belo Horizonte: 2007.

NETTO, C.; GIRAFFA, LMM. **Preconceito ou despreparo? Uma investigação acerca da percepção dos docentes de Pedagogia sobre formação de professores na modalidade EAD.** IX SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 2012.

OLIVEIRA, P. F. **Objetos de aprendizagem de simulação e animação para o ensino de Biologia: Uma análise quanti-qualitativa.** Revista Tecnologias na Educação, Ano 9, número/vol.19, p.14, 2017.

PAULA, H.F.; TALIM, S.L. **Percepção dos estudantes sobre o uso coordenado de simulações com outras mediações.** In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências, VII ENPEC I Congresso Iberoamericano de Investigación em Eseñanza de las Ciências I CIEC. Campinas, SP. Atas do VIII ENPEC - I CIEC, 2011. <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0807-1.pdf>

Acesso 15 nov., 2013.

RAMOS, André; CHAVES, Rafael; FAVERO, Elói. **Simulação baseada em Dinâmica de Sistemas para o ensino da fisiologia do eixo Hipotálamo-hipófise-tireoide no contexto da graduação em medicina.** Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE), [S.l.], p. 962, nov. 2019. ISSN 2316-6533. Disponível em: <<https://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/8824>>. Acesso em: 07 set. 2020.

REIS, E.; REHFELDT, M. **Software PHET e Matemática: possibilidade para o ensino e aprendizagem da multiplicação.** Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 10, n. 1, p. 194-208, 1 jan. 2019.

RODRIGUES, C. **Vamos estudar juntos?** Nova Escola, 206, 76-78. 2007. SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C.; AGUIAR JR, O. **A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SALGADO, M.T.S.F.; GAUTÉRIO, V.L.B. **A tecnologia digital potencializando o ensino de biologia celular: a utilização do blog aliado ao canva.** R. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 16, n. 42, p. 156-170. jul/set. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/10982>. Acesso em: XXX.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v.17, n. espec, 2015.

SCARPA, D. L., CAMPOS N. F. **Potencialidades do Ensino de Biologia por Investigação.** Ensino de Ciências Estud. av. 32 (94). Sep-Dec 2018. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>

SILVA, K.N.; FERREIRA, L.C.; SILVA-FORSBERG, M.C. **Simulações computacionais aplicadas ao ensino de biologia.** In. II SENEP- Seminário Nacional de Educação profissional e Tecnológica. 2010. Disponível em Acesso em 14 dez., 2014.

SOARES A. A., MORAES, L. E., OLIVEIRA, L. G. **Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos.** Caderno Brasileiro de ensino de Física, 915-933, 2015.

SOBRINHO, M. M., & BORGES, A. T. **Aprendizagem sobre epidemias com simulações computacionais.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, Vol.3, p.21, jan/abr de 2010.

TAWALBEH, L. I., TUBAISHAT, A. **Effect of Simulation on Knowledge of Advanced Cardiac Life Support, Knowledge Retention, and Confidence of Nursing Students in Jordan.** Copyright © SLACK Incorporated , 2013.

ZARA, R.A. **Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física.** *In:* II Encontro Nacional de Informática e Educação, Campus Cascavel-PR, 265-272. 2011.