

LABORATÓRIOS E SIMULADORES VIRTUAIS NO ENSINO DE FÍSICA: PERSPECTIVAS DE INCLUSÃO PARA ESTUDANTES COM AUTISMO

LABORATORIES AND VIRTUAL SIMULATIONS IN PHYSICS TEACHING: PERSPECTIVES OF INCLUSION FOR STUDENTS WITH AUTISM

RAFAELA FARIAS PEREIRA ^{*1}, LETÍCIA NUNES COELHO ^{†2}, ALESSANDRA FERREIRA ALBERNAZ  ^{‡2}, MARIA LÍCIA DE LIMA FARIAS ^{§1}

¹Secretaria de Educação do Distrito Federal - SEDF

²Universidade de Brasília - UnB

Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma proposta inclusiva para o ensino de Física, especialmente voltada para estudantes dentro do espectro autista. A proposta utiliza recursos e estratégias didáticas que priorizam o uso de Laboratórios de Física e simuladores para promover uma aprendizagem significativa, considerando características como hiperfoco, memória visual, sensibilidade sensorial e interação social. Para avaliar a aplicabilidade e eficácia da proposta, foram realizadas pesquisas de campo no ambiente escolar. Os resultados, embasados em referenciais teóricos, metodologia e recursos adotados, oferecem contribuições relevantes sobre inclusão no ensino de Física e abrem espaço para reflexões futuras sobre o tema, indicando a eficácia de simuladores e experimentos na aprendizagem.

Palavras-chave: Inclusão. Espectro Autista. Aprendizagem Significativa. Laboratório de Física. Simuladores Virtuais.

*rafaelaseabra21@gmail.com

†lcoelho@unb.br

‡albernaz@unb.br

§liciafl@gmail.com

Abstract

This work aims to present an inclusive teaching proposal for Physics education, targeting specifically students within the autism spectrum. The approach utilizes didactic resources and strategies that favor Physics Laboratories and simulators to promote meaningful learning, taking into account the students particular traits such as hyperfocus, visual memory, sensory sensitivity, and social interaction. To test the applicability and validity of this proposal, field research was conducted in the school environment with the target audience and as well as other students. The results, grounded in theoretical references, methodology, and resources, provide valuable contributions on inclusion in Physics education and pave the way for future reflections on the topic, indicating the importance of simulations and experiments in the learning process.

Keywords: Inclusion. Autism Spectrum. Meaningful Learning. Physics Laboratory. Virtual Simulators.

I. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um conjunto de condições caracterizadas por algum grau de dificuldade no convívio social, na comunicação verbal e não verbal e interesses específicos por algumas atividades realizadas de forma repetitiva (OPAS/OMS, 2023). Nesse sentido, a pessoa com autismo pode apresentar um repertório de interesses e atividades restrito que podem desafiar o processo de ensino-aprendizagem baseado, unicamente, em um currículo sem adaptações/adequações. Um currículo tradicional, sem ajustes que considerem a realidade deste público, pode dificultar o ensino-aprendizagem e, conseqüentemente, gerar exclusão.

No contexto educacional, especialmente no ensino de Física, esses desafios podem ser exacerbados pelo foco tradicional em fórmulas abstratas e metodologias pouco interativas. Adotar abordagens diferenciadas, como o uso de recursos visuais, simuladores e atividades práticas, pode ser essencial para tornar o aprendizado mais acessível e significativo para estudantes com TEA. Essas estratégias ajudam a conectar conceitos teóricos a experiências concretas, respeitando o hiperfoco, a memória visual e as necessidades sensoriais desses alunos. Além disso, um ambiente de ensino acolhedor e adaptado pode incentivar a participação ativa, facilitando a inclusão e o sucesso acadêmico desses estudantes no ensino de Física.

Para incluir estudantes com autismo no ensino de Física, é essencial adotar estratégias que se ajustem às suas necessidades específicas, considerando características como o hiperfoco e a dificuldade de abstração. Isso requer que os educadores desenvolvam habilidades bem definidas por meio de formação contínua, não apenas em Física, mas também em métodos didáticos que promovam uma aprendizagem significativa. Essa aprendizagem, segundo Ausubel, ocorre quando novos conceitos se conectam aos conhecimentos prévios dos alunos, facilitando a assimilação e a atribuição de novos significados (AUSUBEL, *apud* MOREIRA, 2001). Trazer esta abordagem para o ensino da Física pode favorecer o processo

de ensino-aprendizagem de todos os envolvidos, já que considera os conhecimentos prévios dos estudantes e, conseqüentemente, pode permitir uma análise da realidade de cada um.

Diante disso, compreender a realidade de estudantes dentro do espectro autista, que não têm interesse natural pela Física, é também considerar que eles podem enfrentar desafios maiores do que os neurotípicos devido à necessidade de abstração característica da disciplina. Para facilitar esse processo, é fundamental considerar o uso de recursos visuais, simuladores e ambientes sensoriais controlados que respeitem suas particularidades. Além disso, criar um ambiente inclusivo que promova a interação social e a aprendizagem significativa pode beneficiar tanto alunos neuroatípicos quanto neurotípicos, contribuindo para um espaço educacional verdadeiramente inclusivo e adaptado às necessidades de todos.

A inclusão é não apenas importante, mas também uma obrigação legal e moral, especialmente no contexto educacional. No ensino de Física, cabe ao professor promover uma inclusão que garanta uma aprendizagem significativa para estudantes dentro do espectro autista, respeitando suas potencialidades e limitações (BRASIL, DCN da Educação Básica, 2013). O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de ensino inclusivo de Física, direcionada a estudantes neuroatípicos, utilizando Laboratórios de Física e simuladores. Essa abordagem considera o hiperfoco, memória visual, sensibilidade sensorial e interação social, visando o desenvolvimento pleno desses alunos.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A aprendizagem significativa, conforme proposto por David Ausubel, é um processo em que novos conhecimentos são adquiridos através de sua ligação com conhecimentos prévios relevantes, denominados subsunçores. Esta teoria se destaca pela ênfase na estrutura cognitiva do aluno, que organiza, integra e armazena novas informações de maneira hierárquica e estruturada (AUSUBEL, 1968, *apud* FARIAS 2022). No contexto educacional, isso significa que para a aprendizagem ser efetiva, o conteúdo novo deve ser relacionado de maneira significativa ao que o aluno já conhece, facilitando assim a retenção e compreensão do material. Esse processo facilita a assimilação e retenção de novos conceitos de maneira mais profunda e duradoura, especialmente quando comparado à simples memorização.

Cabe ressaltar que conhecimentos prévios e subsunçores se complementam, mas são conceitos distintos. Enquanto os conhecimentos prévios referem-se às experiências, intuições e saberes que os alunos trazem consigo, muitas vezes de forma não estruturada e influenciados por seu contexto sociocultural (SANTOS, 2019), os subsunçores são estruturas cognitivas específicas e organizadas, já consolidadas na mente do aprendiz, que servem como âncoras para a assimilação de novos conceitos de maneira não arbitrária e não literal (AUSUBEL, *apud* MOREIRA, 1999). Dessa forma, os conhecimentos prévios representam a base ampla e muitas vezes informal sobre a qual o aprendizado pode se apoiar, ao passo que os subsunçores atuam como pontos de ancoragem precisos, permitindo que novas informações sejam integradas de modo significativo à estrutura cognitiva existente.

Sobre a aprendizagem significativa na perspectiva ausubeliana, destaca-se a relevância de compreender a estrutura cognitiva prévia do aprendiz, uma vez que o processo de aquisição de conhecimento ocorre justamente na interação dialética entre os subsunçores existentes e as novas informações, promovendo uma transformação mútua tanto na base cognitiva do

aluno quanto na assimilação dos conceitos (FARIAS, 2022).

Contudo, é importante ressaltar que Ausubel fundamenta sua teoria em processos psicológicos de caráter teórico, sem se referir a especificidades metodológicas aplicáveis diretamente ao contexto escolar (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018). É nesse sentido que Moreira (2017) avança na proposta, articulando a Teoria da Aprendizagem Significativa a uma Teoria da Educação por meio das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Essa abordagem operacionaliza o modelo ausubeliano em etapas práticas, incluindo: (1) diagnóstico dos conhecimentos prévios, (2) elaboração de organizadores prévios, (3) proposição de situações-problema, (4) diferenciação progressiva dos conceitos, (5) reconciliação integradora e (6) consolidação do conhecimento (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018).

No caso específico de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA), que frequentemente apresentam características como hiperfoco, excelente memória visual e sensibilidade sensorial, a aplicação da teoria da aprendizagem significativa exige uma adaptação especial. Zeppelini (2021) observa que muitos desses alunos aprendem melhor por meio de recursos visuais, já que suas capacidades cognitivas relacionadas ao processamento visual tendem a ser mais desenvolvidas. Nesse contexto, o uso de suportes visuais e outras ferramentas, como laboratórios de Física e simuladores, torna-se não apenas uma estratégia eficaz, mas também necessária para promover uma aprendizagem significativa.

Massey e Wheeler (2000) destacam a importância dos recursos visuais na educação de alunos com TEA, afirmando que esses suportes ajudam a esclarecer conceitos abstratos, a minimizar a sobrecarga cognitiva, facilitar a comunicação de ideias complexas e a tornar o aprendizado mais significativo. Da mesma forma, Bryant e Gast (2000) defendem que os recursos visuais podem ser usados para estruturar informações de forma que sejam mais acessíveis e compreensíveis para esses alunos. As ferramentas visuais, quando usadas de maneira adequada, não só contribuem para a compreensão de conceitos teóricos, mas também promovem a inclusão, permitindo que alunos com diferentes estilos de aprendizagem participem ativamente do processo educacional.

A utilização de recursos visuais no ensino de Física desempenha um papel fundamental, pois favorece a compreensão de conceitos abstratos e complexos. Nesse sentido, o uso de laboratórios de Física e de simuladores digitais constitui uma estratégia eficaz para potencializar a aprendizagem significativa, em consonância com os princípios propostos por Ausubel. Experiências laboratoriais oferecem a oportunidade de transformar conceitos teóricos em vivências concretas, permitindo aos alunos visualizar e manipular diretamente os fenômenos estudados. Macduff e McClanahan (1993) destacam que a utilização de laboratórios e simuladores no ensino de Ciências não apenas reforça a compreensão conceitual, mas também promove a aprendizagem ativa e significativa, pois os alunos têm a oportunidade de explorar, testar e validar teorias científicas de maneira prática. Além disso, essas atividades podem ser ajustadas para atender às necessidades sensoriais e cognitivas dos alunos com TEA, criando um ambiente mais inclusivo e adaptado às suas características.

Krantz *et al.* (1993) enfatizam a importância de integrar suportes visuais em atividades de laboratório, argumentando que tais ferramentas podem auxiliar na organização da informação, na sequência das atividades experimentais e na compreensão dos resultados. Essa abordagem é especialmente benéfica para alunos com TEA, que podem ter dificuldades em acompanhar instruções verbais complexas ou em abstrair conceitos de contextos puramente

teóricos.

Simuladores virtuais também desempenham um papel importante nesse contexto, permitindo que os alunos explorem conceitos complexos de Física em um ambiente controlado e interativo. Os simuladores oferecem uma representação visual dos fenômenos físicos, o que pode ser particularmente benéfico para alunos com TEA que têm dificuldade em lidar com abstrações puramente matemáticas. A pesquisa de Massey e Wheeler (2000) reforça que o uso de simuladores pode ajudar a criar uma ponte entre o conhecimento teórico e sua aplicação prática, fornecendo uma experiência de aprendizado mais envolvente e acessível.

A inclusão de estudantes com TEA no ensino de Física, portanto, não se limita à simples adaptação de conteúdo, mas envolve a criação de um ambiente de aprendizagem que respeite e valorize suas características cognitivas. Além de fornecer recursos visuais e interativos, é crucial que os educadores sejam capacitados para adaptar essas ferramentas de maneira eficaz. Sendo assim, a formação contínua dos professores é essencial para desenvolver estratégias que atendam às necessidades dos alunos com TEA e, deve incluir capacitação específica em estratégias didáticas que utilizem recursos visuais e práticos, como simuladores e laboratórios, para que possam oferecer um ensino que seja realmente inclusivo e eficaz. Bryant e Gast (2000) enfatizam a importância da personalização do ensino para refletir as necessidades individuais dos alunos, o que pode ser alcançado através de um planejamento pedagógico que inclua atividades práticas, recursos visuais e uma abordagem centrada no aluno.

Neste sentido, além de considerar os aspectos cognitivos apontados por Ausubel, é crucial que as estratégias educacionais sejam adaptadas para atender às necessidades específicas dos alunos com TEA. A implementação de atividades práticas e visuais no ensino de Física não só facilita a aprendizagem significativa, mas também viabiliza a inclusão ao criar um ambiente de ensino onde todos os alunos, independentemente de suas necessidades, possam participar e aprender de maneira significativa. Ao combinar a teoria cognitiva com a prática educativa adaptada, é possível criar experiências de aprendizagem que sejam ao mesmo tempo acessíveis e desafiadoras, permitindo que todos os alunos alcancem seu pleno potencial.

A utilização de práticas experimentais e de simuladores como meio de contemplar uma aprendizagem significativa traz como justificativa considerar uma característica observada na maioria de pessoas dentro do espectro autista que é a percepção visual (representando mais recursos para processamento de informações). Essa informação foi publicada na revista americana *Human Brain Mapping*, onde há a afirmação que o cérebro de pessoas com autismo concentra mais recursos em áreas destinadas à percepção visual, resultando em menor atividade em áreas usadas para planejamento e controle de pensamentos e ações. "O autismo pode ser caracterizado por uma maior alocação de recursos funcionais em regiões associadas ao processamento visual e especialização"(SAMSON *et al.* p. 1553, 2012).

Desta forma, os dois ambientes, virtual (simulação) e físico (laboratório), oferecem esse recurso visual como ferramenta potencializadora para a aprendizagem. Nesta mesma linha de raciocínio, a autora Beatriz Zeppelini Bezerra de Menezes Nasser, especialista em Análise do Comportamento Aplicada ao Autismo, também cita suportes visuais como uma alternativa para engajamento em atividades, fazendo referências a autores como: Massey; Wheeler, 2000; Bryan; Gast, 2000; Macduff; Mcclannahan, 1993; Krants; Macduff;

Mcclannahan, 1993, que além de mencionarem a utilização destes suportes visuais, também trazem orientações de como utilizar essa ferramenta.

Na perspectiva da aprendizagem significativa e do uso de recursos visuais, o trabalho em grupo assume papel fundamental, especialmente para estudantes no espectro autista. Essas experiências colaborativas contribuem para ampliar habilidades sociais e de comunicação, criando oportunidades para que participem ativamente das trocas e construções coletivas de conhecimento, ao mesmo tempo em que favorecem a compreensão dos conteúdos de forma mais significativa. Vygotsky destaca que o desenvolvimento cognitivo ocorre através das relações sociais, e atividades em grupo são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo e social, já que a linguagem é um fator intrínseco das interações sociais e é por meio dela que ocorrem processos de trocas que permitem a organização de ideias gerando o pensamento sobre os conceitos (GEHLEN, S.T et al, 2012, p. 70).

Nesse contexto de diversidade cognitiva, Gardner propõe a existência de diversas competências intelectuais humanas relativamente autônomas, denominadas por ele de "inteligências humanas" ou "estruturas da mente" (BESSA, 2008). Entre elas, a inteligência espacial se destaca no ensino de Física, pois auxilia na compreensão de conceitos visuais e abstratos, comuns nessa disciplina. Considerar as múltiplas inteligências no planejamento pedagógico permite adaptar recursos didáticos às diferentes formas de aprender, suprimindo lacunas de compreensão e favorecendo a construção hierárquica e interconectada do conhecimento, conforme a aprendizagem significativa de Ausubel.

A Física, por exigir alto grau de abstração e apresentar conteúdos interligados, demanda estratégias pedagógicas que favoreçam a conexão entre novos e os conhecimentos anteriores. A aprendizagem significativa de Ausubel propõe exatamente essa abordagem hierárquica, em que novas informações se ancoram em conceitos já existentes, facilitando a construção de significados. A integração das abordagens de Gardner e Ausubel é, portanto, uma alternativa para promover um aprendizado mais robusto e contextualizado. Além disso, no caso de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA), que frequentemente apresentam forte habilidade visual, o uso de recursos que explorem a inteligência espacial pode reduzir barreiras e potencializar o processo de aprendizagem. Contudo, para se concretizar estas estratégias é necessário que o professor de Física tenha essa intencionalidade de unir teoria e prática. Sendo assim, é imprescindível investir na formação inicial e continuada dos professores, assegurando que estejam aptos a implementar essas estratégias de forma eficaz e contextualizada.

Outro desafio na implementação dessas estratégias é que muitos professores enfrentam dificuldades para utilizar laboratórios, seja por causa dos custos, da falta de interesse ou das limitações físicas das escolas. Nesse sentido, apesar da grande importância do uso do laboratório como ferramentas para superar a percepção de dificuldade da Física, refletindo sobre a pedagogia prática e interativa (Isquierdo e Berghauser, 2017), esse espaço nem sempre é o mais disponível para professores e estudantes. Nesse caso, o uso de softwares ou recursos de simulação de fenômenos físicos se torna uma ferramenta acessória ou mesmo substitutiva de valor.

Gomes, Franco e Rocha (2020) argumentam que simuladores virtuais, alinhados com a aprendizagem significativa de Ausubel, são ferramentas valiosas para conectar os conhecimentos prévios dos alunos ao conteúdo de Física. Estes simuladores, disponíveis

gratuitamente em plataformas como PhET Interactive Simulations da Universidade de Boulder, Colorado, e aplicativos desenvolvidos por Vladimír Vaák, dentre outros, oferecem roteiros pedagógicos adaptáveis para diferentes níveis de ensino, tornando o aprendizado mais envolvente e acessível. Utilizar essas tecnologias pode transformar a experiência educacional, tornando-a mais inclusiva e alinhada com as necessidades cognitivas dos alunos, especialmente aqueles dentro do espectro autista.

III. METODOLOGIA

Este trabalho propõe uma abordagem inclusiva e prática para o ensino de Física, focada em estudantes dentro do espectro autista, utilizando recursos como experimentos de Física e simulações virtuais para promover uma aprendizagem significativa, respeitando características dos estudantes como hiperfoco, memória visual, sensibilidade sensorial e interação social.

Sendo assim, este estudo adota uma abordagem qualitativa do tipo descritiva, com o objetivo de analisar os aspectos individuais de cada estudante no contexto do processo de ensino-aprendizagem, levando em consideração particularidades de cada um. A pesquisa foi realizada por meio de uma observação participante, caracterizando-se como um trabalho de campo. Os dados foram coletados a partir da implementação de uma sequência didática, que permitiu observar e registrar as interações e reações dos alunos durante o desenvolvimento do conteúdo.

O estudo de fenômenos elétricos foi selecionado devido a sua natureza abstrata, que dificulta a compreensão tanto para estudantes neurotípicos quanto neuroatípicos. Foram abordados tópicos de Eletrostática e Eletrodinâmica, com atividades práticas e simulações do PhET Colorado, acompanhadas de roteiros pedagógicos que incluem exposição teórica e prática experimental em grupo para facilitar o entendimento dos conceitos.

Diante do grupo alvo, foram desenvolvidas intervenções em forma de sequência didática, fundamentadas na aprendizagem significativa, com foco nos subsunçores dos estudantes e no hiperfoco, quando presente. As estratégias incluem o ensino por investigação com práticas experimentais em sala de aula, além do uso de simuladores virtuais. A verificação da aprendizagem e registro da experiência dos participantes foi sondada pela aplicação de questionários escritos antes, durante e depois das aulas.

O estudo foi realizado na Sala de Recursos de uma escola da rede pública do Distrito Federal, que atende alunos com autismo e outras deficiências, em parceria com duas professoras alocadas na sala, uma com formação na área de exatas e outra com formação na área de humanas, que apoiaram o planejamento e a execução das atividades. A pesquisa envolveu cinco aulas duplas (2 x 50 minutos cada), totalizando 8 horas e 20 minutos, focadas em metodologias que valorizam recursos visuais, organização da rotina e uso de materiais concretos, viabilizando a inclusão e a compreensão dos conteúdos. Para o desenvolvimento da pesquisa, dois tópicos de Física foram contemplados:

- Eletrostática: Conceitos de eletricidade estática (Simulação no PhET Colorado - Balões e eletricidade estática; Processos de eletrização utilizando eletroscópio de folhas (Laboratório de Física);

- Eletrodinâmica: Circuitos elétricos (em série) - utilização de simulador virtual - PhET Colorado (Circuit-construction-kit-dc); Construção de circuito elétrico (Laboratório de Física).

Antes de apresentar os conteúdos, realizou-se uma atividade com a intenção de mapear os possíveis subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, visando identificar pontos de ancoragem para a aprendizagem significativa dos conceitos de eletrostática e eletrodinâmica. Essa análise preliminar, fundamentada na Teoria de Ausubel, permitiu correlacionar os conhecimentos prévios e subsunçores dos alunos com estratégias específicas considerando a realidade de cada estudante para a possibilidade de assimilação de novos conceitos de forma não arbitrária. Foi também objetivo do questionário identificar possível hiperfoco dos estudantes com diagnóstico TEA.

O Quadro 1¹ mostra como a análise dos subsunçores pode servir para possibilitar intervenções que levam a construção de novos conhecimentos, sempre respeitando as particularidades de cada estudante.

Após o mapeamento destes subsunçores, percebeu-se a necessidade de reavaliar alguns tópicos do planejamento e modificá-los. Sendo assim, para a questão da identificação do hiperfoco dos estudantes dentro do espectro autista houve a necessidade de proporcionar outro momento com este objetivo, já que não foi possível identificá-lo durante a aplicação do questionário. Outro ponto modificado foi a elaboração de um roteiro flexível como suporte de apoio para dar clareza e reduzir a ansiedade observada em um dos estudantes. Esse roteiro contemplou a exposição teórica do conteúdo, seguida de prática experimental em grupo, sempre associando cada proposta de experimento a uma simulação no PhET Colorado. Essas modificações foram importantes para o desenvolvimento da sequência didática.

Na elaboração da sequência didática as etapas são apresentadas de forma mais genérica, sem especificar estratégias individuais. Destaca-se que essas estratégias foram realizadas de acordo com as necessidades individuais de cada um, considerando as possibilidades de ancoragem. O Quadro 2² ilustra as etapas da sequência didática com o tema e ação desenvolvida.

¹O Quadro 1 apresenta os subsunçores identificados pela análise dos conhecimentos prévios de cada estudante, considerando as lacunas sobre o conteúdo e as possibilidades de intervenção. Na primeira coluna, os estudantes são identificados por letras do alfabeto para preservar a privacidade. A palavra diagnóstico se refere a diagnóstico clínico, como sendo: TEA (Transtorno do Espectro Autista), DI (Deficiência Intelectual) e DMU (Deficiência Múltipla). Para “Ano EM” - lê-se Ano do Ensino Médio (1º, 2º ou 3º ano). A segunda coluna descreve os subsunçores baseados nos conhecimentos prévios dos estudantes. A terceira coluna aponta as dificuldades e lacunas observadas, enquanto a quarta coluna apresenta estratégias didáticas para a ancoragem e superação dessas lacunas.

²O Quadro 2 apresenta uma organização do planejamento para a sequência didática. A primeira coluna refere-se a algumas etapas que contemplam a Aprendizagem Significativa e o Sociointeracionismo; a coluna do meio apresenta os temas abordados em cada momento e a última coluna refere-se às ações desenvolvidas durante os encontros.

Quadro 01: Mapeamento dos subsunçores e possibilidades de ancoragem. Este quadro apresenta a análise dos subsunçores dos estudantes e as estratégias de ancoragem de novos conceitos, considerando contextos individuais.

Estudante / Diagnóstico / Ano EM	Subsunçores com base nos conhecimentos prévios	Dificuldades / lacunas	Possibilidades de Ancoragem
A/TEA/1°	Já entende que eletricidade está ligada aos elétrons; sabe que elétrons têm carga negativa; associa elétrons ao átomo; dá exemplos do dia a dia, como os raios.	Confunde o termo eletrizado com muita energia; pensa que os elétrons servem apenas para estabilizar o átomo; vê o circuito apenas como produtor de energia.	Experimentos com eletroscópio; uso de simuladores (PhET); atividades práticas antes da escrita; roteiros visuais.
B/TEA/1°	Sabe que elétrons estão relacionados à eletricidade; conhece a estrutura atômica; entende fenômenos eletromagnéticos; vê o circuito como um caminho para a corrente elétrica.	Precisa diferenciar melhor os tipos de eletrização.	Experimentos com canudo/lã e eletroscópio; simuladores (lâmpadas em série PhET); roteiros visuais.
C/DI/1°	Conhece algumas formas de geração de energia, como hidrelétrica e solar; entende que algo eletrizado tem energia.	Não sabe o que é elétron; confunde carga elétrica e energia; não tem um modelo claro de circuito.	Perguntas investigativas; simulador PhET (Balão eletrostática); modelos prontos de circuitos; checklists visuais passo a passo.
D/DI/2°	Tem noção intuitiva de matéria como algo físico e palpável.	Não relaciona matéria com eletricidade; conceito de eletricidade aparece fragmentado.	Modelos visuais de cargas elétricas; observação de circuitos simples; experimentos com cabelos eletrizados e eletroscópio.
E/DMU/2°	Sabe identificar fontes de energia, como solar e hidrelétrica; tem experiências do dia a dia com eletricidade.	Confunde eletrizado com muita energia; pensa que eletricidade vem apenas das fontes e não do movimento dos elétrons no circuito.	Perguntas investigativas; simulador PhET (Balão eletrostática); modelos prontos de circuitos; checklists visuais passo a passo.
F/DI/2°	Reconhece fontes renováveis; já teve contato com eletricidade estática; vê energia como algo perigoso.	Associa energia apenas a fontes primárias; não entende bem o que é carga elétrica; vê o circuito como algo confuso e bagunçado.	Perguntas investigativas; modelos visuais de cargas elétricas; modelos prontos de circuitos; checklists visuais passo a passo.
G/DI/3°	Sabe que lâmpadas precisam de corrente elétrica para funcionar; entende que a eletricidade passa por um condutor.	Não relaciona claramente matéria e energia; não diferencia energia de eletricidade; não possui conhecimentos sólidos sobre circuitos.	Perguntas investigativas; simulador PhET (Balão eletrostática); modelos prontos de circuitos; checklists visuais passo a passo.

Fonte: As autoras, 2025.

Quadro 02: *Etapas da sequência didática "O estudo de fenômenos elétricos" na perspectiva da aprendizagem significativa e no sociointeracionismo.*

Etapa	Tema	Ação
Identificação dos sub-sunçores e elaboração dos organizadores prévios	A eletricidade em nosso dia a dia	●Apresentação do problema: Qual a importância da eletricidade no cotidiano? Como ela é transmitida, distribuída e utilizada em nossos eletrodomésticos? ●Levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes por meio de questões introdutórias. ●Entrega de objetos (balão, canudo, régua de PVC, pedaço de lã, pedaço de papel toalha, papel picado). É possível eletrizar algum desses materiais? Como fazer?
Processos de ancoragem de forma progressiva e hierárquica/ Utilização da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)	Construindo conceitos sobre processos de eletrização	●Incorporando novos conceitos a estruturas cognitivas através da observação, levantamento de hipóteses e experimentação: O que torna algo eletrizado? ●Coleta de respostas dos estudantes baseados na aula anterior e/ou em outras situações vivenciadas. ●Entrega de encartes com procedimentos para construção do eletroscópio - atividade em dupla. ●Testando o eletroscópio de folhas - atividade em grupo. ●Utilização do simulador PhET Colorado: Observando o comportamento das cargas elétricas e visualizando os tipos de eletrização. ●Reavaliando as respostas dadas no início da aula: Respondendo a problemática.
Construção das situações-problema; Realização da diferenciação progressiva dos conceitos; Uso da linguagem como ferramenta cognitiva	Conceito de elétron e sua relação com o cotidiano	●Comparando e diferenciando conceitos em relação ao elétron através dos conhecimentos anteriores, levantamento de hipóteses e experimentação: O que o elétron tem a ver com a energia que chega em minha casa? ●Coleta das respostas dos estudantes. ●Exposição dos elementos que formam um circuito elétrico - atividade em grupo onde os estudantes são motivados a montar um circuito (onde colocariam cada elemento? Por que?). ●Avaliando o trabalho realizado pelos estudantes de forma coletiva, explicando a utilização dos componentes de um circuito. ●Utilização do simulador PhET Colorado: kit circuito elétrico - montado um circuito elétrico. ●Utilização de material de apoio (encartes) sobre algumas possíveis maneiras de se montar um circuito. ●Breve orientação de como calcular valores: Corrente, tensão e resistência - 1ª Lei de Ohm. ●Reavaliando as respostas dadas no início da aula. Respondendo a problemática.
Realização da reconciliação integradora; Atividades colaborativas de forma ativa/Mediação e interação contínua	Construindo um labirinto elétrico	●Construindo um labirinto elétrico - aplicação dos conhecimentos sobre circuito elétrico ●Roteiro para a construção do labirinto. ●Construindo em grupo um circuito elétrico para mostrar o labirinto (brinquedo sensorial que possibilita o desenvolvimento da coordenação motora, percepção tátil, visual e auditiva). ●Experimentando o labirinto.
Efetivação do processo de consolidação; Reflexão e Avaliação	Eletricidade: Conceitos e utilização	●Aplicação de questionário para verificar indícios de aprendizagem significativa. ●Aplicação de questionário sobre a possível relevância das intervenções (Questionário para estudantes e professores que acompanham).

Fonte: As autoras, 2025.

IV. RESULTADOS

A primeira aula da sequência didática teve como objetivo específico identificar os subsunçores dos estudantes sobre eletricidade. Para isso, foi aplicado um questionário que foi elaborado com essa finalidade, respondido por sete estudantes: dois dentro do espectro autista, quatro com diagnóstico de deficiência intelectual e um com deficiência múltipla. Todos responderam o questionário de forma escrita, uma vez que dominam a leitura e a escrita. A análise das respostas pode ser observada no Quadro 1.

Após o mapeamento dos subsunçores, alguns tópicos do planejamento foram reavaliados para alinhar as aulas aos subsunçores identificados nos estudantes. Embora o questionário não tenha permitido identificar possíveis casos de hiperfoco entre os alunos, buscou-se explorar essa característica na aula seguinte. (Essa tentativa também não obteve sucesso de imediato, já que esse aspecto foi somente observado durante o processo de intervenções).

Para melhor avaliar os conhecimentos prévios destes estudantes e tornar a aula mais interativa e investigativa, foram entregues aos estudantes os seguintes materiais: balão, canudo, régua de acrílico, pedaço de lã, pedaço de papel toalha e papel picado. Os alunos foram instigados e questionados se era possível eletrizar um ou mais daqueles materiais recebidos. Em caso afirmativo, perguntou-se quais seriam os procedimentos para a eletrização e por quais motivos os materiais ficariam eletrizados. Depois de alguns minutos de reflexão, os estudantes compartilharam suas respostas, afirmando ser possível eletrificar os objetos recebidos e que a eletrização seria devido ao aquecimento dos materiais, ao ganho de energia dos materiais, e até mesmo ao ganho e perda de elétrons.

A maioria deles foi capaz de dizer que esfregando o canudo e a régua, esses objetos ficariam eletrizados, enquanto dois deles não souberam responder. Esta primeira interação indicou que há um conceito sedimentado entre os estudantes acerca da eletrificação, sendo conhecido por eles de experiências quicá informais, associada corretamente por alguns ao desequilíbrio de elétrons. Esta menção aos elétrons serviu para uma breve apresentação da série triboelétrica. Os estudantes puderam testar formas de eletrizar os itens recebidos e verificar o que funcionava e quais efeitos eram observados entre diferentes materiais.

Antes de seguir na experimentação, a equipe percebeu a necessidade de se abordar o método científico no processo investigativo e, aproveitando o ensejo, discutir o erro no processo de descoberta e aprendizagem, até mesmo como oportunidade para lidar com a frustração gerada pelo insucesso. Neste sentido foi possível ressignificar e mensurar, de uma forma mais sistematizada, os objetivos da sequência para apresentação dos conteúdos no segundo momento. No segundo momento foi possível elaborar um roteiro claro, detalhando os tópicos a serem trabalhados e sua apresentação prévia aos estudantes. Essa estratégia buscou mitigar a ansiedade dos alunos, proporcionando previsibilidade sobre o desenvolvimento da aula. O roteiro, elaborado pelas professoras da Sala de Recursos, enfatiza a importância de considerar as necessidades psicológicas da classe em paralelo aos objetivos cognitivos, pois um estudante desconfortável com a abordagem tende a apresentar maior dificuldade para aprender e assimilar os conceitos apresentados (WALLON, 1981).

Sendo assim, neste segundo dia de aplicação da sequência, a aula iniciou com uma roda de conversa que buscou instigar a participação dos estudantes, abordando três tópicos: Minha visão sobre a Física, Algo que me ajudaria a gostar ou gostar mais de Física e Que

importância atribuo ao erro?

Foi entregue um encarte descontraindo sobre investigação científica (Figura 1³), que reforçava a importância do erro no processo de experimentação/investigação e destacava a relevância do passo a passo na formulação do conhecimento, compreendido como algo sempre em construção, sujeito a mudanças, refutações ou complementações.



Figura 1: Material de apoio - O Método Científico. Fonte: (El método científico explicado en un meme - Meme subido por ernicoferrer :) Memedroid.)

Todos participaram relataram alguma dificuldade em compreender assuntos pertinentes à disciplina de Física, e também deram respostas às perguntas lançadas inicialmente, tais como: “Física é difícil porque tem cálculos”; “Eu não gosto de Física porque eu não entendo”; “Têm umas coisas interessantes em Física; Eu pesquiso no YouTube sobre a criação do universo”; “Fazer experimentos é legal, mas na sala de aula é diferente”; “Eu não gosto de errar. É ruim”; “O erro é normal, mas ninguém gosta de errar.”

Após este momento, destacou-se a importância do método científico e, consequentemente, sobre a importância da tentativa e erro na construção do saber científico. Já que novas tentativas, após detectados os erros, podem resultar em acertos. A Ciência é construída ao longo dos tempos, através de invenções e descobertas que, possivelmente, passaram por análises refutadas/comprovadas para se transformarem em teoria.

Foi retomada a investigação acerca do que torna algo eletrizado (Processos de eletrização - Construção de eletroscópio de folha), sendo que a maioria dos estudantes associou a eletrização à energia elétrica, sem definição formal do que seria isso. Um dos estudantes mencionou carga elétrica, que levou à introdução formal dos conceitos associados através do uso da simulação na plataforma PhET Colorado (Balões e Eletricidade Estática - Eletricidade Estática | Cargas Elétricas | Força Elétrica - Simulações Interativas PhET

³Material de apoio, com encarte descontraindo lançando mão de memes famosos para explicar o passo a passo de um estudo estruturado, comumente referido como Método Científico. Fonte: (El método científico explicado en un meme - Meme subido por ernicoferrer :) Memedroid.)

(colorado.edu). Todos os estudantes participaram e demonstraram compreensão sobre o processo de eletrização por atrito. Através destas estratégias foi possível fazer uma relação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e o novo conhecimento (ancoragem/ZDP).

O uso da simulação, associado à experimentação, complementa o que se percebe em sala de aula, permitindo-se representar concretamente conceitos abstratos ou invisíveis. No caso, a simulação mostra o acúmulo de elétrons em um ou outro objeto, ao mesmo tempo que identifica seu déficit em outros indicando a carga positiva. É impossível "ver os elétrons" num experimento real, a simulação faz essa representação pictórica que propicia maior compreensão dos fenômenos observados no experimento real.

Em seguida, iniciou-se a construção do eletroscópio de folhas, com o objetivo de verificar, em sala de aula, a transferência e acúmulo de cargas elétricas por meio de três processos de eletrização: atrito, contato e indução; conforme ilustrado na Figura 2 (b) e (c). Os estudantes receberam instruções para o procedimento em um material plastificado e realizaram a construção em grupo. Ao final, cada um ficou com um eletroscópio como recompensa pelo esforço dedicado à construção do experimento.

Após o processo de produção, os estudantes testaram os eletroscópios observando os três tipos de eletrização. Todos demonstraram, de alguma forma, compreensão acerca de cargas positivas e negativas (prótons e elétrons). Registros de alguns momentos da aula está disponíveis na Figura 2⁴:

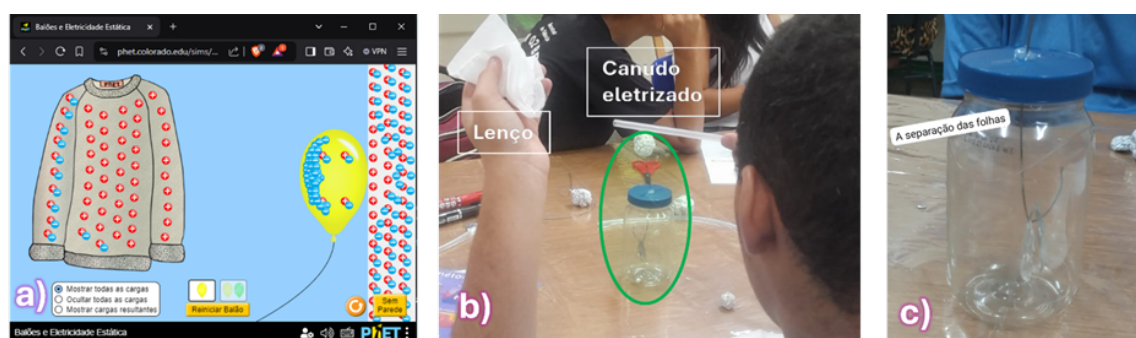


Figura 2: Procedimentos práticos e virtuais sobre processos de eletrização. Fonte: Elaboração própria.

No terceiro encontro, considerando que os alunos demonstraram compreender a existência de elétrons nos materiais e o fato de que eles possuem carga elétrica, avançou-se para o tópico seguinte. Este tem como objetivo associar o conceito de elétron à energia elétrica presente no cotidiano dos alunos, além de introduzir o entendimento sobre o que é um circuito elétrico.

Sem explicações prévias, foram disponibilizados para os estudantes pilhas de 1,5V, fios condutores, resistores, leds e chave liga/desliga. Com esses elementos, os estudantes foram desafiados a montar um circuito elétrico simples, compreendendo-o como um caminho para o fluxo dos elétrons, portadores de carga elétrica. A atividade foi realizada em grupo, com o auxílio dos aplicadores, e resultou na montagem de dois circuitos pelos estudantes. A

⁴a) Simulação da transferência de cargas entre o balão e um casaco de lã, bem como a repulsão de cargas elétricas negativas da parede a partir da aproximação do balão. Fonte: Phet Colorado b) Detalhes da construção e o resultado do eletroscópio de folhas, com as folhas separadas após o toque da esfera de alumínio com o canudo eletrizado por atrito (c). Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

problemática que norteou este momento foi: O que o elétron tem a ver com a energia que chega em minha casa?

Em seguida, os estudantes fizeram a montagem de circuitos no simulador PhET Kit para Montar um Circuito DC - Laboratório Virtual (Circuito PHET). Essa simulação permitiu aos estudantes a visualização pictórica do movimento dos elétrons e, consequentemente, a geração da corrente elétrica no circuito. Este simulador é rico e permite diferentes construções e visualizações referentes a circuitos elétricos, em corrente contínua (como no caso da pilha) e alternada, que não foi abordada com os alunos. A Figura 3⁵ apresenta registros desse momento:

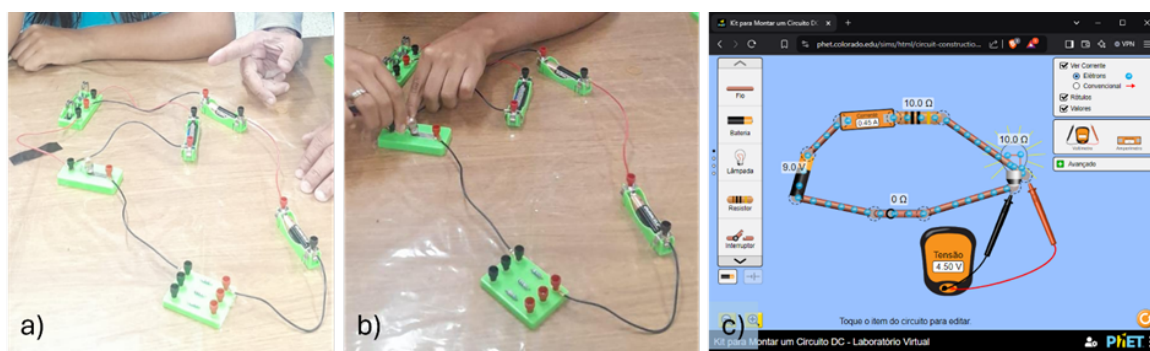


Figura 3: Experimentos práticos e virtuais sobre Circuitos elétricos. Fonte: Elaboração própria.

No questionário de feedback preenchido posteriormente pelos estudantes, a maioria indicou esta aula como a mais interessante. Ao final, os estudantes conseguiram identificar os componentes do circuito e relacionar o uso de circuitos a situações cotidianas, como os aparelhos presentes em suas casas, tais como chuveiro, torradeira e lâmpadas. A experiência de construir um circuito com as próprias mãos, verificar o acendimento dos LEDs e, posteriormente, observar o mesmo circuito de forma online, com a representação da corrente elétrica e dos elétrons, complementou o aprendizado. Essa abordagem prática e visual favoreceu uma compreensão mais profunda do tema, promovendo um registro duradouro do conhecimento adquirido.

A quarta aula fez uso do conceito de circuito já trabalhado, com um viés mais lúdico e um circuito um pouco mais elaborado, com a temática "Construindo um labirinto elétrico e vivenciando sua utilidade". A aula foi iniciada com um roteiro dos tópicos a serem abordados, seguido da apresentação do "circuito labirinto" já pronto, confeccionado pela autora. Esse labirinto consiste em um fio conectado a um pequeno alto falante (buzzer) em paralelo com um led, alimentado por um conjunto de pilhas que somam 6V. Uma das extremidades do fio compõe um aro, que deve passar ao longo do fio sinuoso sem tocá-lo, pois, ao toque, fecha-se o circuito e o alto falante emite um som, indicando que houve contato e, consequentemente, fechamento do circuito. Um resistor também foi utilizado em série com o LED com a finalidade de limitar a corrente.

⁵a) e b) Montagem do circuito pelos alunos, indicando fios e outros elementos de circuito. Fonte: Elaboração dos Atores (2024). c) Captura de tela de um circuito simples com bateria de 9V, um resistor e uma lâmpada, acionados por uma chave, além dos instrumentos de medida (amperímetro em série e voltímetro em paralelo, medindo a tensão na lâmpada), indicando pictoricamente os elétrons transitando pelo circuito, representados pelas esferas azuis. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em momento posterior, foi disponibilizado para os estudantes um roteiro para construção de outro circuito neste formato (de forma coletiva). Foi observado os componentes que formam este tipo de circuito, bem como, refletiu-se sobre sua funcionalidade. Na Figura 4⁶, é apresentado o circuito labirinto montado e o esquema deste circuito.

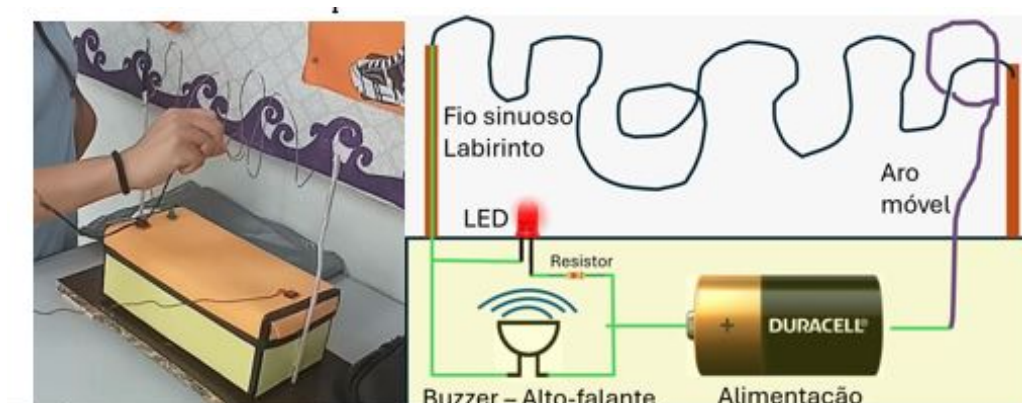


Figura 4: Foto e esquema do circuito sonoro do labirinto e sua montagem real. Fonte: Elaboração própria.

Esta foi uma aula bem lúdica onde os estudantes se divertiram tentando vencer o desafio do labirinto. Ao final observou-se que, como qualquer circuito, o labirinto tem uma funcionalidade prática que é, em primeira análise, acender um led e ligar uma pequena sirene (buzzer). No entanto, para além disso, pode ser utilizado como um material pedagógico capaz de trazer a ludicidade para sala de aula através do desafio de passar sem fechar o circuito. A atividade envolve concentração, motricidade, percepção visual e auditiva. Sendo assim, pode ser utilizada em outros contextos a depender da realidade dos estudantes envolvidos. Os estudantes foram, então, incentivados a construir por si mesmos um outro circuito labirinto para utilização na feira de Ciências da Regional de Ensino. Esta proposta foi acolhida com entusiasmo, haja vista a experiência rica que tiveram em tentar vencer o labirinto.

Na quinta e última aula, a turma foi convidada a refletir e manifestar-se acerca das intervenções e do aprendizado dos últimos dias. Nesta ocasião, foi aplicado um questionário final com o objetivo de verificar a aprendizagem e significância da intervenção. Dois tipos de questionários foram disponibilizados, sendo um para as professoras da sala de recursos e o outro, para os estudantes.

O questionário direcionado aos estudantes autistas (TEA), aos estudantes com deficiência intelectual (DI) e ao estudante com deficiência múltipla (DMu) contemplou as seguintes dimensões: Identificação pessoal; Relação entre o conteúdo e os conhecimentos prévios; Aprendizagem cognitiva considerando diferentes abordagens; Interação social considerando o trabalho desenvolvido em grupo. O questionário direcionado aos professores se baseou em uma avaliação das aulas, considerando os formulários com as respostas dadas pelos estudantes. Sendo assim, o objetivo deste questionário foi também avaliar a relevância das intervenções, se foi ou não contemplada a aprendizagem significativa. As professoras

⁶Esquema do circuito sonoro do labirinto e sua montagem real. Os estudantes foram desafiados a percorrer todo o circuito sem tocar o aro no fio e a explicar o que estava acontecendo. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

opinaram acerca das seguintes dimensões: Realidade dos estudantes; Relação entre o conteúdo e os conhecimentos prévios; Aprendizagem cognitiva considerando diferentes abordagens; e Interação social.

Como já apresentado no Quadro 1, os estudantes estão classificados como letras do alfabeto, no sentido de preservar a privacidade destes. Para cada letra (estudantes) é apresentado o diagnóstico clínico e dados coletados antes da aplicação da sequência, referentes aos subsunçores necessários para se iniciar o conteúdo, bem como, possibilidades de ancoragem.

A análise das respostas apontou que a maioria dos alunos tinha alguns conhecimentos prévios sobre o assunto, mas que ainda faltava subsunçores necessários para dar significado a novos conhecimentos. Foi identificado em apenas um dos alunos os subsunçores necessários. Com base nestes dados, o planejamento das aulas seguintes, além de objetivar o desenvolvimento da sequência didática sobre o assunto, visou-se, em primeira instância, construir estes subsunçores através da apresentação dos conceitos introdutórios, antes do material de aprendizagem em si (organizadores prévios). Em relação ao hiperfoco, este não foi identificado nos estudantes TEA e não se aplicou para os demais estudantes.

Durante a aplicação da sequência didática, dados foram coletados para mapear o processo da aprendizagem significativa contemplando o ensino por investigação. Estes dados qualitativos foram coletados por meio de observações durante a aula e também através de questionários. Os resultados das observações e questionários foram sintetizados no Quadro 3⁷ considerando indícios da aprendizagem significativa, a relevância do trabalho em grupo e o aumento de interesse pela Física.

Após a aplicação da sequência, os questionários indicaram bom entendimento dos tópicos abordados, tanto em relação a inícios de aprendizagem significativa quanto em relação à relevância das intervenções numa perspectiva de trabalho em grupo e aumento de interesse para Física. Considerando o pequeno número de estudantes participantes da pesquisa, entendemos que essa avaliação é qualitativa, não sendo imbuída de representatividade estatística.

Já o questionário apresentado às docentes participantes das intervenções trouxe informações acerca da relevância do estudo que contemple uma aprendizagem significativa, abordando três aspectos: metodologia, recursos e perspectiva de inclusão. O questionário contava com 6 questões referentes a relevância da metodologia, 5 questões referentes a recursos adequados e 1 questão relacionada à perspectiva de inclusão. Desta forma, no Quadro 4, os resultados são apresentados considerando as respectivas menções: 0-3: Insatisfatório; 4-5: Regular; 6-7: Bom; 8-9: Muito Bom; 10: Excelente. O Quadro 4⁸ mostra a coleta destes dados.

⁷O quadro apresenta os resultados obtidos no decorrer e ao final da sequência. A primeira e segunda coluna refere-se a identificação do aluno, consta um diagnóstico, sendo TEA - Transtorno do Espectro Autista, DI - Deficiência Intelectual e DMU - Deficiência múltipla e o ano matriculado no ensino médio. Na segunda coluna refere-se a construção da aprendizagem significativa. Na terceira coluna é relativa a relevância das intervenções e do trabalho em grupo para os estudantes.

⁸Na primeira coluna são apresentados a identificação das professoras; na segunda coluna refere-se a importância das intervenções metodológicas: para este caso, a professora 1 atribuiu nota 10 e a professora 2 atribuiu nota 8,5 (as notas poderiam ser atribuídas de 0 a 10); A terceira coluna refere-se a importância dos recursos utilizados, neste caso, as duas professoras atribuíram nota máxima. A última coluna apresenta as perspectivas de inclusão, para este caso, as duas professoras atribuíram nota máxima.

Quadro 03: *Dados coletados no decorrer e ao final da sequência didática.*

Estudante / Diagnóstico / Ano EM	Construção da aprendizagem	Relevância das intervenções
A / TEA / 1º ano	Já possuía conhecimento prévio significativo. Ao final, compreendeu a eletricidade no cotidiano, movimento de elétrons, diferença entre cargas em repouso e em DDP, conceitos de eletricidade estática e dinâmica, tipos de eletrização, conceito e componentes de circuito elétrico.	Classificou como legal e eficiente. Gostou mais dos circuitos. Nota 7 para o trabalho em grupo (negativo: intervalos entre intervenções). Interesse pela Física não aumentou, pois já existia, mas reconheceu que os experimentos e simulações ajudaram a visualizar fenômenos. Após identificar seu interesse específico, foram propostas atividades de pesquisa, nas quais participou bem e interagiu tranquilamente.
B / TEA / 1º ano	Não respondeu ao último questionário, mas demonstrou conhecimento prévio significativo. Ao final, compreendeu eletricidade no cotidiano, movimento de elétrons, cargas em repouso e tipos de eletrização.	Pouco interesse em trabalho em grupo; mais engajado em atividades individuais. Simulações e experimentos favoreceram o aprendizado.
C/DI/ 1º ano	Pouco conhecimento inicial. Ao final, compreendeu eletricidade no cotidiano, noções de cargas elétricas, movimento dos elétrons, tipos de eletrização, funcionamento e componentes do circuito elétrico.	Considerou o aprendizado muito bom. Nota 10 para o trabalho em grupo. Destacou como mais significativo o eletroscópio e o circuito. Interesse por Física aumentou.
D/DI/ 2º ano	Não tinha contato prévio com o conteúdo. Ao final, compreendeu eletricidade no cotidiano, cargas elétricas, tipos de eletrização, noções de cargas e funcionamento de circuito (dificuldade em nomear componentes).	Considerou uma linda forma de aprender. Nota 10 para o trabalho em grupo. Mais significativo: simulações do PhET. Interesse por Física aumentou um pouco.
E/DMU/ 2º ano	Não tinha contato prévio. Ao final, compreendeu eletricidade no cotidiano, movimento de elétrons, tipos de eletrização, noções iniciais de cargas e funcionamento de circuito (dificuldade em nomear componentes).	Considerou muito importante. Nota 10 para o trabalho em grupo. Mais significativo: circuito labirinto. Interesse por Física aumentou.
F/DI/ 2º ano	Conhecimento prévio com noções distorcidas. Ao final, diferenciou cargas em repouso e em DDP, compreendeu eletricidade estática e dinâmica, tipos de eletrização, conceito e componentes de circuito.	Considerou interessante. Nota 6 para o trabalho em grupo (falta de colaboração de alguns). Mais significativo: circuito. Interesse por Física na média, mas achou as experiências incríveis.
G/DI/ 3º ano	Já tinha contato com o conteúdo, mas não sistematizou respostas no início. Ao final, compreendeu eletricidade no cotidiano, cargas elétricas, tipos de eletrização, noções de cargas e funcionamento de circuito elétrico.	Considerou que facilita o entendimento. Nota 9 para o trabalho em grupo. Mais significativo: circuito elétrico. Interesse por Física aumentou.

Fonte: As autoras, 2025.

Quadro 04: *Dados coletados no decorrer e após as intervenções com as professoras da sala de recursos*

Respondente	Importância das Intervenções Metodológicas	Importância dos Recursos Utilizados	Perspectivas de Inclusão
Professora 1	10	10	10
Professora 2	8,5	10	10

Fonte: As autoras, 2025.

Em relação às respostas das professoras, no tópico da importância das intervenções metodológicas, as respostas em nota máxima, ficaram em 93%. Para os tópicos "importância dos recursos" e "perspectivas de inclusão", às respostas com nota máxima, atingiram 100% das questões. Apesar da abordagem ser qualitativa, os dados coletados apontam para resultados positivos.

V. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Analisando os momentos vivenciados com a turma da Sala de Recursos durante a realização dos experimentos e das simulações, pode-se verificar indícios do processo de aprendizagem significativa, onde os estudantes foram capazes de partir de seus conhecimentos prévios para estabelecer os subsunçores necessários ao avanço cognitivo teórico-experimental previsto no conteúdo. Quando identificado que algum estudante não possuía esse conhecimento necessário para avançar na ampliação de conhecimento/entendimento, tentou-se criar, através de aspectos relevantes para ele, um ponto de ancoragem com o objetivo de construir/acessar o subsunçor, sempre em conexão com a realidade do discente e adequado a seu nível cognitivo e de maturidade. A organização das aulas objetivou a criação de estruturas lógicas visando proporcionar uma ampliação do conhecimento sobre o tema, com roteiros para mitigar a ansiedade dos estudantes. Procurou-se, também, promover o protagonismo dos alunos, com recursos visuais e práticos dentro da perspectiva do uso de simulações e experimentos. Neste sentido, priorizou-se a aprendizagem por descoberta, a partir de questionamentos iniciais para criação de hipótese e desenvolvimento de experimentos utilizando a parte prática ou simulada. Houve momentos de síntese sobre a análise dos resultados de forma individual e coletiva. Após o resultado, procurou-se trazer momentos de reflexão sobre possíveis teorias, fazendo uma relação com as teorias já existentes na Física.

Os resultados obtidos por meio dos questionários individuais evidenciaram a construção de significados através de uma abrangência de conceitos (hierarquia conceitual), considerando os aspectos mencionados acima. No que se refere à aprendizagem por meio de troca de experiências, trabalho em grupo e interação social, percebeu-se grande relevância quando se considera o grupo, ou seja, o complemento de ideias, o preenchimento de lacunas, a estruturação de um ponto comum e, principalmente, o reconhecimento da importância do "eu" e do "outro" para construção de hipóteses, de conceitos, de ideias, de resultados, de teorias para se resolver um problema.

O hiperfoco dos alunos com TEA não foi identificado na primeira intervenção e o de apenas 1 discente foi identificado no decorrer do processo. Isso indica que, para lançar mão desse interesse concentrado favorecendo o aprendizado, uma intervenção mais duradoura se faz necessária, sendo que mesmo uma entrevista com a família pode trazer benefícios. Vale ressaltar que conhecer o hiperfoco de um estudante dentro do Transtorno do Espectro Autista (se existir) é de grande relevância porque ele serve de fator motivador, além de representar um ponto de ancoragem para a construção de conceitos mais abrangentes. Ainda assim, o hiperfoco não é exigência para a aplicação da sequência didática aqui proposta e a mesma se presta a propiciar aprendizagem duradoura a todos os alunos, quer eles tenham demandas específicas ou não.

O hiperfoco refere-se a um estado de concentração intensa e prolongada em um tema ou atividade, durante o qual a pessoa pode perder a noção do tempo e ignorar estímulos externos. No caso do estudante "A", esse hiperfoco se manifestou na persistência em resolver todas as atividades escolares de forma que ele chegava a caminhar pela rua com o caderno para dar continuidade às tarefas. Embora esse comportamento evidencie, também, um aspecto negativo do hiperfoco o isolamento de outras atividades sociais e a rigidez cognitiva de realizar as tarefas sozinho, a intervenção realizada permitiu que ele comesse a participar de atividades em grupo. Esse incentivo ajudou o estudante a sair parcialmente de sua zona de conforto, promovendo interação com os colegas e potencializando seu desenvolvimento integral. Dessa forma, o reconhecimento do hiperfoco mostra-se fundamental para a prática pedagógica, permitindo que ele seja utilizado como recurso motivacional e instrumento de aprendizagem e crescimento social.

No que se refere à sensibilidade social e às possíveis dificuldades de interação de alunos com TEA, a curta duração das intervenções dificultou a construção de vínculos mais profundos entre professor e aluno. Esse aspecto é algo particularmente relevante para estudantes dentro do espectro autista, pois, sem esse vínculo, as interações podem ser limitadas e conhecer seus subsunçores se torna mais difícil. No contexto deste estudo, os encontros ocorreram semanalmente, ao longo de apenas cinco semanas. Mesmo assim, foi possível estabelecer vínculos iniciais e perceber que, à medida que os encontros avançavam, as interações se tornavam mais efetivas e a aprendizagem mais significativa.

A decisão de realizar as intervenções na Sala de Recursos, em vez da turma regular, teve como objetivo atender a um maior número de alunos com necessidades educacionais específicas, considerando que a sala convencional comporta no máximo dois estudantes neuroatípicos. Ainda assim, a proposta de inclusão busca desenvolver métodos e estratégias que contemplem as demandas de todos os estudantes, promovendo ganhos no aprendizado coletivo. A metodologia apresentada pode ser adaptada para turmas maiores, com mais de 20 alunos, desde que haja materiais suficientes e organização para trabalhos em grupo nos computadores disponíveis.

Considerando os outros estudantes atendidos na sala de recursos (neuroatípicos mas não TEA), também com necessidades de adequações e intervenções por suas particularidades, percebeu-se que tanto as estratégias baseadas na aprendizagem significativa de Ausubel e no sociointeracionismo de Vygotsky quanto os recursos pedagógicos voltados para uma maior estimulação visual e espacial - definida por Gardner como inteligência espacial-visual (inteligências múltiplas) - foram de grande relevância para construção da aprendizagem. Vale

salientar que estes estudantes, por apresentarem deficiência intelectual (que não era o caso dos estudantes dentro do espectro autista), tiveram maior dificuldade para desenvolvimento da aprendizagem. A maioria deles não tinham subsunçores necessários para contemplar os tópicos de eletrostática propostos na sequência, exigindo a construção de pontos de partida que levassem à elaboração de significados, através de contextualizações simples da vivência de cada um. Os experimentos e simulações foram essenciais para se construir essa relação. Como exemplo, podemos citar a intervenção que abordou circuitos, quando traçou-se uma relação entre: o poste da rua e a pilha, os fios que saem do padrão de energia com os fios utilizados no experimento, o interruptor da casa com a chave, a lâmpada da casa com o led.

O momento coletivo foi uma experiência interessante, de ajuda mútua, onde a maioria dos estudantes percebeu a importância da troca, ou seja, o reconhecimento de sua própria importância e da importância do outro para se resolver uma problemática.

Tecendo uma visão geral sobre o estudo, atribui-se a ele uma contribuição positiva para a inclusão de estudantes neuroatípicos, especialmente aqueles dentro do espectro autista (TEA), considerando aspectos importantes para esse público, como hiperfoco, memória visual, sensibilidade sensorial e interação social, por meio de experimentos em grupo, manipulação prática e simulações virtuais. Contudo, as intervenções realizadas mostraram-se também extremamente relevantes para estudantes com outras deficiências, como deficiência intelectual e deficiências múltiplas, ampliando seu alcance e impacto para além do previsto inicialmente. Dessa forma, o trabalho contribuiu de maneira significativa para um público mais diversificado, reforçando a importância de estratégias inclusivas e adaptadas às necessidades específicas de cada estudante.

Editora Responsável: Maria de Fátima da Silva Verdeaux

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Tradução de Vitor Duarte Teodoro e Lígia Teopisto. Lisboa: Paralelo Editora, 2001.

BESSA, V. H. *Teorias da aprendizagem*. Curitiba: IESDE Brasil SA, 2008.

BOLF, A. M.; CASEIRO, L. M.; MUNDIM, F. C. *Carência de professores na educação básica: risco de apagão?* Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), 2023. doi: <<https://doi.org/10.24109/9786558011026.ceppe.v9.5967>>.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 14 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação; Conselho Nacional de Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica: diversidade e inclusão*. Brasília, DF: CNE/MEC, 2013. Disponível em: <[diretrizes_curriculares_nacionais_para_educacao_basica_diversidade_e_inclusao_2013](#)>.

pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. *Escassez de professores no Ensino Médio: propostas estruturais e emergenciais*. Brasília, DF: Senado Federal, 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/escassez1.pdf>>. Acesso em: 1 mai. 2024.

BRASIL. *Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12764.htm>. Acesso em: 14 jul. 2024.

BRASIL. *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 14 jul. 2024.

BRASIL. *Lei nº 13.977, de 8 de janeiro de 2020*. Altera a Lei nº 12.764 e institui a Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L13977.htm>. Acesso em: 14 jul. 2024.

BRASIL. *BNCC: Base Nacional Comum Curricular: aprendizagem significativa breve discussão acerca do conceito*. Brasília, DF: Ministério da Educação, s.d. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos?start=10&tmpl=articlelist>>. Acesso em: 12 jan. 2024.

BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. *LDB Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996*. Brasília, DF, 1996. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 14 jul. 2024.

BRYANT, D. P.; GAST, D. L. *Teaching Students with Severe Disabilities*. Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall, 2000. ISBN 978-0134988823.

DISTRITO FEDERAL. *Lei nº 7.292/2023: alteração na legislação sobre autismo amplia direitos*. Brasília, DF: Câmara Legislativa do Distrito Federal, 2023. Disponível em: <<https://www.cl.df.gov.br/-/alteracao-na-legislacao-sobre-autismo-amplia-direitos>>. Acesso em: 14 jul. 2024.

FARIAS, G. B. Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pci/a/ZSNC6yjPGkG6t5kTQHC3Wxp>>. Acesso em: 1 dez. 2023. doi: <<https://doi.org/10.1590/1981-5344/39999>>.

GEHLEN, S. T.; HALMENSCHLAGER, K. R.; MACHADO, A. R.; AUTH, M. A. O pensa-

mento de Freire e Vygotsky no Ensino de Física. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 2, 2012. Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/423>>. Acesso em: 1 dez. 2023.

GOMES, E. C.; FRANCO, X. L. S. O.; ROCHA, A. S. *Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino da física*. Araguaína, TO: ABEC Brasil, 2020. Disponível em: <<https://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/2431/1/Uso%20de%20simuladores.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2023.

ISQUIERDO, E. F.; BERGHAUSER, N. A. C. O uso do laboratório de física e a sua eficácia para o processo de ensino-aprendizagem. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/view/5185/pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

KRANTZ, P. J.; MACDUFF, M. T.; MCCLANNAHAN, L. E. Programming participation in family activities for children with autism: Parents use of photographic activity schedules. *Journal of Applied Behavior Analysis*, v. 26, n. 1, p. 137–138, 1993. doi: <<https://doi.org/10.1901/jaba.1993.26-137>>.

MACDUFF, G. S.; KRANTZ, P. J.; MCCLANNAHAN, L. E. Teaching children with autism to use photographic activity schedules. *Journal of Applied Behavior Analysis*, v. 26, n. 1, p. 89–97, 1993. doi: <<https://doi.org/10.1901/jaba.1993.26-89>>.

MASSEY, N. G.; WHEELER, J. J. Acquisition and generalization of activity schedules. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, v. 35, n. 3, p. 326–335, 2000. doi: <<https://doi.org/10.2307/23880034>>.

MEMEDROID. *El método científico explicado en un meme*. s.d. Disponível em: <<https://es.memedroid.com/memes/detail/3827773/El-metodo-cientifico-explicado-en-un-meme>>. Acesso em: jul. 2024.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. Brasília: Editora UnB, 1999. ISBN 85-230-0587-8.

MOREIRA, M. A. *Monografia nº 10 da 5th-ie Ellfoques Tearicos*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 1995.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001815724>>. Acesso em: 7 jul. 2024.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. 2. ed. ampliada. São Paulo: E.P.U., 2017.

OPAS/OMS. *Transtorno do espectro autista*. Organização Pan-Americana da Saúde, 2023. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/topicos/transtorno-do-espectro-autista>>. Acesso

em: 29 nov. 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Autism Spectrum Disorders*. Fact sheet, 15 nov. 2023. Disponível em: <Autismo>. Acesso em: 29 nov. 2023.

PERES, E. H.; MARTINS, R.; CHABALGOITY, G.; ANGELI, M. E. Cerca de 2 milhões de pessoas vivem com o autismo no Brasil. *Correio Braziliense*, 2 abr. 2022. Disponível aqui. Acesso em: 9 nov. 2023.

ROMERO, P. Breve estudo sobre Lev Vygotsky e o sociointeracionismo. *Revista Educação Pública*, 2015. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/15/8/breve-estudo-sobre-lev-vygotsky-e-o-sociointeracionismo>>. Acesso em: 12 mar. 2024. doi: <<https://doi.org/10-18264/REP>>.

ROSA, A. P. M.; GOI, M. E. J. Teoria socioconstrutivista de Lev Vygotsky. *Revista Educação Pública*, v. 24, n. 10, 26 mar. 2024. Disponível aqui. doi: <<https://doi.org/10-18264/RE>>.

SAMSON, F. *et al.* Enhanced visual functioning in autism: An ALE meta-analysis. *Human Brain Mapping*, v. 33, n. 7, p. 1553–1581, 2012. doi: <<https://doi.org/10.1002/hbm.21307>>.

SANTOS, R. C. dos. *Sobre a influência do conhecimento prévio e aprendizagem*. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Letras Português) Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Teorias da Aprendizagem e da Educação como Referenciais. *Revista do Professor de Física*, v. 2, p. 104–125, 2018. doi: <<https://doi.org/10.26512/rpf.v2i2.12315>>.

SOUZA, A. L. A. de; ANACHE, A. A. A educação das pessoas com o transtorno do espectro autista. *Revista on line de Política e Gestão Educacional (RPGE)*, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.fclar.unesp.br/rpge/article/view/14330>>. Acesso em: 7 nov. 2023. doi: <<https://doi.org/10.22633/rpge.v24iesp2.14330>>.

WALLON, H. *A evolução psicológica da criança*. Tradução de Ana Maria Bessa. Lisboa: Icêicoes TO, [1981]. Disponível em: <Wallon-Aevoluçãopsicológicadacriança.pdf-GoogleDrive>.

ZEPPELINI, B. B. de M. *Aumentando comportamentos de adesão à rotina e engajamento em atividades em pessoas com transtorno do espectro autista (TEA) por meio de suportes visuais*. Paradigma Centro de Ciências e Tecnologia do Comportamento, 2021. Disponível aqui. Acesso em: 12 mar. 2024.