

Adriana Vigne Xavier

# LÂMPADAS LED E SUSTENTABILIDADE: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

Passo Fundo

2024

Adriana Vigne Xavier

# LÂMPADAS LED E SUSTENTABILIDADE: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Humanidades, Ciências, Educação e Criatividade, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, sob a orientação da professora Dra. Alana Neto Zoch.

Passo Fundo

2024

CIP – Catalogação na Publicação

---

X31 Xavier, Adriana Vigne  
Lâmpadas de LED e sustentabilidade [recurso eletrônico] : uma  
sequência didática para o ensino médio /Adriana Vigne Xavier. –  
2024.

1.9 MB ; PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Neto Zoch. Dissertação  
(Mestrado em Ensino de Ciências e

Matemática) – Universidade de Passo Fundo, 2024.

1. Física (Ensino médio) - Estudo e ensino.  
2. Sustentabilidade. 3. Educação ambiental. 4. Lâmpadas de LED.  
5. Aprendizagem significativa. I. Zoch, Adriana Neto, orientadora.  
II. Título.

CDU: 372.853

---

Catalogação: Bibliotecária Juliana Langaro Silveira - CRB 10/2427

Adriana Vigne Xavier

## Lâmpadas LED e sustentabilidade: uma sequência didática para o Ensino Médio

A banca examinadora abaixo, APROVADA em 25 de março de 2024, a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial de exigência para obtenção de grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática na linha de pesquisa Práticas Educativas no ensino de Ciências e Matemática.

Dra. Alana Neto Zoch  
Universidade de Passo Fundo - UPF

Dr. Wilton Rabelo Pessoa  
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dra. Marivane de Oliveira Biazus  
Universidade de Passo Fundo - UPF

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo amparo e proteção diária. Por guiar meus passos e me encorajar para enfrentar os desafios e não me deixar desistir em meio às dificuldades.

A Universidade de Passo Fundo, seu corpo docente, coordenação, professores, administração, pela oportunidade, incentivo e pelo que pudemos compartilhar durante este período.

À Professora Dra. Alana Neto Zoch, minha orientadora, pela parceria e amizade e por acompanhar e auxiliar em toda a construção do meu trabalho, incentivando e socorrendo sempre sem deixar de acreditar que seria possível chegar até aqui.

Aos colegas de turma do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, pelo incentivo, amizade e parceria e pelos bons momentos que experimentamos juntos nos períodos que fisicamente conseguimos nos encontrar e em todos os outros que, mesmo virtualmente, nos sentimos tão próximos e tão amparados. Saibam que serão guardados com muito carinho em minha lembrança.

Aos meus familiares, que sempre me apoiaram e nunca me fizeram desistir. A minha mãe Teresa por entender a ausência e me incentivar em todos os momentos, ao meu esposo Doderlein que sempre me apoiou nessa caminhada. Às minhas filhas Andressa e Ana Carolina, pelas ausências de todos os dias devido ao trabalho e aos estudos e por todo incentivo, carinho e amor recebido. Externo aqui minha gratidão.

Dedico este trabalho às minhas filhas, razão e motivo do meu existir.

## RESUMO

A sustentabilidade tem se apresentado como um eixo importante dentro da Educação Ambiental (EA), pois vem sendo muito discutida na atualidade em diferentes setores: governamental, produtivo, domiciliar, entre outros. Deste modo, é um assunto que precisa ser tratado na escola por todas as disciplinas, já que se situa no tema transversal EA. Considerando esse ponto e as dificuldades que os estudantes do ensino médio apresentam em relação a aprendizagem no componente curricular Física, se elencou como problema desta pesquisa o seguinte questionamento: *quais as potencialidades que uma sequência didática (SD), baseada no enfoque CTSA e tendo como temática as lâmpadas LED, pode oferecer em termos de aprendizagem dos conceitos pertinentes de Física e de sensibilização quanto aos aspectos de sustentabilidade relacionados ao uso deste material?* Com isso, o produto educacional proposto e desenvolvido foi uma sequência didática do tipo Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), para abordar questões envolvendo o eixo sustentabilidade, como o uso e descarte das lâmpadas LED, e tópicos de eletricidade, necessários para o entendimento do tema. Também se problematiza a influência do uso prolongado desse material na saúde humana. Assim, a UEPS aborda conceitos como o de corrente elétrica e transformações de energia, contextualizados por meio das lâmpadas LED e a sustentabilidade, constituindo-se como um material didático para professores que ministram aulas de Física no Ensino Médio. Com isso, se buscou analisar a SD proposta segundo os parâmetros definidos na pergunta - aprendizagem e sensibilização ambiental. As UEPS têm como base a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel, assim, ela constitui o referencial teórico do trabalho, bem como o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), pois este norteou a escolha do tema selecionado para a sequência. O produto educacional foi desenvolvido em uma escola estadual do município de Nonoai - RS, junto a turma de sete estudantes do 3º ano do Ensino Médio. Os recursos didáticos selecionados foram textos, vídeos, slides e visita técnica. A pesquisa é de natureza qualitativa, do tipo pesquisa de aplicação e os instrumentos de coleta de dados foram pré-teste e pós-teste, diário de bordo do professor e atividades solicitadas aos estudantes. Como critérios prévios para a análise dos dados, considerando os parâmetros gerais pontuados, se estabeleceu comparar a evolução na pertinência/correção das respostas entre o pré-teste e pós-teste e o comprometimento/responsabilidade identificada nas suas falas quanto às questões de sustentabilidade. Quanto aos resultados, observou-se que a aplicação da UEPS foi exitosa ao proporcionar aulas contextualizadas que dialogam com a Educação Ambiental e a Sustentabilidade, ao mesmo tempo que trata de conceitos específicos de Física. Com isso as aulas se tornaram mais dinâmicas, atrativas e de interesse dos estudantes, qualificando o trabalho docente. A UEPS, ficará disponível no site do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM), link dos produtos educacionais, e no portal do EduCapes sob o número <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/869678>.

**Palavras-chave:** UEPS. Ensino de Física. Educação Ambiental.

## ABSTRACT

Sustainability has been presented as an important axis within Environmental Education (EE), as it has been much discussed today in different sectors: government, production, household, among others. In this way, it is a subject that needs to be addressed at school by all disciplines, as it is part of the cross-sectional theme of EE. Considering this point and the difficulties that high school students have in relation to learning in the Physics curricular component, the following question was listed as a problem of this research: *what are the potentialities that a teaching sequence (SD), based on the CTSA approach and having LED lamps as a theme, can offer in terms of learning the relevant concepts of Physics and raising awareness about the sustainability aspects related to the use of this material?* With this, the educational product developed was a didactic sequence of the Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) type, to address the issues involving the sustainability axis, such as use and disposal of LED lamps, and electricity content, necessary for the understanding of the subject. The influence of prolonged use of this material on human health is also problematized. Thus, the PMTU addresses concepts such as electric current and energy transformations, contextualized through LED lamps and sustainability, constituting teaching material for teachers who works with Physics classes in high school. With this, we analyzed the proposed SD according to the parameters defined in the question - learning and environmental awareness. The PMTU are based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning (TAL), thus, it constitutes the theoretical reference of the work, as well as the Science, Technology, Society and Environment (STSE) approach, because this guided the choice of the theme selected for the sequence. The educational product has been developed in a state school in the municipality of Nonoai - RS, with seven students of the 3rd year high school class. The didactic resources selected were texts, videos, slides and technical visits. The research is of a qualitative nature, of the application research type and the data collection instruments were pre-test and post-test, teacher's logbook and activities requested from students. As previous criteria for data analysis, considering the general parameters scored, it was established to compare the evolution in the pertinence/correction of the answers between the pre-test and post-test and the commitment/responsibility identified in their speeches on sustainability issues. Regarding the results, we observed that the application of the PMTU was effective in providing contextualized classes that interact to Environmental Education and Sustainability, while it deals, at the same time, with specific Physics concepts. As a result, the classes became more dynamic, attractive and of interest to students, qualifying teaching work. The PMTU will be available on the website of the Graduate Program in Science and Mathematics Teaching, link to educational products, and on the EduCapes portal under number <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/869678>.

**Keywords:** PMTU. Physics Teaching. Environmental education.



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Temas Contemporâneos Transversais da BNCC .....	27
Quadro 2 - Trabalhos selecionados no Catálogo de teses e dissertações Capes.....	28
Quadro 3 - Resumo das atividades propostas em cada passo da UEPS .....	36
Quadro 4 - Questões do pré-teste sobre o destino das Lâmpadas .....	37
Quadro 5 - Avaliação somativa individual .....	39
Quadro 6 - Cronograma da aplicação da sequência didática UEPS .....	41
Quadro 7 - Repostas dos alunos as questões da situação problema 1. ....	45
Quadro 8 - Avaliação somativa individual .....	51
Quadro 9 - Relatório de visita elaborado pelos alunos .....	56
Quadro 10 - Instrumentos de coleta de dados e parâmetros de análise .....	62
Quadro 11 - Questão 1 - Qual ou quais os tipos de lâmpadas que são utilizados em sua casa?.....	66
Quadro 12 - Questão 2 - Você sabe a diferença em termos de composição de cada lâmpada. Comente sobre o que você identifica de principais componentes em cada uma das lâmpadas que você já adquiriu ou utiliza em sua casa .....	66
Quadro 13 - Questão 3 - Por que as lâmpadas LED oferecem maior economia de energia do que as incandescentes ou fluorescentes? .....	68
Quadro 14 - Questão 4 - Descreva o que você sabe sobre a durabilidade das lâmpadas LED em relação as lâmpadas convencionais .....	69
Quadro 15 - Questão 5 - Quanto a potência das lâmpadas LED e das lâmpadas convencionais, o que você consegue identificar sobre as diferenças verificadas? .....	69
Quadro 16 - Questão 6 - O que você faz com as lâmpadas que são descartadas em sua residência? .....	70
Quadro 17 - Questão 7 - Você sabe o destino das lâmpadas descartadas em nosso município? .....	71
Quadro 18 - Resumo do percentual de acerto dos alunos na atividade de sistematização .....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa conceitual para a aprendizagem subordinada .....	19
Figura 2 - Mapa conceitual apresentando os tipos e formas de aprendizagem significativas .....	20
Figura 3 - Imagem do slide apresentando o vídeo “Como é a lâmpada LED por dentro” .....	46
Figura 4 - Atividade prática - Carregador de energia sem fio .....	48
Figura 5 - Imagem dos estudantes realizando o trabalho em grupo .....	50
Figura 6 - Registros da visita ao Departamento do Meio Ambiente do município de Nonoai - RS .....	55
Figura 7 - Palestra realizada com o ensino fundamental final sobre a destinação correta do lixo eletrônico .....	57
Figura 8 - Mapa mental elaborado pelo aluno A2 .....	58
Figura 9 - Mapa mental elaborado pelo aluno A7 .....	59
Figura 10 - Resumo do desempenho dos alunos na atividade de sistematização .....	72
Figura 11 - Questionário de opinião sobre a intervenção didática proposta .....	78

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>APORTES TEÓRICOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Educação Ambiental (EA) .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Estudos relacionados .....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Base metodológica da sequência didática .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>A UEPS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3</b>	<b>Descrição dos encontros .....</b>	<b>41</b>
<i>3.3.1</i>	<i>Situação Inicial – Passo 1 .....</i>	<i>42</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Situação Problema – Passo 2 .....</i>	<i>43</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Exposição Dialogada – Passo 3 .....</i>	<i>45</i>
<i>3.3.4</i>	<i>Nova Situação Problema – Passo 4.....</i>	<i>48</i>
<i>3.3.5</i>	<i>Avaliação Somativa Individual – Passo 5 .....</i>	<i>51</i>
<i>3.3.6</i>	<i>Aula Integradora Final – Passo 6 .....</i>	<i>53</i>
<i>3.3.7</i>	<i>Avaliação da Aprendizagem – Passo 7 .....</i>	<i>57</i>
<i>3.3.8</i>	<i>Avaliação da UEPS .....</i>	<i>59</i>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>Natureza e tipo de pesquisa .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2</b>	<b>Instrumentos de coleta e análise.....</b>	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>Local e participantes da pesquisa.....</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
<b>5.1</b>	<b>Avaliação da UEPS quanto a aprendizagem dos estudantes.....</b>	<b>64</b>
<b>5.2</b>	<b>Avaliação da UEPS elaborada.....</b>	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE A - Questões do Pré-teste e Pós-teste .....</b>	<b>87</b>
	<b>APÊNDICE B - Avaliação Sobre Funcionamento e Descarte Das Lâmpadas.....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO A - Termo de Autorização da Escola.....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXO C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE .....</b>	<b>91</b>

<b>ANEXO D - Texto 1: Tudo o que você deve saber sobre lâmpadas e seu processo de reciclagem (descarte das fluorescentes - A LED).....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO E - Texto 2: A toxicidade da luz chamada luz azul na retina.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO F - Texto 3: A perturbação do relógio biológico e do ciclo do sono, provocada pela exposição noturna .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO G - Atividade de Sistematização 1 .....</b>	<b>106</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Início<sup>1</sup> esta qualificação com uma breve narrativa autobiográfica no intuito de mostrar minhas escolhas para o desenvolvimento deste trabalho. Quando cursava o Ensino Médio, nos anos de 1985 a 1987, antigo 2º grau, o professor que ministrava as aulas de Física, de forma muito didática e ao mesmo tempo interdisciplinar, despertou em mim o apreço pela área das Ciências da Natureza. Ao concluir o Ensino Médio, na época de formação profissional foi em Técnico em Contabilidade, pensava em continuar atuando na área ou cursar engenharia civil. Porém, pela dificuldade financeira, precisava trabalhar durante o dia e só conseguia me deslocar para a cidade vizinha de Chapecó-SC a noite para frequentar um Curso Superior. Na época as ofertas de cursos noturnos eram de licenciatura, e na área das exatas existia apenas a oferta do curso de Matemática. Optei por fazer o curso e já planejava uma especialização na área das Ciências, pois sonhava com a formação em Física. Porém, precisei esperar por um intervalo de cerca de dez anos para conseguir chegar à especialização, novamente pela dificuldade de acesso.

Foi no ano de 2003 que, juntamente com um colega de profissão, fazíamos um percurso de mais de 200 km aos finais de semana para conseguir a especialização em Física na Universidade Estadual de Paranaíba, na cidade de Francisco Beltrão, no Paraná. Conclui a especialização e desde aquela época sonhava em poder alçar voo mais alto buscando outra especialização por meio do mestrado. Mas, novamente, precisei abrir mão do estudo, pois as possibilidades de acesso eram para período em tempo integral, e devido ao trabalho de 60h em sala de aula e não tendo a liberação de afastamento para aprimoramento acadêmico, adiei por todo este tempo o sonho de cursar o mestrado. Por muitas vezes, as inquietudes quanto às práticas ou técnicas pedagógicas utilizadas interferiam nas minhas decisões cotidianas, o que me fazia sentir ainda mais desejo em buscar a formação para responder as minhas próprias indagações.

Sobre minha trajetória como docente, ela iniciou no ano de 1996, com uma turma do 3º ano do Ensino Médio, ministrando aulas de Física. Quatro anos mais tarde realizei o concurso da Rede Estadual de Ensino e assumi 20h na disciplina de Matemática no Ensino Fundamental; na sequência, no ano de 2002, assumi outras 20 h na mesma rede, porém, no Ensino Médio, para trabalhar com a disciplina de Física. Continuo atuando na Educação Básica, mas hoje estou

---

<sup>1</sup> Optei por utilizar a primeira pessoa do singular neste capítulo no intuito de dar um tratamento mais pessoal à escrita.

gestora na rede em que iniciei meu trabalho a 27 anos atrás. Ainda mantenho o vínculo com a rede particular onde ministro aulas de Física nas turmas de 2º e 3º ano.

Embora já tenha percorrido uma longa caminhada em sala de aula, os desafios que surgiram e que surgem a cada dia me conduziram a buscar o aperfeiçoamento nas práticas pedagógicas. Além disso, as inquietações que trazia desde que comecei a trabalhar com o componente curricular de Física e sua relação com os fenômenos naturais e o meio ambiente, ainda persistem na minha trajetória como docente, pois a Física, apesar de estar tão presente na sociedade, é vista pelos estudantes como de difícil compreensão.

Ao tomar conhecimento sobre o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo (PPGECM - UPF), a perspectiva de acessar o curso de Mestrado que tanto almejava se apresentou viável, assim, participei do processo de seleção no ano de 2022. Hoje, como mestranda do programa posso afirmar que as disciplinas já cursadas, as leituras realizadas, as trocas de experiência que vivenciamos com os demais colegas de todos os estados brasileiros, ao longo deste período, me auxiliaram na busca de melhorar minhas práticas pedagógicas, pois me levou a repensar o meu fazer diário, assim como melhorar sua aplicação no que diz respeito às aulas do Ensino Médio.

A Física enquanto ciência se preocupa em analisar e explicar fenômenos relacionados à natureza, ela está no cerne do desenvolvimento tecnológico e do avanço sobre o conhecimento do mundo, “está permanentemente buscando melhores modelos e teorias para explicar o Universo, desde perspectivas subatômicas até macro cósmicas” (Moreira, 2018, p. 77). Apesar de poder estar conectado com a vida do ser humano, como citado anteriormente, o ensino de Física tem sido desenvolvido de forma descontextualizada, desatualizada, via metodologia de testagem, sem a devida atenção a uma abordagem didática que privilegie a intencionalidade do aluno em aprender (Moreira, 2018).

Silva (2018) destaca que é possível perceber a evidente falta de interesse dos estudantes ao longo do desenvolvimento deste componente curricular. Nos contornos da literatura educacional, as pesquisas sobre o ensino de Física têm despertado atenção especial dos pesquisadores, sendo um dos pontos de convergência os dados preocupantes com relação ao elevado índice de reprovação escolar no ensino médio (Costa Junior, 2017), evidenciando a incompreensão dos discentes perante os conteúdos expostos, o que implica diretamente no seu desempenho em sala de aula. A Física pode ser considerada uma das disciplinas em que os discentes possuem aversão, sendo inúmeros os fatores que contribuem para não efetivação da aprendizagem, tais como: a complicada transição do Ensino Fundamental para o Ensino Médio,

a escassez de carga horária, o formalismo matemático presente, a falta de atividades práticas (Morais; Oliveira, 2013; Cima *et al.*, 2017), além dos citados anteriormente.

O professor, nesse processo, tem uma grande responsabilidade já que sua prática docente influencia na aprendizagem dos estudantes o que, por conseguinte, pode contribuir para a sua rejeição, por parte deles, ao não se sentirem envolvidos no processo educativo, problema associado, em geral, a metodologia empregada pelo docente, que por sua vez pode estar relacionada a uma formação insuficiente ou desatualizada (Barroso; Rubini; Silva, 2018).

A Física escolar, bem como os demais componentes curriculares da Educação Básica, atua na tarefa de explicar grande parte dos fenômenos do cotidiano. Desse modo, encontrar maneiras de relacionar esses fenômenos com questões mais próximas do educando se mostra uma estratégia de relevância para a construção desse conhecimento.

Nesse sentido, é bem documentado que há maior probabilidade de o discente compreender os fenômenos físicos quando os mesmos fazem parte do mundo contemporâneo na qual ele está imerso, ainda mais se estiverem diretamente ligadas à sua realidade. Tanto que os documentos oficiais do Ministério da Educação (Brasil, 2000; 2002; 2017) propõem constantemente um ensino contextualizado como forma de atribuir significado aos conteúdos ensinados na escola, a fim de proporcionar um aprendizado mais significativo.

Nesse sentido, abordagens que possibilitem uma aproximação com a realidade do estudante ao mesmo tempo que trate dos objetos de conhecimento necessários para a compreensão de determinados fenômenos físicos, podem auxiliar nessa compreensão e motivação para o estudo. Uma abordagem que tem a contextualização como parâmetro importante para o ensino-aprendizagem é o enfoque da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Esse enfoque se alinha com a BNCC (2017), pois este documento sugere tratar de questões contemporâneas, para instigar o estudante a desenvolver uma postura reflexiva e crítica de modo a se posicionar com consistência no mundo em que vive.

Assim, pensando sobre a realidade explanada anteriormente em relação ao ensino e aprendizagem na área de Física, foi elencado como problema para o desenvolvimento desta pesquisa o seguinte questionamento: *quais as potencialidades que uma sequência de ensino (SD), baseada no enfoque CTSA e tendo como tema as lâmpadas LED, pode oferecer em termos de aprendizagem dos conceitos pertinentes de Física e de sensibilização quanto aos aspectos de sustentabilidade relacionados ao uso deste material?*

Com isso, o objetivo geral deste trabalho foi analisar as potencialidades que uma SD tendo o uso das lâmpadas LED como tema, em uma perspectiva da CTSA, pode oferecer em

termos de aprendizagem dos conceitos pertinentes e para a sensibilização dos estudantes em relação ao uso deste material.

Já os objetivos específicos consistiram em:

- Elaborar e aplicar o produto educacional deste projeto, o qual corresponde a uma SD do tipo Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), abordando conceitos que envolvem eletricidade e uso racional da energia e promover as discussões sobre sustentabilidade, dando ênfase às lâmpadas LED, tema da proposta.
- Identificar as contribuições que a aplicação da UEPS fez para a aprendizagem (conceitual) e a sensibilização (atitudinal/valores).

Desta maneira, além dos conceitos disciplinares envolvidos, relativos à área de Física, também foram abordados os impactos ambientais produzidos quando do descarte inadequado desse material de modo a trazer a sustentabilidade nas discussões em sala de aula, além de questões relacionadas ao impacto do uso deste material na saúde.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: após a introdução, em que foram abordados os pontos que se alinham com a proposta deste trabalho, o segundo capítulo é dedicado aos aportes teóricos. Este se inicia com as concepções da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (2003), trazendo o próprio autor e, mais regularmente, Moreira (2011; 2021), autor que nos proporciona muito material na língua portuguesa sobre a teoria. A TAS é a base da UEPS, a qual foi utilizada para a construção da SD, sendo selecionada por se alinhar com a minha visão de buscar uma aprendizagem significativa (AS). Posteriormente, se discorre sobre a CTSA, trazendo autores como Santos e Mortimer (2002), Pinheiro, Matos e Bazzo (2007) e Auler (2001) e Educação Ambiental (EA).

No último item da fundamentação, os estudos relacionados, tem foco na descrição de trabalhos, localizados via levantamento bibliográfico no catálogo de teses e dissertações da CAPES, que tem relação com a proposta aqui apresentada, de modo a identificar qual tem sido o foco das pesquisas nesse viés de ensino de física e sustentabilidade. O terceiro capítulo traz considerações sobre a proposta de SD, os desdobramentos para sua construção e como foi sua aplicação em sala de aula. Em seguida, abordo a metodologia da pesquisa, por meio da sua caracterização, dos instrumentos de coleta de dados que foram utilizados; no capítulo seguinte se aborda a discussão dos resultados por meio dos parâmetros elencados para a análise dos dados. O último capítulo se refere as considerações finais.



## 2 APORTES TEÓRICOS

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica que estrutura o trabalho em relação à construção e aplicação da UEPS e a teorias da aprendizagem de Ausubel, além de uma breve abordagem sobre o tema sustentabilidade. Esse referencial é utilizado como suporte para a elaboração do produto educacional (sequência didática) descrito ao longo desta qualificação.

### 2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por Ausubel é entendida como um processo que atua por recepção, ou seja, exige ação e reflexão por parte do aprendiz, tendo como ponto de partida o conhecimento que o estudante possui e sua predisposição para aprender. Esses conhecimentos prévios são também chamados de “conceitos subsunçores ou conceitos âncora”.

É importante que a Aprendizagem Significativa seja também crítica, subversiva, antropológica. Quer dizer, na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente. Ao mesmo tempo que é preciso viver nessa sociedade, integrar-se a ela, é necessário também ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos quando ela está perdendo rumo (Moreira, 2006, p. 11).

Para ser significativa a oferta de um novo conhecimento precisa ser estruturada de maneira lógica e que possibilite ao aprendiz a conexão com esse novo conhecimento. Nas palavras de J.D. Novak, o aluno “deve escolher, consciente e intencionalmente, relacionar os novos conhecimentos com outros que já conhece de forma não trivial” (Novak, 2000, p. 19). Assim, compreende-se que é possível ter uma aprendizagem significativa mesmo quando o professor utiliza os recursos tradicionais pois o que ele precisa observar é a forma como vai estruturar e consolidar o conhecimento a partir dos objetivos traçados.

Ausubel destaca ainda que essa aprendizagem por recepção é a forma que os seres humanos transmitem as informações para as gerações que nos sucedem.

[...] na aprendizagem por recepção o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo aprendiz. [...] após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto relacionar-se a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva (Moreira; Masini, 2006, p. 19).

Assim existem dois tipos de aprendizagem, a saber: a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. Essa última utiliza a ferramenta de memorização sem fazer relação com os conhecimentos já existentes, fazendo com que o aluno até reproduza as informações recebidas mesmo sem significado para ele, enquanto que a significativa tem como foco a construção do conhecimento dando real significado ao que se aprende a partir das estratégias utilizadas pelo professor.

A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo, a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica (Moreira, 2011, p. 32).

A teoria da aprendizagem significativa se apoia na existência de uma estrutura cognitiva onde as ligações entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento aconteçam. Ausubel relaciona como “âncora” essa ligação entre elas ou como “subsunçor”. “A aprendizagem significativa é o processo por meio do qual novas informações adquirem significado por interação com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva” (Moreira; Masini, 2002, p. 38). Esta estrutura cognitiva apresenta os conceitos aprendidos ao longo da vida do indivíduo, os quais se organizam de forma hierárquica, o que remete a visualização do processo em etapas, assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integradora, basicamente, que se completam para constantemente se reorganizar, dependendo da hierarquia da informação nova, ou seja, do quanto ela é inclusiva em relação ao que o estudante já conhece.

É a partir do conhecimento que o aluno possui que o professor consegue construir situações de aprendizagem que possam dar significado aos temas propostos. Mas para que isso seja possível o professor precisa adotar estratégias que instiguem a criatividade e priorizem a escuta para identificar o que realmente tem significado no cotidiano do estudante. Importante é se envolver emocionalmente para integrar novo conhecimento ao pré-existente. Ou seja, a aprendizagem significativa acontece a partir da relação daquilo que o aprendiz já sabe e o surgimento de um novo conceito ou significado construído a partir da interação entre o novo e o já existente.

Nas palavras de Sousa, Silvano e Lima (2018, p. 2), significativa pois “incorpora como eixo fundamental o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição do sujeito, de modo a identificar os padrões estruturantes

dessa transformação”. Entretanto, essa interação precisa ser não literal e substantiva para efetivamente produzir uma aprendizagem significativa (Moreira, 2014).

O conceito de “subsunçor”, citado anteriormente, é atribuído por Ausubel como sendo “o espaço em que uma nova informação assume junto à estrutura cognitiva aliando-se aos conceitos já existentes para que esta adquira significado para o aprendente”. Sousa, Silvano e Lima (2018, p. 4), exemplificam “são considerados subsunçores as proposições, modelos mentais, representações, ideias, concepções ou conceitos que já estão estabelecidos na estrutura mental do indivíduo e que irão dar sustentação a outros conhecimentos”.

A aprendizagem só é significativa quando o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio, daí o destaque para que a interação do novo com o “antigo” conhecimento deve ser não arbitrária, como acontece na aprendizagem mecânica. Ou seja, essa interação não deve ocorrer com qualquer parte da estrutura cognitiva, mas sim, com àquelas que forem relevantes, relacionáveis com o que se está tratando. Além disso, é importante que a interação também não seja literal, ou seja, memorística, no sentido de que nada adianta o estudante incorporar um conceito no formato exclusivamente apresentado (Moreira, 2014).

Caso o aluno não apresente os subsunçores necessários para que a aprendizagem significativa possa acontecer, Ausubel (2003) propõe o uso de organizadores prévios, que servirão de “ancoradouro” para o novo conhecimento. Esses organizadores prévios são os instrumentos ou os mecanismos pedagógicos que podem ajudar na implementação de princípios para conectar o que o aluno sabe ao que ele precisa aprender. Assim a mediação é estabelecida.

Ausubel comenta os tipos básicos de aprendizagem significativa no que tange aos signos, assim, a aprendizagem pode ser representacional, conceitual e proposicional. A primeira diz respeito à aprendizagem dos símbolos, a segunda se relaciona com a primeira, mas envolve um aspecto mais amplo, ou seja, a categorização; já a última envolve o conceito de ideia, o que uma determinada sentença pode exprimir (Moreira, 2011).

Sobre o processo da aprendizagem, ele envolve etapas de assimilação da aprendizagem e da retenção, significativas, segundo Ausubel (2003, p. 8), propõe:

[...] ocorre em três fases diferentes, que são: (1) ancoragem seletiva do material de aprendizagem às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva; (2) interação entre as ideias acabadas de introduzir e as ideias relevantes existentes (ancoradas), sendo que o significado das primeiras surge como o produto desta interação; e (3) a ligação dos novos significados emergentes com as ideias ancoradas correspondentes no intervalo de memória (retenção).

Nas três fases citadas o próprio subsunçor sofre alteração quando uma nova informação é modificada., “quer com as novas ideias de instrução com as quais interage, quer, mais tarde, com os novos significados emergentes aos quais estão ligadas no armazenamento de memória” (*Ibid.*, p. 8). O que se pode observar é que o processo de assimilação não termina na aquisição de significados, ele tem continuidade na fase de retenção e na fase que Ausubel denomina de esquecimento ou obliteração, ambos considerados resultados e sequelas naturais deste processo. Na retenção, “armazenam-se (ligam-se) significados acabados de surgir em relação às ideias ancoradas que lhes correspondem” (Ausubel, 2003, p. 8).

A fase seguinte é a retenção, em que as novas informações permanecem disponíveis por um determinado período e não estão associadas às ideias iniciais. A última fase desse processo é a do esquecimento, que é a assimilação obliteradora.

Imediatamente após a aprendizagem significativa, cujo resultado é um produto interacional do tipo A'a', começa um segundo estágio da assimilação: a assimilação obliteradora. As novas informações tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis de suas ideias âncora (subsunçores) até que não mais estejam disponíveis, i.e., não mais reproduzíveis como entidades individuais. Atinge-se assim um grau de dissociabilidade nulo, e A'a' reduz-se simplesmente a A'. O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo que facilita a aprendizagem e retenção de novas informações (Moreira, 2009, p. 20).

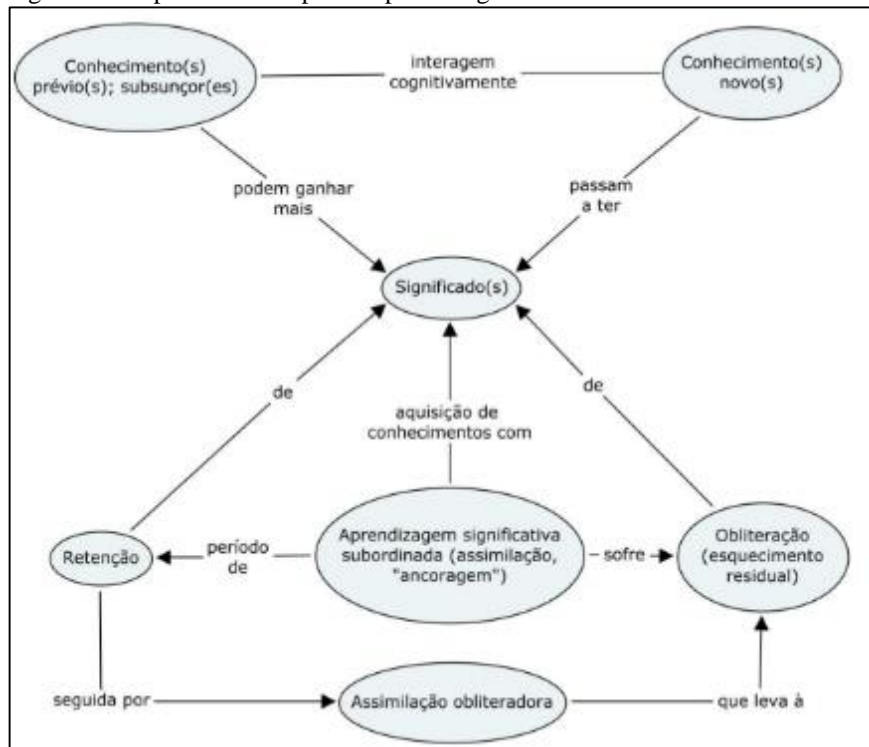
Ausubel comenta que, após a fase de obliteração, a estrutura cognitiva do aprendiz apresentará como resultado, os subsunçores modificados, estáveis, diferenciados. Esta etapa de esquecimento é importante, pois, segundo esclarece Moreira (2009, p. 20), “ela facilita a aprendizagem e retenção de novas informações”. Assim, se percebe que a aprendizagem significativa não é aquela em que o aprendiz nunca esquece, mas é a que proporciona um maior tempo de retenção do que foi aprendido.

Moreira (2011) construiu um mapa conceitual (Figura 1) que mostra a relação entre todos os conceitos até agora discutidos sobre a TAS. Esse mapa destaca a forma de aprendizagem a qual Ausubel denominou “subordinada”, a mais comum, ou seja, àquela em que as novas informações são menos inclusivas do que a existente na estrutura cognitiva do estudante, assim, respeitando a sua construção hierárquica, esses novos conhecimentos estão subordinados a ideia primária.

Mas, é possível outras formas de aprendizagem, além da subordinada, considerando a classificação quanto ao grau de inclusividade, assim Ausubel (2003) destaca a superordenada e a combinatória. A superordenada ocorre quando um conceito que apresenta um caráter mais

inclusivo dos já existentes é apresentado, deste modo, ele é incorporado via estes últimos, sendo assimilado (Moreira, 2014).

Figura 1 - Mapa conceitual para a aprendizagem subordinada



Fonte: Moreira, 2013, p. 7.

Já a combinatória envolve a aprendizagem que não apresenta o perfil da anterior, ou seja, ela abarca interações entre proposições mais amplas, sendo que a nova proposição não é assimilada pelas já existentes na estrutura cognitiva. Como esclarece Moreira (2014, p. 168) “É como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo, [...], e não com aspectos específicos dessa”. Segundo Pozo (1998), as novas proposições e as já existentes não se relacionam de forma hierárquica, mas sim, apresentam-se no mesmo nível, não são específicas nem são mais inclusivas.

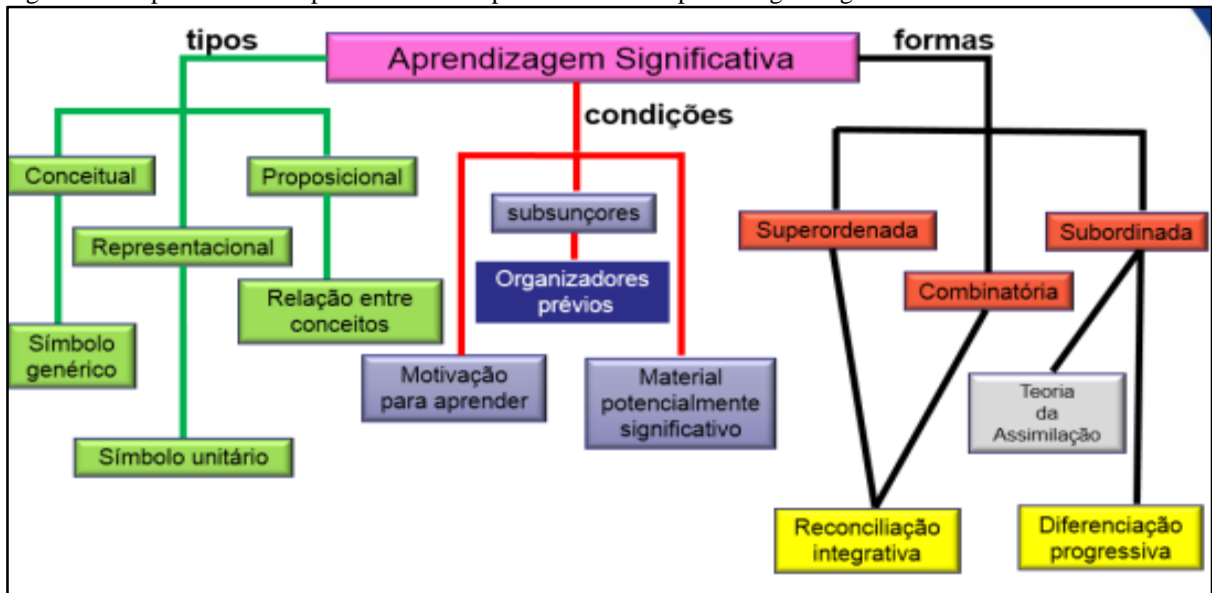
Moreira (2014) destaca que, conforme as novas informações interagem com as já estabelecidas, ou seja, com os subsunçores do indivíduo, estas últimas, como citado anteriormente, vão se modificando e a continuidade desse processo vai levando ao que se denomina de diferenciação progressiva do conceito subsunçor. Esse processo ocorre na aprendizagem subordinada e leva o subsunçor a tornar-se mais elaborado e diferenciado.

Essa proposição de Ausubel (2003) leva em conta a própria construção hierárquica que se estabelece na mente do indivíduo, onde o que é mais inclusivo fica no topo e as ideias/informações vão sendo incorporadas progressivamente, pois, como citado anteriormente

Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual nos quais elementos mais específicos de conhecimento são relacionados (e assimilados) a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivos (Moreira; Masini, 2006, p. 17).

Ainda, o autor distingue outro processo que ocorre na aprendizagem significativa, a reconciliação integradora. Esta dá conta das aprendizagens superordenadas e combinatórias, as quais ocorrem simultaneamente à anteriormente definida (Moreira, 2011). A reconciliação envolve “recombinação de elementos, reorganização cognitiva entre ideias, conceitos, proposições já estáveis na estrutura cognitiva do aprendiz para facilitação e ressignificação dos conceitos por meio de relações hierárquicas significativas” (Sousa; Silvano; Lima, 2018, p. 6). Os aspectos trazidos até aqui podem ser resumidos no mapa conceitual da Figura 2.

Figura 2 - Mapa conceitual apresentando os tipos e formas de aprendizagem significativas



Fonte: Brum, 2013, p. 9.

A partir da análise destas variáveis pode-se concluir que o professor ao programar os conteúdos a serem trabalhados deve levar em consideração o princípio da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. O material que ele vai utilizar deve ter relevância para o aluno sempre observando a organização sequencial, ou seja, a dependência que um conceito oferece ao outro, isso vai ajudar o aluno a organizar de forma lógica as informações nos seus subsunçores. Também há de se observar que os novos significados adquiridos pelo aprendiz são únicos uma vez que cada um possui a sua própria estrutura cognitiva.

Assim, trazer uma abordagem envolvendo um tema que permita trabalhar Educação Ambiental e, concomitantemente, os conceitos específicos de determinado componente

curricular, permite ir além desses conceitos, avançando em questões que envolvam aspectos do desenvolvimento da cidadania, um dos alvos da educação. Como comentam Nardy e Laburú (2014, p. 34)

Estabelecer estratégias que promovam todas as dimensões da educação ambiental é um desafio para professores e educadores, pois devem ultrapassar limites cognitivos, de modo a alcançar objetivos que envolvam a promoção de valores e atitudes que considerem o bem-estar socioambiental. Esse referencial [a TAS], se tomado pelos professores de modo clássico, como corriqueiramente acontece, é limitado, caso sua abordagem conceitual predominar. Entretanto, sua extrapolação humanística envolve a participação do sentimento e da ação durante os processos de ensino e aprendizagem, o que um estudo na educação ambiental não pode prescindir.

Assim, a ideia deste trabalho tenta ir nessa direção, não se restringir no trabalho dos conceitos físicos, mas sim, partindo de uma temática como as lâmpadas LED, abarcando a sustentabilidade, avançar em aspectos que levem os estudantes a refletir sobre sua responsabilidade no que tange a proteção do meio ambiente. A UEPS elaborada apresenta atividades que tratam de promover a conscientização sobre o uso deste material, por meio da discussão dos vários aspectos que podem emergir da temática, como os ligados à CTSA, desta maneira, o próximo item se discorrerá sobre esse enfoque.

## **2.2 Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)**

Segundo Santos e Schnetzler (2000, p. 59) a enfoque CTSA no ensino “significa o ensino do conteúdo de ciência no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social”. E o professor, estando na posição de elaborar sua ação docente para desenvolver os conteúdos de forma, preferencialmente, mais significativa, tem na abordagem CTS/CTSA.

O papel de estabelecer relações entre o conteúdo da disciplina com aspectos científicos e tecnológicos que envolvem a sociedade e de alguma forma interferem no ambiente, preparando os estudantes para a ação crítico-reflexiva perante as problemáticas sociais (Andrade; Vasconcelos, 2014, p. 2).

A disciplina de Física sendo da área de Ciências comporta em seu arcabouço de conteúdos muitas relações com os aspectos científicos. Como citado anteriormente, sendo uma disciplina que se preocupa em analisar e explicar fenômenos relacionados à natureza ela está muito conectada com os avanços científicos e tecnológicos que ocorrem no mundo deste modo, ela deve possibilitar,

o desenvolvimento nos alunos não só de competências cognitivas, mas também de competências de cidadania, de atitudes e normas de conduta responsáveis, que lhes permitam tornarem-se cidadãos intervenientes ativos no mundo que os rodeia, conscientes e conhecedores dos seus direitos e deveres, e isso pode ser alcançado através da abordagem de ensino das Ciências com orientação CTSA (Fernandes; Pires; Delgado-Iglesias, 2018, p. 877).

Santos e Auler (2011) reforçam essa questão do quanto o progresso científico-tecnológico influencia na sociedade, o que pode ser observado ao longo da história da humanidade. Desta maneira, a escola, no seu papel formativo, não pode deixar de tratar as disciplinas de modo vinculado ao desenvolvimento científico—tecnológico e sua ação transformadora na sociedade, pois,

À escola é atribuído um papel importante no que concerne a proporcionar ao estudante uma formação que vai muito além de tratar tão somente os conhecimentos disciplinares. Emerge uma necessidade de reformulação da metodologia de ensino tradicional, marcada pela centralização nos conhecimentos específicos sem preocupação de vinculação com o contexto mais amplo do estudante (Bender, 2021, p. 19).

O enfoque CTSA (Ciência Tecnologia e Sociedade e Ambiente) vem de um desdobramento do movimento CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade), o qual apresentava em seu cerne o "ensinar sobre os fenômenos naturais de maneira que a ciência esteja embutida no ambiente social e tecnológico do aluno" (Aikenhead *apud* Roehrig; Camargo, 2013), possibilitando ao aluno “construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões” (Santos; Mortimer, 2002, p. 5).

Esse enfoque pode ser desenvolvido de diferentes maneiras, por exemplo, pode ser desenvolvido dentro de um ensino tradicional, mas com situações da CTS incluídas ou para motivar o aluno ou para explorar estas situações em sala de aula (enxerto CTS); ou ter a CTS como foco do trabalho educativo, organizadora dos conteúdos de forma multidisciplinar (Santos; Mortimer, 2002).

Com os problemas ambientais tomando uma dimensão mais preocupante, surgiu a adesão do termo Ambiente (A) na sigla CTS, originando a CTSA. Para Santos (2007, p. 1) “o movimento CTSA vem resgatar o papel da EA do movimento inicial de CTS”, ou seja, para o autor a inclusão do termo ambiental reforça a importância de tratar essa questão no meio escolar. Embora alguns autores (Ricardo, 2007; Martins, 2020) não vejam necessidade de inserir mais termos na tríade CTS, o termo CTSA tem sido adotado nos trabalhos que envolvem



as questões ambientais como foco do trabalho, e, concordando com essa ideia, foi o adotado pela presente pesquisa, pois

entende-se que quando se opta na relação CTSA como referência para ensinar, encontram-se todas as contribuições que são trazidas da abordagem CTS, em especial relativas ao parâmetro sempre pontuado - a formação do aluno mais participativo, capaz de refletir criticamente, tomar decisões pertinentes, embasadas no conhecimento construído, ou seja, o desenvolvimento da cidadania, mas com ênfase no ambiente (Bender, p. 28).

Oliveira e Castilho (2022) analisaram teses e dissertações que abordam a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no Ensino de Física, dentro do período de 2012 a 2021, e identificaram que a maioria dos conteúdos trabalhados nesse enfoque, ou no CTS, foram os de Física Moderna (como Física Nuclear, radioatividade, nanociência e eletromagnetismo); os de Física Clássica envolviam energia, cinemática, hidrostática e termodinâmica. Sendo que os trabalhos mostraram diversas possibilidades de aplicação dos conceitos físicos em uma abordagem CTS/CTSA, o que justifica implementar esse enfoque dentro da sala de aula.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017), incentiva, para a promoção de uma aprendizagem mais contextualizada e pertinente ao mundo atual, um planejamento docente que envolva situações que estimulem o interesse e a curiosidade científica. Que, se aprofunde em problemas contemporâneos, que não se limite a apenas tratar conceitos desvinculados do mundo, de forma a instigar o aluno a uma postura reflexiva e elaboração de opinião coerente com os assuntos tratados (BNCC, 2017). Desse modo, é possível verificar que a abordagem CTSA se alinha muito bem nesta perspectiva.

É importante destacar que a impressão de ter que se reduzir os conteúdos do componente curricular para poder inserir aspectos sociais, tecnológicos e ambientais dentro do planejamento da aula, não é adequada, pois a ideia é que essas discussões permeiam o tratamento dos objetos de conhecimento regulares, ou seja, estejam integradas ou norteiam seu tratamento. Como pontua Santos (2007, p. 10).

Não se trata de simplificar currículos, reduzindo conteúdos, mas sim de ressignificá-los socialmente, de forma que possam ser agentes de transformação social em um processo de educação problematizadora que resgate o papel da formação da cidadania. Buscar a vinculação, portanto, dos conteúdos científicos com temas CTSA de relevância social e abrir espaço em sala de aula para debates de questões sociocientíficas são ações fundamentais no sentido do desenvolvimento de uma educação crítica questionadora do modelo de desenvolvimento científico e tecnológico.

Assim, a partir do foco nas Competências Gerais estabelecidas na BNCC, que se desdobram em cada uma das etapas, os professores devem promover a adequação do processo de ensino e da aprendizagem às particularidades de cada fase do desenvolvimento dos estudantes e do processo educativo, pois se desenha como práxis conectar as aprendizagens essenciais do Ensino Fundamental às indicadas para o Ensino Médio. Desse modo, parece consolidar-se, ampliar-se e aprofundar-se a formação integral como contribuição e tarefa central para que os estudantes possam construir e realizar seus projetos de vida. A temática envolvendo a sustentabilidade, proposta aqui neste trabalho, visa buscar uma aprendizagem em relação aos impactos causados pela ação do homem, sendo um tema muito propício para refletir sobre a sua prática.

### **2.3 Educação Ambiental (EA)**

As contínuas preocupações com as questões ambientais devido a crescente degradação socioambiental tornam a EA um tópico relevante, o que pode justificar que esse tema transversal venha mobilizando pesquisas nas áreas de educação e ensino (Oliveira; Leite, 2022). A inclusão histórica e legal da EA no Brasil é recente; a preocupação com o meio ambiente e com a sustentabilidade e as condições de vida das gerações futuras datam da década de 60. Seus marcos legais cada vez mais avançam no desenvolvimento de uma cidadania responsável, para a construção de uma sociedade mais justa e igual. Para Sauv  (2005, p. 317)

A educa o ambiental visa a induzir dinâmicas sociais, de início na comunidade local e, posteriormente, em redes mais amplas de solidariedade, promovendo a abordagem colaborativa e crítica das realidades socioambientais e uma compreensão aut noma e criativa dos problemas que se apresentam e das solu es possíveis para eles.

A Política Nacional de EA (PNEA), estabelecida pela Lei 9795/99, (Brasil, 1999), define a EA como um processo em que a coletividade e cada indivíduo possam construir conhecimentos, habilidades e atitudes que visem a conserva o do meio ambiente. Essa legisla o representa um marco importante para a promo o da EA no Brasil. Nas DCN (2013, p. 542) também se verifica a visão de que a abordagem do tema EA seja ampla e responsável, transformadora,

devendo avançar na construção de uma cidadania responsável voltada para culturas de sustentabilidade socioambiental, envolvendo o entendimento de uma educação cidadã, responsável, crítica, participativa, em que cada sujeito aprende com conhecimentos científicos e com o reconhecimento dos saberes tradicionais, possibilitando, assim, a tomada de decisões transformadoras a partir do meio ambiente natural ou construído no qual as pessoas se integram.

A BNCC (Brasil, 2017), destaca que as escolas e sistemas de ensino devem incluir em seus currículos a abordagem da EA, de forma transversal, preferencialmente. Além disso, os conteúdos de Ciências da natureza devem trabalhar competências específicas relacionadas ao desenvolvimento de atitudes éticas perante o meio ambiente (Santos *et al.*, 2022). Pode-se destacar um trecho da competência três “Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, [...] para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais [...]” (Brasil, 2018, p. 555) a qual deixa clara a questão de trabalhar os efeitos causados pela ação humana no meio ambiente.

Desta forma, é necessário fomentar mudanças que permitam que os conceitos de sustentabilidade e preservação do meio deixem de ser apenas conceitos e se transformem em ações concretas, e o ambiente escolar pode traçar objetivos e metas que visem destacar a importância de discutir a EA para promover a conscientização e sensibilização ambiental.

Dentro do ensino de Física, Oliveira e Leite (2022), fizeram um levantamento de trabalhos em teses e dissertações, dentro do período de 1981 a 2016, para identificar como os temas ambientais vêm sendo desenvolvidos neste componente curricular. Elaboraram três categorias para análise: 1) Temas Ambientais para o desenvolvimento de práticas de EA no ensino de Física; 2) Abordagens Curriculares para o desenvolvimento de práticas de EA no ensino de Física; 3) Abordagens metodológicas para o desenvolvimento de práticas de EA no ensino de Física.

Para a primeira categoria, Oliveira e Leite (2022, p. 304), identificaram que os autores das dissertações analisadas levantam o problema de um ensino de Física meramente conteudista, criticando-o, e consideram que a EA integrada com o ensino das áreas de Ciências, de modo geral, “contribui com o desenvolvimento de práticas educativas que potencializam a formação complexa, crítica e reflexiva dos discentes”. Com essa proposta, as temáticas utilizadas nos trabalhos analisados, segundo seus autores, permitiram problematizar aspectos sociais, políticos, econômicos, entre outros, e, também, tratar dos objetos de conhecimento do componente curricular física, elas foram as seguintes: produção de energia elétrica, fenômenos climáticos, água e radiação permitem não só o ensino.

Além das temáticas, Oliveira e Leite (2022) destacam que os autores das dissertações analisadas trazem algumas abordagens (categoria 2) que viabilizam tratar os aspectos anteriormente citados, são elas: enfoque CTS/CTSA, contextualização, temas controversos e complexos. Também destacam estratégias/recursos (categoria 3) que podem ser utilizados para fornecer um viés que promova a reflexão e criticidade por parte do estudante, como debates, seminários, questões problematizadoras, entre outros. O fator comum dentro de todas as possibilidades identificadas nos trabalhos “é a intenção de oferecer protagonismo aos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, de forma que participem ativamente em debates, análises e proposições na resolução e enfrentamento dos problemas ambientais contemporâneos” (Oliveira; Leite, 2022, p. 305).

A BNCC também destaca, dentro dos temas contemporâneos transversais (TCTs), a EA (Brasil, 2019). Por meio de uma abordagem contextualizada, que traz a realidade vivenciada pelo educando, os TCTs visam auxiliar sua aprendizagem e sua formação para a cidadania

a abordagem da contemporaneidade é uma busca pela melhoria da aprendizagem. Ao contextualizar o que é ensinado em sala de aula juntamente com os temas contemporâneos, espera-se aumentar o interesse dos estudantes durante o processo e despertar a relevância desses temas no seu desenvolvimento como cidadão. O maior objetivo dessa abordagem é que o estudante conclua a sua educação formal reconhecendo e aprendendo sobre os temas que são relevantes para sua atuação na sociedade. Assim, espera-se que a abordagem dos Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) permita ao estudante compreender questões diversas, tais como cuidar do planeta [...] (Brasil, 2019, p. 4).

Nesse sentido, os TCTs têm uma concepção que busca uma formação integral do indivíduo no sentido de que essa formação não se restrinja ao trabalho apenas conceitual dos componentes curriculares, mas sim, que valorize o aprendizado procedimental, por meio de uma prática alinhada à realidade (Colares; Cruz, 2021) e, pode-se acrescentar ainda, a aprendizagem atitudinal, garantindo a formação ampla esperada.

Desse modo, é possível identificar o alinhamento da proposta de trabalhar com aspectos relacionados à temática EA, como a sustentabilidade e os impactos ambientais, usando como tema norteador as lâmpadas LED, um material presente no dia-a-dia. Também, entrelaçar essa abordagem com a CTSA é pertinente, pois uma outra área sugerida para os TCTs é a Ciência e Tecnologia (Quadro 1). É de se destacar que o guia dos TCTs (Brasil, 2019) apresenta propostas metodológicas para a sua implementação no espaço escolar. Entre elas, propõe uma divisão dos TCTs em categorias, conforme a complexidade que se pretende alcançar em relação a abordagem: interdisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar.

Quadro 1 - Temas Contemporâneos Transversais da BNCC

Área	TCTs
Meio Ambiente	Educação Ambiental e Educação para o consumo.
Ciência e Tecnologia	Ciência e Tecnologia.
Multiculturalismo	Diversidade cultural e Educação para a valorização do Multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras.
Cidadania e Civismo	Vida família e social; Educação para o trânsito; Educação em direitos Humanos; Direitos da criança e do Adolescente. Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso.
Saúde	Saúde e Educação alimentar e nutricional.
Economia	Trabalho; Educação financeira e Educação fiscal.

Fonte: Adaptado de BNCC; Brasil, 2019.

Deste modo, se observa que a EA vinculada coma CTSA mostra-se como uma alternativa importante para o docente que busca melhorar sua ação em sala de aula, tornar a abordagem dos conceitos mais contextualizada, como os documentos legais vem sugerindo, para efetivamente auxiliar uma aprendizagem que subsidie o estudante nos diversos aspectos que envolvem a vida em sociedade.

## 2.4 Estudos relacionados

No presente item, serão apresentados os trabalhos relacionados à pesquisa aqui proposta nessa dissertação. Esses trabalhos foram identificados por meio de uma pesquisa bibliográfica no site do Catálogo de Teses e Dissertações do portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Esse site de busca foi selecionado porque abarca trabalhos do nível de ensino de interesse (mestrado), além de permitir focalizar área, tema, entre outros parâmetros de interesse para essa pesquisa.

Para o levantamento dos trabalhos se utilizou descritores pertinentes à uma busca desta natureza e que contemplassem a ideia de identificar um panorama da situação do ensino de física. Assim, os termos utilizados foram “ensino de física” AND “sustentabilidade”, resultando em 456 trabalhos. Foi aplicado o filtro de data 2019 a 2022 resultando em 48 trabalhos os quais tiveram os títulos lidos para identificar se estavam relacionados de forma efetiva ao assunto que se pretendia explorar. Foram encontrados trabalhos envolvendo educação física, características físicas de solos e corpos de água, entre outros assuntos; estes foram descartados por não estarem focando no ensino de física e sustentabilidade, o que resultou em apenas cinco trabalhos, dentre os quais um envolvia a temática ambiental na formação em curso de licenciatura.

Passou-se então para nova busca com os descritores “ensino de física” AND “sustentabilidade” AND “energia” o que levou ao resultado de 46 trabalhos, mas, novamente a

maioria não se relacionava com a área de ensino. Desses, cinco apenas estavam relacionados aos pontos de interesse do trabalho.

Com os descritores “ensino médio” AND “sustentabilidade” AND "lâmpadas" nenhum trabalho foi encontrado. Trocando lâmpadas por resíduos sólidos, os trabalhos não envolveram o ensino de física ou o Ensino Médio. Assim, optou-se por descrever os trabalhos que foram encontrados com os primeiros descritores (“ensino de física” AND “sustentabilidade”), que resultaram em cinco trabalhos, embora não necessariamente envolvam resíduos, mas por estarem voltados a algum nível do ensino. No Quadro 2 estão listados os títulos de cada um, o ano e o local que foi realizado.

Quadro 2 - Trabalhos selecionados no Catálogo de teses e dissertações Capes.

	<b>Título</b>	<b>Local</b>	<b>Autor/Data</b>
<i>i</i>	As energias renováveis como práticas experimentais no ensino de física da educação de jovens e adultos	Belém, PA	Siqueira, 2020
<i>ii</i>	Educação Ambiental nos projetos pedagógicos dos cursos de licenciatura em ciências biológicas, física e química da UFPA Campus Guamá	Belém, PA	Silva, 2020
<i>iii</i>	Tópicos no Ensino de Física Moderna: confecção de PowerBank caseiro de baixo custo acoplado a célula solar fotovoltaica para smartphones e outros dispositivos eletrônicos	Rio de Janeiro, RJ	Nascimento, 2019
<i>iv</i>	Física e meio ambiente: produção e consumo racional de energia	Lavras, SP	Nascimento, 2019
<i>v</i>	A transversalidade da Educação Ambiental: parâmetros curriculares e concepções pedagógicas no curso de física da UERN Campus Central	Mossoró, RN	Paiva, 2019

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

A seguir uma breve descrição dos trabalhos:

*i) As energias renováveis como práticas experimentais no ensino de Física da Educação de Jovens e Adultos (Siqueira, 2020)*

O trabalho de Siqueira (2020) propõe o uso das energias renováveis em práticas experimentais para o ensino de física para a Educação de Jovens e Adultos em uma escola da cidade de Manaus (PA). O objetivo foi tratar os conceitos de física em conjunto com a EA, focando na geração de energia elétrica. O autor aponta a dificuldade dos estudantes em relação à disciplina por ser abstrata, além disso, aponta a escassez de trabalhos relacionados ao EJA no que concerne à disciplina de Física.

Segundo o autor, a EA deve ser trabalhada de forma interdisciplinar pois envolve várias áreas do conhecimento, por isso visou esse parâmetro em sua proposta didática, “interligando

a física, a energia renovável, a sustentabilidade, a prática experimental e o ensino propriamente dito, com o intuito de capacitar, orientar e preservar o meio ambiente de forma limpa para as presentes e futuras gerações”.

Os resultados demonstraram que existe uma ausência de atividades que promovam o desenvolvimento de habilidades que permitam ao educando fazer descobertas via práticas experimentais sobre energias renováveis e que possam ser aplicadas vinculadas ao ensino de Física.

*ii) Educação Ambiental nos projetos pedagógicos dos cursos de licenciatura em ciências biológicas, física e química da UFPA Campus Guamá (Silva, 2020)*

Silva (2020) discute em seu trabalho de pesquisa as contribuições dos Cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Física e Química no âmbito da formação de professores para a educação básica para as políticas da EA, reconhecendo a importância da construção do cidadão crítico e a formação do sujeito ético e socialmente comprometido, baseado no que determina as normativas e políticas ambientais como a Lei no 9795/99 que dispõe sobre a EA e institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências e a Resolução no 2, de 15 de junho de 2012 que Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, assim como as Diretrizes Curriculares para os cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Química e Física.

Dessa forma o autor estabelece que se faz necessário compreender como a temática “Educação Ambiental” está inserida nos currículos dos cursos de licenciatura em ciências biológicas, química e física e em que termos coaduna-se com os documentos oficiais que orientam a EA no ensino superior no contexto da formação de professores da educação básica. Ele o faz investigando nos projetos pedagógicos dos cursos de Licenciatura em ciências biológicas, física e química da UFPA campus Guamá as proposições acerca da temática EA, considerando os princípios básicos da EA dispostos no artigo 4º da Lei no 9795/99 e no artigo 12 das Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental e identificando nas matrizes curriculares e na parte textual dos projetos pedagógicos.

Os resultados indicam que nos trechos dos projetos pedagógicos selecionados para análise evidenciaram uma abordagem pontual e fragmentada de temas relacionados a EA como justiça social, pluralismo de ideias, aspectos éticos, diversidade étnica e cultural, enfoques democráticos e interdependência entre o meio natural, socioeconômico e cultural. No entanto,

em um contexto mais amplo constatou-se que as características contidas na parte textual pouco revelam sobre a dimensão ambiental como preconizado nos documentos referenciais.

*iii) Tópicos no Ensino de Física Moderna: confecção de PowerBank caseiro de baixo custo acoplado a célula solar fotovoltaica para smartphones e outros dispositivos eletrônicos (Nascimento, 2019)*

Nascimento, (2019) propõe em seu trabalho a criação de um roteiro de atividades laboratoriais para a confecção de um conjunto de células solares de Silício de baixo custo, bem como o reaproveitamento de baterias íon-lítio 3,7v para alunos de Ensino Médio nas aulas de Física. Ele indica que a partir da aquisição de alguns componentes os alunos aplicarão os conceitos da Física Moderna aliado a expectativa de uma efetiva contribuição ao Ensino de Física. Permitindo métodos e processos de origem interdisciplinar, buscam-se resultados sustentáveis no campo que delinea o fenômeno de transformação energética da radiação solar em energia elétrica o autor sugere o desenvolvimento de competências e habilidades numa provocação ao uso racional dos recursos disponíveis (naturais ou não), buscando realizar a conexão da tríade Ciência teórico-experimental – práticas sustentáveis, buscando contemplar em primeira análise a busca da aprendizagem ativa do alunado, o trabalho visa embrionariamente contribuir no esforço de expansão estratégica do ensino de Física Moderna nas escolas de nosso país, bem como o estímulo na adoção contido nas práticas sustentáveis com a participação e constituição efetiva do aluno do Ensino Médio brasileiro, tornando-o autor e colaborador efetivo na contribuição desta natureza.

*iv) Física e meio ambiente: produção e consumo racional de energia (Nascimento, 2019)*

O trabalho proposto por Nascimento (2019) é uma SD que utiliza uma pesquisa qualitativa e descritiva a partir da interpretação de “mensagens”, gravações e anotações feitas pelo pesquisador durante o processo com o objetivo de identificar as concepções dos alunos a respeito das questões ambientais e suas ideias sobre Meio Ambiente e as relações com ele. A abordagem utiliza o tema aquecimento global, estudando o efeito estufa e relacionando a emissão de gases poluentes com o processo de obtenção e consumo de energia, direcionando para o estudo das usinas elétricas, que aborda as transformações de energia e o princípio de



conservação da mesma, bem como a classificação de fontes de energias renováveis e não renováveis.

As escolhas das estratégias de ensino foram feitas para criar espaços para discussão sobre a relação ser humano/meio ambiente, valores éticos, ciência e tecnologia, e participação política. O pesquisador verificou em sua prática que as questões ambientais não faziam parte de um conhecimento sistematizado pelos alunos. As primeiras manifestações a respeito do tema eram associadas com notícias da mídia televisiva e estas, no que lhe concerne, possuíam um caráter identificado como conservador. Entretanto, percebe-se que durante o processo, em acordo com as intencionalidades da sequência didática, as questões socioambientais se fazem presente e relacionam-se com questões de caráter político e econômico.

Também o autor observou algumas apropriações que podem contribuir para aprendizagem significativa dos alunos:

- Compreensão do Meio Ambiente, que os alunos vivem, como responsabilidade de todos;
- Desenvolvimento do senso crítico de que, ações e participação de todos, podem mudar relações historicamente determinadas;
- Trabalho em equipe no desenvolvimento de ações para a melhoria da qualidade, responsabilidade de diversas instâncias (sociedade civil, governo, ONGS.), etc.

v) *A transversalidade da Educação Ambiental: parâmetros curriculares e concepções pedagógicas no curso de física da UERN Campus Central* (Paiva, 2019)

O trabalho de Paiva (2019) se configura como uma pesquisa quanti-qualitativa, envolvendo dentro destas a pesquisa documental e buscou “analisar a abordagem da EA, no que se refere à transversalidade, no curso de Licenciatura em Física, Câmpus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, em Mossoró-RN” (Paiva, 2019, p. 20), embasando sua problemática na importância que as questões ambientais têm tomado na sociedade contemporânea. No referencial teórico a autora versou sobre as Diretrizes Nacionais Curriculares de Física e Instrumentos de Avaliação de Cursos de Graduação do MEC, a EA e sua transversalidade nos cursos de graduação. A autora levantou os dados sobre EA a partir da análise deste elemento no Projeto Pedagógico do Curso – PPC, nas Diretrizes Nacionais Curriculares – DCNs e em outros documentos que constituem a proposta acadêmica do curso de licenciatura em Física no que diz respeito a EA e a transversalidade desta tanto no curso como na pesquisa e extensão. Investigar a concepção docente da EA como temática na prática

acadêmica de forma transversal. Utilizou como instrumento de coleta de dados questionários semiestruturados com os docentes e a análise de Bardin para a interpretação dos dados.

Pelos dados obtidos no questionário com os professores, "foi possível perceber forte tendência sobre a necessidade de problematização das questões ambientais no ensino de graduação". Que, apesar do evidente entendimento de fornecer uma abordagem da EA de forma transversal, presente no PPC do Curso de Física "ainda existe incompreensões sobre a transversalidade e a interdisciplinaridade, que resulta em uma aparente baixa na prática e eficácia das ações de EA no curso de Física [...]" (p. 93) o que, segundo a autora, compromete a prática. Nas palavras da autora (p. 93) "A universidade ainda é cartesiana e a Física, ainda mais, pois foram bases de fundição dessa ciência e o rompimento requer atitude de abertura para o novo".

Também verificou que tanto os projetos de pesquisa como os de extensão não contemplam a EA, e para Paiva pode ser por falta de conhecimento da exigência legal de se tratar esse tema ou falta de formação dos professores. Com isso, finaliza destacando a necessidade de desenvolver um trabalho articulado entre os diversos setores da universidade para promover uma modificação nas estratégias de formação de modo que se possa efetivamente trabalhar a EA no tripé que constitui a universidade.

Pelos resultados indicados em cada estudo, nota-se a relevância de temas relacionados a energia como meio de aproximação da EA com o ensino da física, especialmente quando se quer relacioná-los às atividades práticas. Os estudos trouxeram abordagens para diferentes níveis de ensino e, também, para formação continuada de educadores. Quanto ao tema lâmpadas LED e sustentabilidade, não há evidências de trabalhos que foram desenvolvidos nas pesquisas levantadas nesta dissertação, bem como, também não foi identificado estudo que tenha proposto um produto educacional com o objetivo de associar o estudo da física à sustentabilidade e meio ambiente.

### 3 PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO

O produto educacional apresenta-se na forma de uma sequência didática do tipo UEPS para o ensino dos conceitos físicos e os impactos ambientais produzidos pelas lâmpadas LED na disciplina de Física do Ensino Médio. Esse estudo faz parte da linha de pesquisa de Práticas Educativas no Ensino de Ciências e Matemática junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) da Universidade de Passo Fundo (UPF). A UEPS foi aplicada em uma turma de alunos em uma escola.

#### 3.1 Base metodológica da sequência didática

A abordagem didática utilizada para a construção do tema “Lâmpadas LED e sustentabilidade: uma sequência didática para o Ensino Médio” tem como enfoque a CTSA, e utiliza as concepções propostas por Ausubel na Teoria da Aprendizagem Significativa e como metodologia de construção da sequência didática utilizou-se a UEPS proposta por Moreira (2011).

A SD proposta pretende promover o desenvolvimento de algumas competências pontuadas na BNCC (2017) e que se alinham com o enfoque CTSA, como uma participação mais ativa do aluno no processo educativo, a análise crítica, a externalização de opiniões, a argumentação consistente. Mais especificamente podem-se citar as seguintes (Brasil, 2019, p. 326):

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências [...] para resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas[...] Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.

Segundo a BNCC (Brasil, 2017), a abrangência da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias vai além da aplicação teórica como abordagem, de modo que o contato do aluno com os objetos do conhecimento pode ser percebido desde o 8º ano onde os temas matéria e energia, fontes e tipos de energia, transformação de energia, cálculo de consumo de energia elétrica, circuitos elétricos, uso consciente de energia elétrica conversam entre si com o intuito de compreender, identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades, por exemplo. Além disso,

construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais. Também, propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável.

[...] Em Matéria e Energia, no Ensino Médio, diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa [...]) (Brasil, 2019, p. 547-552).

Moreira (2011) elaborou uma sequência didática com base na TAS, a UEPS, para o desenvolvimento de práticas de ensino que tem como objetivo principal a aprendizagem significativa. Estas apresentam oito passos, com objetivos específicos e Moreira sugere em cada um, possíveis atividades e recursos para serem utilizados. As UEPS são ofertadas como recurso facilitador para a ocorrência da aprendizagem significativa, por meio da estruturação do processo de ensino na forma de sequência didática, com etapas a serem desenvolvidas. Essa sequência didática possui encaminhamentos lógicos e metodológicos para o desenvolvimento de uma prática de ensino capaz de atribuir significado àquilo que se aprende, promovendo a aprendizagem significativa. A seguir, segundo adaptação de Da Ronch (2016, p. 47):

**Passo 1** – Situação Inicial: Neste primeiro momento, é definido o tópico a ser trabalhado. É importante que esse material introdutório esteja condizendo com a realidade dos estudantes para que possa propiciar uma discussão e levantamento de situações que servirão de aporte para os conteúdos que se pretende trabalhar. Pode ser utilizado um pré-teste para auxiliar na estruturação da UEPS e avaliação da aprendizagem.

**Passo 2** – Situação-problema: Criar ou propor situações que levem os estudantes a externalizar seu conhecimento prévio. Esse problema pode ser um texto, uma reportagem, um vídeo, etc. Pode ser utilizada como um organizador prévio e apresentar os conceitos que se pretende ensinar aos estudantes, no entanto, neste momento, não devem ser discutidos tais conceitos, o seu propósito é que os estudantes possam identificá-los na situação-problema e a partir disso, resgatar e externalizar seus conhecimentos prévios para solucionar tal situação.

**Passo 3** – Exposição dialogada e aprofundamento: Nesse momento são apresentados os conceitos a serem ensinados levando em consideração a situação inicial e a situação-problema levantada nos primeiros passos. Deve-se levar em conta a diferenciação progressiva, ou seja, começar com aspectos mais gerais e inclusivos, mas logo exemplificando e abordando aspectos específicos. Moreira (2011) sugere como exemplo de estratégia, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo.

**Passo 4** – Nova situação-problema: Uma nova situação-problema é criada, porém, agora em nível mais alto de complexidade em relação à primeira. Apresentar novos

exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e assim, promover a reconciliação integrativa. Sugere-se ao professor que situações diferentes da primeira sejam elaboradas e que leve aos estudantes a interagir socialmente, mediando discussões e negociando significados a fim de que novos conceitos sejam necessários para resolver.

**Passo 5** – Avaliação somativa individual: A avaliação dos estudantes deve ocorrer em todo o desenvolvimento da UEPS. As participações nas atividades propostas, nas tarefas, nos trabalhos em grupos, entre outros, serão totalizadoras da avaliação. Contudo, ao se reportar a “avaliação somativa individual” Moreira (2011) apresenta que neste momento deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e que os estudantes sejam capazes de utilizar seus conhecimentos para resolver tais situações.

**Passo 6** – Aula expositiva final: Neste momento devem-se retomar as características mais relevantes do conteúdo buscando a reconciliação integrativa. Pode-se utilizar um novo material, ou discutir e resolver com os estudantes, situações com níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores, estimulando que eles manifestem suas dúvidas e dificuldades na compreensão dos conceitos.

**Passo 7** – Avaliação da aprendizagem: O principal ponto para avaliar uma UEPS é o registro do professor em tudo o que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa no conteúdo trabalhado ao longo de toda a aplicação. Neste momento espera-se que o estudante já seja capaz de transpor o conhecimento adquirido ao longo do processo de aprendizagem. A fim de somar na busca de indícios de aprendizagem significativa nos estudantes, pode ser aplicado um pós-teste a fim de comparar com o realizado na situação inicial.

**Passo 8** – Avaliação da UEPS: A avaliação da UEPS parte das evidências de aprendizagem significativa apresentada pelos estudantes no decorrer de sua aplicação. Evidências estas que estão baseadas na captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problemas. Cabe lembrar que a aprendizagem significativa é progressiva, ou seja, a ênfase é em evidências e não em comportamentos finais.

Segundo a TAS, sempre que o aluno se depara com um conteúdo novo ele o reelabora, mas se utiliza de conceitos já existentes para torná-lo mais complexo. Ele defende que todo conhecimento é formado por estruturas organizadas que são continuamente modificadas à medida que novas ideias ou conceitos são associados aos já existentes. Sendo assim, a proposta da sequência é partir dos conhecimentos prévios do aluno sobre a temática lâmpadas LED já que o 3º ano trabalha quase que todo o ano com a eletricidade e o tema em questão é do cotidiano do aluno.

### 3.2 A UEPS

O produto educacional, então, consistiu de uma SD no formato de uma UEPS. Pretende-se que esta sequência possa ser utilizada especialmente por professores do Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza. A ideia foi abordar, além dos conceitos físicos pertinentes, os impactos ambientais produzidos pelas lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*), destacando os diferentes componentes que constituem as lâmpadas LED, de modo a discutir os efeitos

adversos que podem resultar do descarte incorreto deste material, bem como os efeitos biológicos resultantes da exposição a esse material.

Essa perspectiva de trabalho adveio da necessidade de trabalhar com a disciplina de Física sem abrir mão do tema relacionado à sustentabilidade. A proposta foi de não isolar os conceitos disciplinares, mas sim, tratá-los a partir de um tema transversal, no caso o ambiental, de modo que o aluno possa dar significado para o conteúdo abordado.

O produto educacional proposto, a UEPS, apresenta a estruturação em oito passos segundo o modelo explicitado anteriormente. Importante destacar que essa proposta considera que o professor já tenha trabalhado os conteúdos introdutórios de Física para essa etapa do ensino, especialmente os conceitos de eletrodinâmica, movimento das cargas elétricas e a transformação de energia. A seguir, no Quadro 3, estão descritas, de forma resumida, as atividades propostas em cada etapa da UEPS.

Quadro 3 - Resumo das atividades propostas em cada passo da UEPS

<p><b>1º passo - Situação inicial</b></p> <p>Abrir uma roda de conversa para que os estudantes possam expressar o que sabem sobre o destino das lâmpadas após seu período de vida útil de modo a identificar seus conhecimentos sobre os impactos ambientais produzidos no descarte das lâmpadas LED e a interferência no aspecto ambiental (físico e biológico). Após ouvir o que cada um sabe sobre o assunto, realizar um pré-teste (Apêndice A).</p>
<p><b>2º passo – Situação problema</b></p> <p>Utilizar notícias e/ou textos informativos para contextualizar.</p> <p>- Colocar os seguintes questionamentos: (O aluno responde em uma folha onde o professor listou as questões e depois devolve ao professor):</p> <p><i>De que material é constituído essas lâmpadas? Porque a lâmpada deixa de funcionar? O que você faz com a lâmpada que não funciona mais? Quais os tipos de lâmpadas utilizadas em sua casa? Quais os impactos ao meio ambiente quando não damos o destino correto para seu descarte?</i></p>
<p><b>3º passo – Exposição dialogada (ou Revisão)</b></p> <p>Este passo está dividido em duas etapas: Etapa 1) abordagem do conteúdo de Física; Etapa 2) abordagem da questão do descarte das lâmpadas.</p> <p>Na Etapa 1): tratar dos conceitos de corrente elétrica, corrente contínua e alternada; semicondutores, fluxo luminoso, constituição de um circuito elétrico; relação entre potência e consumo. Assistir um vídeo de 3 '48'' que mostra a lâmpada LED por dentro (link: <a href="https://youtu.be/u_giQYjtEaw">https://youtu.be/u_giQYjtEaw</a>). Resolução de questões do conteúdo (Anexo G).</p> <p>Na Etapa 2): dividir os estudantes em grupos para realizarem a leitura do texto que envolve o processo de reciclagem de lâmpadas. <b>Texto 1.</b> “Tudo o que você deve saber sobre lâmpadas e seu processo de reciclagem” (descarte das fluorescentes - a LED) - (Anexo E)</p>
<p><b>4º passo – Nova situação problema (SP2)</b></p> <p>Iniciar a aula usando a lousa digital e projetar na tela o seguinte questionamento: Quais os problemas que o uso intenso das lâmpadas LED pode trazer para o ser humano?</p> <p>Discutir, utilizando os textos, dois problemas que foram evidenciados em pesquisa sobre o uso excessivo das lâmpadas LED: <b>Texto 2.</b> A toxicidade da luz chamada luz azul na retina; <b>Texto 3.</b> A perturbação do relógio biológico e do ciclo do sono, provocada pela exposição noturna. – (Anexos F e G, respectivamente)</p>
<p><b>5º passo – Avaliação somativa individual</b></p> <p>Realizar uma avaliação que será feita por meio de um questionário para os estudantes responderem sobre funcionamento e descarte das lâmpadas (Apêndice B).</p>

**6º passo – Aula expositiva integradora final**

Realizar uma visita a Prefeitura do município ou postos de recolhimento das lâmpadas para entender como é feito o descarte das lâmpadas em nosso município e nos municípios vizinhos. Retomar o conteúdo trabalhado de forma a integrá-lo. Os estudantes devem ser instigados a fazer questionamentos e a anotar as informações obtidas para posterior discussão em sala de aula.

**7º passo – Avaliação da aprendizagem**

Propor a construção do mapa mental sobre o que foi discutido nas aulas; analisar os resultados da avaliação somativa individual e as externalizações dos estudantes ao longo do processo, em especial, na aula expositiva integradora para identificar indícios de aprendizagem.

**8º passo – Avaliação da UEPS**

Aplicar um questionário de percepção para os estudantes sobre as atividades propostas; analisar os resultados em termos de contribuição para alcançar objetivos pedagógicos esperados.

Fonte: Autora, 2023.

O primeiro passo envolve o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre as lâmpadas LED, seus principais componentes e o destino que é dado a elas. Para tanto, se propôs uma roda de conversa e um pré-teste (Quadro 4) composto por sete questões, a seguir apresentadas.

Quadro 4 - Questões do pré-teste sobre o destino das Lâmpadas

1. Qual ou quais os tipos de lâmpada que são utilizadas em sua casa?
2. Você sabe a diferença em termos de composição de cada lâmpada. Comente sobre o que você identifica de principais componentes em cada uma das lâmpadas que você já adquiriu ou utiliza em sua casa:
3. Porque as lâmpadas LED oferecem maior economia de energia do que as incandescentes ou fluorescentes?
4. Descreva o que você sabe sobre a durabilidade das lâmpadas LED em relação às lâmpadas convencionais:
5. Quanto à potência das lâmpadas LED e das lâmpadas convencionais, o que você consegue identificar sobre as diferenças verificadas?
6. O que você faz com as lâmpadas que são descartadas em sua residência?
7. Você sabe o destino das lâmpadas descartadas em nosso município?

Fonte: Autora, 2023.

No segundo passo se apresenta a situação-problema sobre a temática a ser trabalhada. Para esse passo Moreira (2011) sugere uma variedade de recursos (vídeos, notícias, textos, entre outros) que dialoguem com os conceitos que se quer trabalhar no passo seguinte, de modo que o aluno possa estabelecer a relação posteriormente. Na UEPS proposta se selecionou uma notícia e um texto informativo, os quais permitiam encetar uma discussão sobre as lâmpadas que já não estão disponíveis no mercado e analisar as vantagens do uso das lâmpadas LED na iluminação pública.

Logo após, se propõe apresentar os seguintes questionamentos: 1. De que material são constituídas as lâmpadas LED? 2. Porque a lâmpada deixa de funcionar? 3. O que você faz com a lâmpada que não funciona mais? 4. Quais os tipos de lâmpada utilizadas em sua casa? 5. Quais os impactos ao meio ambiente quando não damos o destino correto para seu descarte?

Destaca-se que diversos questionamentos e em vários momentos da SD foram sugeridos, pois é uma forma de incitar a participação dos estudantes, dar voz a eles, ao mesmo tempo que o professor pode identificar as suas ideias/opiniões sobre o que se está tratando, valorizando seus conhecimentos (Auler, 2013).

O objetivo no 3º passo, segundo Moreira (2011) é trabalhar os conceitos relacionados ao tema, de modo que a situação problema lançada seja revisitada. Assim, a transformação de energia necessária para o funcionamento das lâmpadas, a organização dos circuitos elétricos, bem como o custo e o consumo de energia elétrica são propostos. Para isso se selecionou recursos didáticos como slides, vídeos, textos, conforme sugerido no Produto Educacional. Essa aula está dividida em duas etapas, sendo a Etapa 1: Abordagem do conteúdo de Física; e a Etapa 2: Abordagem da questão do descarte das lâmpadas.

Para a Etapa 1 os recursos fornecidos são slides elaborados (Apêndice C) para trabalhar os conceitos pertinentes (corrente elétrica, corrente contínua e alternada; semicondutores, fluxo luminoso, constituição de um circuito elétrico; relação entre potência e consumo; representação de um semicondutor e o movimento dos elétrons) e slides disponíveis no link <https://slideplayer.com.br/slide/1241768/>, os quais mostram o funcionamento das lâmpadas LED, questões relacionadas à sustentabilidade, entre outros tópicos, servindo como complementação do aprendizado.

Também se propõe a apresentação de um vídeo curto, de 3 '48 ", que mostra uma lâmpada LED tubular por dentro. O vídeo como recurso didático, como comentam Paradella *et al.* (2020, p. 3),

pode enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, de algumas formas, entre elas destacam-se: o uso de uma linguagem diferente que atrai mais a atenção e possibilita mais empatia com os alunos, pode ser usado estrategicamente antes, durante ou depois de uma proposta de atividade, ele pode proporcionar experiências que os alunos não vivenciaram em sala de aula, por exemplo: simulações e conhecimentos de novas realidades. Além de permitir associações com diferentes tipos de recursos variados e mídias (áudio, animação, texto, etc.).

Após a abordagem dos conceitos é importante identificar a compreensão dos estudantes, para dirimir dúvidas antes de avançar na SD, assim se sugere a resolução de questões na Atividade de sistematização 1 (Anexo G).

Para a Etapa 2 da exposição dialogada, novamente se traz o recurso da leitura de textos: Texto 1 “Tudo o que você deve saber sobre lâmpadas e seu processo de reciclagem” (descarte das fluorescentes)” (Anexo D) que envolve diferentes tópicos sobre lâmpadas, o que oportuniza



dividi-lo em microtextos, uma vez que é um texto longo, e trabalhar em grupo com os estudantes, dividindo os tópicos tratados no texto por grupo:

- Grupo 1: História da lâmpada e a iluminação de diferentes tipos – principais características de cada lâmpada;
- Grupo 2: Qual é a mais sustentável?
- Grupo 3: Os perigos do descarte incorreto.
- Grupo 4: O que diz a lei? Como descartar?
- Grupo 5: E dá para reciclar?

Para sistematizar essa etapa a sugestão é a construção de mapa mental ou uma síntese do trabalho com apresentação aos demais colegas da turma.

Para o quarto passo, em que uma nova situação problema deve ser formulada, o seguinte questionamento foi sugerido: *Quais os problemas que o uso intenso das lâmpadas LED pode trazer para o ser humano?* A ideia é discutir sobre dois problemas que foram evidenciados em pesquisa sobre o uso excessivo das lâmpadas LED: **1.** A toxicidade da luz chamada luz azul na retina; e **2.** A perturbação do relógio biológico e do ciclo do sono, provocada pela exposição noturna. Para resolver essas questões a sugestão é a leitura de dois textos adaptados (Anexos E e F, respectivamente).

No quinto passo Moreira (2011) recomenda realizar uma Avaliação Somativa individual. No produto educacional a sugestão foi um questionário (Quadro 5) impresso para ser respondido pelos estudantes sobre os assuntos abordados anteriormente.

Quadro 5 - Avaliação somativa individual

**QUESTIONÁRIO PARA A AVALIAÇÃO SOMATIVA**

- 1 - Hoje as lâmpadas fazem parte do seu cotidiano. Tente descrever algumas características da evolução das lâmpadas com base no que você lembra a partir de seus conhecimentos especialmente com relação aos danos quando estamos expostos a elas.
- 2 - Quais os primeiros recursos utilizados pelo homem para manter uma lâmpada acesa?
- 3 - Quais os aparelhos de grande importância para os dias atuais que utilizam as lâmpadas LED?
- 4 - Descrever o funcionamento de uma lâmpada LED.
- 5 - Indique os principais danos causados na retina quando do uso prolongado das lâmpadas LED:
- 6 - Como a exposição excessiva à luz LED pode perturbar o sono.

Fonte: Autora, 2023.

É importante destacar que a avaliação deve ser realizada ao longo de toda a intervenção didática, como proposto por Moreira (2011), por meio da observação dos questionamentos feitos pelos alunos e o envolvimento nas atividades.

Na aula integradora final, sexto passo, se propõe uma visita ao Departamento do Meio Ambiente ou postos de recolhimento das lâmpadas para entender como é feito o descarte das

lâmpadas no município da escola e nos municípios vizinhos. Visitas técnicas são recursos didáticos importantes, pois colocam os estudantes em um ambiente real de aplicação dos conhecimentos. Segundo Carvalho, Viana e Vieira (2012, p. 11), “As visitas técnicas se constituem em práticas capazes de desenvolver processos de ação, observação, reflexão, comprometimento e integração de forma a concretizar a teoria-prática”. Além disso “se considera que o meio onde se dará a visita técnica desperta um interesse para a compreensão dos elementos teóricos do componente curricular e outros elementos da vivência cultural, ambiental e política do discente” (ibid., p. 4), nesse sentido, ela se alinha com pressupostos da CTSA e, nesse passo da UEPS, pode facilitar a integração dos tópicos abordados na SD.

As visitas técnicas também oferecem a oportunidade de sair da sala de aula, utilizando espaços não formais para o aprendizado, o que pode “estimular maior participação dos alunos na construção do seu conhecimento” (Araújo; Quaresma, 2014, p. 33). Mas, cabe ao professor fazer com que a visita contemple o estudo que vem desenvolvendo em sala de aula de modo a viabilizar que o estudante possa fazer a relação com esse estudo, mediando a atividade, quando necessário, para que ela seja proveitosa (Costa; Araújo, 2012).

No passo da avaliação da aprendizagem, o questionário da atividade de sistematização 1 (Anexo G) já tinha sido aplicado no passo da exposição dialogada, e foi utilizado na discussão dos resultados. Então, para sistematizar o conhecimento, nesse passo 7, foi solicitada a construção de um mapa mental.

Para a construção do mapa mental, o professor fornecerá aos alunos folha sulfite, lápis de cor, caneta hidrográfica, post-it, cola, tesoura e régua. Na lousa serão escritas algumas palavras que podem aparecer nos mapas, como: corrente elétrica, lâmpadas LED, a transformação de energia necessária para o funcionamento das lâmpadas e a organização dos circuitos elétricos, bem como o custo e o consumo de energia elétrica, lâmpadas, impacto ambiental, de maneira a auxiliar na sua construção. Espera-se que os estudantes, além de listarem os conceitos básicos de física envolvidos no estudo também pontuem os diferentes aspectos da sustentabilidade.

No passo da avaliação da UEPS, oitavo passo, segundo Moreira (2011, o professor deve fazer um balanço de sua intervenção didática, ou seja, uma análise crítica de modo a poder reconstruir caso identifique problemas durante a aplicação da SD. Desta maneira, os dados do diário de bordo devem subsidiar essa análise, para verificar momentos em que se percebeu que alguma atividade não foi bem estruturada, necessitando de reformulação. Além disso, os resultados das avaliações podem ser retomados de modo a identificar se a UEPS foi bem-

sucedida em propiciar uma AS. Também, se aplicará um questionário para verificar a percepção dos alunos sobre as atividades propostas.

### 3.3 Descrição dos encontros

A aplicação da sequência didática está descrita, a seguir, por meio dos 8 passos que constituem a UEPS. Para sua aplicação foram necessários 9 encontros totalizando 18 horas. O início da aplicação do produto educacional foi no dia 11/08/2023, com término no dia 26/09/2023. A sequência também pode ser acompanhada no produto educacional, a UEPS, detalhada em documento separado. No Quadro 6 estão listadas as atividades que foram desenvolvidas em cada encontro.

Quadro 6 - Cronograma da aplicação da sequência didática UEPS

Encontros	Data	Descrição das atividades
Primeiro (2 h)	11/08/2023	1º passo – Situação inicial Recolher Termos de Assentimento e Consentimento Roda de Conversa Pré-teste
Segundo (2 h)	18/08/2023	2º passo – Situação problema I Textos de noticiários para análise e discussão
Terceiro (2 h)	25/08/2023	2º passo – Situação problema I Questionamentos
Quarto (3 h)	01/09/2023	3º passo – Exposição dialogada Fundamentação teórica Slides Planta baixa com especificação da luminosidade ideal em cada ambiente
Quinto (2 h)	05/09/2023	4º passo – Nova situação-problema Atividade prática Novas questões problema para debate 5º passo – Avaliação Somativa Individual Aplicação de uma avaliação que será feita por meio de um questionário para os estudantes responderem sobre funcionamento e descarte das lâmpadas.
Sexto (2 h)	06/09/2023	6º passo – Aula expositiva integradora final Visita ao Departamento do Meio Ambiente
Sétimo (1 h)	12/09/2023	6º passo – Aula expositiva integradora final Construção do relatório de visita
Oitavo (2 h)	19/09/2023	7º passo – Avaliação da aprendizagem Resolução de questões de múltipla escolha objetivando a análise dos seus resultados e construção do Mapa Mental
Nono (2 h)	26/09/2023	8º passo – Avaliação da UEPS Questionário de percepção para os estudantes sobre as atividades propostas; Palestra de sensibilização quanto ao descarte correto das lâmpadas e demais eletroeletrônicos

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Previamente à aplicação do produto foi realizada uma reunião com os estudantes para explicar sobre a pesquisa a ser realizada e sobre os Termos de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para eles assinarem e recolherem a assinatura de seus responsáveis (Anexos A e B, respectivamente). Importante destacar que a implementação do produto já havia sido autorizada pela direção da escola (Anexo A). Neste encontro inicial, foi realizada também a apresentação da proposta de trabalho, explicando a metodologia que seria abordada durante as aulas e como será a avaliação dela. Também ficou acordado sobre a realização das atividades de casa e da necessidade da colaboração de todos. Nenhum estudante se manifestou contrário aos encaminhamentos dados pela professora pesquisadora.

### 3.3.1 Situação Inicial – Passo 1

O primeiro passo da UEPS, a **Situação inicial**, teve como objetivo sondar os conhecimentos prévios dos estudantes. O conhecimento prévio constitui-se nos subsunçores (AUSUBEL, 2003) necessários para ancoragem dos novos conhecimentos que serão avaliados no decorrer da aplicação do produto. Após as boas-vindas e as homenagens pelo dia do estudante, iniciou-se a proposta da aplicação da sequência didática com uma roda de conversa para ouvir o que eles sabiam sobre lâmpadas e o destino final delas. O relato do que foi comentado pelos alunos, foi escrito pela professora pesquisadora no diário de bordo, conforme consta a seguir:

*A1 - relatou sobre os tipos de lâmpadas instaladas nos ambientes da sua casa, citando as lâmpadas incandescentes que ainda possui em alguns cômodos, também citou as lâmpadas fluorescentes, alguns componentes que constituem essas lâmpadas, relação entre o consumo e o tipo de lâmpada utilizada. Ao falar sobre o descarte das lâmpadas, diz colocar as lâmpadas que não são mais utilizadas em caixas de papelão com um registro da caneta indicando ser lâmpadas.*

*A2 - relata que em sua casa foi realizado uma revisão nas instalações elétricas e que para a redução de consumo seu pai solicitou ao eletricista a substituição das lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED. Porém por morar no interior ele não tem certeza do destino das lâmpadas que não são mais utilizadas, mas já ouviu seu pai dizer que deveria entregar em algum posto de recolhimento, mas, ele não sabe ao certo onde seria o local.*

*A3 - relata que como faz pouco tempo que mudou para um condomínio diz observar que todas as lâmpadas são LED e que percebe a durabilidade maior dessas lâmpadas, também comentou que elas não deixam a desejar em matéria de luminosidade e que perceberam uma redução de consumo em relação a sua antiga casa que possuía lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Imagina que o município tenha uma política de recolhimento dessas lâmpadas, mas não sabe ao certo qual seria.*

*A4 - Esse aluno fez referência a lâmpada utilizada em seu quarto que segundo ele deve ser uma lâmpada incandescente pois tem a cor amarela e aquece. Diz observar vários tipos de lâmpadas de cor e formatos variados nos diferentes cômodos da casa. Não soube mencionar sobre o destino das lâmpadas em sua casa e no município.*

*A5 - Falou da relação entre a energia, corrente elétrica e o efeito luminoso causado pela transformação de energia elétrica em luz. Mencionou que são seus pais que compram e trocam as*

*lâmpadas da casa e que ele não tem ideia do que é feito com as lâmpadas que não podem mais ser usadas.*

*A6 - Comentou que por morar no interior utiliza muitas lâmpadas externas por segurança precisam manter lâmpadas acesas pois são suscetíveis a roubo frequente. Por isso substituíram todas as lâmpadas de casa por lâmpadas led para amenizar o consumo de energia. Não sabe o destino que é dado às lâmpadas que deixam de funcionar, mas comentou que o lixo comum é trazido uma vez por semana para a cidade para o descarte e imagina que as lâmpadas também sejam depositadas neste lixo.*

*A7 - Disse ter lâmpadas de vários tipos em sua casa e que nunca parou para observar de que tipo seriam. Diz usar lâmpada amarela em seu quarto, mas percebe que ela é “fraca”. Mora com a avó e a mãe e disse observar que as lâmpadas são jogadas no lixo seco comum em sua casa.*

Os relatos dos alunos permitiram a professora pesquisadora observar que, de um modo geral, e pensando também na questão da sustentabilidade, os alunos conseguiam identificar os tipos de lâmpadas que utilizavam, mas que apenas um aluno (14%) dá o destino correto as lâmpadas de sua casa, os demais 86% colocam no lixo seco comum ou então, apenas identificam as caixas onde acondicionam as lâmpadas, mas não demonstram saber que deveriam dar um destino diferente às lâmpadas do que o lixo comum. Este fato demonstra a necessidade de tratar desses assuntos de forma constante na escola, pois dela se espera por uma formação que propicie uma participação cidadã dos alunos, pressuposto da abordagem CTSA (Fernandes; Pires; Delgado-Iglesias, 2018).

Logo após a roda de conversa, a professora-pesquisadora distribuiu as folhas com as questões do pré-teste (Quadro 4) lembrando a eles que no momento não existe resposta certa ou errada, pois é o momento de identificar o que conhecem sobre o assunto. Para isso, os estudantes foram orientados a responder as questões de forma individual. A análise das respostas encontra-se no item de discussão dos resultados, pois um dos parâmetros de análise da aprendizagem foi a comparação dessas respostas com o pós-teste ao final da SD.

Após a finalização do pré-teste a professora recolheu os testes<sup>2</sup> e comentou que na próxima aula daria segmento a aplicação do produto.

### 3.3.2 Situação Problema – Passo 2

No Passo 2 foi utilizada uma notícia “Lâmpadas incandescentes deixam de ser vendidas no país”<sup>3</sup> e um texto informativo “Lâmpadas de LED na iluminação pública: quais são as vantagens?”<sup>4</sup>, para lançar a situação problema delineada na forma de questões (Quadro 7).

<sup>2</sup> Os registros das respostas desse teste estão disponíveis no link:

<https://drive.google.com/file/d/19hkDH6f6kdR66uBAA26ThGkLvNGOx5Fk/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/136lSwfR89m3oFryPmunxrLEsrvYxd6B2/view?usp=sharing>

<sup>3</sup> <https://www.ncstotal.com.br/noticias/lampadas-incandescentes-deixam-de-ser-vendidas-no-pais-0>

<sup>4</sup> <https://eletroenergia.com.br//led/lampadas-de-led-na-iluminacao-publica-quais-sao-as-vantagens/>

Moreira (2011) propõe nas UEPS, um modelo de SD embasado em premissas construtivistas, diversas maneiras de vincular o conhecimento prévio dos estudantes e o conhecimento a ser ensinado, por exemplo, com o uso de situações-problema potencialmente significativas, seguindo os princípios oriundos da TAS, ou seja, que elas tenham relação com um contexto do qual o aluno possa refletir e trazer suas ideias a respeito. Assim, os textos selecionados têm esse viés, especialmente notícias, como comentam Conceição e Merquior (2018, p. 7) “a leitura de notícias de jornal pode ser um recurso didático útil para que o aluno se sinta parte integrante do mundo a sua volta, pois o ajuda a desenvolver pensamento crítico a respeito de sua posição no contexto social do seu tempo”.

Para a leitura dos textos, a professora-pesquisadora entregou o material impresso. Para isso reuniu os estudantes em dois grupos – a escolha foi feita de forma aleatória. Logo após abriu-se uma roda de conversa para discutir sobre o conteúdo dos textos. Os relatos dos alunos, registrados pela professora-pesquisadora em seu diário de bordo, foram:

*A1 - relatou que lhe chamou atenção a velocidade com que as mudanças em relação a substituição das lâmpadas ocorreram. Também comentou sobre as lâmpadas utilizadas em sua casa, destacando que nos espaços onde as máquinas agrícolas ficam guardadas as instalações são antigas e ainda tem lâmpadas incandescentes funcionando.*

*A2 - disse que ao ler o texto que falava sobre a iluminação pública chamou a atenção o fato de que na cidade vizinha onde ela mora foram substituídas as redes de iluminação, mas não foram retiradas as redes antigas. Ficou curiosa em entender porque isso não ocorreu e disse que iria buscar a resposta junto aos órgãos competentes. Também comentou sobre como eram as ruas quando utilizavam as lâmpadas antigas e como é hoje depois da substituição das lâmpadas da iluminação pública.*

*A3 - comentou sobre a durabilidade das lâmpadas LED em relação às demais e também relatou sobre lâmpadas do corredor da sua casa que ele não lembra terem sido trocadas.*

*A4 - comentou sobre as recordações que tem do sistema de iluminação do ginásio da escola, quando as lâmpadas demoravam muito tempo para acender e a diferença de luminosidade das lâmpadas que são utilizadas hoje.*

Como se pode observar, os alunos fizeram relações com diferentes contextos (casa, escola, ruas) para comentar sobre o assunto, demonstrando que os textos instigaram a pensar sobre seu entorno. Inclusive suscitando questionamento, como no caso de A2, que comentou que iria buscar informações nos órgãos competentes para entender como funciona as trocas na rede de iluminação. Os pressupostos da CTSA buscam justamente essa reflexão com viés crítico, pois essa vai desenvolvendo aos poucos a postura que se espera do aluno.

Ao final das manifestações dos alunos que comentaram sobre os textos (porque nem todos comentaram) a professora-pesquisadora distribuiu as folhas impressas com os questionamentos da **Situação-Problema 1** sugerindo que respondessem às questões (Quadro 7), as quais são o foco deste passo. As respostas estão no Quadro 7.

Quadro 7 - Repostas dos alunos as questões da situação problema 1<sup>5</sup>.

<p><b>1. De que materiais são constituídas as lâmpadas LED?</b> A1 - Diodo emissor de luz; A2 - Diodo; A3 - De diodo; A4 - Plásticos e semicondutores; A5 - Materiais semicondutores, como o silício; A6 - De materiais renováveis; A7 - Vidro e outros materiais.</p>
<p><b>2. Por que a lâmpada deixa de funcionar?</b> A1 - Pois ela queima em um dos “ligamentos” do LED; A2 e A3 - Porque ela queima; A4 - Tem desgaste e queimam; A5 - Porque queima o pó que possui dentro e em alguns casos para de funcionar pelo tempo de uso; A6 - Pelo seu tempo programado de duração; A7 - Em alguns casos, o pó existente dentro delas acaba.</p>
<p><b>3. O que você faz com a lâmpada que não funciona mais?</b> A1 - Descarto em outro município (Três Palmeiras) em que a lâmpada tem o descarte correto; A2 - Descarto no lixo; A3 – Descarto na lixeira; A4 - É descartado no lixo normal e dentro de algum recipiente se tiver vidro; A5 - Não utilizamos para nada, somente descartamos; A6 - Descarto no lixo comum; A7 - Embrulho e descarto.</p>
<p><b>4. Quais os tipos de lâmpada utilizadas em sua casa?</b> A1 - Somente lâmpadas LED; A2 - Apenas LED; A3 - Principalmente LED, mas também tem fluorescente e incandescente; A4 - LED e incandescente; A5 - Usamos LED e fluorescentes; A6 - Incandescente, fluorescente e LED; A7 - LED e fluorescentes.</p>
<p><b>5. Quais os impactos ao meio ambiente quando não damos o destino correto para seu descarte?</b> A1, A2 e A3 - Polui as águas e o meio ambiente; A4 - Lâmpadas tem metais pesados que não devem ser descartados no meio ambiente; A5 - O descarte inadequado de lâmpadas usadas pode prejudicar o meio ambiente pois contém metais pesados; A6 - Danos ao oxigênio; O maior tempo para decomposição é a exposição às substâncias tóxicas que podem causar danos à saúde. A7 - não estava presente nesta aula.</p>

Fonte: Dados de pesquisa, 2023.

Como se pode ver nas respostas, os alunos têm ideia de alguns componentes da lâmpada LED e porque param de funcionar. Sobre os impactos ambientes comentam sobre os metais pesados que constituem alguns tipos de lâmpadas, não sendo o caso da LED.

### 3.3.3 Exposição Dialogada – Passo 3

O passo 3 da UEPS – Exposição Dialogada – teve como objetivo abordar o conteúdo “eletrodinâmica” a partir da proposta das lâmpadas LED. Esta etapa é a mais longa da sequência, pois envolve o desenvolvimento dos conceitos específicos: corrente elétrica, corrente contínua e alternada; semicondutores, fluxo luminoso, constituição de um circuito elétrico; relação entre potência e consumo e principais aplicações da eletrodinâmica para entender o funcionamento das lâmpadas. Esse tratamento segue a diferenciação progressiva a qual, segundo a TAS, é um processo cognitivo mais natural, passar do conhecimento mais inclusivo para os mais específicos. Como citado anteriormente, esse processo ocorre na aprendizagem subordinada, com ele os subsunçores vão tornando-se mais elaborados e diferenciados (Ausubel, 2003).

<sup>5</sup> Os registros das respostas estão disponíveis no link:

<https://drive.google.com/file/d/1WZdPd3mneKEIADrOI3ymavPjZwiyFtQo/view?usp=sharing>

Na **Etapa 1** os alunos foram conduzidos para a sala de informática, a fim de acompanhar os slides com a revisão dos conceitos de corrente elétrica tanto contínua quanto alternada, além da análise dos circuitos elétricos (Apêndice C).

Na sequência, a professora-pesquisadora tratou em específico das lâmpadas LED, Slides (Apêndice C). Nestes se abordou composição da lâmpada LED, eficiência energética, sustentabilidade, manutenção e durabilidade, funcionamento das lâmpadas e os benefícios quanto ao uso. Após sistematizar o conhecimento envolvido a professora-pesquisadora finalizou o momento utilizando o vídeo (Figura 3) “Lâmpada de LED tubular – Como é por dentro” disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=u\\_giQYjtEaw](https://www.youtube.com/watch?v=u_giQYjtEaw).

Figura 3 - Imagem do slide apresentando o vídeo “Como é a lâmpada LED por dentro”



Fonte: Arquivo da pesquisadora, 2023.

Para a **Etapa 2** que previa que os estudantes trabalhassem em grupo, foram organizados dois, pois são apenas 7 alunos, e cada grupo recebeu o microtexto: “Tudo o que você deve saber sobre lâmpadas e seu processo de reciclagem” (Anexo D). A proposta de trabalho com os textos era que eles fizessem uma síntese do que conseguiram compreender sobre as informações contidas no texto<sup>6</sup>. Logo após, foi solicitado que, de forma colaborativa, os alunos pudessem expor ao outro grupo as ideias organizadas a partir da leitura, proporcionando um debate bem interessante. Além do material escrito a professora-pesquisadora fez os seguintes registros das falas dos alunos no diário de bordo:

<sup>6</sup> Os registros das respostas estão disponíveis no link:

<https://drive.google.com/file/d/1bXw4mI1GGy53mEYZzvnvXstUoBtFg1vdw/view?usp=sharing>



- A1 - *As lâmpadas led são consideradas mais modernas econômicas e tecnológicas e ainda podem ser recicladas ao final do seu ciclo de vida;*
- A2 - *Diferente da fluorescentes que são fabricadas basicamente por vidro, as lâmpadas led são feitas de vários materiais, desde o plástico até metais e podem ser reciclados;*
- A3 - *As lâmpadas led transformam a eletricidade diretamente em energia luminosa por isso são mais econômicas;*
- A4 - *As lâmpadas devem ser colocadas em caixas de papelão para a segurança de quem manusear;*
- A5 - *Não podemos descartar as lâmpadas no lixo comum. Ideal é leva-las ao ponto de descarte mais próximo;*
- A6 - *destacou as principais diferenças entre os componentes das lâmpadas fluorescentes e as led, citando que o tratamento térmico em suas duas fases (esmagamento e destilação do mercúrio) é utilizado para o processo de reciclagem dessas lâmpadas;*
- A7 - *ao fazer a leitura sobre os componentes das lâmpadas incandescentes o aluno A7 se mostrou perplexo ao dizer que nenhum de seus componentes (vidro, metal e o filamento de tungstênio) não eram recicláveis. Nas suas palavras “ainda bem que não são mais utilizadas pois imagina o estrago que iriam causar ao meio ambiente”.*

Ao final da atividade, buscando a reconciliação integrativa, outro processo envolvido na TAS, que está previsto mais adiante na UEPS, porém, pode ocorrer juntamente com a diferenciação progressiva (Moreira, 2011), no caso, devido ao número de conceitos trabalhados, a professora-pesquisadora achou necessário fazer uma retomada dos conceitos da eletricidade dinâmica, especialmente sobre os circuitos elétricos, corrente elétrica contínua ou alternada e resistores elétricos.

Também foi discutido sobre o destino das lâmpadas e os conceitos da sustentabilidade e como utilizá-las. As lâmpadas LED são mais sustentáveis, isso porque garantem maior utilização por mais tempo e são mais versáteis e podem ser integradas em sistemas de tecnologia inteligente (<https://www.ibilux.com.br/blog/iluminacao-publica/>).

Alguns questionamentos foram registrados pela professora pesquisadora: 1) “*Por que existe dois tipos de corrente elétrica?*”; 2) “*Como a corrente elétrica transforma a energia elétrica em outras formas de energia?*”; 3) “*Como é a lâmpada LED por dentro?*”. À medida que a professora-pesquisadora fazia a apresentação dos slides era possível responder aos questionamentos. Os alunos se mostravam bem curiosos e interviam sempre que tinham dúvidas:

- A1 - *A corrente contínua é observada por exemplo quando utilizamos a calculadora~*
- A4 - *O movimento dos elétrons é que transformam a energia elétrica em outras formas, logo, o celular por exemplo a partir da carga que recebe transforma a energia elétrica em luminosa, sonora.*
- A7 - *Fiquei surpreso agora profe. Sempre pensei que a lâmpada led tinha pó dentro dela. Jamais pensei que seria assim por dentro.*

Observa-se que os alunos iam fazendo relações com equipamentos que usam normalmente (celular, calculadora) expressando suas constatações e surpresas, como A7 que

tinha a ideia de que a LED tinha um “pó” que respondia por seu funcionamento. Para a abordagem CTSA esses momentos são importantes, pois os alunos começam a observar a tecnologia que advém do conhecimento científico acumulado, ou seja, suas relações (Auler, 2013). Para finalizar a atividade, em grupos foi elaborado um resumo com os principais pontos discutidos na roda de conversa e entregue ao professor<sup>7</sup>.

#### 3.3.4 Nova Situação Problema – Passo 4

Neste passo, o nível de complexidade da nova situação problema deve ser maior, pois tem como objetivo fazer com que os subsunçores façam a interligação dos conceitos pré-existentes, os já desenvolvidos e os atuais. A professora-pesquisadora iniciou o encontro convidando os alunos para se deslocarem até a sala de informática. Na sala foi realizada uma atividade prática (Figura 4) envolvendo os conceitos já trabalhados anteriormente. O experimento demonstra como a corrente elétrica consegue produzir um campo elétrico capaz de acender lâmpadas LED sem o uso de tomada. Este mesmo experimento consegue carregar um celular a partir do campo produzido.

Figura 4 - Atividade prática - Carregador de energia sem fio



Fonte: Arquivo da pesquisadora, 2023.

A seguir a professora-pesquisadora utilizou o Datashow para projetar textos com as novas questões-problema que seriam debatidas após a leitura conjunta, as quais foram: *Quais os problemas que o uso intenso das lâmpadas LED pode trazer para o ser humano?* A ideia é

<sup>7</sup> Os registros da atividade encontram-se no link:

<https://drive.google.com/file/d/1VKg0qM8ZMFBwoQWh6aQqBAm13YdOQWkt/view?usp=sharing>

discutir sobre dois problemas que foram evidenciados em pesquisa sobre o uso excessivo das lâmpadas LED:

1. A toxicidade da luz chamada luz azul na retina; e
2. A perturbação do relógio biológico e do ciclo do sono, provocada pela exposição noturna.

Durante a leitura foi explicada, de forma sucinta, os conceitos que emergiram nos textos e se abriu espaço para o debate. Este seguiu durante os primeiros trinta minutos da aula, onde cada um dos alunos foi instigado a dar sua opinião sobre os problemas elencados os quais foram registrados no diário de bordo da professora:

*A1 - relatou que por conta do trabalho (estúdio fotográfico) fica muito tempo exposto às telas editando vídeos e fotos e que percebe um desconforto visual por conta desta exposição. Também relatou que tem dificuldade em dormir pois fica agitado e é difícil “desligar”.*

*A2 - Faz cursinho em outro município à noite e diz que por chegar tarde sempre por volta da meia noite, tem dificuldade em dormir e acaba ficando no celular por mais tempo o que perturba o sono.*

*A3 - Diz usar o celular só até as 22h e que costuma deixá-lo longe o que segundo ela facilita o sono.*

*A4 - Diz ter dificuldade em “desligar” o celular antes da meia noite, o que segundo ela também prejudica seu sono. Relatou sentir dor de cabeça quando usa por mais tempo o computador ou o celular.*

*A5 - Tem como hábito fazer a leitura de um livro para dormir. Diz que o celular atrapalha muito seu sono, por isso não utiliza o celular depois das 21:00h. Também comentou sobre as luzes de LED dos faróis dos carros, comentando o quanto elas interferem na visão da noite.*

*A6 - diz não perceber nenhuma interferência com o uso do celular, porém destaca que não usa de forma contínua. Mas quando utiliza o computador para os jogos ele fica muito cansado e diz que percebe os olhos “ardendo” e o sono também tem interferência quando passa muitas horas diante do computador.*

*A7 - Trabalhou com computador durante a tarde e disse perceber seus olhos cansados a noite. Também relatou que já utiliza lentes sempre que precisar ficar diante das telas por mais tempo. Comentou também da interferência dos faróis dos carros que utilizam lâmpadas led nas rodovias.*

Depois de ouvi-los, organizou-se dois grupos para que respondessem aos questionamentos a partir do que foi lido nos **Textos 2 e 3**: “Luz de LED prejudica a visão?” e “Uso prolongado de lâmpadas LED pode danificar retina, aponta relatório” (Disponível em (2): <https://www.emporioluz.com.br/blog/luz-de-led-prejudica-a-visao/>); (3) Site G1 (Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2019/06/04/uso-prolongado-de-lampadas-led-pode-danificar-retina-aponta-relatorio.ghtml>) e assim responder as questões propostas na nova situação problema. A Figura 5 representa a execução dessa atividade.

Figura 5 - Imagem dos estudantes realizando o trabalho em grupo



Fonte: Arquivo da pesquisadora, 2023.

Após o debate a professora pesquisadora solicitou que cada grupo fizesse o relato escrito do que havia compreendido sobre as questões do debate. A professora pediu para que o grupo 1 respondesse à questão 1, enquanto que o grupo 2 respondesse à questão 2. A seguir a transcrição do que cada grupo descreveu:

*Grupo 1 - A toxicidade da luz chamada luz azul na retina: O LED é nocivo aos olhos por ser uma fonte de luz de maior potência que as outras, isso faz com que as células oculares tenham dificuldade em gerenciar a quantidade de luz recebida, e por conta disso são danificadas. Uma das causas da degeneração macular é a sensibilidade que a retina tem à luz azul, que é um dos componentes existentes na luz e dispositivos de LED.*

*Grupo 2 - A perturbação do relógio biológico e do ciclo do sono, provocada pela exposição noturna: O nosso organismo sabe qual é a hora de se alimentar ou dormir e se prepara para isso, e a retina assegura essa regra. O órgão diminui sua sensibilidade durante o dia e aumenta à noite para que possamos enxergar melhor pois durante o dia somos mais resistentes à luz que na noite. A exposição a longo prazo aumenta o risco de degeneração macular que provoca uma perda gradual de visão.*

Assim, partindo do conhecimento proporcionado pela análise dos textos e debate realizado foi possível dar significado a próxima etapa, articulando os diferentes níveis de conhecimento percebido pelas colocações feitas por eles em relação aos temas propostos. A de se destacar que o grupo 2 não completou sua resposta de forma efetiva, pois a questão remetia a perturbação do relógio biológico, este é afetado pelo uso de uma fonte intensa de luz artificial azul a noite. Mas, os textos permitiram refletir sobre essas questões, ao mesmo tempo que demonstraram a importância dos estudos científicos para alertar a sociedade sobre aspectos negativos que a tecnologia pode trazer.

Após concluir essa etapa a professora sugeriu como atividade complementar organizar a construção de uma planta baixa de suas casas<sup>8</sup> para verificar a luminosidade dos ambientes. A ideia é que os alunos observassem em cada cômodo as lâmpadas e a potência utilizada para depois, a partir dos cálculos que serão desenvolvidos em conjunto na sala de aula, avaliar se estão utilizando as lâmpadas com potência ideal para o ambiente.

### 3.3.5 Avaliação Somativa Individual – Passo 5

A aplicação de uma avaliação neste passo teve como objetivo fazer com que o estudante retomasse os conceitos já trabalhados e discutidos até aqui e para que professora identificasse dúvidas que ainda persistiam. Para isso a metodologia utilizada foi um questionário (Quadro 8) que os estudantes responderam de forma individual.

Quadro 8 - Avaliação somativa individual

<b>Questionário para a avaliação somativa</b>
1 - Hoje as lâmpadas fazem parte do seu cotidiano. Tente descrever algumas características da evolução das lâmpadas com base no que você lembra a partir de seus conhecimentos especialmente com relação aos danos quando estamos expostos a elas:
2 - Quais os primeiros recursos utilizados pelo homem para manter uma lâmpada acesa?
3 - Quais os aparelhos de grande importância para os dias atuais que utilizam as lâmpadas LED?
4 - Descrever o funcionamento de uma lâmpada LED:
5 - Indique os principais danos causados na retina quando do uso prolongado das lâmpadas LED:
6 - Como a exposição excessiva à luz LED pode perturbar o sono.

Fonte: Autora, 2023.

Ao final os alunos entregaram o questionário respondido<sup>9</sup> para a professora concluindo a aula. As questões com as respectivas respostas estão descritas a seguir:

- 1) Hoje as lâmpadas fazem parte do seu cotidiano. Tentem descrever algumas características da evolução das lâmpadas com base no que você lembra a partir de seus conhecimentos especialmente com relação aos danos quando estamos expostos a elas:

*A1 - Primeiramente veio a lâmpada incandescente, depois o aparecimento da lâmpada fluorescente e logo após vieram os diferentes modelos como as lâmpadas alógenas, de neon, vapor e LED, podendo contar com materiais mais sustentáveis e duradouros.*

*A2 - Após a lâmpada incandescente criada em 1879, em 1938 foi criada a fluorescente por Nicolas Tesla a qual contém uma mistura de gases, eletrodos e vidros. A partir daí foram criadas outras como as alógenas, neon, vapor, LED e outras.*

<sup>8</sup> Os registros dessa atividade estão disponíveis no link:

[https://drive.google.com/file/d/1WF8ENdI75QJRBqfJj0T\\_UASJH-snQy1/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1WF8ENdI75QJRBqfJj0T_UASJH-snQy1/view?usp=sharing)

<sup>9</sup> Os registros dessa atividade estão disponíveis no link: <https://drive.google.com/file/d/1HdVxhvjqHuNAkW9r9-dXqcB-yvd0hw6e/view?usp=sharing>

A3 - Primeiramente existiu a lâmpada incandescente, depois as lâmpadas fluorescentes e logo após novos tipos surgiram, como as lâmpadas halógenas, de vapor, neon e LED.

A4 - Primeiramente a lâmpada incandescente, produzindo calor e luz elétrica. A fluorescente contém mercúrio, que se quebradas podem fazer mal à saúde, essas foram comercializadas depois. As lâmpadas de LED são mais potentes e podem causar problemas na visão e no sono se a exposição for prolongada.

A5 - Os primeiros registros datam no século XIX, Thomas Edison foi o responsável por desenvolver o primeiro modelo economicamente viável. Lâmpadas incandescentes a partir de 1892, 1938 lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED em 1962. Os danos causados podem desregular o relógio biológico.

A6 - Evoluíram do filamento para as fluorescentes e posteriormente as LEDs.

A7 - As primeiras lâmpadas começaram com Thomas Edison e eram de filamento e esquentavam bastante, evoluíram para fluorescentes e depois para o LED.

## 2) Quais os primeiros recursos utilizados pelo homem para manter uma lâmpada acesa?

A1 - querosene, gás, óleos incandescentes;

A2 - Corrente elétrica alimentada por bateria

A3 - Os recursos utilizados eram querosene, gás ou óleo incandescente.

A4 - Os filamentos de tungstênio nas lâmpadas incandescentes.

A5 - Os recursos utilizados eram querosene, gás ou óleo incandescente.

A6 - A redoma de vidro, isolando os componentes da lâmpada do meio externo, aumentando sua durabilidade.

A7 - Os filamentos, gás e uma redoma de vidro.

## 3) Quais os aparelhos de grande importância para os dias atuais que utilizam as lâmpadas LED?

A1 - Utilizado geralmente em eletrônicos, em rádios, algumas TVs, computadores, etc.

A2 - semáforos, faróis, telas

A3 - Celular, TV, computadores, lanternas.

A4 - Tv's, celulares, lâmpadas, computadores, semáforos, faróis dos carros, dentro da medicina, odontologia e fototerapia.

A5 - Celular, controles remotos, TV, lanternas, lâmpadas de emergência.

A6 - Celulares, televisores, lanternas, controles remotos.

A7 - O celular, a lanterna, a televisão.

## 4) Descrever o funcionamento de uma lâmpada LED:

A1 - geram luz a partir da eletroluminescência, onde terminais são submetidos a uma corrente elétrica e emitem fótons.

A2 - O LED funciona a partir da eletrodinâmica, que ocorre quando os terminais vão transmitir a corrente elétrica;

A3 - Em termos simples, um LED produz luz quando os elétrons se movem dentro da estrutura de semicondutores.

A4 - São compostas por material semicondutor organizado em chips, que, fazendo parte de um circuito elétrico que impulsiona a movimentação de elétrons de maneira que libera luminosidade.

A5 - Seu funcionamento é simples: ao receber energia ele emite luz, precisam de uma quantidade menor de potência, gerando o mesmo fluxo luminoso;

A6 - O LED produz luz quando os elétrons se movem dentro da estrutura de semicondutores.

A7 - Gera luz com baixo consumo de energia, é composto por um semicondutor, que faz parte de um circuito elétrico que impulsiona a movimentação de elétrons.

5) Indique os principais danos causados na retina quando do uso prolongado das lâmpadas LED:

- A1 - *perda parcial da visão e degeneração macular.*
- A2 - *ocorre dano na célula fotorreceptora da retina;*
- A3 - *As lâmpadas LED podem ter um efeito tóxico para os olhos a curto prazo em caso de “exposição violenta”. Mas, além disso, a exposição a longo prazo aumenta o risco de degeneração macular.*
- A4 - *Pode aumentar o risco de degeneração macular e na perturbação do sono.*
- A5 - *Efeito tóxico para os olhos em casos de exposição violenta, além disso, a exposição a longo prazo pode causar degeneração macular.*
- A6 - *Causam a degeneração macular, esgotando os recursos de separação da retina.*
- A7 - *Pode causar degeneração macular.*

6) Como a exposição excessiva a luz LED pode perturbar o sono?

- A1 - *por meio do ciclo biológico, o qual é afetado a perda da sensibilidade às luzes azuis que acabam prejudicando o descanso.*
- A2 - *A luz azul inibe a produção de melatonina.*
- A3 - *Luzes mais brilhantes e frias, como as lâmpadas LED, podem afetar a produção de melatonina (hormônio do sono) de forma negativa.*
- A4 - *O sono se torna prejudicado devido a falta de melatonina que deve ser produzida na hora de dormir.*
- A5 - *A luz emitida pelas telas eletrônicas é azul, o que estimula o cérebro a permanecer mais tempo ativo e, conseqüentemente, atrapalha o pegar no sono.*
- A6 - *Alterando o nosso relógio biológico.*
- A7 - *Elas perturbam o ciclo do sono.*

Durante o desenvolvimento desta atividade observou-se o envolvimento dos estudantes, especialmente porque aqui eles já tinham tido contato com diferentes textos que expuseram as situações do cotidiano o que motivou todos a responder com as informações recebidas ao longo dos encontros. Outro ponto importante a destacar é que aqui se colocou questões da ciência, da saúde e da sustentabilidade de modo a focar na importância dos saberes científicos nas questões que são balizadores deste instrumento de avaliação, de forma a se alinhar com a CTSA. Como se pode observar, as respostas foram coerentes com o que foi abordado nos passos anteriores da UEPS, sendo consideradas adequadas pela professora pesquisadora.

### 3.3.6 Aula Integradora Final – Passo 6

Nesta aula o objetivo foi realizar uma visita técnica para entender como é feito o descarte das lâmpadas em nosso município e nos municípios vizinhos e proporcionar aos estudantes a reconciliação integrativa, instigando os educandos a relacionar com o conhecimento trabalhado nas aulas e sanar as dúvidas que por ventura ainda tivessem sobre o assunto.

A visita ao Departamento do Meio Ambiente do município de Nonoai, onde os servidores A, B e C (Processos Gerenciais, Bióloga e Engenheiro Florestal respectivamente) os aguardavam para a conversa. A ideia era buscar esclarecer as principais dúvidas quanto ao destino do lixo eletrônico e, especialmente, das lâmpadas que não são mais utilizadas nas residências.

No departamento, os três servidores receberam o grupo muito bem e cada um fez sua apresentação pessoal e falou a respeito do trabalho que realizam no setor. Inicialmente a servidora A fez sua apresentação dizendo ter a formação de bióloga e relatando que seu trabalho no departamento é promover palestras junto às escolas para conscientizar sobre o descarte correto do lixo produzido especialmente nas residências. Na sua fala destacou a Lei 12.205/2010 que versa sobre a logística reversa, ou seja, que orienta sobre a devolutiva do produto a quem o vendeu.

Na sequência o servidor B, ao falar sobre a sua atuação junto ao departamento, contou sobre a visita constante que faz nos arredores da cidade com o intuito de fiscalizar os espaços. Um caso citado por ele foi de uma empresa que substituiu todas as lâmpadas fluorescentes por LED em seu estabelecimento e, simplesmente, jogou todas as lâmpadas que retirou do espaço num terreno baldio próximo do estabelecimento. Ao abordar o dono da empresa sobre o ato ele disse não saber que não poderia abandonar no terreno esse material, mas que não tinha ideia do destino final dessas lâmpadas. O servidor B notificou o proprietário para recolher e fazer o encaminhamento correto desse material.

Também comentou sobre o custo do encaminhamento desse material para fora do estado, citando o caso de um acúmulo de mais de 4.000 lâmpadas em estoque que foram para o “papa lâmpadas” na cidade vizinha de Chapecó no estado de Santa Catarina. Devido ao alto custo e por ser este tipo de lixo uma responsabilidade de quem o produz, a prefeitura optou por não recolher as lâmpadas descartadas nas residências ou no comércio. Informou que uma loja de rede de materiais de construção faz o recolhimento em nossa cidade. Destacou que as lâmpadas LED têm componentes que podem ser reaproveitados assim como os eletrônicos, deste modo eles são recolhidos pela prefeitura sem custo de reciclagem. Em relação ao descarte incorreto das lâmpadas, ele falou sobre os impactos ao meio ambiente, especialmente por aquelas lâmpadas que possuem metais pesados como o mercúrio que contamina o solo e a água.

O engenheiro Florestal (servidor C) destacou a importância de um programa de EA no município relatando sobre o problema do lixo de modo geral. Falou do problema percebido no município, onde as campanhas incentivam para a separação e coleta seletiva, mas que na verdade o que se observa é que o caminhão que faz a coleta não separa as embalagens jogando



tudo para o mesmo espaço dentro do caminhão, não respeitando os dias de coleta do lixo seco e ou do orgânico. No departamento podem ser encaminhados todos os tipos de eletroeletrônicos, pilhas, baterias, celulares velhos e baterias de celulares, todos têm destino adequado. A ideia deste local é criar um eco ponto para que tudo o que não vai para o lixo comum possa estar neste lugar. A Figura 6 ilustra momentos dessa atividade.

Figura 6 - Registros da visita ao Departamento do Meio Ambiente do município de Nonoai - RS



Fonte: Autora, 2023.

A professora pesquisadora antecipadamente tinha orientado os alunos para registrar as respostas que os profissionais dariam a sua pergunta. A seguir os registros das respostas obtidas são descritos:

A1 - O que fazer com vidro e óleo de cozinha quando não utilizamos mais?

*Vidro deve ser embalado e deve voltar para a secretaria; quanto ao óleo de cozinha destaque para projetos implantados no município e nas escolas para a produção de sabão.*

A2 - Qual é a empresa que coleta o lixo em nossa cidade? Existe fiscalização por parte do Departamento do Meio Ambiente?

*Existe um consórcio (CONIGEPU) entre os municípios da região e a empresa que faz a coleta do lixo é a SCARIOT; Fiscalização é feita periodicamente com emissão de multas para os que costumam descartar objetos ou materiais em locais impróprios.*

A3 - É possível reciclar tudo o que recolhido durante a coleta seletiva?

*Nonoai só consegue reciclar 14% do lixo que produz. Um dado muito preocupante, pois, no mínimo deveria ter 30% do lixo reciclado. Importância da separação em casa (cuidar para que as embalagens estejam realmente secas e sem resíduos);*

A4 - Quais os tipos de lixeira instaladas em nossa cidade?

*Lixeira instaladas na cidade são de dois tipos: uma para lixo seco e a outra para lixo orgânico. Políticas ou programas de EA nas escolas.*

A5 - O que o Departamento pensa como medida de incentivo e conscientização da população em geral quanto a reciclagem e a separação do lixo?

*Visita às famílias para que possam entender o real objetivo e a importância de reciclar. Dias de coleta no município: segunda, quarta e sexta (lixo orgânico) e terça e quinta, (lixo seco);*

A6 - Que outras iniciativas o Departamento tem para ajudar nesse processo de conscientização para a correta reciclagem e/ou descarte do lixo?

*A secretaria pretende criar uma composteira modelo e produzir adubo para quem tem interesse, Fiscalização constante especialmente em terrenos baldios.*

A7 - Considerações finais que os entrevistados gostariam de deixar registrado:

*Usar o termo resíduo e não lixo, reciclado, reaproveitado. Rejeito é o que não aproveita – fraldas, cotonetes não tem destino. Isopor não retorna. Três carretas com isopor dão um retorno de apenas R\$ 300,00. Esponja que utilizamos na pia deve ser substituída uma vez por semana e o que fazer com ela se ainda não tem como reciclar?*

A professora-pesquisadora sugeriu que para o próximo encontro fosse construído um relatório da visita<sup>10</sup>. Para esta atividade foi escolhido um relator e os demais alunos, de forma colaborativa, ajudariam o relator nos registros. O registro coletivo da visita realizada no Departamento do Meio Ambiente está descrito no Quadro 9, a seguir.

Quadro 9 - Relatório de visita elaborado pelos alunos

*“No dia 6 de setembro de 2023, a turma do 3º Ano do Ensino Médio da Escola CNEC realizou uma visita ao Departamento do Meio Ambiente de Nonoai. Os alunos receberam orientações de três profissionais, sendo uma bióloga, um engenheiro florestal e outro de processos gerenciais sobre o descarte correto das lâmpadas e outros resíduos. A visita teve como objetivo esclarecer dúvidas e aprofundar conhecimentos sobre as lâmpadas de LED e seu descarte.*

*Segundo as informações recebidas, o lixo eletroeletrônico é recebido pelo departamento, onde é separado e enviado ao fabricante.*

*As Lâmpadas LED são recebidas e enviadas para a reciclagem da parte plástica.*

*O recolhimento das lâmpadas LED não é de responsabilidade do município, pois o recolhimento deve ser realizado pela empresa que o vende para devolver ao fabricante.*

*No município não há um local apropriado para o descarte das lâmpadas incandescentes e fluorescentes devido a presença de componentes tóxicos nelas.*

*Todo lixo comum recolhido no município é separado e enviado ao Consórcio Intermunicipal de Cooperação e Gestão Pública (CONIGEPU) que fica localizado na cidade de Trindade do Sul”.*

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Como durante a visita técnica os alunos tiveram a oportunidade de questionar os profissionais que trabalham no departamento sanando as dúvidas e a curiosidade que tinham sobre o destino de diferentes materiais, a professora pesquisadora, ao receber o relatório, verificou que eles conseguiram entender o processo do descarte das lâmpadas e a separação dos seus componentes. A política reversa também foi lembrada quando escrevem que a empresa é a responsável pelo recolhimento das lâmpadas que deixam de funcionar. Também houve um entendimento quanto ao destino que é dado ao lixo comum. Considerando os pontos elencados,

<sup>10</sup> Os registros dessa atividade estão disponíveis no link: [https://drive.google.com/file/d/132xrum3055A\\_52-bWZCIIfvranq336rN/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/132xrum3055A_52-bWZCIIfvranq336rN/view?usp=sharing)

o relatório elaborado pelos alunos foi considerado satisfatório já que em seus registros há destaque aos temas discutidos nos encontros anteriores, especialmente no que diz respeito ao destino das lâmpadas comuns e as lâmpadas LED, demonstrando consciência quanto ao papel que cada um deve desempenhar ao se envolver em ações em favor do meio ambiente para que seja possível produzir resultados positivos quando das ações coletivas de proteção e conservação do meio.

Após a visita ao Departamento do Meio Ambiente, sensibilizados com o que ouviram e com os problemas que identificaram, os alunos organizaram como proposta prática uma palestra (Figura 7).

Figura 7 - Palestra realizada com o ensino fundamental final sobre a destinação correta do lixo eletrônico



Fonte: Arquivo da pesquisadora, 2023.

O objetivo da atividade foi o de conscientizar os demais alunos da escola quanto ao destino correto das lâmpadas e demais eletroeletrônicos. Também, distribuíram os adesivos que receberam na visita, os quais continham os dias de coleta do lixo seco e orgânico.

### 3.3.7 Avaliação da Aprendizagem – Passo 7

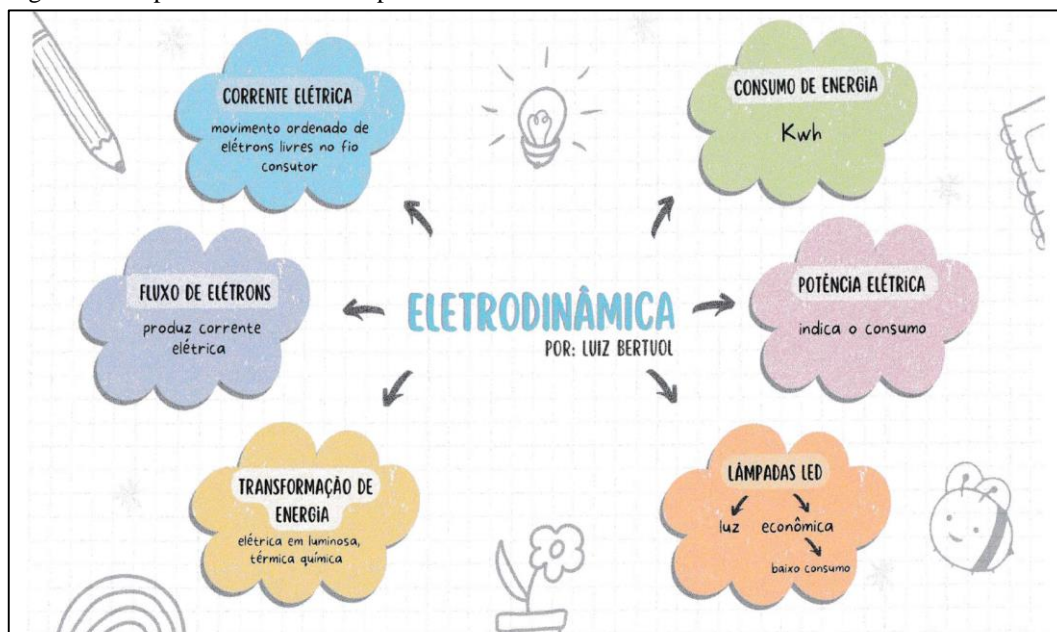
É importante destacar que a avaliação da aprendizagem envolve todas as atividades que foram sendo executadas ao longo do trimestre, quando foi aplicado a sequência didática. Entretanto, neste passo foi proposta uma atividade mais específica, com questões (ANEXO G), objetivando a análise dos seus resultados. Essas questões de múltipla escolha foram analisadas

no capítulo da discussão dos resultados, pois foi um dos parâmetros específicos para avaliação da aprendizagem. Quando eles finalizaram as questões foi solicitado que construíssem um mapa mental como forma de retomar os conceitos principais trabalhados, mas de forma resumida.

Niemeyer (1994), salienta que os mapas mentais são produtos de mapeamentos cognitivos, tendo diversas formas como: desenhos e esboços de mapas ou listas mentais de lugares de referência, elaborado antes de se fazer um percurso. Os mapas como representações simbolizadas da realidade, podem ser um ponto de partida para as pesquisas, em geral (Kraisig; Braibante, 2017). Desta forma, nesta etapa da avaliação da aprendizagem analisou-se os mapas mentais, para identificar o que cada aluno conseguiu avançar para além dos subsunçores que já possuíam, por meio da sistematização que os mapas mentais proporcionam.

Quanto a estrutura do mapa, foram utilizados, por sugestão dos próprios alunos, recursos digitais. Eles organizaram o mapa mental utilizando o *Canva* para diagramar as relações em rede, com estrutura predominantemente sequencial ou linear. Importante destacar que os alunos já tinham trabalhado com a construção de mapas em outros momentos e também em outras aulas de outros componentes curriculares. Os mapas mentais<sup>11</sup> foram construídos a partir de palavras chaves discutidas e revisadas na Exposição Dialogada – Passo 3, momento em que se abordou o conteúdo “eletrodinâmica” e a questão do descarte das lâmpadas. As Figuras 8 e 9 ilustram dois dos sete mapas mentais elaborados.

Figura 8 - Mapa mental elaborado pelo aluno A2

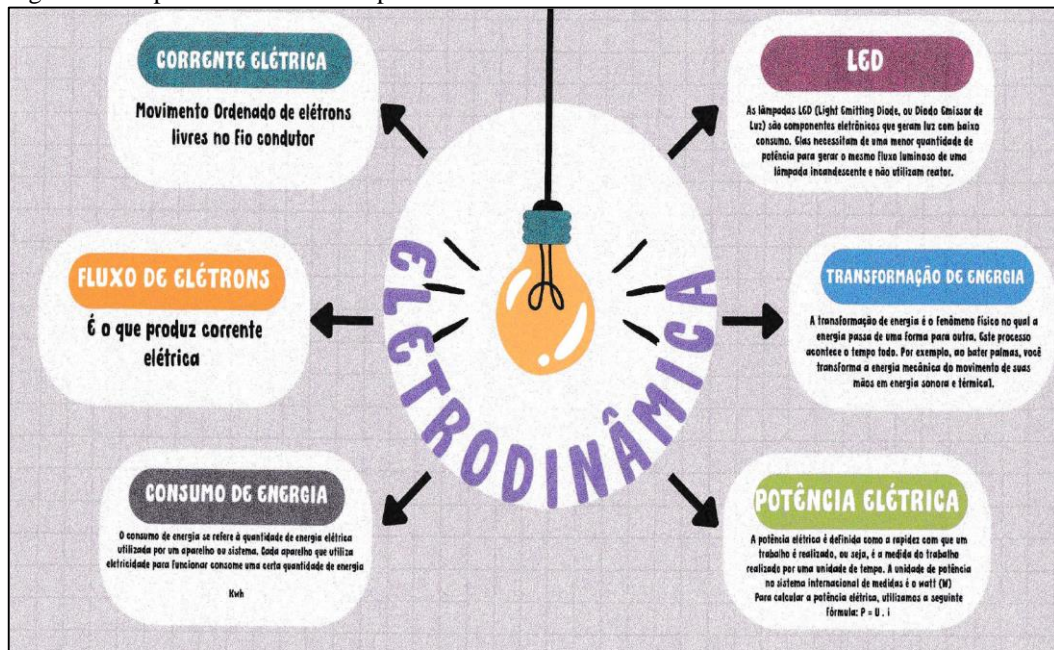


Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

<sup>11</sup> Os registros dessa atividade estão disponíveis no link:  
[https://drive.google.com/file/d/19qbIZMar0ePL0KnPGF7D9\\_fsITQynwfS/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/19qbIZMar0ePL0KnPGF7D9_fsITQynwfS/view?usp=sharing)



Figura 9 - Mapa mental elaborado pelo aluno A7



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

No mapa da Figura 8 percebe-se a relação da eletrodinâmica e as palavras chaves como corrente elétrica, fluxo de elétrons, consumo de energia, potência elétrica e a relação com as lâmpadas LED (economia e consumo). Já no mapa da Figura 9, houve a preocupação por parte do aluno em relacionar não só as palavras chaves, mas os conceitos que foram discutidos e trabalhados na revisão do estudo da eletrodinâmica. Importante destacar que aqui também houve referência quanto as lâmpadas LED e a sustentabilidade.

### 3.3.8 Avaliação da UEPS

Este passo envolveu as atividades desenvolvidas pelos estudantes bem como os registros da professora-pesquisadora no diário de bordo, ao longo do período de aplicação do produto. É um momento de retomada, por parte da pesquisadora, de toda a intervenção realizada, fazendo uma análise crítica da UEPS, tanto em termos de propiciar a aprendizagem, a pertinência e viabilidade do tema escolhido para abordar os conceitos, as atividades elencadas para fazerem parte da proposta. Assim, esse passo foi comentado no capítulo da análise dos resultados.

## 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo estão descritos os dados quanto a natureza e o tipo de pesquisa realizado. Os instrumentos de coleta e a análise que foi desenvolvida em cada um deles.

### 4.1 Natureza e tipo de pesquisa

Segundo Gatti (2004) a pesquisa se origina de uma questão levantada e cuja resposta não é evidente, ele será obtido com o desenvolvimento do trabalho o que exige a escolha dos métodos e técnicas adequados, tanto para o levantamento de dados e análise do material obtido.

Duas abordagens permeiam as pesquisas, a quantitativa e a qualitativa (Teixeira, 2015). Dentro das pesquisas educacionais a segunda abordagem, a qualitativa, é mais comumente empregada (Gatti, 2004), mas a autora destaca que alguns casos demandam dados quantitativos para melhor compreensão da situação estudada.

Os métodos de análise de dados que se traduzem por números põem ser muito úteis na compreensão de diversos problemas educacionais. Mais ainda, a combinação deste tipo de dados com dados oriundos de metodologias qualitativas, podem vir a enriquecer a compreensão de eventos, fatos e processos. As duas abordagens demandam, no entanto, o esforço da reflexão do pesquisador para dar sentido ao material levantado e analisado (Gatti, 2004, p. 13).

A opção por uma ou outra depende da exigência que o problema levantado evoca. Nesta pesquisa pretende-se utilizar a qualitativa, pois envolve a análise de uma proposta de intervenção didática a ser realizada com uma turma, buscando observar as suas contribuições (e limitações) quanto a alcançar objetivos pedagógicos propostos, muitos dos quais advém de uma observação e análise minuciosa do contexto que se desenrola ao longo da execução da pesquisa, ou seja, encerra “uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números” (Silva; Menezes, 2001, p. 20).

Assim, o perfil do trabalho que se pretende desenvolver toma um contorno de pesquisa qualitativa, onde “a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas” (Silva e Menezes, 2001, p. 20). Segundo Zanetti (2017, p. 159),

O uso do método qualitativo gerou diversas contribuições ao avanço do saber na dinâmica do processo educacional e na sua estrutura como um todo: reconfigura a compreensão da aprendizagem, das relações internas e externas nas instâncias institucionais, da compreensão histórico-cultural das exigências de uma educação mais digna para todos e da compreensão da importância da instituição escolar no processo de humanização (Zanetti, 2017, p. 159).

Dentro desta abordagem, de forma mais específica, a pesquisa assumirá um caráter de pesquisa interpretativa, considerando que Gil (2009, p. 168) coloca que

Após a coleta de dados, a fase seguinte da pesquisa é a análise e interpretação. Estes dois processos, apesar de conceitualmente distintos, aparecem sempre estreitamente relacionados. A análise tem como objetivo organizar e sumariar dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para a investigação. Já a interpretação tem como objetivo a procura do sentido mais amplo das respostas, o que é feito mediante sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos.

O trabalho também pode ser caracterizado como pesquisa-ação, pois “é possível estudar dinamicamente os problemas, decisões, ações, negociações, conflitos e tomadas de consciência que ocorrem entre os agentes durante o processo de transformação da situação” (Thiollent, 2008, p. 21). Nesse tipo de pesquisa o professor interage de forma mais efetiva com os estudantes e com o desenvolvimento de sua intervenção didática (Minayo, 2002) e, desta forma, “aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela” (Tripp, 2005, p. 446).

#### **4.2 Instrumentos de coleta e análise**

Quanto aos instrumentos de coleta, um deles foi o diário de bordo no qual a professora pesquisadora fez os registros em cada aula ou atividade realizada ao longo de todo o processo, colocando suas observações, os quais irão auxiliar na avaliação da intervenção didática. Segundo Zabalza (2004) esse registro é “uma forma de “distanciamento” reflexivo que nos permite ver em perspectiva nosso modo particular de atuar. É, além disso, uma forma de aprender” (Zabalza, 2004, p. 10).

Outro instrumento de análise dos dados foi a Atividade de sistematização 1 (ANEXO G) aplicada aos estudantes da turma onde foram utilizadas dez questões de múltipla escolha sobre os conceitos abordados específicos de Física desenvolvidos no Passo da exposição dialogada, Etapa 1. A ideia foi a de verificar quais as principais dificuldades apresentadas na

compreensão dos objetos do conhecimento da disciplina de Física, especialmente sobre a eletrodinâmica, os quais serviriam para dar continuidade a SD.

A própria UEPS também pode ser utilizada para análise dos dados já que ela prevê dentro dos passos o levantamento do conhecimento prévio do aluno e avaliações da aprendizagem (Moreira, 2011).

No Quadro 10 a seguir estão destacados os instrumentos utilizados e os parâmetros que foram considerados para análise.

Quadro 10 - Instrumentos de coleta de dados e parâmetros de análise

<b>Instrumento</b>	<b>Observação (parâmetros de análise)</b>
Diário de bordo	Interação entre os participantes; interação do aluno como as atividades instrucionais propostas; identificação da ocorrência de indícios de aprendizagem por meio da análise das avaliações propostas, avaliação da pertinência do tema.
Pré e pós-teste	Levantamento do conhecimento prévio (pré-teste) e o avanço na aprendizagem após a aplicação da SD (análise comparando as respostas ao pré-teste com as do pós-teste). Os parâmetros utilizados foram: adequado (A), parcialmente adequados (PA), inexistentes (I)
Atividade de sistematização	Análise da aprendizagem do conteúdo trabalhado a partir das respostas verificadas nas questões de múltipla escolha.

Fonte: Autora, 2023.

A análise dos dados de aprendizagem foi feita comparando as respostas no pré-teste com a do pós-teste de modo a identificar evolução conceitual. Foi utilizado para categorização dos subsunçores, segundo Marin e Vinholi Junior (2020), Vinholi Junior (2011), as categorias do pré-teste: adequados, parcialmente adequados ou inexistentes. Para o pós-teste a categorização será: adequado (A), parcialmente adequados (PA), inexistentes (I), para a evolução conceitual atingida pelo aluno. Já nas atividades colaborativas, em especial no trabalho final, se verificou a argumentação consistente com as proposições para a sustentabilidade.

Em todos os encontros foi utilizado o diário de bordo permitindo ao professor pesquisador uma importante reflexão e diálogo sobre as atividades que foram desenvolvidas, sendo ele um importante instrumento para uma prática docente reflexiva. Além do diário de bordo, outras ferramentas de coleta usadas foram os mapas mentais e atividades colaborativas.

Ao final da aplicação da UEPS foi realizado um questionário de opinião para identificar a percepção dos estudantes em relação às atividades e aos recursos da UEPS. O questionário de percepção (ANEXO O) quanto às atividades propostas foi analisado buscando identificar categorias nas respostas. O questionário propõe cinco questões objetivas com as seguintes indicações: 1 não gostou da organização da atividade; 2 gostou da organização da atividade; 3 sugestões para melhorar a atividade proposta.



### 4.3 Local e participantes da pesquisa

Esse item, dentro do modelo do PPGECM, fica incluído no capítulo do produto educacional, assim, o local escolhido para aplicação do produto educacional foi a instituição de ensino da rede privada do município de Nonoai - RS, Colégio Cenecista Padre Manoel Gomez Gonzalez, localizada no centro da cidade. A rede Cenecista é um grupo de escolas comunitárias que tem como missão desenvolver conhecimento para a vida e a visão de formar para a vida. Os valores são a ética, excelência, valorização do ser humano, sustentabilidade, otimização de recursos e transparência.

A escola oferece as modalidades de ensino educação infantil, Ensino Fundamental séries iniciais e finais e Ensino Médio. No turno matutino estão distribuídas as turmas do Ensino Fundamental, final e Ensino Médio. No turno vespertino, a escola atende a educação infantil e as séries iniciais. Ela não oferta o ensino no turno noturno. A instituição atende cerca de 200 estudantes advindos do interior da cidade e da região central. A estrutura física é composta por prédios baixos com salas de aula, laboratórios de informática, laboratório de ciências, quadra de esportes, parque com brinquedos, biblioteca, sala da lousa e cantina. As salas são climatizadas e todas possuem projetores. Já a estrutura organizacional da escola é composta por direção, secretaria e coordenação pedagógica apenas no turno da manhã.

A turma escolhida para aplicação da sequência didática foi uma turma de 3º ano do Ensino Médio composta por 07 alunos, sendo 02 do sexo feminino e 05 do sexo masculino. A faixa etária dos educandos está entre 17 e 18 anos. Percebe-se uma crescente queda de matrículas no Ensino Médio pelas condições econômicas das famílias do município que em sua grande maioria é empregado do comércio e ou de algumas indústrias do entorno. Porém, a turma é bem acessível, responsável e todos tem como objetivo o vestibular. É a última turma do Ensino Médio com matriz curricular antiga. Eles têm duas aulas de física semanais. A escolha em trabalhar com esta escola e esta turma foi pelo fato de que no momento a pesquisadora é gestora na escola da rede pública e nesta escola tenho vínculo desde o Ensino Médio quando cursei dois cursos técnicos na instituição. Atualmente leciono a disciplina de matemática no Ensino Fundamental e a disciplina de Física no novo Ensino Médio (2º ano) e na turma do 3º ano ambas no turno matutino. O Anexo A tem a autorização da escola.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No presente capítulo, faz-se a discussão dos resultados obtidos quando da aplicação do produto educacional UEPS com estudantes do 3º ano do Ensino Médio, no componente curricular de Física, quando da introdução do capítulo eletrodinâmica, utilizando o tema “lâmpadas LED e sustentabilidade, conforme descrito anteriormente.

Para a análise dos dados dois parâmetros foram elencados: aprendizagem dos estudantes e avaliação da proposta de um modo geral. O primeiro se relaciona aos conceitos de Física envolvidos e ao aspecto ambiental que o tema selecionado envolveu, sendo fundamentada nos resultados comparativos do pré e pós-teste e na atividade de sistematização realizada. O segundo parâmetro dá conta do passo oito, ou seja, da avaliação da UEPS como um todo, pois como a proposta do trabalho foi utilizar uma UEPS, é necessário avaliar a eficiência desse Produto Educacional elaborado, para que outros professores possam optar por utilizá-lo em suas aulas. Desse modo, nesse parâmetro, os registros do diário de bordo utilizado pela professora pesquisadora auxiliaram na análise, englobando a pertinência da abordagem CTSA, bem como o tema LED para o trabalho com os conceitos de Física, da sustentabilidade e da aprendizagem.

Ainda para Moreira (2011, p. 52),

[...] a avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que ele ou ela externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas.

Assim, ao longo de toda a UEPS a professora pesquisadora buscou observar se as discussões estavam envolvendo os alunos, se eles estavam desenvolvendo as atividades, se tinham dúvidas, ou seja, interagindo com eles para poder avançar em cada passo com após a percepção de que os alunos estavam acompanhando a sequência.

### 5.1 Avaliação da UEPS quanto a aprendizagem dos estudantes

O pré teve como objetivo fazer com que o estudante externalizasse seus conhecimentos prévios, uma vez que Moreira (2011, p. 3) aponta que esse passo da UEPS pode acontecer por meio da

[...] discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve (m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta [...].

A TAS, proposta por Ausubel (2003), enfatiza que o conhecimento prévio é a condição que mais tem influência na aprendizagem. Ele, como visto no capítulo sobre a TAS, é um “conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto” (Moreira, 2010, p. 2). A aprendizagem significativa propõe as interconexões dos conhecimentos, o prévio com o construído, segundo Ausubel (2003). Isso imprime ao conhecimento construído, um caráter funcional e pertinente para aquele que o constrói. Destaca-se que o conhecimento prévio pode e deve variar dependendo do meio social e de uma série de outros fatores.

É importante ressaltar que essa SD elaborada foi pensada para além dos conteúdos listados nos livros ou apostilas, mas, para ser um material potencialmente significativo que faça a diferença na aprendizagem, pois, de acordo com a TAS, existem duas outras condições essenciais para que ela possa acontecer: predisposição do aluno para aprender e material de ensino potencialmente significativo. Um material potencialmente significativo para um aluno, pode não ter significado nenhum para outro, considerando o exposto acima sobre o conhecimento prévio. Ou seja, não existe um simulador computacional, um software ou um livro texto significativo, ele só pode ser potencialmente significativo, pois, o significado está no aluno, não no material didático (Moreira, 2012).

Voltando para a identificação de indícios ou evidências de aprendizagem significativa, um dos métodos utilizados é a análise comparativa das respostas entre os pré-teste e do pós-teste. Assim, o objetivo de sondar os conhecimentos prévios de cada estudante, iniciou-se com a aplicação das questões do pré-teste (Apêndice A). Ao final da UEPS, o pós-teste, com as mesmas questões do pré-teste, foi aplicado aos alunos, com isso pretendeu-se avaliar se houve indícios de aprendizagem significativa e, também, a conscientização para a construção de um ambiente mais sustentável.

A seguir, nos Quadros 11 a 17, faz-se a análise comparativa dos questionários aplicados (pré e pós-teste). Foram aplicadas 07 questões em cada teste envolvendo o tema da pesquisa – lâmpadas LED, sustentabilidade e o destino das lâmpadas de um modo geral.

Quadro 11 - Questão 1 - Qual ou quais os tipos de lâmpadas que são utilizados em sua casa?

Aluno	Pré-Teste	Pós-Teste
A1	Incandescente, fluorescente e LED	LED
A2	Somente LED	Somente LED
A3	Incandescente e LED	Ausente
A4	LED e incandescente	LED e incandescente
A5	Incandescentes, fluorescentes e LED	Apenas lâmpadas LED e fluorescentes
A6	Apenas LED	Apenas LED
A7	Incandescentes e LED	Incandescentes e LED

Fonte: Autora, 2023.

Para as respostas sinalizadas é importante destacar que a turma, embora pequena, tem dois alunos que moram no interior do município, uma aluna que reside em outro município e os outros quatro residentes no município. Verificou-se que todos eles conseguiram identificar os tipos de lâmpadas existentes considerando adequado (A) suas respostas. Os alunos A1 e A5 alteraram as respostas no pós-teste em função da mudança de endereço (troca de residência).

Chamou a atenção a resposta dada pelos dois alunos que residem no interior quanto ao uso de lâmpadas incandescentes, visto que elas deixaram de serem comercializadas ainda em 2016. Ao indagá-los sobre a existência das mesmas disseram ser lâmpadas que são ligadas esporadicamente e que ainda funcionam por isso não foram substituídas. Foi possível identificar a preocupação com a sustentabilidade nos comentários que fizeram quanto ao tipo de lâmpada utilizada e a intenção de substituir por lâmpadas LED. Outro registro importante foi o verificado nas respostas dos alunos A2 e A6: os dois mudaram a pouco para uma nova residência e toda a iluminação é LED o que demonstra por parte das famílias a preocupação com a economia de energia e também com a sustentabilidade.

Quadro 12 - Questão 2 - Você sabe a diferença em termos de composição de cada lâmpada. Comente sobre o que você identifica de principais componentes em cada uma das lâmpadas que você já adquiriu ou utiliza em sua casa

Aluno	Pré-Teste	Pós-Teste
A1	As diferenças são cor, durabilidade, temperatura. A incandescente tem gás e um filamento que esquenta, a fluorescente tem um pó, e a LED eu não sei.	As incandescentes transformam energia elétrica em calor, as fluorescentes contem gás argônio e um pó a base de fósforo, que ao receberem eletricidade emite luz, a LED usa semicondutores.
A2	A incandescente possui o gás e a de LED possui um diodo emissor de luz.	As incandescentes transformam energia elétrica em energia térmica e luminosa. Fluorescentes emitem luz com a ionização de gases. Nas lâmpadas LED, a geração de luz é obtida usando semicondutores.
A3	A incandescente precisa aquecer para funcionar e a fluorescente tem um pó.	Ausente.
A4	A incandescente possui um filamento que aquece e aquece um gás contido dentro e fazendo brilhar. A fluorescente possui um pó que ao ser eletrizado brilha. LED é um diodo que ao ser eletrizado emite luz.	A incandescente utiliza de um filamento para aquecer um gás. A fluorescente ioniza gases fazendo brilhar. A LED possui um diodo que emite luz ao ser eletrizado.

A5	Incandescente: gás, filamento. Fluorescente: um determinado pó. LED não tenho conhecimento.	Fluorescentes: funcionam como um tubo de descarga de gás neon e argônio. LED converte energia elétrica diretamente em luz e possui um diodo emissor de luz.
A6	A lâmpada incandescente tem um filamento, a fluorescente possui um pó e a LED eu não sei.	Incandescente: filamento e uma redoma de vidro. Fluorescente: válvula preenchida com gás. LED: Diodo emissor de luz.
A7	A lâmpada incandescente possui um filamento.	As LEDs possuem um semicondutor formado por dois cristais de silício, já as incandescentes são compostas por um bulbo de vidro, base de cobre e filamento.

Fonte: Autora, 2023.

Ao analisar as respostas obtidas no pré e pós teste é possível identificar que houve por parte dos alunos A1 e A2 uma interpretação parcial quanto ao questionamento. Percebe-se que ambos falam da transformação de energia produzida pelas lâmpadas, mas não mencionam de forma científica os componentes das lâmpadas conforme solicitado. Portanto é possível avaliar suas respostas como sendo parcialmente satisfatória uma vez que na exposição dialogada a professora pesquisadora apresentou slides e vídeo com citações do tipo *“O LED não possui filamento. Na parte de dentro tem um circuito eletrônico e a pinagem que vai manter conectado a fita de LED no interior do tubo de vidro”*. Já os alunos A4 e A7 conseguiram elaborar, ancorados em seus conhecimentos prévios e aos conhecimentos que obtiveram ao longo dos encontros, uma resposta que condiz ao que foi solicitado indicando os componentes essenciais das lâmpadas. O aluno A5 conseguiu associar os componentes e as transformações de energia quando analisou a conversão de energia na lâmpada. O Aluno A6 fez referência aos componentes de forma mais objetiva, mostrando uma evolução no conhecimento, a sua participação ativa fez com que ele tivesse domínio na resposta a questão solicitada.

Percebe-se ao analisar os resultados do pré e pós teste, nesta questão, que houve um avanço na resposta dos alunos, haja vista que alguns, inicialmente, não tinham conhecimento sobre a composição e os elementos das lâmpadas. Pode-se considerar parcialmente adequadas (PA) as respostas do pré-teste, já no pós-teste pode-se considerar como adequadas (A) já que conseguiram identificar e distinguir os componentes da lâmpada LED e das demais lâmpadas comercializadas.

Ausubel (2003) enfatiza a valorização dos conhecimentos prévios no processo de aprendizagem, pois o novo conhecimento aprendido tem que ter significado/sentido para o aluno. E pode-se considerar que o conhecimento que os estudantes tinham previamente auxiliou na ampliação destes subsunçores.

Quadro 13 - Questão 3 - Por que as lâmpadas LED oferecem maior economia de energia do que as incandescentes ou fluorescentes?

Aluno	Pré-Teste	Pós-Teste
A1	Porque elas não esquentam muito.	Porque produzem a mesma quantidade de lúmens com menor gasto energético.
A2	Pois elas são mais novas, no entanto possuem uma tecnologia maior, utilizando menos energia.	Pois produzem a mesma quantidade de luz utilizando menor quantidade de energia. Também, a geração de calor é quase nula, ajudando na economia de energia.
A3	Porque elas são mais elaboradas e tem maior tecnologia.	Ausente.
A4	Pois não perdem energia com a emissão de calor.	Pois não perdem energia emitindo calor.
A5	Ela não transforma a energia em calor, utilizando menos eletricidade, sendo consideradas lâmpadas frias.	Pois produzem a mesma quantidade de lúmens com menor gasto energético e não precisam esquentar para atingir a sua capacidade ideal de iluminação.
A6	Pois são lâmpadas frias.	Pois elas apenas transformam energia elétrica em luminosa, diferentemente das demais que transformam em energia térmica.
A7	Pois elas são lâmpadas frias que não convertem sua energia em calor.	Pois elas exigem uma potência menor e não transformam sua energia em calor.

Fonte: Autora, 2023.

A diferenciação progressiva é um processo associado à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003). Ela se refere ao processo de ensino em que os materiais de aprendizagem são apresentados de maneira gradual e sequencial, indo dos conceitos mais gerais ou abstratos para os mais específicos e concretos. Isso permite que os alunos construam uma compreensão sólida e significativa, ancorando o novo conhecimento em conceitos prévios. Em termos simples, a diferenciação progressiva envolve começar com o que os alunos já sabem e, em seguida, avançar para informações mais detalhadas e complexas à medida que a compreensão deles aumenta (Moreira, 2011). Esse procedimento ajuda a facilitar a aprendizagem, tornando-a mais relevante e acessível aos estudantes, uma vez que se baseia em suas estruturas cognitivas existentes. Observa-se na comparação das respostas do pré e do pós teste que a diferenciação progressiva está evidente na relação descrita da “economia de energia, menor gasto energético, não transformam sua energia em calor” e os conceitos apresentados quando da exposição dialogada no slide 1: *“As lâmpadas LED desperdiçam pouca energia elétrica, já que usam cerca de 80% da energia que consomem na produção de luz, enquanto as lâmpadas incandescentes desperdiçam 95% da energia através do calor. Diferente de uma lâmpada comum, o LED não possui filamento, o grande responsável por converter a maior parte da energia elétrica em energia térmica (calor) que significa desperdício, pois o objetivo é iluminar e não aquecer”*.

Também se observou no pós-teste a compreensão da proposta apresentada nas respostas como “*elas não transformam energia em calor, utilizando menos eletricidade*” ou ainda “*porque produzem a mesma quantidade de lumens com menor gasto energético*” o que pode ser considerado Adequadas (A) as respostas analisadas.

Quadro 14 - Questão 4 - Descreva o que você sabe sobre a durabilidade das lâmpadas LED em relação as lâmpadas convencionais

Aluno	Pré-Teste	Pós-Teste
A1	Dura mais porque não esquentam muito.	Enquanto as LEDs podem durar até 30.000 horas as incandescentes duram aproximadamente 300 horas e as fluorescentes 8.000 horas.
A2	Pois elas são mais novas, no entanto possuem uma tecnologia maior, utilizando menos energia.	As lâmpadas LED têm uma fonte que diminuem a tensão da rede elétrica, diminuindo o risco de queima, fazendo com que elas durem mais.
A3	Eu acho que elas têm maior durabilidade.	Ausente.
A4	Por serem lâmpadas frias não sofrem com a alteração do calor.	Por serem lâmpadas frias.
A5	Pelo uso de métodos mais atuais.	Podem durar até 2,5 vezes mais que as convencionais por não transformarem energia elétrica em calor.
A6	Eu sei que elas duram mais pois não geram calor.	São mais duráveis pois não transformam energia em calor.
A7	Que elas possuem maior durabilidade.	As LEDs têm uma maior durabilidade por serem capazes de diminuir a tensão da rede elétrica para o nível adequado, fazendo com que o risco de queima seja menor.

Fonte: Autora, 2023.

Nesta questão alunos também demonstraram o avanço em relação aos subsunçores iniciais, o que ajudou a consolidar o conhecimento depois das etapas de aplicação da SD. A exceção do aluno A4 que foi sucinto em sua descrição, os demais alunos mostraram coerência nas respostas apresentadas a questão sobre a durabilidade das lâmpadas LED em relação as lâmpadas convencionais. Informações técnicas como tempo de duração, tensão elétrica, podem ser observados e, assim, as respostas podem ser consideradas adequadas (A) para a questão proposta.

Quadro 15 - Questão 5 - Quanto a potência das lâmpadas LED e das lâmpadas convencionais, o que você consegue identificar sobre as diferenças verificadas?

Aluno	Pré-Teste	Pós-Teste
A1	A potência da LED é menor.	Elas possuem menor potência, mas produzem maior luminosidade.
A2	As lâmpadas LED são mais potentes que as convencionais.	As lâmpadas LED podem ser mais potentes que as demais, consumindo uma quantidade menor de energia.
A3	Elas são mais potentes e consomem menos energia.	Ausente.
A4	Tem menos potência, pois consomem menos energia para emitir luz.	A LED consome menos energia, porém consegue emitir a mesma quantidade de luz.

A5	Usa menos energia, conseqüentemente deve ser uma potência menor.	Se comparar as potências nominais de uma LED com as demais lâmpadas, por exemplo, uma incandescente que vale 100W equivale a uma fluorescente de 32W e uma LED 15W, indicando menor consumo.
A6	A LED brilha mais usando a mesma potência.	As LED precisam de menos energia para funcionarem.
A7	A LED possui mais luz, mas menor potência.	As LEDs mesmo com baixa potência produzem a mesma luminosidade do que as convencionais com maior potência.

Fonte: Autora, 2023.

A questão 5 teve como propósito questionar os estudantes sobre a potência das lâmpadas LED e das lâmpadas convencionais, como pode ser observado na comparação do pré e pós teste percebe-se que os alunos conseguiram relacionar o fator potência e o consumo das lâmpadas. Observa-se que a resposta do pós-teste tem embasamento no que foi apresentado na exposição dialogada: *“O LED é altamente eficiente, pois converte mais de 90% da energia em luz. Por essa razão o LED é hoje uma excelente opção para a troca da maioria das lâmpadas existentes. A economia com o uso de LED pode ser de até 95% da potência e por esse motivo quanto mais horas a lâmpada ficar ligada, mais rápido será o retorno do investimento”*. Diante da análise apresentada considera-se adequada (A) as respostas apresentadas à exceção do aluno A6 que não apresentou uma relação à pergunta solicitada.

Quadro 16 - Questão 6 - O que você faz com as lâmpadas que são descartadas em sua residência?

Aluno	Pré-Teste	Pós-Teste
A1	Jogo no lixo comum.	Devolvo para as lojas de material de construção.
A2	Foi entregue em outro município para a reciclagem.	São entregues em outro município para, assim, receber o descarte correto.
A3	Descartamos no lixo comum.	Ausente.
A4	Se for de vidro ou estiver quebrado nós colocamos em algum recipiente para ser colocada no lixo.	São colocadas dentro de algum recipiente, para então ser colocada no lixo.
A5	Utilizo algo para identificar o vidro e descarto no lixo.	Levo ao Departamento de Meio Ambiente para o descarte correto das lâmpadas.
A6	Jogo no lixo dentro de uma caixa, sinalizando que é vidro.	Coloco em uma caixa sinalizada e descarto no lixo.
A7	Enrolo em jornal e jogo no lixo.	Coloco em uma caixa de papelão e identifico como vidro e jogo no lixo.

Fonte: Autora, 2023.

O conceito de sustentabilidade é composto por três pilares: econômico, ambiental e social. Ele se traduz na capacidade de cumprir com as necessidades do presente sem comprometer as mesmas necessidades das gerações futuras. E o descarte correto é um dos parâmetros que precisam ser trabalhados na escola de modo a educar o aluno para agir corretamente.



A questão 6 quando analisada do ponto de vista do pós-teste, demonstra que os estudantes conseguiram avançar e compreender o destino correto das lâmpadas em relação ao que foi apresentado, mostrando-se mais conscientes. Reconhecer e identificar o destino das lâmpadas é importante para a sustentabilidade, pois as lâmpadas contêm materiais tóxicos, como mercúrio, e outros componentes que podem ser prejudiciais ao meio ambiente se descartados de forma inadequada (Adam, 2013). Além disso, a substituição de lâmpadas incandescentes por opções mais eficientes, como lâmpadas LED, contribui para a redução do consumo de energia, já que a geração de eletricidade muitas vezes envolve a queima de combustíveis fósseis e a emissão de poluentes. Após a visita ao Departamento de Meio Ambiente os alunos conseguiram compreender o destino correto que deve ser dado as lâmpadas e todos registraram uma resposta considerada adequada (A) para a questão proposta.

Quadro 17 - Questão 7 - Você sabe o destino das lâmpadas descartadas em nosso município?

Aluno	Pré-Teste	Pós-Teste
A1	Provavelmente é destinado ao lixo eletrônico em outra cidade.	Existe um consórcio no nosso município chamado CONIGEPU onde o lixo é reciclado.
A2	Não sei o destino.	Existe a política reversa, que é a devolução das lâmpadas para as indústrias fornecedoras.
A3	Não sei o destino.	Ausente.
A4	Eu não sei o nome do local para descarte de lixo eletrônico.	Em nosso município não tem local para o descarte, em algumas lojas de material de construção recolhem e devolvem para o fabricante.
A5	Não tenho conhecimento de um lugar para descarte final no meu município.	Após a visita ao Departamento do Meio Ambiente, identifiquei que os municípios da região têm o consórcio CONIGEPU, onde o lixo é destinado.
A6	Negativo.	Sim, após a visita ao Departamento do Meio Ambiente.
A7	Imagino que há um destino separado dos outros lixos.	As lâmpadas descartadas são destinadas às empresas privadas para serem reutilizadas.

Fonte: Autora, 2023.

Para estimular uma postura crítica que possa avaliar como a sociedade intervém na natureza é necessário sair das quatro paredes da sala de aula levando o aluno para espaços não-formais onde ele possa, a partir da leitura dos espaços, investigar o meio em que o cerca e propor uma nova realidade com relação ao ser humano e ao meio em que está inserido.

Assim, a última pergunta do questionário indagou os estudantes sobre o destino das lâmpadas descartadas no seu município. Num comparativo do pré e pós teste as respostas dadas deixam evidentes que após a visita ao Departamento todos forneceram uma resposta adequada (A) para a questão proposta.

Ficou evidenciado para a professora pesquisadora que houve indícios de aprendizagem significativa. Também, a conscientização para a construção de um ambiente mais sustentável, a partir da análise das questões que incorporam pontos importantes da CTSA. Destaca-se que

parâmetros da CTSA incorporados nas questões aplicadas viabilizou a professora pesquisadora identificar a questão da conscientização sobre as questões ambientais relacionadas ao tema.

Outra forma de avaliação da aprendizagem foi proposta, esta foi uma atividade com questões de múltipla escolha (atividade de sistematização 1 – Anexo G). Na Figura 10 está representado o gráfico com os resultados. Importante destacar que seis alunos responderam a atividade. Um aluno não conseguiu estar presente nesta aula.

Figura 10 - Resumo do desempenho dos alunos na atividade de sistematização



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

A seguir, no Quadro 18, se apresenta ao enunciado de cada questão com os percentuais de acerto de cada uma. Com relação a essa atividade, se verifica que as questões propostas envolveram todos os conceitos trabalhados durante a aplicação do PE, ou seja, de eletricidade dinâmica, fazendo um paralelo com a EA, as lâmpadas LED e a sustentabilidade na disciplina de Física, sendo que os conceitos mais específicos foram prioridade uma vez que no pré e pós-teste e na avaliação somativa os demais itens foram prioridade.

Quadro 18 - Resumo do percentual de acerto dos alunos na atividade de sistematização

Questão (enunciado)	% de acertos
1. Uma lâmpada incandescente tem sido substituída por lâmpadas de LED devido:	100%
2. Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente. De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que:	100%
3. A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110V, e seu morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência nominal de 100 W e tensão nominal de 220 V. Se essa lâmpada for ligada na rede de 110V, o que acontecerá?	83,33%
4. Lâmpadas de luz ultravioleta (UV) são indicadas para higienização e esterilização de objetos e ambientes em razão do seu potencial germicida. Em outro processo de esterilização, uma lâmpada UV de potência $P = 60 \text{ W}$ funciona sob uma diferença de potencial elétrico $U = 100 \text{ V}$ . A potência elétrica pode ser expressa também em kva, sendo $1 \text{ kva} = 1000 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 1000 \text{ W}$ . A corrente elétrica $i$ do circuito que alimenta a lâmpada é igual a:	100%
5. Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas correntes de $I_A$ , $I_B$ , $I_C$ , $I_D$ e $I_E$ respectivamente. O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são:	100%
6. Lâmpadas de luz ultravioleta (UV) são indicadas para higienização e esterilização de objetos e ambientes em razão do seu potencial germicida. Considere uma lâmpada UV de potência $P = 100 \text{ W}$ que funcione por 15 minutos durante o processo de esterilização de um objeto. A energia elétrica consumida pela lâmpada nesse processo é igual a:	83,33%
7. Um fio de cobre está sendo percorrido por uma corrente elétrica. Esta corrente elétrica é constituída pelo movimento ordenado de:	100%
8. As lâmpadas de uma casa, ligadas a uma tensão de 110 V, queimam com muita frequência. A dona da casa pensa em adquirir lâmpadas de 130 V ao invés de 110 V, como é habitual, porque acredita que estas terão maior durabilidade. Esse procedimento será:	100%
9. Um consumidor troca a televisão de 29 polegadas e 70 W de potência por uma de plasma de 42 polegadas e 220 W de potência. Se em sua casa se assiste televisão durante 6,0 horas por dia, em média, pode-se afirmar que o aumento de consumo mensal de energia elétrica que essa troca vai acarretar é, aproximadamente, de:	100%
10. Uma lâmpada fluorescente contém em seu interior um gás que se ioniza após a aplicação de alta tensão entre seus terminais. Após a ionização, uma corrente elétrica é estabelecida, e os íons negativos deslocam-se com uma taxa de $1,0 \times 10^{18}$ íons/segundo para o polo A. Os íons positivos se deslocam, com a mesma taxa, para o polo B. A carga de cada íon positivo é $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Pode-se dizer que a corrente elétrica na lâmpada será:	16,67%

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As principais evidências de aprendizagem significativa nessa atividade foram percebidas por meio das respostas verificadas nas questões 1, 2, 4, 5, 7, 8 e 9 (as quais correspondem a 70% da avaliação), onde todos acertaram (Quadro 18). Esse instrumento de avaliação permitiu identificar que os estudantes tiveram uma evolução positiva na compreensão dos conceitos da eletricidade, especialmente no que diz respeito a corrente elétrica, constituição dos circuitos elétricos, associação de resistores e o fluxo de corrente elétrica nas lâmpadas e dispositivos elétricos.

Verificou-se também que em duas outras questões (3 e 6), respectivamente, apenas um dos alunos não conseguiu acertar, o que evidencia que houve aprendizagem. Já na questão 10,

a maioria dos alunos não fez uma transposição muito boa dos conceitos estudados, mesmo com o cuidado que a professora pesquisadora tinha em relacionar as informações obtidas aos conceitos, percebeu-se que houve talvez falha na interpretação da pergunta. A questão buscou identificar a corrente elétrica que percorria uma lâmpada fluorescente. O que se pode observar é que o fato da questão apresentar informações sobre a taxa de íons por segundo que após a ionização era estabelecida, não levou os alunos a fazer uma relação correta entre corrente elétrica, quantidade de carga elétrica e tempo de movimentação dos elétrons o que fez com que apenas 01 (um) aluno, correspondente a 17% do grupo, respondesse de forma correta.

Conforme relatado, essa questão, por ter apresentado bastante dúvida para a maioria dos estudantes, apontou para a necessidade de um tratamento maior nesse tipo de questão. Assim, a professora-pesquisadora, após observar os resultados, utilizando a lousa, resolveu todas as questões propostas, desenvolvendo o raciocínio passo a passo para que todos pudessem dirimir as dúvidas ali apresentadas. Esse momento de retomada do conteúdo e discussão das questões foi muito importante e positivo visto que a professora pesquisadora desenvolveu, nesse momento, o processo de mediação em sua totalidade, verificando o que realmente precisava ser retomado para que todo o conteúdo fosse compreendido por todos os alunos que participaram da atividade.

Segundo Gondin (2016, p. 60), “no processo de ensino, com uma grande diversidade nos sujeitos, a aprendizagem é um trabalho que pode requerer um longo tempo”, o que justifica a intervenção da professora pesquisadora para a questão analisada. A partir das discussões apresentadas é possível considerar que o trabalho com os conceitos mais específicos, na diferenciação progressiva, foi exitoso, possivelmente auxiliado pela motivação em aprender, a qual, por sua vez, pode ter sido impulsionada pelo tema proposto, sistematização foi capaz de motivar os estudantes para a aprendizagem demonstrando que a proposta satisfaz uma das condições necessárias para a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

Como comentam Oliveira, Lourenço e Fernandes (2019, p. 1) “As atividades em sala de aula, tradicionalmente, fundamentam-se em uma metodologia de manutenção, em que o estudante assume postura passiva e o professor possui autonomia para “transmitir” todo o seu conhecimento aos alunos”. Essa metodologia ainda é regular na ação docente e, quando se busca inovar, o aluno pode ter dificuldade.

## 5.2 Avaliação da UEPS elaborada

Segundo Moreira (2011) o professor deve fazer um balanço de sua intervenção didática, ou seja, uma análise crítica de modo a poder reconstruir caso identifique problemas durante a aplicação da SD. A avaliação do desenvolvimento da UEPS, será considerada satisfatória se o professor identificar sinais de aprendizagem significativa ao decorrer da aplicação. Além disso, o professor pode avaliar como foi a interação dos participantes com os recursos didáticos selecionados, pois é o aluno que encontra significado no que o professor identifica como potencialmente significativo. Também, a pertinência da abordagem CTSA e do tema para o trabalho com os conceitos é um parâmetro importante para essa avaliação, pois orientaram as escolhas do professor. Para essa identificação, a professora pesquisadora usou seus registros no diário de bordo, avaliando de forma qualitativa esses pontos; também solicitou a percepção dos alunos, por meio de um questionário.

Sobre a identificação de evidências de aprendizagem, como foi explanado no item anterior, considerou-se que a intervenção foi exitosa uma vez que os estudantes tiveram bons resultados nas avaliações. Tanto nas questões específicas de Física, àquelas que envolveram formulações mais regulares nos livros didáticos e processos avaliativos de universidades, como foi a atividade de sistematização 1 (Anexo G), como nas questões que davam conta de conhecimentos relacionados ao tema (pré e pós-teste).

O bom desempenho em questões como as da atividade de sistematização permite considerar que os estudantes conseguiram relacionar o conhecimento ensinado de forma não arbitrária, ou seja, àquela em que o novo conhecimento é incorporado à aspectos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz, àqueles subsunçores que se relacionam efetivamente com o que está sendo trabalhado (Moreira, 2014). Também, relacionaram de forma substantiva, ou seja, não literal, transpondo os conceitos para situações com diferentes perfis de exposição (Moreira, 2014).

Aqui também se pode considerar outros aspectos quanto a aprendizagem, comentado na fundamentação teórica, as aprendizagens conceitual, procedimental e atitudinal. O tratamento dos TCTs busca uma formação integral do indivíduo, ou seja, aquela que além do conceitual, envolva o aprendizado procedimental e atitudinal (Colares; Cruz, 2021).

A aprendizagem conceitual já foi discutida anteriormente; a procedimental se verificou na execução de atividades como a elaboração da planta baixa que foi solicitada no Passo 4 e a sistematização das informações obtidas em diversas etapas da intervenção. Quanto a atitudinal pode ser observada na disposição apresentada pelos alunos em realizar as atividades propostas,

bem como na iniciativa de apresentar para outros estudantes o que aprenderam com a visita técnica, mostrando uma atitude comprometida com sua aprendizagem e com a divulgação de questões importantes relacionada ao ambiente.

Em relação a abordagem CTSA adotada no produto, se discute que o ensino necessita romper não só com a fragmentação dentro e entre os componentes curriculares, mas destes com a ciência, a tecnologia e a sociedade, de modo a promover um ensino que proporcione significado para o aprendiz (Santos; Auler, 2011; Fernandes; Pires; Delgado-Iglesias, 2018).

Além disso, como comentado na fundamentação teórica, a BNCC (Brasil, 2017) incentiva uma abordagem que contextualizada, que não se restrinja a trabalhar os conceitos de forma desvinculada dos problemas contemporâneos, buscando uma aprendizagem que tenha significado para o aluno. Essa perspectiva se alinha com a abordagem CTSA, a qual tem como pressupostos a formação de indivíduos que tenham um entendimento da relação entre esses aspectos, CTSA, e deles com o que se aprende na escola.

Assim, a seleção do tema nessa dissertação, as lâmpadas LED, para orientar a UEPS, buscou contemplar a abordagem CTSA, envolvendo os conceitos da Física que deveriam ser tratados no nível escolar dos participantes e a sustentabilidade. Nessa perspectiva, ao apresentar as discussões sobre as situações do cotidiano, no momento em que se abriu o diálogo após a leitura dos dois textos (“Lâmpadas incandescentes deixam de ser vendidas no país” e “Lâmpadas de LED na iluminação pública: quais são as vantagens?”) observou-se que este tipo de atividade instigou os estudantes a fazerem relação com a realidade de dentro de suas casas, demonstrando que essas informações passam despercebidas muitas vezes por desconhecerem ou simplesmente por não ser dada a devida importância a elas. Desse modo, a abordagem auxiliou os estudantes a “enxergarem” as questões que envolvem a sustentabilidade.

Estratégias como essas, buscando a contextualização e reflexão sobre desenvolvimento tecnológico, no caso, por meio de recursos didáticos como a leitura de notícias ou texto informativos tem a vantagem de colocar o aluno em contato com questões atuais, as quais ele pode relacionar com a sua vivência, o que pode auxiliar em instigar a predisposição a aprender, um dos parâmetros apontados também como fundamentais na TAS (Ausubel, 2003).

O enfoque CTSA e o uso de estratégias mais contextualizadas apontam para um ensino de ciências e a análise de problemas da atualidade (). Por meio deste enfoque, é possível avaliar os impactos ambientais produzidos, por exemplo, pelo descarte incorreto dos materiais. O professor neste contexto tem o papel fundamental pois é ele que, por estar mais próximo do aluno, poderá por meio das suas escolhas pedagógicas conscientizar para a sustentabilidade. É

tarefa do professor, pensar e elaborar uma proposta que vai além do que é proposto no livro didático ou que já foi trabalhado pelo próprio professor em anos anteriores.

Pensando nisso, a UEPS procurou explorar diferentes recursos didáticos para promover o envolvimento do aluno e permitir que ele pudesse visualizar o que lhe era proposto de diferentes modos, sempre de forma mais complexa, valorizando os seus conhecimentos prévios e oferecendo a oportunidade do diálogo entre os pares ou entre o professor e o aluno com o objetivo de construção de conceitos que não fossem fragmentos, mas sim base sólida de construção do conhecimento. Nesta dinâmica foram escolhidos recursos didáticos tais como, textos, vídeos, visitas técnicas, exploração de material audiovisual para estabelecer a conexão necessária para as reflexões e desafios da proposta. Em sala de aula foi possível perceber que os alunos trazem consigo as vivências do contexto onde estão inseridos e muitos não possuem os conceitos científicos, mas conseguem relacionar os conhecimentos prévios com os conteúdos propostos estabelecendo um amplo debate e instigando a curiosidade dos demais colegas.

Ao final da aplicação da UEPS foi realizado como instrumento de coleta um questionário de opinião para identificar a percepção dos estudantes em relação às atividades e aos recursos da UEPS. O questionário possuía cinco questões objetivas (Figura 11) com as seguintes indicações: 1) não gostou da organização da atividade; 2) gostou da organização da atividade; 3) sugestões para melhorar a atividade proposta.

Figura 11 - Questionário de opinião sobre a intervenção didática proposta

QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO COM RELAÇÃO ÀS ATIVIDADES E RECURSOS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO DA SD – UEPS – Lâmpadas LED E Sustentabilidade

Aluno(a) [REDACTED] Turma: 301

1. Qual seu grau de satisfação quanto as atividades propostas na SD que trabalhou com o tema Lâmpadas LED e sustentabilidade?
  - Não gostou da organização das atividades
  - Gostou da organização das atividades
  - Gostaria de sugerir melhorias para a atividade proposta.

---

2. Com relação a visita realizada e os questionamentos feitos junto ao Departamento do Meio Ambiente do município:
  - Não gostou da organização das atividades
  - Gostou da organização das atividades
  - Gostaria de sugerir melhorias para a atividade proposta.

---

3. Quanto a proposta de trabalho e a organização dos grupos durante a aplicação da SD:
  - Não gostou da organização das atividades
  - Gostou da organização das atividades
  - Gostaria de sugerir melhorias para a atividade proposta.

---

4. Quanto a forma como a professora pesquisadora conduziu as atividades propostas na SD?
  - Não gostou da organização das atividades
  - Gostou da organização das atividades
  - Gostaria de sugerir melhorias para a atividade proposta.

---

5. Quanto a relação dos conceitos, fórmulas e aplicações da eletrodinâmica trabalhada nesta sequencia didática:
  - Não gostou da organização das atividades
  - Gostou da organização das atividades
  - Gostaria de sugerir melhorias para a atividade proposta.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Dos 7 (sete) alunos que responderam o questionário todos optaram pelo *item 2* “*gostaram da organização da atividade*”. Com o resultado apresentado, a professora pesquisadora entendeu que foi pertinente a aplicação desta SD no formato de uma UEPS contendo recursos didáticos variados para sua concretização e um tema orientativo, já que todos aprovaram a organização das atividades propostas. O registro do questionário respondido por um dos alunos, para ilustrar, encontra-se na Figura 11.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo envolveu uma SD com o tema das lâmpadas LED e a sustentabilidade, para trabalhar os objetos do conhecimento de Física de forma mais significativa. Para isso, foi desenvolvida, implementada e avaliada uma UEPS, como produto educacional dessa dissertação, para o estudo da eletrodinâmica. A UEPS foi desenvolvida com sete estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola privada do interior do Rio Grande do Sul.

Com quase trinta anos de sala de aula, observando as dificuldades de trabalho do professor ao ensinar Física e também do aluno quanto a aprendizagem dos conceitos e aplicações da Física de forma significativa, ao utilizar um material didático no formato de uma UEPS, foi possível nortear o processo de ensino e aprendizagem por meio dessa sequência que se fundamenta nos aspectos da cognição, auxiliando a alcançar resultados significativos no que se refere à construção do conhecimento dos conteúdos propostos.

Além de buscar uma fundamentação que sustentasse os aspectos cognitivos, a TAS, a professora pesquisadora também procurou imprimir na UEPS uma abordagem que se alinhasse com as perspectivas da BNCC quanto a formação integral do estudante, envolvendo também aspectos contemporâneos apontados nos TCTs (BNCC, 2019). Neste, a educação ambiental e a ciência e tecnologia são sugeridos, o que remete a pertinência do enfoque CTSA para embasar a proposta.

As atividades realizadas no decorrer das aulas tiveram entregas e devolutivas aceitáveis e os estudantes participaram e demonstraram interesse nas atividades propostas. Foi possível evidenciar evidências da aprendizagem significativa por parte dos estudantes quando, em diferentes situações, puderam demonstrar a relação dos conteúdos abordados com a sua prática. Também na reflexão sobre a ação e o fazer pedagógico do professor onde, a utilização desta UEPS fomentou a busca de novas estratégias a fim de proporcionar aos estudantes um ensino que seja potencialmente significativo.

As lâmpadas LED como tema remete a questão da sustentabilidade que pode ser considerada uma resposta às questões da sociedade atual e tem alinhamento com a abordagem CTSA que colabora para que a educação científica se consolide no propósito de formação para a cidadania. Isso permitiu a reflexão quanto aos impactos causados ao meio ambiente, um trabalho de forma menos fragmentada, pois estava atrelado as vivências do aluno. Desse modo, é importante destacar que a escolha em relacionar a CTSA e a Sustentabilidade foi assertiva, uma vez que remete a reflexão das práticas do cotidiano, especialmente quando se propõe as visitas guiadas e orientadas as quais levam a uma reflexão significativa quanto as questões

ambientais. É visível o quanto as implicações ambientais impactam na formação e na conscientização ambiental. Há uma análise crítica em tudo o que se faz a partir do momento em que o professor instiga para as questões da sustentabilidade, principalmente porque a ideia é associar os conhecimentos a atitudes que levem a compreender as implicações de cada ato não pensado para com o meio ambiente. Atitudes como “professora não consegui devolver as lâmpadas onde compramos” e/ou “podemos ligar para o departamento do Meio Ambiente para relatar o ocorrido” dão a certeza de que trabalhar para a conscientização ambiental ainda é o melhor caminho.

Assim, ao aplicar e desenvolver os passos da UEPS percebeu-se a interação do grupo e a participação em cada etapa, tornando os momentos prazerosos e dinâmicos. O fato de ter uma sequência didática elaborada em passos fez com que despertasse no grupo interesse e desejo de participar de todas as etapas, acertando, errando e avançando atingindo uma aprendizagem mais significativa.

Desse modo, considerou-se que o objetivo deste trabalho, que foi analisar as potencialidades que a UEPS proposta pode oferecer em termos de aprendizagem dos conceitos pertinentes e para a sensibilização dos estudantes em relação ao uso deste material, foi alcançado. O tema, lâmpadas LED, engloba vários objetos de conhecimento do componente curricular Física e o viés ambiental que oferece permite identificar sua potencialidade para ser utilizado no ensino. Como visto ao longo da implementação do produto, ele favoreceu a interação entre os estudantes e deles com os recursos didáticos utilizados. Proporcionou um empenho dos estudantes quantos aos aspectos mais específicos do conteúdo, refletido nos bons resultados nas avaliações, bem como no aspecto da sensibilização quanto aos aspectos ambientais tratados na UEPS.

Ao utilizar uma sequência didática organizada em passos, no Ensino Médio e com o viés na sustentabilidade e na CTSA é ter a certeza de estarmos lançando sementes que darão muitos frutos, especialmente porque é nessa fase que os adolescentes fazem suas escolhas percebendo o quão importante é estar em um ambiente que lhes proporcione qualidade de vida. Foi possível perceber nas falas dos próprios alunos o quanto essa questão preocupa e ao mesmo tempo instiga para atitudes e ações mais concretas para os problemas que se apresentam.

## REFERÊNCIAS

- ADAM, Izabel Cristina Ortiz. Lâmpadas fluorescentes: um fim sustentável. *In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA*, 33, 2013, Ijuí. **Anais [...]**. Ijuí: Unijuí, 2013. p. 1-8. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/edeq/issue/view/132>. Acesso em: 22 nov. 2023.
- ANDRADE, Bruno dos Santos, VASCONCELOS, Carlos Alberto de. O enfoque CTSA no Ensino Médio: um relato de experiência no ensino de Biologia. **Scientia Plena**, v. 10, n. 4, p. 1-9, 2014.
- ARAÚJO, Glausirée Dettman de; QUARESMA, Adilene Gonçalves. Visitas guiadas e visitas técnicas: tecnologia de aprendizagem no contexto educacional. **Competência**, v. 7, n. 2, jul./dez. 2014.
- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; OLIVEIRA, Lucas Nonato. Investigação sobre fatores de sucesso e insucesso na disciplina de física no Ensino Médio técnico integrado na percepção de alunos e professores do Instituto Federal de Goiás – Campus Inhumas, **Holos**, ano 29, v. 5, p. 347-368, 2013. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1377>. Acesso em: 2 nov. 2022.
- AULER, Décio. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do Movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 22, n. 77, p. 167-188, 2013.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva, Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BARROSO, Marta Feijó; RUBINI, Gustavo; SILVA, Tatiana da. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, p. 1-23, 2018.
- BAZZO, Walter Antonio. Ciência, tecnologia e sociedade e suas implicações. *In: BAZZO, Walter Antonio (Org). **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica***. 6. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2020.
- BENDER, Danusa. **Avaliação do ciclo de vida (ACV) do jeans como proposta para abordagem de Ciências no 9º ano**. 2021. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012** - Estabelece Diretrizes curriculares nacionais para a EA. Brasília, 2012.

BRASIL. **Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Brasília, 1981.

BRASIL. **Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: educação é base**, Brasília, 2019. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 25 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Fundamentos pedagógicos e estrutura geral da BNCC**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=56621-bnccapresentacao-fundamentos-pedagogicos-estrutura-pdf&category\\_slug=janeiro-2017-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=56621-bnccapresentacao-fundamentos-pedagogicos-estrutura-pdf&category_slug=janeiro-2017-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 25 out. 2022.

BRUM, Wanderley Pivatto. Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Itinerarius Reflectiones**, v. 2, n. 15, p. 1-20, 2013.

BRUM, Wanderley Pivatto; SCHUHMACHER, Elcio. Conceitos de teoria da aprendizagem significativa sob a ótica dos mapas conceituais a partir do ensino de Geometria. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 194-221, 2013.

CARVALHO, Renata Coppieters Oliveira de; VIEIRA, Salete; VIANA, Moises dos Santos. Visitas Técnicas: Ensino-Aprendizagem no Curso de Turismo. *In: SEMINÁRIO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM TURISMO*, 9, 2012, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2012. p. 1-12.

CIMA, Rodrigo Cardoso; ROCHA FILHO, Joao Bernardes da; FERRARO, José Luis Schifino; LAHM, Regis Alexandre. Redução do interesse pela Física na transição do Ensino Fundamental para o Ensino Médio: A perspectiva da supervisão escolar sobre o desempenho dos professores. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 385-409, 2017.

CONCEIÇÃO Marnise de Almeida Nabuco da; MERQUIOR, Douglas Marcelo. Uso de notícias de jornal nas aulas de Química do Ensino Médio. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 4-15, 2018.

COSTA JUNIOR, Edio da; RODRIGUES, Erica Castilho; SILVA, Marcus Vinícius Duarte; GOMES, Rita de Cássia dos Santos; ASSIS, Cristiano Carlos Borges de. Um estudo estatístico sobre o aproveitamento em Física de alunos de Ensino Médio e seus desempenhos em outras disciplinas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, p. 1-6, 2017.

COSTA, Maria Nizete de Menezes Gomes; ARAÚJO, Rafael Pereira de. A importância da visita técnica como recurso didático metodológico: um relato na prática do IF Sertão Pernambucano. *In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO*, 7, 2012, Palmas, TO. **Anais [...]**. Palmas, TO: IFTO, 2012. p. 1-5.

FERNANDES, Isabel Marília Borges; PIRES, Delmina Maria; DELGADO-IGLESIAS, Jaime. Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. **Ciência & Educação**, v. 24, n. 4, p. 875-890, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v24n4/1516-7313-ciedu-24-04-0875.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

GATTI, Bernadete Angelina. Estudos quantitativos em educação. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 30, n. 1, p. 11-30, jan./abr. 2004.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GONDIN, Carolyne de Oliveira. **Sequência didática para o ensino de ácidos e bases: da experimentação ao jogo numa abordagem contextualizada**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

KRAISIG, Ângela Renata; BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes. Mapas mentais: instrumento para a construção do conhecimento científico. **Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 4, n. 2, p. 70-83, 2017.

MARIN, Glaucia Rosely Barbosa; VINHOLI JUNIOR, Airton José. Avaliação da aprendizagem significativa em uma sequência didática sobre conteúdos de sistemas sanguíneos. **Revista de Estudios y Experiencias en Educación**, v. 20, n. 42, p. 367-387, 2021.

MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano; MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa em Ciências: condições de ocorrência vão muito além de pré-requisitos e motivação. **ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 11, n. 2, p. 25-35, 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa: teoria e textos complementares**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista cultural La Laguna Espanha**, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

MOREIRA, Marco Antonio. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NARDY, Mariana; LABURÚ, Carlos Eduardo. Aprendizagem significativa e Educação Ambiental: um possível diálogo a partir de estratégias multimodais. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 4, n. 3, p. 26-36, 2014.

NASCIMENTO, Alex Silva do. **Física e meio ambiente**: produção e consumo racional de energia. 2019. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

NASCIMENTO, Leandro Britto do. **Tópicos no Ensino de Física Moderna**: confecção de PowerBank caseiro de baixo custo acoplado a célula solar fotovoltaica para smartphones e outros dispositivos eletrônicos. 201. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

NIEMEYER, Ana Maria de. **Desenhos e mapas na orientação espacial**: pesquisa e ensino de antropologia. Campinas: UNICAMP, 1994. (Série Textos Didáticos, n. 12).

NOVAK, Joseph. A demanda de um sonho: a educação pode ser melhorada. *In*: MINTZES, Joel J.; WANDERSEE, James; NOVAK, Joseph (Eds.). **Ensinando Ciências para a Compreensão** - uma visão construtivista. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

OLIVEIRA, Jéssica Santana Assumpção de; LOURENÇO, Silmara Silveira; FERNANDES, Hylio Laganá. Dinâmicas em sala de aula: liberdade e interação social na produção do conhecimento. **Revista Internacional de Formação de Professores**, v. 3, n. 1, p. 18-34, jan./mar., 2018.

OLIVEIRA, Marcela Vitória Silva; CASTILHO, Weimar Silva. Abordagem CTS e CTSA no ensino de Física: um panorama das pesquisas brasileiras. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 8, 2022, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2022. p. 1-9. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/88678>>. Acesso em: 2 fev. 2024.

OLIVEIRA, Natália Carolina Ribeiro; LEITE, Danielle Aparecida Reis. Educação Ambiental e ensino de Física: articulações construídas pela produção acadêmica brasileira. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 2, p. 286-310, 2022.

PAIVA, Emanuella Rodrigues Veras da Costa. **A transversalidade da Educação Ambiental**: parâmetros curriculares e concepções pedagógicas no curso de física da UERN Campus Central, Mossoró/RN. 2019. 115 f. Dissertação (Mestrado em Cognição, Tecnologia e Instituições) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2019.

PARADELLA, Anna Mirella; SANTOS, Bruna Lima; PINTO, Débora Silva; PINESE, Júlia Soggi. O uso do vídeo como método de ensino e recurso didático. **Revista InovaEduc**, n. 6, p. 1-17, ago., 2020.

PEDRETTI, Erminia; BENCZE, Larry; HEWITT, Jim; ROMKEY, Lisa; JIVRA, Ashifa. Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. **Science & Education**, v. 17, n. 8, p. 941-960, 2008.

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes; BARON, Márcia Pirih; FINCK, Nelcy Teresinha Lubi; DOROCINSKI, Solange Inês. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PÉREZ, Leonardo Fábio Martinez; CARVALHO, Washington Luiz Pacheco de. Tensões e possibilidades expressadas por professores de ciências em exercício sobre a abordagem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. *In*: BASTOS, Fernando (Org). **Ensino de ciências e matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. p. 129-145.

RIBEIRO, Tiago Nery; SOUSA, Divanízia do Nascimento; MOREIRA, Marco Antonio. O mapa conceitual como instrumento de avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) sobre o conteúdo razões trigonométricas no triângulo retângulo. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 8, n. 1, p. 21-37, 2018.

RICARDO, Elio Carlos. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, p. 1-12, nov. 2007. Disponível em: <https://fasam.edu.br/wp-content/uploads/2020/07/Educa%C3%A7%C3%A3o-CTSA.pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.

ROEHRIG, Silmara Alessi Guebur; CAMARGO, Sérgio. A educação com enfoque CTS no quadro das tendências de pesquisa em ensino de ciências: algumas reflexões sobre o contexto brasileiro atual. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. 117-131, maio-ago. 2013.

SANTORO, Luiz Fernando. **A imagem nas mãos: o vídeo popular no Brasil**. São Paulo: Summus, 1989.

SANTOS, Francineide Amorim Costa. A temática ambiental e o ensino de Física: uma estratégia didática possível através do sensoriamento remoto. **Revista Thema**, v. 21, n. 1, p. 236-256, 2022.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; AULER, Décio (Orgs). **CTS e educação científica: desafios e tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Universidade de Brasília, 2011.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Editora da Unijuí, 1997.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 2. ed. Ijuí: UNIJUÍ, 2000.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, p. 1-12, nov. 2007.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CT-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2002.

SAUVÉ, Lucie. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 2, p. 317-322, maio/ago. 2005.

SILVA, Diego Lima da. **Educação Ambiental nos projetos pedagógicos dos cursos de licenciatura em ciências biológicas, física e química da UFPA Campus Guamá**. 2019. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Eстера Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de Dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SILVA, Janete Borges. **O vídeo como recurso didático**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Mídias na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande, Chuí, 2009.

SIQUEIRA, Robson Ramos de. **As energias renováveis como práticas experimentais no ensino de Física da educação de jovens e adultos**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

SOUSA, Cleângela Oliveira; SILVANO, Antônio Marcos da Costa; LIMA, Ivoneide Pinheiro de. Teoria da aprendizagem significativa na prática docente. **Revista Espacios**, v. 39, n. 23, p. 1-11, 2018.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. **Revista Conceitos**, v. 5, n. 10, p. 55-60, 2004.

TEIXEIRA, Nádia França. Metodologias de pesquisa em educação: possibilidades e adequações. **Caderno pedagógico**, v. 12, n. 2, p. 7-17, 2015.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2008.

TUAN, Yi-Fu. Ambiguidade nas atitudes para com o meio ambiente. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 245, n. 33, p. 5-23, 1975.

VASCONCELLOS, Erlete Sathler. **Abordagem de questões socioambientais por meio de tema CTS: análise de prática pedagógica no Ensino Médio de Química e proposição de atividades**. 2008. 217 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ZABALZA, Miguel Angel. **Diários de aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional**. Porto Alegre: Artmed, 2004.



### **APÊNDICE A - Questões do Pré-teste e Pós-teste**

1. Qual ou quais os tipos de lâmpada que são utilizadas em sua casa?
2. Você sabe a diferença em termos de composição de cada lâmpada. Comente sobre o que você identifica de principais componentes em cada uma das lâmpadas que você já adquiriu ou utiliza em sua casa:
3. Porque as lâmpadas LED oferecem maior economia de energia do que as incandescentes ou fluorescentes?
4. Descreva o que você sabe sobre a durabilidade das lâmpadas LED em relação às lâmpadas convencionais:
5. Quanto à potência das lâmpadas LED e das lâmpadas convencionais, o que você consegue identificar sobre as diferenças verificadas?
6. O que você faz com as lâmpadas que são descartadas em sua residência?
7. Você sabe o destino das lâmpadas descartadas em nosso município?

## **APÊNDICE B - Avaliação Sobre Funcionamento e Descarte Das Lâmpadas**

- 1 - Hoje as lâmpadas fazem parte do seu cotidiano. Tente descrever algumas características da evolução das lâmpadas com base no que você lembra a partir de seus conhecimentos especialmente com relação aos danos quando estamos expostos a elas:
- 2 - Quais os primeiros recursos utilizados pelo homem para manter uma lâmpada acesa?
- 3 - Quais os aparelhos de grande importância para os dias atuais que utilizam as lâmpadas LED?
- 4 - Descrever o funcionamento de uma lâmpada LED:
- 5 - Forneça os principais danos causados na retina quando do uso prolongado das lâmpadas LED:
- 6 - Como a exposição excessiva à luz LED pode perturbar o sono.

**ANEXO A - Termo de Autorização da Escola**

Colégio Cenecista Padre Manoel Gomez Gonzalez Rua  
Oliveira Lima, 462, Centro, Nonoai – RS Fone: 54-33621300/ CEP: 99600-000  
E-mail: 0695.direcao@cnee.br

**AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA**

Eu Andréa Longhinotti de Moura, diretora do Colégio Cenecista Padre Manoel Gomez Gonzalez, autorizo a discente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECEM da Universidade de Passo Fundo, Adriana Vigne Xavier a realizar a pesquisa intitulada “Lâmpadas LED e sustentabilidade: uma sequência didática para o Ensino Médio”, no período de agosto de 2023 a setembro de 2023.

Passo Fundo, 09 de junho de 2023.

  
Andréa Longhinotti de Moura  
Diretora

## ANEXO B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE



### Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Lâmpadas LED Sustentabilidade: uma sequência didática para o Ensino Médio”, de responsabilidade da pesquisadora Adriana Vigne Xavier e orientação da Dra. Alana Neto Zoch. Esta pesquisa apresenta como objetivo analisar as potencialidades de uma sequência de ensino que tem como temática norteadora o uso das lâmpadas LED em uma perspectiva da CTSA, pode oferecer em termos de aprendizagem dos conceitos pertinentes e para a sensibilização dos estudantes em relação ao uso deste material.

As atividades serão desenvolvidas durante aproximadamente dez encontros no componente curricular de Física no espaço da escola e envolverá gravação de áudios e vídeos dos encontros, aplicação de questionários e coleta de materiais produzidos pelos estudantes.

Esclarecemos que sua participação não é obrigatória e, portanto, poderá desistir a qualquer momento, retirando seu assentimento. Além disso, garantimos que você receberá esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. As informações serão transcritas e não envolvem a identificação do nome dos participantes. Tais dados serão utilizados apenas para fins acadêmicos, sendo garantido o sigilo das informações.

Sua participação nesta pesquisa não traz complicações legais, não envolve nenhum tipo de risco físico, material, moral e/ou psicológico. Caso for identificado algum sinal de desconforto psicológico referente à sua participação na pesquisa, pedimos que nos avise. Além disso, lembramos que você não terá qualquer despesa para participar da presente pesquisa e não receberá pagamento pela participação no estudo.

Caso tenha dúvida sobre a pesquisa e seus procedimentos, você pode entrar em contato com a pesquisadora orientadora do trabalho Dra. Alana Neto Zoch pelo e-mail [alana@upf.br](mailto:alana@upf.br) ou no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo pelo e-mail [ppgecm@upf.br](mailto:ppgecm@upf.br).

Dessa forma, se concordam em participar da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações registradas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização. Informamos que este Termo, também assinado pelas pesquisadoras responsáveis.

Passo Fundo, 20 de junho de 2023.

Nome do participante: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Pesquisador/a: \_\_\_\_\_

## ANEXO C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE



### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Seu filho(a) está sendo convidado a participar da pesquisa: “Lâmpadas LED Sustentabilidade: uma sequência didática para o Ensino Médio”, de responsabilidade da pesquisadora Adriana Vigne Xavier e orientação da Dra. Alana Neto Zoch. Esta pesquisa apresenta como objetivo analisar as potencialidades de uma sequência de ensino que tem como temática norteadora o uso das lâmpadas LED em uma perspectiva da CTSA, pode oferecer em termos de aprendizagem dos conceitos pertinentes e para a sensibilização dos estudantes em relação ao uso deste material.

As atividades serão desenvolvidas durante aproximadamente dez encontros no componente curricular Física no espaço da escola e envolverá gravações de áudio/vídeo gravações dos encontros, entrevistas e aplicação de questionários coleta de materiais produzidos pelos estudantes.

Esclarecemos que a participação do seu filho(a) não é obrigatória e, portanto, poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento. Além disso, garantimos que receberá esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. As informações serão transcritas e não envolvem a identificação do nome dos participantes. Tais dados serão utilizados apenas para fins acadêmicos, sendo garantido o sigilo das informações.

A participação do seu filho (a) nesta pesquisa não traz complicações legais, não envolve nenhum tipo de risco, físico, material, moral e/ou psicológico. Caso for identificado algum sinal de desconforto psicológico referente à sua participação na pesquisa, pedimos que nos avise. Além disso, lembramos que você não terá qualquer despesa para participar da presente pesquisa e não receberá pagamento pela participação no estudo.

Caso tenha dúvida sobre a pesquisa e seus procedimentos, você pode entrar em contato com o/a pesquisador/a orientadora do trabalho Dra. Alana Neto Zoch pelo e-mail [alana@upf.br](mailto:alana@upf.br) ou no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo pelo e-mail [ppgecm@upf.br](mailto:ppgecm@upf.br).

Dessa forma, se concordam em participar da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações registradas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização. Informamos que este Termo, também assinado pelas pesquisadoras responsáveis.

Passo Fundo, 20 de junho de 2023.

Nome do participante: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura do responsável: \_\_\_\_\_

Assinaturas dos pesquisadores: \_\_\_\_\_

## ANEXO D - Texto 1<sup>12</sup>: Tudo o que você deve saber sobre lâmpadas e seu processo de reciclagem (descarte das fluorescentes - A LED)

Texto adaptado de ReciclaSampa, jul. 2020.

### GRUPO 1 - História da lâmpada e a iluminação de diferentes tipos - principais características de cada lâmpada

Nos Estados Unidos, em 1879, depois de mil tentativas, um cientista inquieto chamado Thomas Edison, criou uma invenção que revolucionou a história da humanidade: a lâmpada incandescente elétrica.

A invenção do norte-americano foi um grande marco na industrialização, na medicina, no cinema e no conhecimento mundial.

“Depois da descoberta do fogo, a criação da lâmpada elétrica mudou a sociedade, transformando nossas vidas e trazendo novos capítulos para a história do mundo”, conta Samara Konno, cientista social da Universidade de São Paulo (USP).

Hoje em dia, para se ter uma ideia da importância dessa invenção, o sistema de iluminação pública e privada (de casas e escritórios) é tão essencial que, apenas no Brasil, essa área é responsável por 20% de todo consumo de energia do país, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Iluminação (Abilux).

Por muitos anos, as tradicionais lâmpadas incandescentes de Edison foram usadas em todo o mundo. Sua importância é evidente, mas, ultimamente, elas deixaram de ser comercializadas e foram trocadas por outros tipos mais modernos de material.

### Iluminação de diferentes tipos

Você sabia que existem vários tipos de lâmpadas? Não só no Brasil, mas em todo mundo, a humanidade já teve contato com as mais conhecidas: incandescentes (que hoje em dia na maioria dos países a venda é proibida), as fluorescentes, e as de LED (*Light Emitting Diode* ou diodo emissor de luz).

A seguir, confira as características de cada uma delas:

- **Lâmpada Incandescente**

Essa lâmpada era composta por uma ampola de vidro bastante fina, preenchida com um gás, geralmente o argônio, e tinha um fino filamento constituído de uma substância química chamada tungstênio. Ao entrar em contato com a corrente elétrica, ela se aquecia até incandescer, emitindo uma luz branca de tom levemente amarelado. Falamos nela nesse tom no passado, pois sua venda foi totalmente proibida no Brasil desde 2016.

- **Lâmpadas Fluorescentes**

Nos últimos anos, as lâmpadas incandescentes foram substituídas pelas fluorescentes. Elas possuem uma descarga energética de baixa pressão, o tubo de vidro é composto por uma

<sup>12</sup> O Texto está subdividido em cinco para cada grupo trabalhar uma parte, pois é um texto longo.

camada de fósforo, elas são preenchidas com gases inertes e contêm um pouco de mercúrio em seu interior.

Ao ser ligada, a descarga elétrica flui entre as extremidades da lâmpada, o vapor de mercúrio libera uma radiação UV, que quando entra em contato com o fósforo, emite a luz. Sua tonalidade é fria e branca por conta das diferentes composições do pó fluorescente.

No comércio, esses itens são encontrados com preços bem acessíveis e possuem maior durabilidade que as incandescentes. Elas são encontradas no formato tubular longo ou em modelos mais compactos (chamados LFC).

### ● **Lâmpadas LED**

Ultimamente, as lâmpadas de LED são consideradas as mais modernas, econômicas e tecnológicas. Elas transformam a eletricidade diretamente em energia luminosa através de pequenos chips.

De acordo com a Abilux, elas possuem uma vida útil e longa de até 25 mil horas (contra 6 mil das fluorescentes) e consomem:

- Cerca de 85% menos energia do que as incandescentes;
- 65% menos que as fluorescentes;
- 50% menos que as de vapor de sódio, comumente utilizadas na iluminação pública das cidades.

### GRUPO 2 - Qual é a mais sustentável?

- Segundo a Abilux, a troca de 5 milhões de pontos de iluminação pública pelas de LEDs resultam em uma economia de cerca de 70% de energia elétrica.
- *“Elas possuem uma eficácia de mais de 100% em relação às lâmpadas fluorescentes. Assim, consomem menos da metade da energia emitindo a mesma quantidade de luz. São amigáveis ao ambiente, pois não contêm metais pesados (mercúrio) e podem ser ligadas e desligadas inúmeras vezes sem prejuízo”,* diz Isac Roizenblatt, diretor técnico da Abilux.
- De acordo com a entidade, o Brasil importou cerca de 214 milhões de unidades de lâmpadas de LED em 2017. Apesar do país importar a maioria desses produtos, a Associação orienta que os consumidores optem pelas mercadorias nacionais. Isso porque, em razão da pandemia da Covid-19, mais de 26 mil profissionais do setor de iluminação em atividade no Brasil estão entre os milhões de brasileiros que se encontram em casa se protegendo contra o Coronavírus.
- Mesmo assim, cerca de 586 fábricas espalhadas pelo país têm produzido luminárias, lâmpadas e outros itens. *“A opção pela aquisição de produtos fabricados no Brasil é fundamental para a manutenção dos empregos e a sobrevivência da nossa indústria”,* disse a Abilux em comunicado oficial.

### GRUPO 3 - Os perigos do descarte incorreto

Por conterem mercúrio em sua composição, as lâmpadas fluorescentes precisam ser descartadas em coletores especiais. Por essas razões, seu descarte correto é obrigatório por lei (saiba mais aqui) e fabricantes, comerciantes e importadores devem implementar a logística reversa desse material.

No Brasil, existe uma geração anual de resíduos de lâmpadas fluorescentes estimada em 206 milhões de unidades. No entanto, apenas 6% desse montante é descartado de forma correta. Os dados são de um artigo técnico publicado em 2014 pela revista Engenharia Sanitária Ambiental, da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).

Descartar corretamente é uma prática que necessita de urgência, pois as lâmpadas fluorescentes possuem mercúrio e outras substâncias nocivas para a saúde e à natureza. Elas nunca devem ser jogadas no lixo comum e seguir para o aterro sanitário, pois o descarte incorreto polui o meio ambiente e intoxica as águas.

*“O descarte irregular desses produtos com mercúrio vira um ciclo. Por exemplo, ele chegou até a natureza, caiu na água, um peixe ingeriu, pescamos o animal, o cozinhamos e, depois ele é servido contaminado em nossos pratos, ou seja, essa substância química é nociva para a saúde da natureza e do ser humano”*, conta a gestora ambiental, Fernanda Landgraf.

Ainda de acordo com a profissional, as intoxicações mais severas do mercúrio no corpo humano podem causar doenças pulmonares, renais e neurológicas irreversíveis. “A substância química produz efeitos nos rins, fígado e no sistema nervoso central. Os sintomas mais comuns são a redução da visão periférica, perda da coordenação motora, dificuldades na fala, audição e fraqueza muscular”, conta. Em casos mais graves, pode provocar sequelas e até a morte.

#### **GRUPO 4 - O que diz a lei? Como descartar?**

O Brasil possui a Lei nº 12.305/10, mais conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista são obrigados a implantarem um serviço de logística reversa, além de cuidar da destinação final e ambientalmente correta desses produtos.

A facilitação dessas ações pode ser feita por meio de acordos setoriais ou termos de compromisso, onde o poder público e setor empresarial se unem para achar soluções para o descarte correto das fluorescentes.

Em 27 de novembro de 2014, foi firmado o Acordo Setorial para Implementação da Logística Reversa de Lâmpadas. Em março de 2015, dentro dessa iniciativa, foi regulamentada a logística reversa de lâmpadas em todo o Brasil e houve até uma condição especial para as importações: o INMETRO começaria a controlar os produtos importados.

Em julho de 2016, foi determinada a adesão oficial aos regulamentos do Acordo Setorial, assim como a participação em programas da PNRS. A partir disso, fabricantes e importadores passaram a ter requisitos de conformidade para a importação e comercialização de lâmpadas fluorescentes.

Hoje em dia, o custo da logística reversa está embutido no preço de venda de todas as lâmpadas fluorescentes. Essa prática é conhecida como Ecovalor. Ele equivale a 40 centavos por unidade. Essa quantia pode ser observada na nota fiscal da lâmpada no momento da compra. Assim, só empresas que se comprometeram financeiramente com as ações de logística reversa, já no início do ciclo de vida do produto, têm permissão de importar e produzir esses itens.

Já os fabricantes de LEDs não são obrigados por lei a implantarem o sistema de logística reversa. Portanto, no Acordo Setorial, as LEDs, incandescentes, halógenas e as embalagens



vazias das lâmpadas descartadas não precisam participar dessa iniciativa. Porém, fabricantes e importadores estão sujeitos à regulamentação do INMETRO.

### **Como descartar?**

Ainda de acordo com o documento, no que diz respeito à população, estima-se a presença, em média, de quatro lâmpadas incandescentes e quatro fluorescentes por domicílio, o que indica a existência de mais de 14 milhões de unidades fluorescentes apenas nas casas dos paulistanos. É importante saber que esses produtos nunca devem ser descartados no lixo comum, o correto é procurar um ponto de coleta mais próximo. Às lâmpadas nunca devem ser descartadas no lixo comum, o correto é procurar um ponto de coleta mais próximo.

Na hora de descartar uma lâmpada fluorescente em casa, por exemplo, o primeiro passo é separar o material. É interessante acomodá-las em caixas ou sacos grossos (para que não quebrem) e etiquetá-los, informando sobre o conteúdo. Desta forma, o profissional que realizará a coleta saberá a forma mais adequada de manusear as embalagens. O ideal é levar até um ponto de entrega (geralmente, há informações de contatos na própria embalagem), ou procurar os pontos de descarte mais próximos no site do Recicla ou da Reciclus, uma organização formada e sustentada por empresas fabricantes, importadores de lâmpadas e equipamentos de iluminação e seus stakeholders.

Outra opção são os postos de coleta seletiva que existem em lojas (geralmente as de materiais de construção, supermercados ou shoppings) que vendem as lâmpadas. Estas empresas ficam responsáveis pelo recolhimento, descontaminação e encaminhamento das lâmpadas para reciclagem. Normalmente, estes postos ficam nas áreas externas dos estabelecimentos e contam com recipientes que armazenam esses itens na horizontal, evitando assim quebras e consequentes contaminações.

### **Lâmpadas LED**

É importante que elas sejam colocadas em caixas de papelão ou em um saco grosso para que não se quebrem e machuquem quem irá manuseá-las. Você ainda pode verificar se as empresas e pontos de coleta que aceitam lâmpadas fluorescentes também recebem estes dois outros tipos.

## **GRUPO 5 - E dá para reciclar?**

Você deve estar se perguntando se existe como realizar a reciclagem desse tipo de material. A resposta é: para alguns tipos, sim. Vamos saber mais?

### **Lâmpadas fluorescentes**

As lâmpadas fluorescentes, por exemplo, podem ser recicladas. O procedimento mais comum em diversas partes do mundo é a moagem com tratamento térmico, que envolve basicamente duas fases: a de esmagamento e a de destilação do mercúrio.

Para o esmagamento, as lâmpadas usadas são inseridas em processadores especiais, e, então, seus materiais são separados em cinco tipos: terminais de alumínio; pinos de latão/componentes ferro-metálicos; vidro; poeira fosforosa rica em mercúrio e isolamento baquelítico. Depois de separados, estes materiais podem ser encaminhados para empresas específicas que fazem sua reciclagem.

- O vidro pode ser reciclado para ser reutilizado na fabricação de produtos que não envolvam alimentos, por exemplo;
- O alumínio e os pinos de latão, depois de devidamente higienizados, podem ser enviados para reciclagem em uma empresa recicladora desse material;
- A poeira de fósforo é, normalmente, enviada para uma unidade de destilação, onde o mercúrio é extraído;
- O mercúrio é recuperado e pode ser utilizado e comercializado para empresas devidamente cadastradas no IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), para uso em seus respectivos processos produtivos, como fabricação de novas lâmpadas e termômetros, uso em laboratórios, entre outros.
- O pó de fósforo resultante deste processo pode ser reciclado e usado na indústria de tintas ou reutilizado em fábricas de cimento, por exemplo;
- O isolamento baquelítico, existente nas extremidades da lâmpada, é o único componente que não pode ser reciclado.

No Brasil, a Reciclos, que organiza o fluxo da logística reversa e da reciclagem das lâmpadas fluorescentes é uma organização sem fins lucrativos, idealizada e formada por empresas, fabricantes e importadores de equipamentos de iluminação, com o objetivo de cumprir e se adequar às normas do Acordo Setorial e com isso, aumentar a reciclagem e reutilização desses produtos no país.

Gabriel Monti, analista de sustentabilidade sênior da entidade, explica que não houve dificuldades em implementar a logística reversa com as empresas. *“As fabricantes que produzem lâmpadas fluorescentes são asiáticas e europeias, em sua maioria. E, graças ao Ecovalor e regras impostas pelo Acordo Setorial, INMETRO e governo, todas as companhias são encaminhadas para participar do sistema da Reciclus”*. Aquelas que não cumprem as normas, não conseguem comercializar no Brasil. *“Como a lei para esse tipo de resíduo é obrigatória, as companhias nos procuram para se adequarem”*.

Na implantação da logística reversa pelo país, a maior dificuldade que a organização encontrou foi nos estabelecimentos comerciais. Muitos comerciantes ainda resistem em colocar pontos de coleta nos estabelecimentos. *“Os totens de descarte concorrem com um espaço de prateleiras para vendas, por isso a resistência”*.

Mesmo com esses desafios, desde seu surgimento (em janeiro de 2017), a Reciclus recolheu cerca de 9 milhões de lâmpadas fluorescentes.

*“O papel da entidade é organizar, desenvolver e encaminhar corretamente as lâmpadas fluorescentes e para isso contamos com 1.724 Pontos de Entrega Voluntárias (PEVs) espalhados pelas redes de supermercados e comércio por todo o país”*, conta Gabriel Monti, analista de sustentabilidade sênior na entidade.

Com isso a Reciclus objetiva em estabelecer a economia circular (sistema em que o produto usado volta para a cadeia produtiva, minimizando os danos ambientais) e após a coleta dos resíduos, a empresa é responsável pelo encaminhamento de cada um dos elementos da lâmpada fluorescente.

Gabriel explica que a capital paulista conta com a maior quantidade de coleta desses materiais no país. Do total de 9 milhões recolhidas por ano, cerca de 925 mil lâmpadas são do

município. O desafio é aumentar esses números. Para isso, é necessário que a informação de uma destinação correta chegue até o consumidor.

*"Com nosso marketing, estamos buscando maneiras para atingir e conscientizar os usuários. Os clientes precisam saber onde se encontram os pontos de coleta. Estamos nesse desafio de sensibilizar e conscientizar a população".*

Curiosamente, durante o período de isolamento social, o profissional conta que as pessoas começaram a prestar mais atenção na produção de seus próprios resíduos em casa e, com isso, houve mais acessos ao site da Reciclus nos últimos meses. *"A população está mais preocupada em saber onde há pontos de descarte para esse tipo de resíduo, como é feita a reciclagem e outras informações".*

Entre a cartela de parceiros da Reciclus está a recicladora Apliquim, que possui unidades nos estados de São Paulo e Santa Catarina. De acordo com a engenheira química, Carla Tatiana Nau, a empresa recicla cerca de 500 toneladas de lâmpadas por ano.

*"Com mais de 30 anos de experiência acumulada, a companhia contribuiu com a recuperação de mais de 4 toneladas de mercúrio no Brasil".*

A reciclagem na empresa é feita por meio de trituração e os componentes são segregados através de atrito em um equipamento enclausurado e sob pressão para que não haja fuga de vapor de mercúrio.

Esse vapor, capturado na etapa de ruptura controlada e separação dos componentes, segue para um local chamado Sistema de Controle de Emissão de Gases, composto por filtros de cartucho para a retenção do particulado e filtro de carvão ativado que retém o mercúrio.

Os soquetes e terminais das lâmpadas e o vidro saem do equipamento descontaminados e prontos para serem comercializados para as indústrias. O pó de lâmpada contaminado com mercúrio segue para o processo de desmercurização (recuperar o mercúrio de forma segura) na unidade de processamento em Paulínia, no interior de São Paulo.

### **Lâmpadas incandescentes**

Já as lâmpadas incandescentes, compostas basicamente de vidro, metal e um filamento de tungstênio, não são recicláveis. Isso porque a composição de seu vidro é diferente dos demais: ele contém pequenas partículas de metal. A vantagem que este tipo de lâmpada apresentava era que não possuía nenhum componente tóxico.

### **Lâmpadas LED**

Diferentemente das fluorescentes, fabricadas basicamente por vidro e mercúrio, as lâmpadas de LED são feitas com vários materiais, que vão do plástico a metais e em diferentes formatos.

*"Porém, elas precisam de atenção, pois são classificadas como resíduos de classe 1, ou seja, perigosos. Isso significa que esses materiais não podem ser depositados em aterros por conta de substâncias tóxicas, pois liberam chumbo e fenóis",* explica Sandra Lúcia de Moraes, pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Apesar de extremamente econômicas e versáteis, utilizadas em telas superfinas de televisores e celulares e na iluminação de casas noturnas e espaços públicos, por exemplo, ainda não existe um processo de reciclagem adequado para as lâmpadas LED.

Mesmo com diversos materiais recicláveis em sua composição, tais como vidro ou plástico para o design, cerâmica ou alumínio para o dissipador de calor e cobre para as resistências e cabos, as indústrias fabricantes ainda têm dificuldade em fazer a separação de todos os componentes de forma eficiente.

Apesar disso, existe no Brasil um projeto do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e da Trampo, empresa especializada na destinação correta de lâmpadas, para mudar este cenário. A parceria desenvolveu uma tecnologia focada no processo de separação dos componentes recicláveis das lâmpadas de LED.

Como são compostas basicamente por diferentes materiais como plástico e metal, as peças das lâmpadas de LED têm potencial de reciclabilidade. “A reciclagem desse material é algo novo, porém urgente, pois no futuro só consumimos este tipo de produto”, conta Sandra Lúcia.

De acordo com a profissional, essa tecnologia é pioneira, pois em suas pesquisas não foi encontrada nenhuma literatura mundial sobre como reciclar essas iluminações, tanto que a tecnologia descoberta pelo projeto foi patenteada.

No laboratório em que a pesquisadora gerencia, foi montado um protótipo para conseguir separar todos os componentes da lâmpada LED. “Depois da separação, vimos que ela é composta de cobre e alumínio, por exemplo, material que tem alto valor de mercado para a indústria recicladora”, contou.

Atualmente, o projeto está aguardando publicação em um edital para continuar com as pesquisas. “Ele está em avaliação, por enquanto. Depois disso, o próximo passo é construir um protótipo em uma indústria para começar as análises e os ajustes”.

A pesquisadora conta que a tecnologia brasileira terá potencial para ser mais barata do que comprar uma fora do país.

*“Queremos otimizar esse projeto, pois no Brasil, assim como o mundo, o consumo dessas lâmpadas crescerá cada vez mais. Então, criar uma tecnologia viável e nacional é algo importante e urgente”*, finaliza a pesquisadora.

**Texto disponível em:**

<https://www.reciclasampa.com.br/artigo/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-lampadas-e-seu-processo-de-reciclagem#:~:text=Descartar%20corretamente%20%C3%A9%20uma%20pr%C3%A1tica,ambiente%20e%20intoxicadas%20%C3%A1guas.>

## ANEXO E - Texto 2: A toxicidade da luz chamada luz azul na retina

Adaptado de: “Luz de LED prejudica a visão?” (Publicado em 20/10/23 por Empório Luz)

Diante da nossa vida corrida e agitada, muitas vezes deixamos passar despercebido alguns detalhes importantes da nossa saúde, por exemplo, a nossa visão.

Cá entre nós, você é daqueles que procuram um oftalmologista apenas quando surge aquela dor de cabeça persistente ou algum outro sintoma? Se sim, é melhor repensar esse hábito. Isso porque você pode estar inviabilizando o tratamento precoce de doenças que podem causar danos sérios a visão.

Somados à falta de acompanhamento médico, outros fatores agravam os problemas relacionados à visão: A exposição cada vez mais precoce e por tempo prolongado dos nossos olhos às telas e a frequência com a qual permanecemos em ambientes com iluminação inadequada.

Existem estudos que já comprovam que a exposição exagerada aos dispositivos com luz de LED pode prejudicar à visão e é sobre isso que falaremos nesse artigo, abordando:

- A Composição do LED;
- Como a Luz chega aos nossos olhos;
- Qual a Relação entre o LED, a luz azul e a nossa visão;
- A luz azul e a sua influência em nosso ciclo biológico;
- Medidas de prevenção aos danos oculares.

### Composição do LED

A sigla LED é a abreviação do termo inglês Light Emitting Diode, que traduzido significa Diodo Emissor de Luz. O LED é um componente eletrônico semicondutor, composto por cristal de silício ou germânio.

Para o seu funcionamento, é utilizada a mesma tecnologia de chips de computadores que possuem a capacidade de transformar a energia em luz, e incluindo comprimentos de onda ultravioleta invisível (UV), violeta ou azul.

Para obter as diferentes temperaturas de cor do LED, uma camada de fósforo é adicionada na parte superior do LED azul que detém a energia vinda pelas ondas do LED. Dessa forma, ocorre o estímulo para que a camada de fósforo seja acesa, gerando luz amarela de baixa energia, e assim, parte da luz azul é transformada em luz branca. O que determina a tonalidade do branco é a quantidade de corante do fósforo, e assim é obtida as variações conhecidas como branco quente, neutro e frio.

As lâmpadas de LED comerciais utilizam em sua composição LEDs azuis e fósforos emissores da cor amarela para reproduzir uma luz que se assemelha à luz do dia.

### LED, Incandescente e Fluorescente

Uma lâmpada incandescente comum transforma menos de 10% da energia que passa por ela em luz. Os outros 90% são perdidos em forma de calor, e esse é o motivo pelo qual ocorre a elevação da temperatura quando ficam acesas por muito tempo.

As lâmpadas fluorescentes usam menos energia do que as incandescentes, porém, possuem mercúrio (que é um componente tóxico) em sua composição.

As lâmpadas de LED produzem a mesma quantidade de Lúmens que as lâmpadas incandescentes e fluorescentes, consumindo uma quantidade menor de energia. Ou seja, o LED emite um fluxo luminoso muito maior, e tem, portanto, mais eficiência luminosa.

### **Como a luz chega aos nossos olhos**

Quando vemos um objeto, a imagem passa pela nossa córnea chegando à íris, e então, a quantidade de luz passa a ser regulada através da pupila.

Após a passagem pela pupila, a imagem chega ao cristalino (também chamado de lente), que é uma camada transparente e flexível localizada atrás da pupila, dentro de uma cápsula. Quando a imagem chega ao cristalino, é então focada sobre a retina. O cristalino ou lente produz a imagem invertida e o nosso cérebro faz a conversão para a posição correta.

Na retina existem células fotorreceptoras que fazem a transformação das ondas luminosas em impulsos eletroquímicos que são decodificados pelo nosso cérebro, ou seja, essas células fotorreceptoras são as responsáveis por fazer com que nossos olhos respondam à luz.

### **Porque a luz LED prejudica a visão?**

Agora que vimos sobre a composição do LED e sobre como a luz chega aos nossos olhos, é possível termos uma compreensão melhor de como essa luz pode ser nociva.

O LED é nocivo aos olhos por ser uma fonte de luz de maior potência que as outras, isso faz com que as células oculares tenham dificuldade em gerenciar a quantidade de luz recebida, e por conta disso são danificadas.

A agência nacional de segurança sanitária da França (ANSES) publicou no ano de 2019 um estudo comprovando que exposição excessiva às luzes de LED provoca a degeneração macular, que é causada pela morte das células oculares, e essa é uma condição ocasionar cegueira em pessoas maiores de 50 anos.

Uma das causas da degeneração macular é a sensibilidade que a retina tem à luz azul, que é um dos componentes existentes nas luzes e dispositivos de LED. O estudo realizado por meio de testes em animais pela ANSES concluiu que a exposição à luz azul existente na composição da luz de LED afeta as células fotorreceptoras, que conforme já vimos, fazem com que os olhos respondam a luz e esse dano causa a perda da visão, devido a incapacidade de transformar as luzes recebidas em impulsos que nosso cérebro seja capaz de interpretar.

### **A luz azul e sua influência em ciclo biológico**

Já vimos que a luz LED prejudica a visão, mas a exposição excessiva à luz azul também causa danos ao nosso organismo, principalmente no período noturno, porque exerce influência em nosso ciclo circadiano.

O ciclo circadiano, também chamado de ciclo biológico, dita o comportamento dos diversos sistemas do nosso organismo no decorrer do dia e desencadeia estímulos para que o corpo se adeque para conseguirmos realizar as atividades do dia a dia.

Quando falamos de luzes de telas, os pixels são formados pelas cores primárias, sendo verde, vermelho e azul. Embora emitidas juntas, cada uma dessas cores é absorvida de forma diferente, havendo maior sensibilidade em nossa retina para as luzes azuis.

A melatonina é o hormônio indutor do sono, então, conforme o sol se põe, o cérebro entende a aproximação do período de descanso e começa a produzir melatonina. Esse ritmo natural da produção da melatonina sofre a influência do uso de telas porque, nas células fotorreceptoras há uma foto pigmento chamado melanopsina, que é sensibilizado especialmente pela exposição dos olhos à luz azul, presente nas telas dos nossos dispositivos.

Desta forma, biologicamente falando, a melanopsina ao absorver a luz azul no período noturno, envia comandos para que nosso cérebro pare de produzir melatonina, e assim, o sono e o descanso são prejudicados.

Ainda que o corpo sinta a necessidade de descanso, há um comando bloqueando o hormônio que o induz ao sono, causando inúmeros prejuízos à longo prazo ao nosso organismo, veja alguns:

- Irritabilidade excessiva e oscilações de humor;
- Indisposição para a realização das tarefas no dia a dia;
- Interferência no sistema imunológico, aumentando a predisposição para o desenvolvimento de doenças;
- Alterações no metabolismo, aumentando as chances de sobrepeso;
- Envelhecimento precoce;
- Desenvolvimento de transtornos como depressão e ansiedade.

### **Medidas preventivas para proteger a visão dos danos causados pela luz de LED**

Para que a visão seja protegida de forma precoce, é possível adotarmos algumas medidas que podem minimizar os danos e diagnosticar possíveis problemas, vejamos:

- Adequar a iluminação dos ambientes

A luz, natural ou artificial, conforme vimos nesse artigo, chega aos nossos olhos, atravessa a córnea e vai para a retina, e no cristalino ou lente, é formada uma imagem distorcida. Células fotorreceptoras enviam essa informação visual ao cérebro por meio do sistema nervoso onde há correção da imagem, possibilitando a visão e interpretação correta.

Antes que o cérebro faça essa correção, nossos olhos desempenham diversas funções, e uma delas é a regulação da entrada de luz, por meio do músculo ocular. Nesse ponto, é primordial estar em ambientes com iluminação adequada.

A pupila dilata e contrai de acordo com a quantidade de luz existente, de forma que se o local for escuro, haverá abertura maior da pupila na tentativa de captar mais luz, e por consequência, em locais muito iluminados, a tendência é a geração de uma força maior para que as pupilas se fechem com o intuito de captar menos luz.

Quando estamos diante da luz do sol, isso fica bem nítido para nós. Porém, nossos olhos fazem o mesmo esforço cada vez que estamos diante de iluminação insuficiente ou ofuscante, na tentativa de se adequar.

Para diminuir esse esforço, temos que adequar a iluminação do ambiente às normas previstas (tratando-se de ambientes comerciais) e utilizar luminárias de qualidade e com manutenção adequada, para que não fiquem piscando, ocasionando um estresse ocular desnecessário e que pode causar danos com o tempo.

Em relação à ambientes domiciliares, na medida do possível priorizar iluminação em tonalidades menos agressivas e que contribuam para o conforto visual.

- Reduzir do tempo de uso das telas

Conforme mencionamos, a luz azul presente nas telas é bastante nociva aos olhos quando nos expomos a ela por um longo período. É necessário que possamos adequar nossas atividades para que fiquemos o menor tempo possível expostos. Há especialistas que dizem que para cada duas horas de exposição, devemos fazer pausas de alguns minutos para diminuir o dano ocular, e sempre que possível, estabelecer horários limites para o uso de celulares, tablets, computadores e outros dispositivos, porque desta forma mantemos a produção de melanina adequada o suficiente para nos garantir um bom sono.

A maioria dos problemas oculares se agravam com o decorrer do tempo, por este motivo, são necessárias visitas regulares ao oftalmologista e é preciso também se atentar aos sinais emitidos pelo próprio corpo.

Dores de cabeça constante, visão turva ou embaçada, vertigens, vermelhidão, sensação de irritação ou pressão nos olhos são alguns dos sintomas que podem indicar a presença de algum problema ocular e que devem ser investigados por exames solicitados pelo seu médico. Tratando-se de questões relacionadas à saúde, como nos diz o ditado, a prevenção é o melhor remédio.

**Texto Disponível em:**

<https://www.emporioluz.com.br/blog/luz-de-led-prejudica-a-visao/>



### **ANEXO F - Texto 3: A perturbação do relógio biológico e do ciclo do sono, provocada pela exposição noturna**

(Adaptado de: “Uso prolongado de lâmpadas LED pode danificar retina, aponta relatório”. Publicado por G1 em 04/06/2019).

As lâmpadas LED (sigla em inglês para “diodos emissores de luz”) azuis, no início dos anos 90, são uma grande invenção que permitiram criar luz artificial com menos gasto energético e mais durabilidade. O trabalho que levou à sua criação rendeu o prêmio Nobel de Física em 2014 a três cientistas japoneses: Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura.

Mas, apesar das LED terem contribuído para preservar o meio-ambiente, pesquisadores alertam para o perigo que elas podem representar para a visão. Há cerca de duas semanas, a Anses (Agência Nacional de Segurança Sanitária, Alimentação, Meio-Ambiente e Trabalho), na França, publicou uma recomendação alertando para os riscos dessas lâmpadas para a saúde em caso de excesso de exposição.

A preconização é privilegiar as LED “branco quente”, abaixo de 3.300 kelvins (temperatura de cor) e restringir as lâmpadas do tipo 2, usadas nos faróis de carro, por exemplo, ao consumo. Dois pontos essenciais são citados no documento: a toxicidade da luz chamada luz azul na retina e a perturbação do relógio biológico e do ciclo do sono, provocada pela exposição noturna, questão que já havia sido discutida em outro relatório, apresentado em 2010.

Desde então, novos estudos mostraram que as lâmpadas LED podem ter um efeito tóxico para os olhos a curto prazo em caso de “exposição violenta”. Mas, além disso, a exposição a longo prazo aumenta o risco de Degeneração Macular. Trata-se de uma doença grave, que provoca uma perda gradual da visão, provocada pela deterioração da porção central da retina. O risco maior, aponta o estudo, envolve o uso excessivo de celulares, computadores e tablets.

A diretora de pesquisa do Inserm (Instituto Nacional da Saúde e da Pesquisa Médica), Alicia Torriglia, estuda os efeitos da toxicidade da luz artificial na visão em seu laboratório na Faculdade de Medicina de Paris, no 6º distrito. Ela participou do grupo de trabalho formado pela agência francesa que definiu as novas recomendações de uso das lâmpadas. Para isso, durante quatro anos, eles revisaram todos os estudos publicados sobre o tema.

Ela está convencida de que as lâmpadas azuis LED afetam microscopicamente a retina. “O grande problema da luz azul, e da luz em geral, é o tempo de exposição. Essa é a grande questão, que conhecemos e estudamos há bastante tempo”, diz a pesquisadora.

“Sabemos muito bem que a luz azul é muito energética, sabemos muito bem que as células da retina terão dificuldades em gerenciar toda essa energia, comparada a uma luz menos potente. A questão é saber em qual medida isso poderia atingir o homem, e a partir de qual quantidade de exposição”, declarou.

#### **Retina tem relógio biológico próprio**

Ao realizar seus estudos, a equipe da pesquisadora levantou diversas questões. Uma delas é que as normas adotadas relativas à toxicidade das lâmpadas sempre foram determinadas por físicos, mas o assunto é principalmente da alçada de biólogos.

Segundo Torriglia, não havia comunicação entre as duas áreas. A médica então passou a trabalhar com físicos em suas análises em ratos para determinar a quantidade de luz e a construção dos aparelhos utilizados nas pesquisas. Outra variável levada em conta foi como a luz afetava o ritmo circadiano, ou relógio biológico, da retina -cada órgão segue um ritmo específico.

“Os organismos na Terra foram submetidos a algo constante e importante que é a variação do Sol. Eles não funcionam da mesma maneira de dia e de noite. Isso vale para a visão e para o resto, como a temperatura corporal, por exemplo”, diz. Os animais e o homem, diz, tiveram que se adaptar a essa variação em sua evolução.

O relógio biológico é a antecipação desse fenômeno: o organismo sabe qual é a hora de se alimentar ou dormir e se prepara para isso. A retina segue essa regra, explica a pesquisadora, e se adaptou a conviver com 100 000 lux de luz do sol durante o dia e à luz da lua. O resultado é que o órgão diminuiu sua sensibilidade de dia e a aumentou à noite para que o homem pudesse enxergar melhor.

“Da mesma maneira que a sensibilidade à luz muda, a fotossensibilidade também. De dia somos mais resistentes à luz do que à noite. E quando usamos luz artificial azul? De noite. Isso nunca foi feito na história da Humanidade. Até o surgimento das LED, usamos a luz vermelha, como o fogo, a vela, as lâmpadas incandescentes”, exemplifica.

Em resumo, essa é a primeira vez na história que o olho humano é submetido a uma de forte intensidade à noite, quando é mais fotossensível. Todos esses elementos, cruzados com diversos estudos, levaram o grupo de trabalho da agência francesa a pedir prudência com o uso da luz azul das LED.

### **Incidência precoce de doenças**

“O que pensamos, porque ainda não foi demonstrado, é que teremos uma incidência mais precoce de doenças ligadas à idade. Entre elas, a Degeneração Macular. Porque vamos esgotar os recursos de reparação da retina, a submetendo de noite a uma luz de forte energia”, explica Torriglia.

Uma afirmação, ressalta, que só poderá ser feita dentro de muitas décadas, depois da confirmação pelas pesquisas. A questão é que, na avaliação dos riscos, é preciso alertar a população sobre o problema. “Pensamos que é necessário tomar precauções agora para evitar que dentro de 20 ou 30 anos tenhamos casos de Degeneração Macular aos 50 anos”.

No laboratório da Faculdade de Medicina, a equipe de Alicia Torriglia fez experiências em ratos que constataram alterações nas células das retinas dos animais. Ela lembra que os resultados não podem ser aplicados em humanos, mas é possível imaginar o que acontecerá em breve com o olho do homem dentro de vários anos. Estudos feitos com primatas em outros países, ressalta, mostraram conclusões similares.

### **Crianças são mais sensíveis**

Outra preocupação, diz, é em relação às crianças de hoje, que crescem expostas às telas de computador e tablets. Com o envelhecimento, o cristalino, que focaliza a luz que entra no olho e define a imagem formada na retina, se torna amarelo, absorvendo mais luz azul - é um processo fisiológico da membrana, que acumula foto-produtos dessa coloração.

Desta forma, a velha geração está mais protegida da luz azul das lâmpadas LED e telas em relação às crianças e adolescentes. “Nas crianças, toda essa luz azul emitida pelas LED vai passar na retina. Para as crianças é dramático. Por isso, nas recomendações emitidas pela agência, é preciso protegê-las”.

Para isso, é preciso priorizar lâmpadas quentes ou frias, evitar decoração com luz azul e diminuir a exposição às telas, que alteram o ritmo circadiano e afetam a retina, alerta a agência francesa. A pesquisadora também lembra que, quanto menor a superfície e a distância, maior a quantidade de luz.

Pela lógica, celulares são mais nocivos que tablets, PCs e TVs. Infelizmente, os filtros usados nos óculos para diminuir a absorção de luz azul são pouco eficazes, aponta o relatório. Outras recomendações são privilegiar luzes de temperatura de cores fracas, como amarelas e a iluminação indireta.

**Texto Disponível em:**

<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2019/06/04/uso-prolongado-de-lampadas-led-pode-danificar-retina-aponta-relatorio.ghtml>

**ANEXO G - Atividade de Sistematização 1<sup>13</sup>**

1. Uma lâmpada incandescente tem sido substituída por lâmpadas de LED devido:

- a) ( ) a perda energética com energia sonora.
- b) ( ) a perda energética com energia mecânica.
- c) ( ) a perda energética com energia térmica.
- d) ( ) a perda energética com energia química.

2. (ENEM, 2013) Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.

De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que:

- a) o fluido elétrico se desloca no circuito.
- b) as cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- c) a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- d) O campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- e) as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

3. (ENEM, 2015) A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110V, e seu morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência nominal de 100 W e tensão nominal de 220 V. Se essa lâmpada for ligada na rede de 110V, o que acontecerá?

- a) A lâmpada brilhará normalmente, mas, como a tensão é a metade da prevista, a corrente elétrica será o dobro da normal, pois a potência elétrica é o produto de tensão pela corrente.
- b) A lâmpada não acenderá, pois ela é feita para trabalhar apenas com tensão de 220V, e não funciona com tensão abaixo desta.
- c) A lâmpada irá acender dissipando uma potência de 50W, pois, como a tensão é metade da esperada, a potência também será reduzida à metade.
- d) A lâmpada irá brilhar fracamente, pois, com a metade da tensão nominal, a corrente elétrica também será menor e a potência dissipada será menos da metade da nominal.
- e) A lâmpada queimará, pois, como a tensão é menor do que a esperada, a corrente será maior, ultrapassando a corrente para a qual o filamento foi projetado.

4. (Unicamp, 2021) Lâmpadas de luz ultravioleta (UV) são indicadas para higienização e esterilização de objetos e ambientes em razão do seu potencial germicida. Em outro processo de esterilização, uma lâmpada UV de potência  $P = 60 \text{ W}$  funciona sob uma diferença de potencial elétrico  $U = 100 \text{ V}$ . A potência elétrica pode ser expressa também em kva, sendo 1

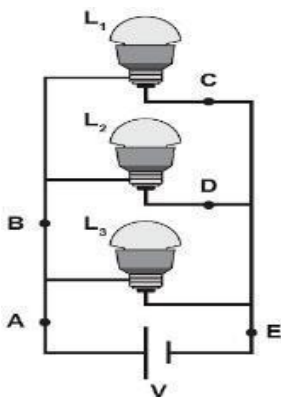
---

<sup>13</sup> Disponível em: <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/enem-lista-de-exercicios-sobre-eletricidade.htm#questao-5>; <https://exerciciosweb.com.br/fisica/lista-de-questoes-sobre-corrente-eletrica-com-gabarito/>

$kva = 1000 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 1000 \text{ W}$ . A corrente elétrica  $i$  do circuito que alimenta a lâmpada é igual a:

- a) 0,36 A.                      b) 0,60 A.                      c) 1,6 A.                      d) 3,6 A.

5. (ENEM, 2016) Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas correntes de  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_D$  e  $I_E$  respectivamente.



O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são

- a)  $I_A = I_E$  e  $I_C = I_D$ .  
 b)  $I_A = I_B = I_E$  e  $I_C = I_D$ .  
 c)  $I_A = I_B$ , apenas.  
 d)  $I_A = I_B = I_E$ , apenas.  
 e)  $I_C = I_B$ , apenas.

6. (Unicamp 2021) Lâmpadas de luz ultravioleta (UV) são indicadas para higienização e esterilização de objetos e ambientes em razão do seu potencial germicida. Considere uma lâmpada UV de potência  $P = 100 \text{ W}$  que funcione por 15 minutos durante o processo de esterilização de um objeto. A energia elétrica consumida pela lâmpada nesse processo é igual a:

- a) 0,0066 kwh.                      b) 0,015 kwh.                      c) 0,025 kwh.                      d) 1,5 kwh.

7. Um fio de cobre está sendo percorrido por uma corrente elétrica. Esta corrente elétrica é constituída pelo movimento ordenado de:

- a) elétrons livres;  
 b) prótons  
 c) nêutrons  
 d) elétrons livres num sentido e prótons em sentido oposto  
 e) elétrons livres e prótons no mesmo sentido.

8. As lâmpadas de uma casa, ligadas a uma tensão de 110 V, queimam com muita frequência. A dona da casa pensa em adquirir lâmpadas de 130 V ao invés de 110 V, como é habitual, porque acredita que estas terão maior durabilidade. Esse procedimento será:

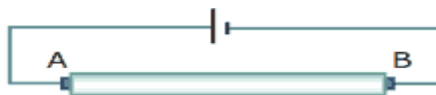
- a) válido, porém as lâmpadas terão luminosidade reduzida.  
 b) impossível, pois as lâmpadas queimarão imediatamente.  
 c) perigoso, pois sobrecarrega a rede elétrica.  
 d) inútil, pois as lâmpadas não vão acender.  
 e) vantajoso, pois as lâmpadas terão maior luminosidade.

9. (UNIFESP–2008). Um consumidor troca a televisão de 29 polegadas e 70 W de potência por uma de plasma de 42 polegadas e 220 W de potência. Se em sua casa se assiste televisão durante

6,0 horas por dia, em média, pode-se afirmar que o aumento de consumo mensal de energia elétrica que essa troca vai acarretar é, aproximadamente, de:

- a) 13 kwh.      b) 27 kwh.      c) 40 kwh.      d) 70 kwh.      e) 220 kwh.

10. Uma lâmpada fluorescente contém em seu interior um gás que se ioniza após a aplicação de alta tensão entre seus terminais. Após a ionização, uma corrente elétrica é estabelecida, e os íons negativos deslocam-se com uma taxa de  $1,0 \times 10^{18}$  íons/segundo para o polo A. Os íons positivos se deslocam, com a mesma taxa, para o polo B.



A carga de cada íon positivo é  $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ . Pode-se dizer que a corrente elétrica na lâmpada será:

- a) 0,16 A.      b) 0,32 A.      c)  $1,0 \times 10^{18}$  A.      d) nula.