



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA  
FACULDADE DE FÍSICA

ANDREW DA SILVA FAVACHO

**O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA NANOTECNOLOGIA E ALGUMAS  
APLICAÇÕES NO MEIO AMBIENTE**

ANANINDEUA-PA  
2024

ANDREW DA SILVA FAVACHO

**O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA NANOTECNOLOGIA E ALGUMAS  
APLICAÇÕES NO MEIO AMBIENTE**

Trabalho de Conclusão (TC) apresentado à Faculdade de Física do *Campus* Universitário de Ananindeua da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para obtenção do título de Graduação em Licenciatura em Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Vicente Ferrer Pureza Aleixo

ANANINDEUA-PA  
2024

ANDREW DA SILVA FAVACHO

## O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA NANOTECNOLOGIA E ALGUMAS APLICAÇÕES NO MEIO AMBIENTE


Trabalho de Conclusão (TC) apresentado à Faculdade de Física do *Campus* Universitário de Ananindeua da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para obtenção do título de Graduação em Licenciatura em Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Vicente Ferrer Pureza Aleixo

Data da aprovação: 01 de novembro de 2024


Conceito: EXCELENTE

### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 VICENTE FERRER PUREZA ALEIXO  
Data: 19/11/2024 03:36:40-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Vicente Ferrer Pureza Aleixo. Orientador -  
FACFIS/CANAN/UFPA

Documento assinado digitalmente  
 DARLENE TEIXEIRA FERREIRA  
Data: 17/11/2024 07:31:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Darlene Teixeira Ferreira.  
Membro Interno - FACFIS/CANAN/UFPA

Documento assinado digitalmente  
 CARLOS ALBERTO BRITO DA SILVA JUNIOR  
Data: 18/11/2024 08:26:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva Júnior. Membro  
Interno - FACFIS/CANAN/UFPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

---

F272e Favacho, Andrew da Silva.  
O Ensino De Física Através Da Nanotecnologia E  
Algumas Aplicações No Meio Ambiente / Andrew da Silva  
Favacho. — 2024.  
68 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Vicente Ferrer Pureza Aleixo  
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua,  
Curso de Física, Ananindeua, 2024.

1. Nanotecnologia. 2. Meio Ambiente. 3. Ensino  
Médio. I. Título.

CDD 530.07

---

Dedico este trabalho aos meus pais, cujo apoio e incentivo foram fundamentais ao longo de sua realização, e ao meu orientador, cuja incansável assistência foi valiosa em cada etapa desta pesquisa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço profundamente à minha mãe, Sheila Moraes, e ao meu pai, Gilberto Guimarães, por sempre terem feito o possível para subsidiar minha educação. Um agradecimento especial à minha irmã, Liandra Favacho, cujo apoio constante e incentivo têm sido pilares essenciais em minha jornada acadêmica.

Expresso minha gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Vicente Ferrer Pureza Aleixo, pela clareza e sabedoria demonstradas em todas as discussões que nortearam o desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para o alcance dos objetivos propostos.

Expresso minha sincera gratidão à CAPES e à SEDUC pelo crucial apoio financeiro proporcionado por meio da bolsa concedida.

Não posso deixar de mencionar minha profunda gratidão aos professores da FACFÍS CANAN, bem como a todos os professores e colegas de turma. Suas valiosas contribuições e discussões enriqueceram significativamente minha prática docente, promovendo inovação e aprimoramento constante.

Agradeço a todos que, de alguma forma, compartilharam conhecimento, experiência e apoio ao longo dessa jornada. Cada contribuição foi fundamental para o sucesso deste trabalho e para o meu crescimento pessoal e profissional.

## RESUMO

O ensino de física desempenha um papel fundamental na formação educacional ao desenvolver habilidades analíticas e compreensão científica. A introdução da nanotecnologia no ensino de física permite explorar a manipulação de materiais em escala nanométrica, onde suas propriedades se manifestam de forma única em comparação com o mundo macroscópico. Este estudo teve como objetivo geral desenvolver propostas didáticas para o ensino de física através da nanotecnologia, com foco em aplicações ambientais, visando engajar os alunos, promover aprendizagem significativa e formar cidadãos mais conscientes sobre a preservação ambiental. Os objetivos específicos incluíram identificar os desafios e oportunidades de ensino de física por meio da nanotecnologia aplicada ao meio ambiente, desenvolver atividades práticas e jogos, testar as propostas didáticas com estudantes de ensino médio e avaliar sua eficácia. O estudo foi realizado em um seminário na Escola Estadual de Ensino Médio Raimundo Vera Cruz, em Ananindeua - PA, no primeiro semestre de 2023, com atividades complementares em setembro do mesmo ano. Durante o seminário, foi criado um e-book na plataforma Canva como recurso didático e utilizado um formulário no Google Forms para coletar dados e feedback dos participantes. Os resultados mostraram um bom nível de compreensão dos alunos, especialmente sobre as questões éticas e de segurança relacionadas à nanotecnologia. Esse resultado sugere que o e-book foi eficaz ao promover uma visão equilibrada sobre os benefícios e as preocupações éticas da nanotecnologia no contexto ambiental.

Palavras-chave: Nanotecnologia; Meio Ambiente; Ensino Médio.

## **ABSTRACT**

This study explores the integration of nanotechnology in physics education, focusing on environmental applications to engage students, promote meaningful learning, and foster environmental awareness. Conducted at the Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Raimundo Vera Cruz (Ananindeua, PA) in the first semester of 2023, the project involved a seminar and the creation of an e-book on Canva as an educational resource. Specific objectives included identifying challenges and opportunities in teaching physics through nanotechnology, developing hands-on activities and games, and evaluating the effectiveness of these didactic proposals. Feedback collected via a Google Forms questionnaire indicated a strong student understanding of ethical and safety issues related to nanotechnology. The results suggest that the e-book successfully balanced the benefits and ethical considerations of nanotechnology in environmental contexts.

Keywords: Nanotechnology; Environment; Middle school.

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Resumo expandido.....	38
ANEXO B – Capítulo de Livro a ser publicado pela editora MultiAtual e apresentado no III Encontro de Ciências da Natureza no Marajó (ECNM).....	43
ANEXO C – Declaração de Participação de Bolsa de Residência pedagógica 202254	
ANEXO D – Certificado de Participação de Bolsa PIBID 2020.....	55
ANEXO E – Certificado de Participação de Evento I SEMACINA .....	56
ANEXO F – Certificado de melhor trabalho apresentado I SEMACINA .....	57
ANEXO G – Certificado de participação I JORFA .....	58
ANEXO H – Certificado de participação I Conenort Pibid/RP .....	59
ANEXO I – Certificado de apresentação de trabalho I CONENORT PIBID/RP .....	60
ANEXO J – Certificado de participação PCNA .....	61
ANEXO K – Certificado de participação I CONENORT PIBID/RP .....	62
ANEXO L – Certificado de participação CONAFIS .....	63
ANEXO M – Certificado de participação I Webnário de Física Computacional .....	64
ANEXO N – Certificado de participação Pré-vestibular UFPA.....	65
ANEXO O – Certificado de participação oficina: escola de formação de professores com foco no ensino por investigação .....	66
ANEXO P – Certificado de participação oficina: festival de foguetes ananin: garrafa pet no espaço .....	67

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Seminário aplicado à turma de 1º ano.....	19
<b>Figura 2</b> – Atividade experimental .....	20
<b>Figura 3</b> – Capa do E-book aplicado nas turmas.....	21
<b>Figura 4</b> – Páginas 1 e 2 do E-book .....	22
<b>Figura 5</b> – Páginas 3 e 4 do E-book .....	22
<b>Figura 6</b> – Páginas 5 e 6 do E-book .....	23
<b>Figura 7</b> – Resultado do primeiro questionário da plataforma <i>Quizizz</i> .....	24
<b>Figura 8</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na segunda aplicação do questionário .....	26
<b>Figura 9</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na primeira questão do questionário.	26
<b>Figura 10</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na segunda questão do questionário .....	27
<b>Figura 11</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na terceira questão do questionário	27
<b>Figura 12</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na quarta questão do questionário .	28
<b>Figura 13</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na quinta questão do questionário ..	29
<b>Figura 14</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na sexta questão do questionário ...	30
<b>Figura 15</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na sétima questão do questionário .	31
<b>Figura 16</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na oitava questão do questionário ..	32
<b>Figura 17</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na nona questão do questionário....	33
<b>Figura 18</b> – Gráfico de rendimento dos alunos na decima questão do questionário	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1	MOTIVAÇÃO.....	12
1.2	OBJETIVO GERAL .....	13
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>O ESTUDO NA E.E.E.F.M. RAIMUNDO VERA CRUZ</b> .....	<b>18</b>
3.1	SEMINÁRIO .....	18
3.2	EXPERIMENTAÇÃO .....	19
3.3	APLICAÇÃO DO <i>E-BOOK</i> .....	21
3.4	RESULTADOS OBTIDOS .....	24
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>35</b>
	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de física desempenha um papel crucial na formação educacional, sendo um componente fundamental para o desenvolvimento de habilidades analíticas e compreensão científica. Nesse contexto, a nanotecnologia surge como uma área promissora que oferece novas perspectivas quando aplicada ao meio ambiente (TONET & LEONEL, 2019).

A nanotecnologia abrange o estudo e manipulação de materiais em escala nanométrica, onde as propriedades dos materiais podem se manifestar de maneira única e diferenciada em comparação com as dimensões macroscópicas. Essa capacidade de manipulação proporciona a criação de materiais e dispositivos com características excepcionais, apresentando aplicações inovadoras em diversas áreas, com destaque para a proteção ambiental (SILVA, 2015).

Ao incorporar a nanotecnologia no ensino de física, não apenas proporcionamos aos alunos um entendimento mais profundo dos conceitos científicos, mas também os envolvemos de maneira prática e inovadora. Essa abordagem conecta a aprendizagem à resolução de desafios ambientais atuais, estimulando a curiosidade e promovendo a conscientização sobre a importância da preservação do meio ambiente.

Nas últimas décadas os avanços científicos e tecnológicos têm despertado nos jovens olhares mais atentos sobre temas relacionados às ciências de uma forma geral. A física, em particular, tem contribuído de forma significativa nesse sentido, principalmente para o desenvolvimento da medicina e das engenharias (OLIVEIRA, 2007).

Porém é preocupante como o ensino de ciências, particularmente a física no ensino médio, não tem acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais (OLIVEIRA, 2007, p. 448).

Os alunos, ao explorarem as aplicações da nanotecnologia, são instigados a considerar as implicações éticas, sociais e ambientais dessa tecnologia emergente. Além disso, a integração da nanotecnologia no currículo de física proporciona uma experiência de aprendizagem mais relevante e alinhada com as demandas da sociedade contemporânea.

Se os conceitos basais que sustentam a nanotecnologia fossem abordados de forma aplicada na escola, o despertar científico poderia promover novos

entendimentos e conexões. De fato, a interdisciplinaridade se faria presente, já que falar de nanotecnologia é necessariamente conectar as grandes áreas da Ciência e integrar o ensino amparado pelos preceitos recentemente estabelecidos pela BNCC (ANTUNES, et al., 2023).

As primeiras concepções de nanociência e nanotecnologia foram provocadas pelo físico americano Richard Feynman em 1959. Em uma de suas palestras, Feynman afirmou ser possível a manipulação de átomos em escala nanométrica, sugerindo a viabilidade da produção de componentes eletrônicos nas menores dimensões imagináveis. Quase meio século depois, em 2008, o tema nanotecnologia, considerado um dos ramos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), foi incluído nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio como uma sugestão de tema relevante (TONET & LEONEL, 2019).

A interseção entre física, nanotecnologia e meio ambiente torna-se evidente ao considerarmos a importância do conhecimento sobre como os materiais, na nanoescala, interagem com o corpo humano e o meio ambiente. Segundo GOMES & ENGELMANN, 2018, é crucial compreender essas interações para identificar e caracterizar potenciais exposições, determinar os possíveis impactos na saúde humana e desenvolver métodos adequados de controle e redução da exposição ao trabalhar com materiais na nanoescala. Essa abordagem transcende as fronteiras da física e da nanotecnologia, tornando-se uma consideração fundamental no contexto do meio ambiente e da saúde humana.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Observando a carência de um ensino aprofundado sobre física moderna e nanotecnologia no ensino médio, surge a proposta de abordar o tema "O Ensino de Física através da Nanotecnologia e suas Aplicações no Meio Ambiente".

Os currículos tradicionais, muitas vezes, não acompanham o ritmo acelerado das descobertas científicas, deixando os alunos sem uma compreensão completa de tópicos cruciais para o mundo contemporâneo.

A nanotecnologia, como área inovadora da física moderna, oferece soluções promissoras para diversos desafios, especialmente no campo ambiental. No entanto, muitos estudantes não têm a oportunidade de explorar essa intersecção durante o ensino médio.

Ao trabalharmos com esse tema, buscamos não apenas suprir lacunas no conhecimento dos alunos, mas também despertar seu interesse, mostrando como os conceitos físicos podem ser aplicados na resolução de problemas ambientais urgentes. A nanotecnologia, com suas aplicações inovadoras, torna-se uma ferramenta poderosa para conectar a teoria à prática, conscientizando os alunos sobre a importância da sustentabilidade e do papel da ciência na construção de um futuro melhor.

Através de uma abordagem interativa e envolvente, utilizando recursos audiovisuais, experimentos práticos, debates e palestras, buscamos proporcionar aos alunos uma experiência educacional enriquecedora e significativa.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

- Desenvolver propostas didáticas para o ensino de física através da nanotecnologia, com foco nas aplicações ambientais, que sejam eficazes para engajar os alunos, promover a aprendizagem significativa e contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e comprometidos com a preservação ambiental.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais desafios e oportunidades do ensino de física através da nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente.
- Desenvolver atividades práticas, jogos e simulações, e projetos de pesquisa que sejam eficazes para engajar os alunos no ensino de física através da nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente.
- Desenvolver atividades práticas, jogos e simulações, e projetos de pesquisa que contribuam para a formação de cidadãos mais conscientes e comprometidos com a preservação ambiental.
- Testar as propostas didáticas com estudantes do ensino médio para avaliar seu nível de engajamento.
- Testar as propostas didáticas com estudantes do ensino médio para avaliar sua eficácia na promoção da aprendizagem significativa.

- Testar as propostas didáticas com estudantes do ensino médio para avaliar sua eficácia na contribuição para a formação de cidadãos mais conscientes e comprometidos com a preservação ambiental.
- Coletar dados sobre o nível de engajamento dos alunos, a aprendizagem significativa e a conscientização ambiental, durante a aplicação das propostas didáticas.
- Propor recomendações para o desenvolvimento de propostas didáticas mais eficazes para o ensino de física através da nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente.

#### 1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido para um seminário com o objetivo de explorar a aplicação dos conceitos de nanotecnologia no meio ambiente, utilizando uma abordagem social e educativa. A pesquisa foi qualitativa e incluiu a realização de um experimento simples e de baixo custo para facilitar a compreensão dos conceitos abordados.

Para o experimento, foram utilizados materiais acessíveis como um recipiente transparente de 300 ml, água, bandagem adesiva e creme dental. Estes materiais foram escolhidos por sua disponibilidade e baixo custo, permitindo que o experimento fosse realizado de maneira prática e acessível para todos os participantes.

Adicionalmente, foi criado um e-book utilizando a plataforma *Canva*, que serviu como recurso didático para complementar o seminário. A primeira aplicação resultou em um índice quantitativo abaixo do esperado devido ao baixo número de respostas coletadas após o seminário e a fase de experimentação. Por isso, fez-se necessário a reaplicação do questionário com base no conteúdo desenvolvido no e-book, buscando aumentar a quantidade de respostas obtidas.

O estudo foi realizado na Escola Raimundo Vera Cruz, em Ananindeua-PA, no final do primeiro semestre de 2023, com complementações em setembro. O seminário abordou conceitos de nanotecnologia, destacando sua aplicação prática na resolução de problemas ambientais e promovendo o engajamento dos alunos em discussões práticas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O desenvolvimento da Nanotecnologia abre um leque de oportunidades e avanços no sentido de trazer melhorias à qualidade de vida e, também, para contribuir com a preservação do meio ambiente. Porém, como acontece em todas as áreas envolvendo tecnologias que utilizam intensamente materiais sintéticos e substâncias químicas, a nanotecnologia traz consigo, e isso é inerente, a potencialidade de riscos ao meio ambiente e a saúde humana (PEREIRA & DEL NERO, 2023).

Isso sugere a importância de estabelecer regulamentações e procedimentos de avaliação adequados para garantir a segurança e o equilíbrio entre os avanços da nanotecnologia e a preservação do meio ambiente (QUINA, 2004).

É fundamental que as soluções tecnológicas sejam desenvolvidas levando em consideração os princípios da sustentabilidade, a fim de minimizar impactos negativos, incluindo a contaminação ambiental. O estudo aborda a necessidade de uma abordagem cuidadosa e consciente no desenvolvimento e implementação das inovações nanotecnológicas, para que os benefícios potenciais sejam maximizados e os riscos sejam mitigados.

Diante disto, este estudo trata da Nanotecnologia e meio ambiente com o objetivo de refletir sobre a Nanociência e a sua importância para o desenvolvimento humano, qualidade de vida, meio ambiente, em contraponto com os riscos que as inovações nanotecnológicas trazem ao desenvolvimento humano, à qualidade de vida e meio ambiente, levando-se em conta que os benefícios e os riscos são inerentes e o que precisa é justamente encontrar formas de potencializar as contribuições positivas e minimizar os possíveis danos, ainda quanto às pesquisas e criações estão sendo feitas nos laboratórios, antes de entrarem na rede de consumo (BEZERRA, 2022, p. 206).

O estudo da nanotecnologia aplicada ao meio ambiente no ensino médio é crucial para capacitar os estudantes a compreenderem e abordarem os desafios ambientais contemporâneos com soluções inovadoras e sustentáveis. Dentro dessa perspectiva, o ensino de Nanotecnologia evidentemente atribui implicações aos processos educativos de ensino-aprendizagem e possibilita a promoção de discussões e reflexões sobre os impactos da ciência e de seus recursos (SANTOS, 2021).

Segundo Zanella, 2009, é essencial que alunos e professores do ensino básico conheçam o que é, a potencialidade e os efeitos da nanociência e da nanotecnologia, visto que estas áreas prometem fazer uma nova revolução

tecnológica. Dessa forma, a importância de alunos e professores do ensino básico entenderem a nanociência e a nanotecnologia, pois essas áreas prometem uma nova revolução tecnológica. Isso permite que compreendam as potencialidades e os efeitos dessas áreas, capacitando-os a participar de forma informada e responsável na próxima era tecnológica.

O estudo da ciência e do meio ambiente nas escolas é essencial para formar cidadãos conscientes e responsáveis. De acordo com (KNORST, 2010, p. 131), "a educação ambiental, no contexto da educação básica, possibilitará novos rumos ao meio ambiente, contanto que os professores sejam mediadores para formar alunos críticos, conscientes e responsáveis". Essa educação é crucial para enfrentar desafios como a mudança climática e a poluição, e prepara os jovens para serem agentes de mudança, contribuindo para um futuro mais equilibrado e sustentável.

Por se tratar de uma temática interdisciplinar, a crescente emergência de estudos relacionados à nanociência e à nanotecnologia justifica a necessidade de apropriação dos fundamentos e conceitos dessa ciência (POULIS, et al., 2022), ou seja, a nanociência não apenas integra conhecimentos de física, química, biologia e engenharia, mas também se torna essencial para a formação de profissionais capacitados a desenvolver soluções inovadoras para desafios contemporâneos, como a sustentabilidade ambiental, a medicina avançada e a tecnologia da informação. Compreender e aplicar esses conceitos na educação, especialmente no ensino médio, é fundamental para preparar os alunos para os avanços tecnológicos e as demandas do mercado de trabalho do futuro, promovendo uma educação mais relevante e conectada com as necessidades globais.

Na nanoescala, é possível desenvolver materiais com propriedades únicas que podem ser ajustadas e controladas com alta precisão. Essas características permitem a criação de sistemas significativamente mais rápidos, mais eficientes, mais luminosos e mais resistentes. Além disso, possibilitaremos o acesso a novas classes de materiais com aplicações inovadoras. Exemplos notáveis incluem os nanotubos de carbono funcionalizados, compostos de fulerenos, nanopartículas e nanocompósitos, que apresentam propriedades exclusivas devido às suas estruturas em escala nanométrica (ALVES, 2017). Esses avanços não apenas ampliam as fronteiras da ciência dos materiais, mas também têm o potencial de revolucionar diversos setores.

Nanomateriais de diferentes tipos estão sendo continuamente descobertos, permitindo o desenvolvimento de produtos finais que são mais eficientes, níveis, adequados e, sobretudo, de baixo custo. Muitos desses materiais já estão em fase de comercialização em áreas como cosméticos, eletrodomésticos, vestuário, além de diversas máquinas e equipamentos (PASCHOALINO, et al., 2010). Esses avanços não apenas impulsionam a inovação em múltiplos setores industriais, mas também oferecem soluções econômicas e sustentáveis para os desafios modernos, promovendo uma maior eficiência e redução de custos em produtos e processos industriais (FERREIRA, et al., 2007).

O professor pode enfatizar o impacto significativo da nanotecnologia na produção e viabilização de novos materiais que, por si só, têm o potencial de substituir materiais menos aconselháveis do ponto de vista ambiental. Além disso, esses novos materiais podem servir como matéria-prima para a criação de biomateriais inovadores, que são especialmente relevantes em aplicações médicas e ambientais, devido às suas propriedades únicas e sustentáveis (VALE & PAIVA, 2020). Essa abordagem promove uma substituição eficiente de materiais tradicionais, e também contribui para o desenvolvimento de soluções mais ecológicas e avançadas em diversos setores, como a biomedicina, a farmacêutica e a engenharia ambiental. Dessa forma, a nanotecnologia não apenas facilita a criação de produtos mais seguros e eficientes, como também desempenha um papel crucial na transição para uma economia mais sustentável e ecologicamente correta (COSTA, 2015).

De acordo com DA SILVA, et al., 2009, um meio ambiente saudável é fundamental para a saúde humana. Quando os recursos naturais são explorados de maneira sustentável, o ecossistema consegue se regenerar e manter sua funcionalidade. Isso inclui processos essenciais como a purificação da água, a polinização das plantas e a regulação do clima, que são necessários para a sustentação da vida. Por outro lado, a degradação ambiental, como a poluição e a destruição de habitats, pode levar ao surgimento de doenças e à contaminação de fontes de água, comprometendo a saúde das populações.

### 3 O ESTUDO NA E.E.E.F.M. RAIMUNDO VERA CRUZ

#### 3.1 SEMINÁRIO

O desenvolvimento deste trabalho teve início com a aplicação de um seminário dedicado ao tema "O Ensino de Física através da Nanotecnologia e Suas Aplicações no Meio Ambiente". Durante esse evento, foram abordados conceitos fundamentais que buscaram esclarecer o que é a nanotecnologia, destacando suas propriedades únicas em escala nanométrica.

A ênfase recaiu sobre os nanomateriais e suas propriedades específicas que desempenham um papel crucial na preservação do meio ambiente.

Para simplificar, podemos dizer que a Nanociência, refere-se ao estudo de materiais em escala nano, enquanto que a Nanotecnologia está relacionada à capacidade de criar objetos a partir do controle em nível atômico, utilizando-se técnicas e ferramentas que estão disponíveis atualmente (LEONEL, 2009).

Ao longo do seminário, explorou-se a relevância da nanotecnologia no contexto do ensino de física, destacando não apenas as propriedades dos nanomateriais, mas também as aplicações práticas desses conceitos no âmbito ambiental. O objetivo principal foi proporcionar aos participantes uma compreensão abrangente de como a nanotecnologia se entrelaça com a física e como suas aplicações têm impacto direto na preservação do meio ambiente.

Foram abordadas, de forma aprofundada, as propriedades específicas dos nanomateriais que contribuem para a inovação ecológica, destacando exemplos concretos de como a nanotecnologia pode ser aplicada de maneira benéfica para enfrentar desafios ambientais, com uma análise minuciosa das propriedades dos nanomateriais e suas aplicações específicas na nanotecnologia ambiental que foi um ponto central e esclarecedor durante a apresentação.

Ao término do seminário, uma atividade experimental foi conduzida para proporcionar aos alunos uma experiência prática em consonância com os conceitos discutidos. Essa abordagem prática visava consolidar o conhecimento teórico adquirido durante a apresentação, permitindo aos alunos aplicar os conceitos na prática e observar diretamente os resultados. Após a conclusão da experimentação, foi disponibilizado um link para os alunos responderem a um questionário de 10 perguntas através da plataforma *Quizizz* disponível em: (<https://encr.pw/XOMJZ>).

Esse questionário foi elaborado de forma abrangente, contemplando os tópicos abordados tanto no seminário quanto na atividade experimental.

A intenção deste estudo foi avaliar não apenas a compreensão dos alunos em relação ao conteúdo teórico, mas também a aplicação prática dos conceitos durante a atividade experimental. Essa estratégia integrada, que combinou uma abordagem teórica sólida com uma atividade prática e avaliação virtual, foi meticulosamente planejada para garantir uma compreensão abrangente e a retenção efetiva dos conceitos por parte dos alunos.

**Figura 1** – Seminário aplicado à turma de 1º ano



**Fonte:** Próprio autor, 2023.

### 3.2 EXPERIMENTAÇÃO

Em seguida, utilizou-se materiais comuns, como creme dental, curativo adesivo e água, para realizar uma atividade experimental com o objetivo de exemplificar os conceitos de nanotecnologia. A pasta de dente foi escolhida para evidenciar os benefícios dos nanomateriais na saúde bucal, enquanto o curativo adesivo destacou as propriedades antimicrobianas das nanofibras e nanopartículas. O recipiente com água, por sua vez, ilustrou a super-hidrofobicidade proporcionada por nanorevestimentos.

Os experimentos foram conduzidos de maneira simples, permitindo que os alunos pudessem observar diretamente os efeitos e discutir as aplicações práticas da nanotecnologia no cotidiano. Essa abordagem prática estimulou a participação ativa dos estudantes, promovendo a compreensão dos conceitos de nanotecnologia de forma concreta e significativa (LUCIANO, 2020)

**Figura 2** – Atividade experimental



Fonte: Próprio autor, 2023.

No intuito de aprofundar a experiência, utilizou-se um creme dental para referenciar a nanotecnologia em um experimento de baixo custo para demonstrar a propriedade repelente à água desses materiais. Aplicou-se o creme dental em uma superfície lisa e adicionando gotas de água sobre ele. Através da observação com uma lupa, identificou-se nanoestruturas presentes na superfície rugosa do creme dental. A rugosidade do material resultou na formação de gotículas de água em vez de se espalharem uniformemente. Essa propriedade repelente à água tem aplicações práticas, como na fabricação de roupas impermeáveis. O experimento destacou de forma tangível o impacto da nanotecnologia na repelência à água, enfatizando sua relevância no contexto do cotidiano.

Essa abordagem experimental proporcionou uma compreensão mais profunda dos conceitos de nanotecnologia e também ilustrou como esses conceitos têm aplicações práticas palpáveis, conectando a teoria à realidade e destacando o papel significativo da nanotecnologia em nosso dia a dia.

### 3.3 APLICAÇÃO DO E-BOOK

Figura 3 – Capa do E-book aplicado nas turmas



Fonte: Próprio autor, 2023.

A capa do e-book "Ensino de Física através da Nanotecnologia e suas Aplicações no Meio Ambiente", criada no *Canva* disponível em: (<https://acesse.one/WMsod>), destaca a intenção de fornecer informações acessíveis. O e-book foi desenvolvido para compartilhar conhecimento com duas turmas de primeiro ano e uma de terceiro ano do ensino médio no turno da manhã da escola Raimundo Vera Cruz. A decisão de criar o e-book foi motivada pela baixa participação após a primeira aplicação do tema por meio de seminário e experimento de baixo custo em uma turma de primeiro ano no turno da tarde. O e-book visa aumentar a participação, facilitando o compartilhamento de informações sobre a relevância do tema de forma mais acessível e envolvente.

Figura 4 – Páginas 1 e 2 do E-book



Fonte: Próprio autor, 2023.

Ao introduzir o tema nas turmas, foi fornecida uma explicação breve sobre o assunto, juntamente com orientações sobre o e-book. As primeiras duas páginas do e-book destacam os conceitos básicos da nanotecnologia, apresentando um gráfico ilustrativo que demonstra o tamanho de uma partícula nano. Essa abordagem tem o objetivo de estabelecer uma compreensão inicial sólida, utilizando recursos visuais para transmitir de forma eficaz a escala e a importância das partículas nano. Essa estratégia visa envolver os alunos desde o início, facilitando a compreensão do conteúdo apresentado ao longo do e-book.

Figura 5 – Páginas 3 e 4 do E-book



Fonte: Próprio autor, 2023.

Na terceira página do e-book, aprofunda-se a exploração das propriedades intrigantes dos nanomateriais e dos avanços notáveis alcançados pela nanotecnologia. Detalhou-se minuciosamente como a manipulação em escala nanométrica confere características únicas a esses materiais, utilizando exemplos práticos e gráficos elucidativos para enriquecer a compreensão dos alunos acerca do potencial transformador desses avanços. Buscou-se criar uma experiência visual e conceitual envolvente, estimulando a curiosidade e a compreensão profunda desses conceitos inovadores.

Na quarta página, a temática abordada é a relevância intrínseca da nanotecnologia no contexto do ensino de física. Nesse ponto, explora-se como essa disciplina enriquece o conhecimento científico e também promove uma abordagem interdisciplinar. Destacou-se a necessidade de integrar conceitos nanotecnológicos de forma concreta no currículo de física, preparando os alunos para enfrentar desafios científicos contemporâneos e capitalizando em oportunidades futuras (ANTUNES, 2023). A ênfase recai sobre a interconexão entre a nanotecnologia e os princípios fundamentais da física, consolidando a importância prática e acadêmica desse campo emergente na educação. Essa abordagem visa informar e inspirar uma apreciação mais profunda e duradoura desses temas inovadores (BRITO, 2021).

**Figura 6** – Páginas 5 e 6 do E-book

**APLICAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA NO MEIO AMBIENTE**

A nanotecnologia oferece soluções inovadoras para problemas ambientais, como purificação de água, remediação de solos contaminados e melhoria da eficiência energética. Ela permite o desenvolvimento de filtros altamente eficazes para remoção de contaminantes e contribui para a energia renovável. Contudo, é importante abordar questões de segurança e impacto ambiental relacionadas ao uso de nanomateriais. Em resumo, a nanotecnologia pode desempenhar um papel crucial na preservação do meio ambiente e na construção de um futuro sustentável.

Fonte – Revista Mercado Negócios

**Quer Aprender Mais?**

*"Ao responder o questionário do ebook, vocês estarão nos ajudando a entender suas necessidades e interesses como estudantes, possibilitando a criação de conteúdos mais direcionados e relevantes para o seu aprendizado."*

[https://docs.google.com/forms/d/1NMCfTsRwlIsxOCtsZWT9UJx8b2B4MofdGTH\\_uJeVv4/edit](https://docs.google.com/forms/d/1NMCfTsRwlIsxOCtsZWT9UJx8b2B4MofdGTH_uJeVv4/edit)

**CLIQUE AQUI**

**Fonte:** Próprio autor, 2023.

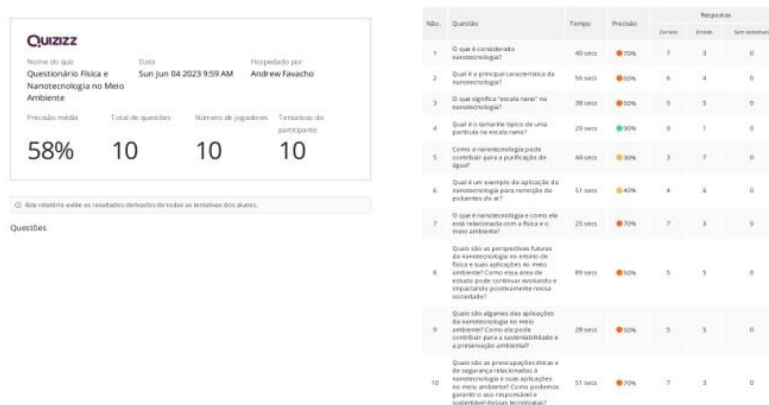
Na quinta página do e-book, aprofundou-se a discussão sobre como a nanotecnologia tem sido aplicada de forma prática e impactante no meio ambiente. Explora-se em detalhes como a manipulação em escala nanométrica abre portas para soluções inovadoras em questões ambientais urgentes, como a purificação da água, o desenvolvimento de materiais sustentáveis e a remediação de poluentes. Por meio de exemplos, demonstramos como a nanotecnologia pode ser uma ferramenta essencial na busca por práticas mais ecológicas e sustentáveis, destacando seu papel na preservação e na regeneração do meio ambiente (ANGOTTI, 2015).

Na sexta página, além de fornecermos um link direto, também foi apresentado um *QR Code* que facilitaria o acesso dos alunos ao questionário relacionado ao e-book disponível em: (<https://acesse.one/zRdDO>). Reconhecendo a importância fundamental do feedback dos alunos para aprimorar continuamente o conteúdo. Portanto, incentivamos ativamente a participação dos alunos nesse questionário, pois suas respostas e comentários são valiosos para a avaliação da eficácia do material apresentado.

### 3.4 RESULTADOS OBTIDOS

No questionário aplicado à turma de primeiro ano, é crucial destacar que o número de respostas obtidas, apesar de valiosas, foi limitado. A turma conta com aproximadamente 40 alunos, e somente 10 participaram da pesquisa. Essa limitação pode ser atribuída a diversos fatores, sendo dois dos principais: a falta de acesso à internet e smartphones por parte de alguns alunos.

**Figura 7** – Resultado do primeiro questionário da plataforma *Quizizz*



Fonte: Próprio autor, 2023

Essa barreira tecnológica é um desafio comum em muitos contextos educacionais e pode impactar diretamente a inclusão digital.

Além disso, o fato de os alunos estarem prestes a realizar a segunda avaliação do ano letivo e se aproximarem das férias pode ter influenciado na disponibilidade de tempo e na disposição para participar de atividades extracurriculares.

Essas circunstâncias específicas ressaltam a importância de considerar o contexto e as limitações dos alunos ao implementar atividades virtuais.

Apesar do número limitado de participantes, é necessário analisar o desempenho dos alunos nas diversas perguntas do questionário. Das 10 questões apresentadas, destaca-se que a primeira, que abordava o conceito de nanotecnologia, foi respondida corretamente por 7 alunos, sugerindo um entendimento sólido desse tópico inicial.

Na segunda pergunta, relacionada à principal característica da nanotecnologia, 6 alunos acertaram, indicando um nível considerável de compreensão sobre as características distintivas dessa disciplina.

A terceira pergunta, que explorava o significado da "escala nano", obteve 6 respostas corretas, sugerindo um entendimento intermediário desse conceito específico.

A quarta pergunta, sobre o tamanho típico de uma partícula na escala nano, revelou um bom desempenho, com 9 alunos acertando.

Entretanto, ao abordar aplicações práticas, como a contribuição da nanotecnologia para a purificação de água (pergunta 5) e exemplos de aplicação para remoção de poluentes do ar (pergunta 6), observou-se um desafio maior, com 3 e 4 alunos acertando, respectivamente.

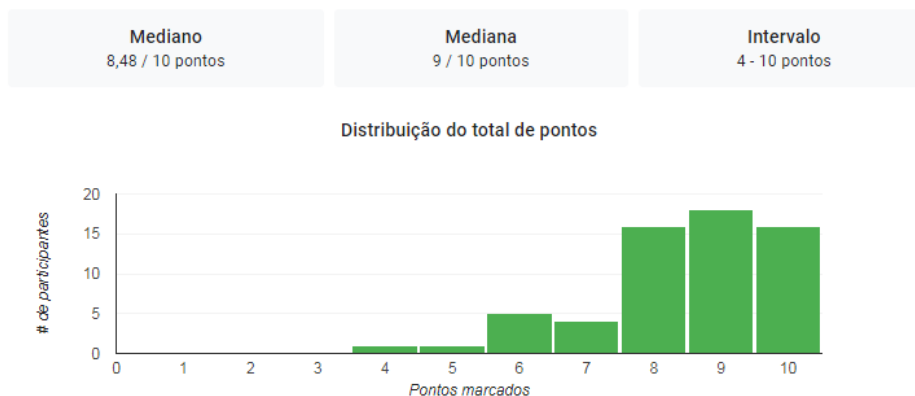
Questões mais amplas, como a sétima (relacionada à interconexão entre nanotecnologia, física e meio ambiente) e a oitava (perspectivas futuras da nanotecnologia), foram respondidas corretamente por 7 e 5 alunos, destacando uma compreensão razoável desses conceitos mais complexos.

As perguntas 9 e 10, referentes a aplicações específicas no meio ambiente e preocupações éticas, foram respondidas corretamente por 5 e 7 alunos, respectivamente.

Em resumo, enquanto algumas áreas do conhecimento foram bem compreendidas, outras apresentaram desafios. Isso fornece insights valiosos para

direcionar futuros esforços de ensino e destaca a importância de estratégias inclusivas que considerem as diferentes realidades dos alunos.

**Figura 8** – Gráfico de rendimento dos alunos na segunda aplicação do questionário



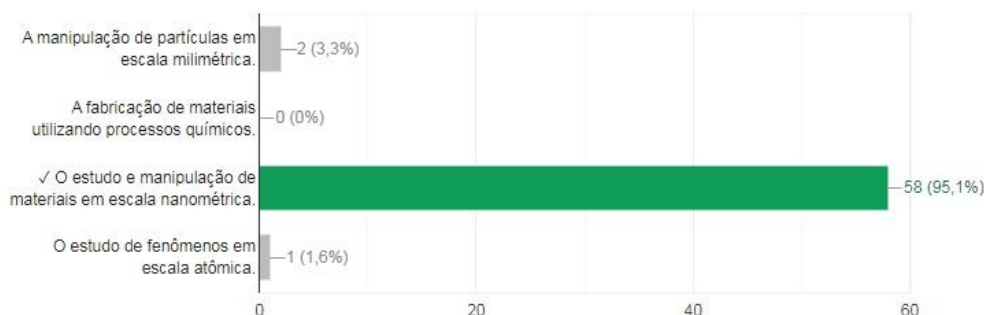
Fonte: Próprio autor, 2023

O e-book que foi aplicado nas turmas, ocorreu em meados de setembro de 2023, onde o rendimento e o número de respostas obtidas foi muito favorável e superior que o da primeira aplicação. 61 repostas foram coletadas onde apenas 1 aluno acertou 4 questões, 1 aluno acertou 5 questões, 5 alunos acertaram 6 questões, 4 alunos acertaram 7 questões, 16 alunos acertaram 8 questões, 18 alunos acertaram 9 questões e 8 alunos acertaram todas as 10 questões do questionário.

**Figura 9** – Gráfico de rendimento dos alunos na primeira questão do questionário

01. O que é considerado nanotecnologia?

58 / 61 respostas corretas



Fonte: Próprio autor, 2023

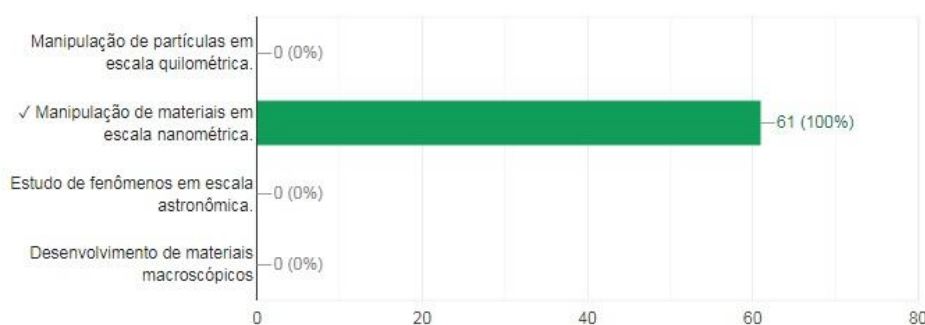
A primeira pergunta relacionada ao conteúdo do e-book abordou o conceito fundamental da nanotecnologia: "O que é considerado nanotecnologia?" Dos 61 alunos que responderam, impressionantes 58 escolheram a alternativa correta, que

afirmava ser "O estudo e manipulação de materiais em escala nanométrica". Esses números indicam um entendimento sólido e abrangente por parte da maioria dos alunos sobre o tema. A alta proporção de respostas corretas reflete a clareza com que o conceito foi apresentado no e-book e sugere uma compreensão generalizada entre os alunos sobre a natureza e o escopo da nanotecnologia. Este resultado inicial é promissor e sugere um bom começo para a exploração mais aprofundada dos temas abordados no e-book.

**Figura 10** – Gráfico de rendimento dos alunos na segunda questão do questionário

02. Qual é a principal característica da nanotecnologia?

61 / 61 respostas corretas



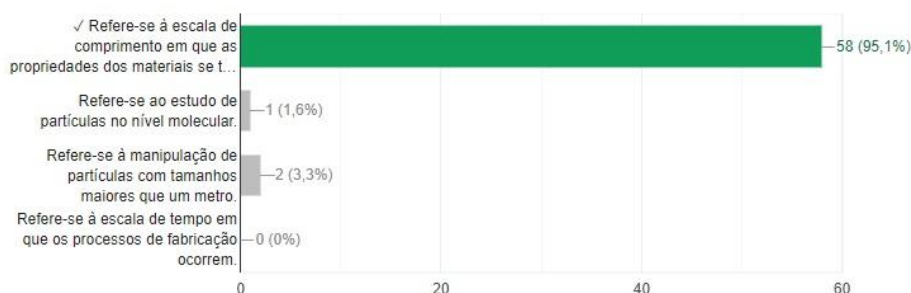
Fonte: Próprio autor, 2023

Na segunda pergunta referente ao conteúdo do e-book, que indagava sobre a principal característica da nanotecnologia - "Qual é a principal característica da nanotecnologia?" - observamos um resultado notável. Dos 61 alunos que responderam, todos optaram pela alternativa correta, destacando que a principal característica é a "Manipulação de materiais em escala nanométrica". O fato de que todos os alunos acertaram essa questão evidencia uma compreensão unânime e sólida sobre a característica fundamental da nanotecnologia.

**Figura 11** – Gráfico de rendimento dos alunos na terceira questão do questionário

03. O que significa "escala nano" na nanotecnologia?

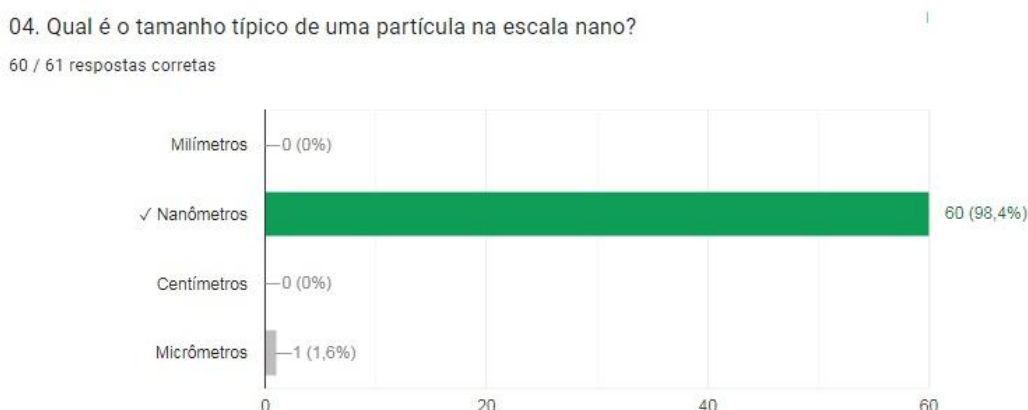
58 / 61 respostas corretas



Fonte: Próprio autor, 2023

Na terceira pergunta relacionada ao conteúdo do e-book, que abordava o significado de "escala nano" na nanotecnologia, 58 dos 61 alunos responderam corretamente, escolhendo a alternativa que afirmava: "Refere-se à escala de comprimento em que as propriedades dos materiais se tornam diferentes de suas contrapartes em maior escala". Esse alto número de respostas corretas indica que todos os alunos compreenderam essa característica fundamental da nanotecnologia. Essa unanimidade reflete não apenas a clareza da explicação fornecida no e-book, mas também o nível consistente de entendimento dos alunos sobre o conceito de escala nano. Essa compreensão coletiva é um indicador positivo do sucesso do e-book em transmitir conceitos complexos de forma acessível e compreensível aos alunos.

**Figura 12** – Gráfico de rendimento dos alunos na quarta questão do questionário



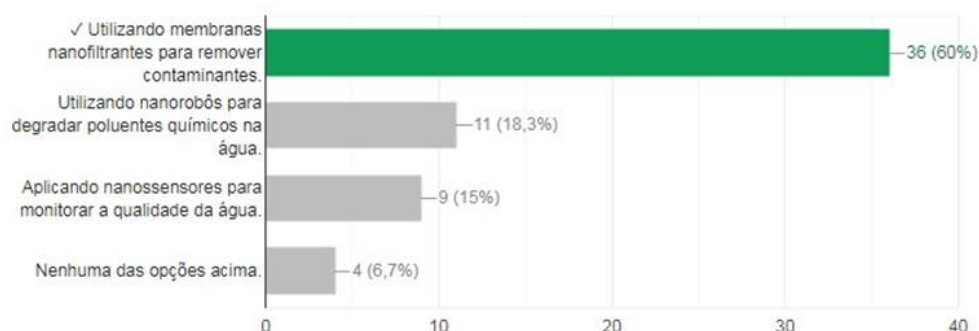
**Fonte:** Próprio autor, 2023

Na quarta pergunta referente ao conteúdo do e-book, que indagava sobre o tamanho típico de uma partícula na escala nano, impressionantes 60 dos 61 alunos escolheram corretamente a alternativa "Nanômetros". Esse alto índice de respostas corretas evidencia uma compreensão generalizada entre os alunos sobre essa característica fundamental da nanotecnologia. A quase unanimidade nas respostas demonstra não apenas a clareza da explicação fornecida no e-book, mas também o amplo domínio dos alunos sobre o conceito de escala nano e a unidade de medida associada a ela. Esse resultado reforça a eficácia do e-book em transmitir informações complexas de maneira acessível e compreensível aos alunos, consolidando ainda mais o entendimento dos princípios básicos da nanotecnologia.

**Figura 13** – Gráfico de rendimento dos alunos na quinta questão do questionário

05. Como a nanotecnologia pode contribuir para a purificação de água?

36 / 60 respostas corretas



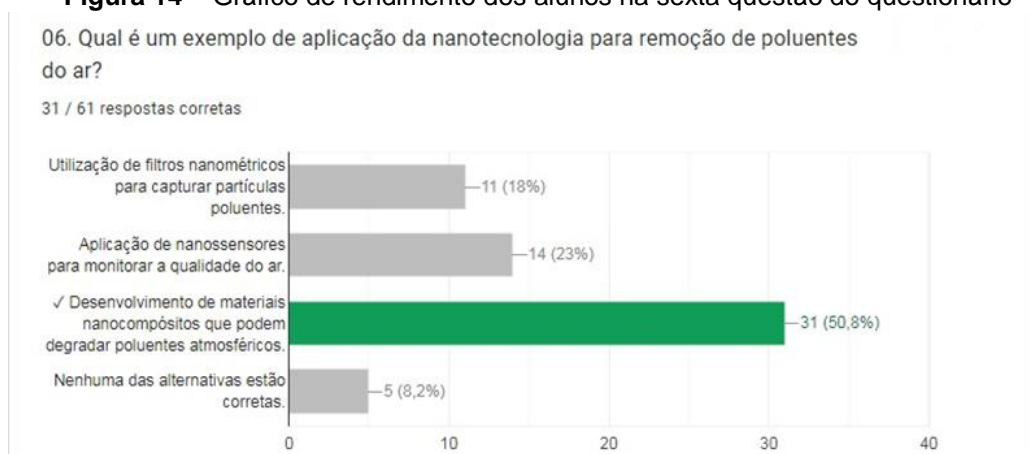
Fonte: Próprio autor, 2023

Na quinta pergunta pertinente ao conteúdo do e-book, que abordava como a nanotecnologia pode contribuir para a purificação de água, 36 dos 61 alunos escolheram corretamente a alternativa "Utilizando membranas nanofiltrantes para remover contaminantes". O índice relativamente menor de respostas corretas pode ser atribuído a vários fatores.

Primeiramente, a aplicação prática de conceitos nanotecnológicos, como o uso de membranas nanofiltrantes, pode ser um tópico mais desafiador para os alunos. Essa questão pode envolver uma compreensão mais específica das aplicações da nanotecnologia na prática, exigindo conhecimentos além do entendimento teórico apresentado anteriormente no e-book.

Além disso, as respostas podem refletir diferentes níveis de familiaridade dos alunos com aplicações práticas da nanotecnologia, especialmente em contextos específicos, como a purificação da água. Pode haver variações nos conhecimentos prévios dos alunos sobre essa aplicação específica.

**Figura 14** – Gráfico de rendimento dos alunos na sexta questão do questionário



**Fonte:** Próprio autor, 2023

Na sexta pergunta relacionada ao conteúdo do e-book, que indagava sobre um exemplo de aplicação da nanotecnologia para remoção de poluentes do ar, 31 dos 61 alunos escolheram corretamente a alternativa "Desenvolvimento de materiais nanocompósitos que podem degradar poluentes atmosféricos". O índice relativamente menor de respostas corretas pode ser explicado por diversos motivos.

Inicialmente, a complexidade do tema pode ter sido um desafio para os alunos, já que o desenvolvimento de materiais nanocompósitos para a degradação de poluentes atmosféricos envolve conceitos avançados e específicos da nanotecnologia. Os alunos podem ter tido dificuldade em conectar esses conceitos com aplicações práticas, especialmente se não tiverem sido expostos a exemplos semelhantes anteriormente.

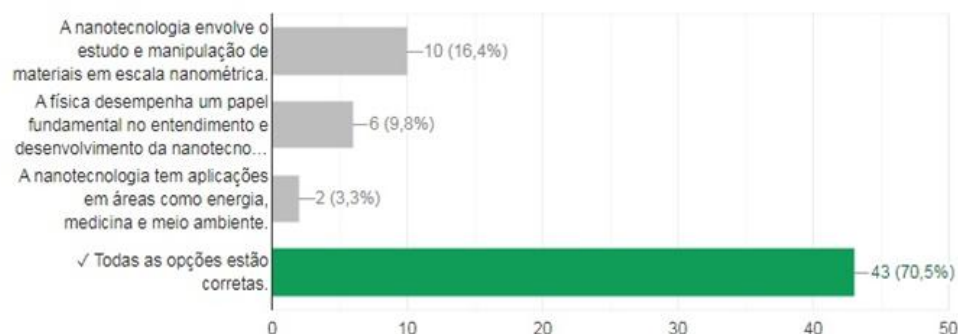
Além disso, a falta de familiaridade com o tópico específico pode ter influenciado as respostas dos alunos. Se eles não tiveram experiência prévia ou exposição a exemplos de aplicação da nanotecnologia para remoção de poluentes do ar, podem ter sido menos propensos a escolher a resposta correta.

Outro fator pode ser a forma como a pergunta foi formulada ou apresentada no e-book. Se a pergunta não estava clara ou se a resposta correta não foi destacada adequadamente, os alunos podem ter encontrado dificuldade em identificar a resposta correta entre as opções fornecidas.

**Figura 15** – Gráfico de rendimento dos alunos na sétima questão do questionário

07. O que é nanotecnologia e como ela está relacionada com a física e o meio ambiente?

43 / 61 respostas corretas



Fonte: Próprio autor, 2023

Na sétima pergunta relacionada ao conteúdo do e-book, que abordava "o que é nanotecnologia e como ela está relacionada com a física e o meio ambiente?", 43 dos 61 alunos escolheram corretamente a alternativa que afirmava: "Todas as opções estão corretas". As outras alternativas corretas incluíam que a nanotecnologia envolve o estudo e manipulação de materiais em escala nanométrica, que a física desempenha um papel fundamental no entendimento e desenvolvimento da nanotecnologia, e que a nanotecnologia tem aplicações em áreas como energia, medicina e meio ambiente.

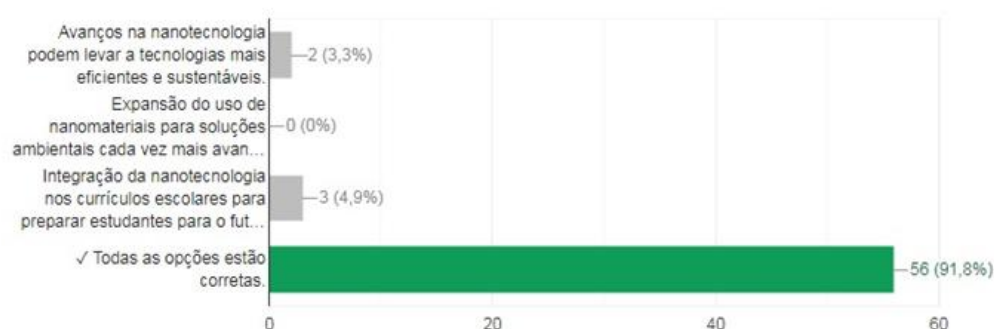
O expressivo número de respostas corretas sugere uma compreensão sólida dos alunos sobre a relação multifacetada da nanotecnologia com a física e o meio ambiente. O reconhecimento de que a nanotecnologia abrange diversas áreas, incluindo aplicações práticas em energia, medicina e meio ambiente, reflete uma compreensão abrangente dos conceitos apresentados no e-book.

Esse resultado positivo destaca a eficácia do e-book em transmitir informações complexas de maneira clara e compreensível aos alunos, reforçando a interconexão entre a nanotecnologia, a física e o meio ambiente. Essa compreensão ampla é fundamental para uma abordagem integrada dos temas relacionados à nanotecnologia, permitindo que os alunos percebam sua aplicabilidade em diversos campos.

**Figura 16** – Gráfico de rendimento dos alunos na oitava questão do questionário

08. Quais são as perspectivas futuras da nanotecnologia no ensino de física e suas aplicações no meio ambiente? Como essa área de estudo pode continuar evoluindo e impactando positivamente nossa sociedade?

56 / 61 respostas corretas.



Fonte: Próprio autor, 2023

Na oitava pergunta relacionada ao conteúdo do e-book, que explorava as perspectivas futuras da nanotecnologia no ensino de física e suas aplicações no meio ambiente, notáveis 56 dos 61 alunos escolheram corretamente a alternativa que afirmava: "Todas as opções estão corretas". As demais alternativas corretas destacavam que os avanços na nanotecnologia podem levar a tecnologias mais eficientes e sustentáveis, a expansão do uso de nanomateriais para soluções ambientais cada vez mais avançadas, e a integração da nanotecnologia nos currículos escolares para preparar estudantes para o futuro.

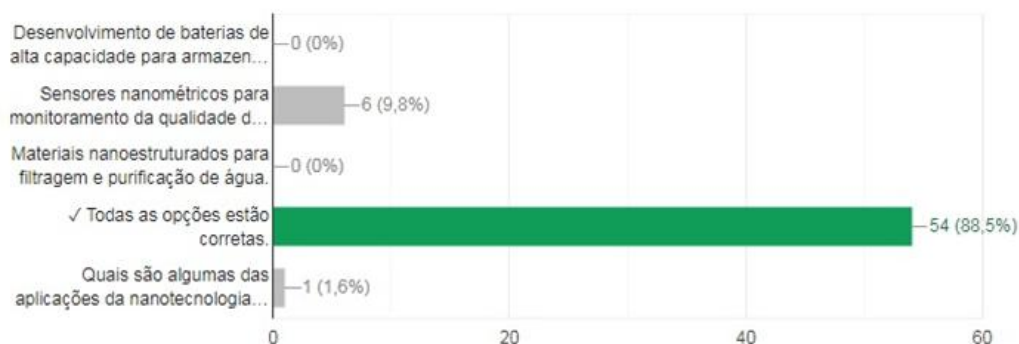
O expressivo número de respostas corretas sugere que os alunos possuem uma visão abrangente sobre potenciais contribuições da nanotecnologia no campo da física e seu impacto positivo no meio ambiente. A compreensão das futuras perspectivas, incluindo avanços tecnológicos, aplicação de nanomateriais e a importância da integração da nanotecnologia na educação, reflete uma apreciação completa das implicações da nanotecnologia em diferentes aspectos da sociedade.

Esse resultado positivo evidencia a eficácia do e-book em promover uma compreensão aprofundada sobre as implicações futuras da nanotecnologia, estimulando os alunos a considerar o papel significativo dessa disciplina no avanço da ciência, educação e soluções para desafios ambientais.

**Figura 17** – Gráfico de rendimento dos alunos na nona questão do questionário

09. Quais são algumas das aplicações da nanotecnologia no meio ambiente? Como ela pode contribuir para a sustentabilidade e a preservação ambiental?

54 / 61 respostas corretas



Fonte: Próprio autor, 2023

Na nona pergunta relacionada ao conteúdo do e-book, que abordava as aplicações da nanotecnologia no meio ambiente e sua contribuição para a sustentabilidade e a preservação ambiental, notáveis 54 dos 61 alunos escolheram corretamente a alternativa que afirmava: "Todas as opções estão corretas". As outras alternativas corretas incluíam o desenvolvimento de baterias de alta capacidade para armazenamento de energia renovável, sensores nanométricos para monitoramento da qualidade do ar e da água, e materiais nanoestruturados para filtragem e purificação de água.

A expressiva quantidade de respostas corretas destaca uma compreensão sólida dos alunos sobre as diversas aplicações práticas da nanotecnologia para abordar desafios ambientais. O reconhecimento de que a nanotecnologia pode contribuir para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, monitoramento ambiental e soluções para a purificação da água reflete uma apreciação abrangente do papel dessa disciplina na preservação do meio ambiente.

Esse resultado positivo ressalta a eficácia do e-book em fornecer informações detalhadas sobre as aplicações da nanotecnologia no contexto ambiental, permitindo que os alunos percebam o potencial impacto positivo dessa disciplina na promoção da sustentabilidade e na mitigação de problemas ambientais

Na décima pergunta do e-book, que abordava preocupações éticas e de segurança relacionadas à nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente, notáveis 60 dos 61 alunos escolheram corretamente a alternativa que afirmava: "Todas as opções estão corretas". As outras alternativas corretas incluíam possíveis

impactos à saúde humana e ao meio ambiente devido à liberação de nanomateriais, a importância de uma abordagem ética na pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia, e a necessidade de regulamentação e monitoramento adequados para garantir a segurança.

**Figura 18** – Gráfico de rendimento dos alunos na decima questão do questionário

10. Quais são as preocupações éticas e de segurança relacionadas à nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente? Como podemos garantir o uso responsável e sustentável dessas tecnologias?

60 / 61 respostas corretas



Fonte: Próprio autor, 2023

O expressivo número de respostas corretas destaca uma compreensão aprofundada dos alunos sobre as questões éticas e de segurança associadas à nanotecnologia. A compreensão de que o uso responsável e sustentável dessas tecnologias requer consideração ética, regulamentação e monitoramento para garantir a segurança, demonstra uma conscientização abrangente sobre os aspectos éticos e práticos envolvidos na aplicação da nanotecnologia.

Esse resultado positivo ressalta a eficácia do e-book em abordar não apenas os benefícios, mas também as preocupações éticas e de segurança relacionadas à nanotecnologia, incentivando uma abordagem equilibrada e responsável na aplicação dessas tecnologias no meio ambiente.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do e-book "Ensino de Física através da Nanotecnologia e suas Aplicações no Meio Ambiente" surgiu como um complemento valioso à abordagem inicial por meio de seminários e experimentação. A primeira aplicação durante um período intenso de avaliações e no final do semestre resultou em um número reduzido de respostas ao questionário, o que evidenciou desafios logísticos e de disponibilidade dos alunos.

No entanto, a segunda aplicação, estrategicamente realizada em meados de setembro, revelou-se significativamente mais favorável. O e-book não apenas atraiu uma participação mais expressiva, com 61 respostas obtidas, como também proporcionou uma compreensão aprofundada dos alunos sobre os temas da nanotecnologia. Destaca-se que essa melhoria pode ser atribuída à clareza e acessibilidade do conteúdo do e-book.

A facilidade no compartilhamento do material, por meio de recursos digitais e da plataforma escolhida, contribuiu para uma disseminação eficiente da informação. Além disso, a abordagem didática do e-book, destacando conceitos essenciais e apresentando aplicações práticas da nanotecnologia, demonstrou-se eficaz na promoção do entendimento dos alunos (OLIVEIRA, 2007).

Esses resultados positivos ressaltam a importância de adaptar as estratégias de ensino às circunstâncias específicas, garantindo uma maior participação e compreensão dos alunos. Ao fornecer um recurso acessível como um e-book, mostrou-se uma ferramenta valiosa para ampliar o alcance e a eficácia do ensino sobre nanotecnologia no contexto do ensino médio (RIBEIRO, 2024).

## REFERENCIAS

- ALVES, O. L., 2017. Nanotecnologia e Desenvolvimento. *Laboratório de Química do Estado Sólido*.
- ANGOTTI, J. A. P., 2015. *Ensino de Física com TDIC*. 1ª edição ed. Florianópolis: UFSC.
- ANTUNES, S. F., 2023. É possível falar de nanotecnologia na escola? Uma proposta de artigo científico para crianças e adolescentes. *Revista Educação Pública*, 30 05.
- ANTUNES, S. F., SANTOS, M. S. & BACKX, B. P., 2023. É possível falar de nanotecnologia na escola? Uma proposta de artigo científico para crianças e adolescentes. *Revista Educação Pública*, 30 05.
- BEZERRA, A. R. A., 2022. Nanotecnologia e Meio Ambiente. *Revista do Ministério Público do RS, Porto Alegre*, julho, p. 206.
- BRITO, T. T. D. D., 2021. INVESTIGAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE TEXTOS DIDÁTICOS E VIDEOAULAS NO ENSINO DE FÍSICA DURANTE O PERÍODO DE ENSINO REMOTO. *INVESTIGAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE TEXTOS DIDÁTICOS E VIDEOAULAS NO ENSINO DE FÍSICA DURANTE O PERÍODO DE ENSINO REMOTO CAMPUS CAICÓ*.
- COSTA, A., 2015. NANOTECNOLOGIA EM DIAGNÓSTICO E TERAPIA NO BRASIL. INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO .
- DA SILVA, I. Z., Bisognin, V., Fagan, S. B. & Bisognin, E., 2009. ABORDAGENS EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*.
- FERREIRA, F. d. O., Miranda, D. V. & Scofano, R. G., 2007. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 3 Março, p. 29.
- GOMES, C. & ENGELMANN, W., 2018. NANOTECNOLOGIA E A VULNERABILIDADE DOS TRABALHADORES EM SEU AMBIENTE LABORATIVO: OS DESAFIOS GERADOS PELA IN (EXISTENCIA) DE NORMAS PROTETIVAS TRABALHISTAS. *Revista de Direitos Fundamentais nas Relações do Trabalho, Sociais e Empresariais*, 13 12, p. 23.
- KNORST, P. A. R., 2010. Educação ambiental: um desafio para as unidades escolares. *Unoesc & Ciência. Unoesc & Ciência – ACHS, Joaçaba*, julho, pp. 131-138.
- LEONEL, A. A., 2009. NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA PERSPECTIVA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8 Novembro.

LUCIANO, A. P., 2020. A RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL FRENTE AOS RISCOS SOCIAIS, AMBIENTAIS E LABORAIS ASSOCIADOS À NANOTECNOLOGIA. *UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL*.

OLIVEIRA, F. F. d., 2007. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, p. 29.

PASCHOALINO, M. P., Marcone, G. P. S. & Jardim, W. F., 2010. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, Fevereiro.

PEREIRA, P. d. S. M. A. & DEL NERO, J., 2023. NANOTECNOLOGIA: A REVOLUÇÃO SILENCIOSA NA SEGURANÇA DO TRABALHO. *Revista ft*, 03 07.

POULIS, E. d. C., Custódio, J. F. & Guerini, S. C., 2022. A abordagem da temática nanociência e nanotecnologia nos cursos de Licenciatura em Física da UFSC e da UFMA: concepções de professores formadores. *Revista Latino-Americana de Educação Física*, 19 Outubro, pp. 01-09.

QUINA, F. H., 2004. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. *Química Nova*, 30 Novembro, p. 2.

RIBEIRO, D. C. d. S. P., 2024. HISTÓRIA DA MATEMÁTICA COMO METODOLOGIA NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: uma análise da aprendizagem a partir de diferentes formas de multiplicar..

SANTOS, D. S., 2021. Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs): uma abordagem no ensino remoto de Química e Nanotecnologia nas escolas em tempos de distanciamento social. *Latino-Americana de estudos científicos*, pp. 01-11.

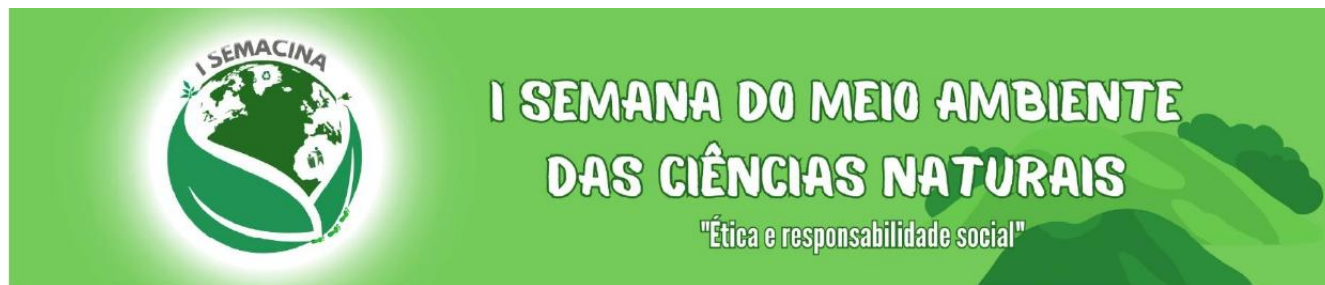
SILVA, S. B. d., 2015. Meio Ambiente e Saúde: Problemas da Poluição Química. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*.

TONET, M. D. & LEONEL, A. A., 2019. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Agosto, p. 25.

VALE, J. & PAIVA, J., 2020. NANOTECNOLOGIA NO ENSINO SECUNDÁRIO. *QUÍMICA E ENSINO*, 12 Setembro.

ZANELLA, I. d. S., 2009. ABORDAGENS EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, p. 2.

## ANEXO A – Resumo expandido



### Ensino de Física através da Nanotecnologia e suas Aplicações no Meio Ambiente

Andrew da Silva Favacho<sup>1</sup>, Pedro Cordeiro da Silva<sup>2</sup>, Vicente Ferrer Pureza Aleixo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Física, Campus Ananindeua, Universidade Federal do Pará – Graduando em Licenciatura em Física – FACFIS/CANAN/UFPA. e-mail: andrewfavacho10@gmail.com

<sup>2</sup>Faculdade de Física, Campus Ananindeua, Universidade Federal do Pará – Graduando em Licenciatura em Física – FACFIS/CANAN/UFPA. e-mail: pedrocordeiro765@gmail.com

<sup>3</sup>Faculdade de Física, Campus Ananindeua, Universidade Federal do Pará – Prof. Dr. Permanente da Faculdade de Física – FACFIS/CANAN/UFPA. e-mail: ferrer@ufpa.br

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo principal investigar como o ensino de física pode ser enriquecido ao incorporar conceitos e aplicações da nanotecnologia relacionadas ao meio ambiente, pois a nanotecnologia envolve o estudo e a manipulação de materiais em escala nanométrica, permitindo a criação de novos materiais e dispositivos com propriedades únicas aplicáveis em diversas áreas, incluindo a proteção e a preservação do mesmo. O ensino de física através da nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente é uma abordagem importante para engajar os alunos, demonstrando como a ciência e a tecnologia podem resolver problemas ambientais e promover a sustentabilidade. Exemplos de aplicações incluem o desenvolvimento de nanomateriais para remoção de poluentes, células solares de alta eficiência e sensores para monitoramento ambiental. Além disso, o uso da nanotecnologia no ensino de física possibilita a exploração de conceitos como propriedades quânticas, estrutura da matéria e interações entre partículas em níveis atômicos e moleculares. Isso amplia a compreensão dos alunos sobre os fundamentos da física e estimula sua participação em atividades práticas, como experimentos laboratoriais e projetos de pesquisa. Este trabalho apresenta uma abordagem de como despertar o interesse dos alunos pela física, conscientizá-los sobre questões ambientais e capacitá-los a buscar soluções inovadoras. Sua integração no currículo escolar contribui para uma formação abrangente, preparando os estudantes para os desafios e oportunidades do futuro. Os alunos serão estimulados a realizar experimentos e responder questionários para compreender melhor esses fenômenos.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia; Meio Ambiente; Ensino Médio.

#### INTRODUÇÃO

O ensino de física desempenha um papel crucial na formação educacional, e a nanotecnologia oferece novas perspectivas aplicadas ao meio ambiente. A nanotecnologia envolve o estudo e manipulação de materiais em escala nanométrica, onde as propriedades dos materiais podem ser diferentes das macroscópicas. Isso permite a criação de materiais e dispositivos únicos aplicáveis em diversas áreas, incluindo a proteção



# I SEMANA DO MEIO AMBIENTE DAS CIÊNCIAS NATURAIS

"Ética e responsabilidade social"

ambiental. A nanotecnologia no ensino de física engaja os alunos de forma inovadora, conectando a aprendizagem aos desafios atuais e promovendo a conscientização ambiental.

Atualmente os avanços científicos e tecnológicos têm despertado nos jovens interesse por temas relacionados com as Ciências. A Física, de um modo geral, tem contribuído bastante nesse avanço. Entretanto, é preocupante o modo com o Ensino de Ciências, particularmente a Física no Ensino Médio, não têm acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia do que os alunos se interessam e necessitam para o alcançarem uma Alfabetização Científica e Tecnológica. (LEONEL, 2000, p.2)

A nanotecnologia na física ambiental oferece soluções inovadoras para desafios ambientais. Os alunos podem explorar essas aplicações e desenvolver consciência ambiental. Por exemplo, nanomateriais podem ser usados para remover poluentes do ar, água e solo. A nanotecnologia tem papel crucial no desenvolvimento de células solares eficientes, na detecção de poluentes e no monitoramento ambiental. O ensino de física com ênfase na nanotecnologia prepara os alunos para desafios futuros, promovendo compreensão conceitual e habilidades essenciais. Essa abordagem consciente do meio ambiente fortalece a conexão entre os conceitos físicos e suas aplicações tecnológicas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

No presente estudo, utilizou-se uma abordagem prática e acessível para demonstrar exemplos de nanotecnologia na E.E.E.F.M. Raimundo Vera Cruz localizada na Br-316 Km 8 - Centro, Ananindeua - PA, 67000-000. Utilizamos materiais comuns, como pasta de dente, band-aid e água, para exemplificar os conceitos de nanotecnologia. A pasta de dente mostrou os benefícios dos nanomateriais na saúde bucal, o band-aid destacou as propriedades antimicrobianas das nanofibras e nanopartículas, e o recipiente com água ilustrou a super-hidrofobicidade proporcionada por nanorevestimentos.

Realizou-se experimentos simples para que os alunos pudessem observar os efeitos e discutir as aplicações da nanotecnologia no cotidiano. Essa abordagem prática estimulou a participação ativa dos estudantes, promovendo a compreensão dos conceitos de nanotecnologia de forma concreta e significativa (HORNES et al., 2019). Utilizando um creme dental com nanotecnologia, realizamos um experimento para

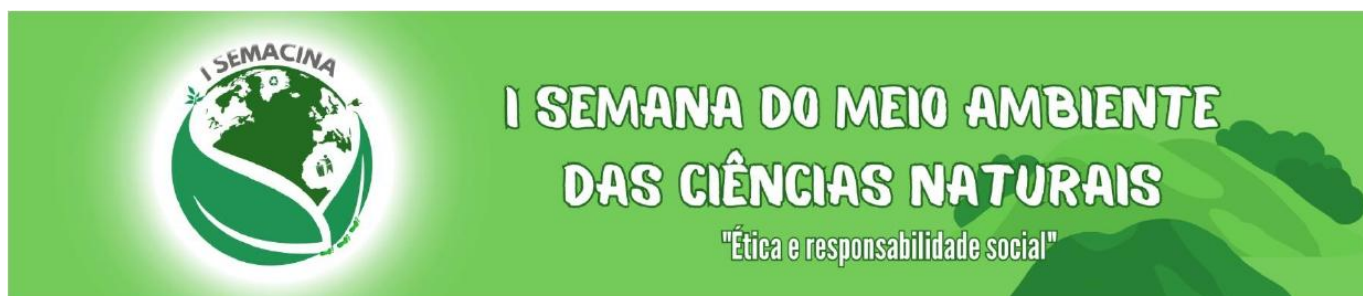


demonstrar a propriedade repelente à água desses materiais. Aplicamos o creme dental em uma superfície lisa e adicionamos uma gota de água sobre ele. Através da observação com uma lupa, pudemos identificar as nanoestruturas presentes na superfície rugosa do creme dental. A rugosidade do material cria gotículas de água em vez de se espalhar uniformemente. Essa propriedade repelente à água tem aplicações práticas, como roupas impermeáveis. O experimento destacou o impacto da nanotecnologia na repelência à água, enfatizando sua relevância no cotidiano.

#### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Realizou-se um seminário na Escola Raimundo Vera Cruz em Ananindeua, PA, abordando o tema "ensino de física através da Nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente". Durante o seminário, exploramos conceitos-chave da nanotecnologia, suas aplicações ambientais e os impactos associados. Para complementar a teoria, conduzimos uma atividade experimental envolvendo creme dental, recipiente com água e band-aid. O objetivo era ilustrar os efeitos da nanotecnologia no meio ambiente. Durante a atividade, os participantes adicionaram uma pequena quantidade de creme dental ao recipiente com água e aplicaram um band-aid na superfície da água. Os resultados da atividade experimental mostraram que as nanoestruturas presentes no creme dental afetam a dispersão na água, formando uma fina camada que se espalha sobre a superfície. O band-aid flutuou e permaneceu intacto na água, indicando as propriedades das nanoestruturas presentes nele (BURKARTER et al., 2010). O quiz realizado após a apresentação revelou um bom desempenho da maioria dos participantes, indicando que a abordagem do ensino de física através da nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente foi eficaz na consolidação do conhecimento.

No quiz realizado, com a participação de 12 alunos, constatou-se que a abordagem do assunto por meio do seminário e da atividade experimental resultou na consolidação do conhecimento. Dos alunos que responderam às perguntas, 8 acertaram a definição de nanotecnologia, 7 identificaram corretamente a principal característica da nanotecnologia, 5 compreenderam o significado da "escala nano", 11 acertaram o tamanho típico de partículas na escala nano, 4 destacaram como a nanotecnologia pode contribuir para a purificação de água, 5 mencionaram um exemplo de aplicação da nanotecnologia na remoção de poluentes



do ar, 8 reconheceram que a nanotecnologia envolve o estudo e manipulação de materiais em escala nanométrica, 6 compreenderam as perspectivas futuras da nanotecnologia no ensino de física e suas aplicações no meio ambiente, 5 mencionaram algumas aplicações da nanotecnologia no meio ambiente em relação à sustentabilidade e preservação ambiental, e 8 demonstraram conhecimento sobre as preocupações éticas e de segurança relacionadas à nanotecnologia e a importância do uso responsável e sustentável dessas tecnologias. Os alunos responderam em média de 21 a 72 segundos por pergunta, demonstrando engajamento e familiaridade com os conceitos. Esses resultados comprovam o impacto positivo da abordagem prática e interativa no ensino de física, com ênfase na nanotecnologia e suas aplicações ambientais.

**Figura 1:** Atividade experimental com creme dental, recipiente com água e band-aid.



Fonte: Próprio autor, 2023.

A abordagem do tema "ensino de física através da Nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente" foi eficaz, usando um seminário, atividade experimental e quiz. A atividade permitiu observar diretamente os efeitos da nanotecnologia no meio ambiente, enquanto o quiz consolidou o conhecimento



# I SEMANA DO MEIO AMBIENTE DAS CIÊNCIAS NATURAIS

"Ética e responsabilidade social"

adquirido. Essa abordagem prática e interativa beneficia o ensino de física e pode ser explorada futuramente para melhorar o engajamento dos alunos.

## CONCLUSÕES

Em resumo, o ensino de física através da nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente oferece: uma abordagem inovadora para engajar os alunos e tornar a aprendizagem mais relevante e contextualizada; oportunidades para explorar soluções inovadoras para problemas ambientais e promover a sustentabilidade; uma forma de desenvolver uma consciência ambiental mais profunda nos alunos; a integração de conceitos fundamentais da física com aplicações práticas da nanotecnologia; o estímulo à criatividade, pensamento crítico e trabalho em equipe dos estudantes; preparação dos alunos para os desafios e oportunidades de uma sociedade orientada pela ciência e tecnologia; a conexão entre ciência, tecnologia e meio ambiente como um campo promissor para a formação dos estudantes.

Essas atribuições podem contribuir para avançar o conhecimento sobre o ensino de física através da nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente, e assim, ampliar as oportunidades de formação dos estudantes e a busca por soluções sustentáveis para os desafios ambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.H. Lu, E.L. Salabas e F. Schüth, *Angew. Chemie Int. Ed.* 46, 1222 (2007).

BURKARTER, E. Desenvolvimento de Superfícies Superhidrofóbicas de Politetrafluoretileno. Disponível em: <[http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/24777/tese\\_Ezequiel\\_Burkarter.pdf](http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/24777/tese_Ezequiel_Burkarter.pdf)> Acesso em: 07 junho, (2023).

A. Hornes, J. M. B. Gallera, S. de C. R. Silva. *Aprendizagem Significativa no Ensino de Física In: I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Paraná (PR), (2009).*

M.C. Galiuzzi, F.P. Gonçalves, B.H. Seyffert, E.L. Hennig e J.C.Hernandes, *Química Nova na Escola* 21, 25 (2005).

N.P. Silveira e F.C. Giacomelli, *Tópicos Em Nanociência e Nanotecnologia, Ed. Da UFRGS, v. 1, p. 93 Porto Alegre, (2008).*

## ANEXO B – Capítulo de Livro a ser publicado pela editora MultiAtual e apresentado no III Encontro de Ciências da Natureza no Marajó (ECNM)

### NANOTECNOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA: E-BOOK DIDÁTICO PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO

Andrew da Silva Favacho<sup>1</sup>, Pedro Cordeiro da Silva<sup>2</sup>, Lelio Favacho Braga<sup>3</sup>, Aline Nascimento Braga<sup>4</sup> e Vicente Ferrer Pureza Aleixo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> [andrewfavacho95@gmail.com](mailto:andrewfavacho95@gmail.com). Graduando em Física, Campus Ananindeua, UFPA.

<sup>2</sup> [pedrocordeiro765@gmail.com](mailto:pedrocordeiro765@gmail.com). Graduando em Física, Campus Ananindeua, UFPA.

<sup>3</sup> [leliofavacho@gmail.com](mailto:leliofavacho@gmail.com). Doutor em Educação, SEDUC-PARÁ.

<sup>4</sup> [aline.braga@iemci.ufpa.br](mailto:aline.braga@iemci.ufpa.br). Doutoranda, em Educação em Ciências e Matemática, IEMCI/UFPA.

<sup>5</sup> [ferrer@ufpa.br](mailto:ferrer@ufpa.br). Doutor em Engenharia Elétrica, Campus Ananindeua, UFPA.

#### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo enriquecer o ensino de Física por meio da integração de conceitos da nanotecnologia, com foco em questões ambientais. A nanotecnologia, que opera em escala nanométrica, viabiliza o desenvolvimento de materiais e dispositivos inovadores, como nanomateriais para a remoção de poluentes, células solares mais eficientes e sensores para monitoramento ambiental. Para demonstrar essas aplicações de maneira prática e acessível, foi criado um e-book interativo, acompanhado de questionários, aplicado a turmas de ensino médio da Escola Raimundo Vera Cruz. O conteúdo abordou a definição de nanotecnologia, as propriedades dos nanomateriais e suas aplicações no meio ambiente, incentivando a reflexão sobre como a ciência pode auxiliar na resolução de problemas globais. Além disso, foram realizados seminários com experimentos de baixo custo, como a demonstração de propriedades nanométricas utilizando curativo adesivo, creme dental e água, a fim de facilitar a compreensão dos alunos sobre os conceitos teóricos. A proposta visa não apenas despertar o interesse dos estudantes pela Física, mas também promover a conscientização ambiental e o desenvolvimento de habilidades práticas. Ao conectar ciência, tecnologia e sustentabilidade, o projeto prepara os alunos para enfrentar desafios contemporâneos de forma crítica e inovadora, contribuindo para a formação de cidadãos conscientes.

**Palavras-chaves:** Nanotecnologia, Ensino Médio, Educação Ambiental.

#### ABSTRACT

This work aims to enrich the teaching of Physics through the integration of nanotechnology concepts, with a focus on environmental issues. Nanotechnology, which operates on a nanometric scale, enables the development of innovative materials and devices, such as nanomaterials for pollutant removal, more efficient solar cells, and sensors for environmental monitoring. To demonstrate these applications in a practical and accessible way, an interactive e-book was created, accompanied by questionnaires, and applied to high school classes at Escola Raimundo Vera Cruz. The content addressed the definition of nanotechnology, the properties of nanomaterials, and their applications in the environment, encouraging reflection on how science can help solve global problems. In addition, seminars were held with low-cost experiments, such as the demonstration of nanometric properties using adhesive bandages, toothpaste, and water, in order to facilitate students' understanding of theoretical concepts. The proposal aims not only to spark students' interest in Physics, but also to promote environmental awareness and the development of practical skills. By connecting science, technology and sustainability, the project prepares students to face contemporary challenges in a critical and innovative way, contributing to the formation of conscious citizens.

**Keywords:** Nanotechnology, High School, Environmental Education.

#### INTRODUÇÃO

O ensino de Física é essencial na formação educacional, sendo chave para o desenvolvimento de habilidades analíticas e compreensão científica. Nesse cenário, a nanotecnologia se destaca como uma área inovadora, trazendo novas possibilidades quando aplicada ao meio ambiente (Tonet & Leonel, 2019).

Segundo Silva (2015), a nanotecnologia envolve o estudo e a manipulação de materiais em escala nanométrica, onde suas propriedades podem se comportar de forma única em relação às dimensões macroscópicas. Essa habilidade de manipulação permite a criação de materiais e dispositivos com características excepcionais, trazendo inovações em várias áreas, especialmente na proteção ambiental. Nas últimas décadas, os avanços científicos e tecnológicos têm despertado maior interesse entre os jovens por temas relacionados às ciências em geral. A Física, em especial, tem desempenhado um papel importante, contribuindo significativamente para o progresso da medicina e das engenharias (Oliveira, 2007).

Os alunos, ao explorarem as aplicações da nanotecnologia, são instigados a considerar as implicações éticas, sociais e ambientais dessa tecnologia emergente. Além disso, a integração da nanotecnologia no currículo de física proporciona uma experiência de aprendizagem mais relevante e alinhada com as demandas da sociedade contemporânea.

Se os conceitos basais que sustentam a nanotecnologia fossem abordados de forma aplicada na escola, o despertar científico poderia promover novos entendimentos e conexões. De fato, a interdisciplinaridade se faria presente, já que falar de nanotecnologia é necessariamente conectar as grandes áreas da Ciência e integrar o ensino amparado pelos preceitos recentemente estabelecidos pela BNCC (Filho *et al.*, 2023).

Porém é preocupante como o ensino de ciências, particularmente a física no ensino médio, não tem acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais (OLIVEIRA, 2007).

Tonet e Leonel (2019) afirmam que a nanotecnologia, um ramo da Física Moderna e Contemporânea, foi incluída nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio em 2008, destacando sua crescente relevância científica e educacional. Gomes e Engelmann (2018) ressaltam a importância de entender as interações dos materiais em escala nanométrica com o corpo humano e o meio ambiente, fundamentais para identificar exposições e seus impactos à saúde, além de desenvolver métodos para controlar e reduzir esses riscos. Assim, a relação entre física, nanotecnologia e meio ambiente é crucial para a segurança ambiental e o bem-estar humano.

Assim, Zanella (2009) destaca a importância de que alunos e professores do ensino básico compreendam a nanociência e a nanotecnologia, bem como suas potencialidades e impactos. Essas áreas emergentes estão na vanguarda de uma nova revolução tecnológica, e o domínio desses conceitos é essencial para que educadores e estudantes participem de forma informada e responsável nas mudanças dessa era. Essa compreensão não apenas enriquece a

e responsável nas mudanças dessa era. Essa compreensão não apenas enriquece a educação científica, mas também promove o desenvolvimento sustentável, capacitando todos a enfrentar desafios e aproveitar oportunidades futuras.

Dessa forma, este trabalho busca enriquecer o ensino de física ao introduzir tópicos que conectem a nanotecnologia a questões ambientais, ampliando o entendimento dos alunos sobre aplicações práticas e contemporâneas da ciência. Para isso, compara-se a eficácia de dois métodos: seminários presenciais com experimentos de baixo custo e a utilização de um e-book interativo. Com essa análise, espera-se identificar qual abordagem é mais eficaz em transmitir conhecimentos e engajar os alunos no conteúdo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho iniciou com um seminário sobre "O Ensino de Física através da Nanotecnologia e Suas Aplicações no Meio Ambiente" para alunos do primeiro ano da Escola Estadual Raimundo Vera Cruz, em Ananindeua-PA. Durante o evento, foram apresentados conceitos fundamentais de nanotecnologia e suas propriedades em escala nanométrica, com foco nos nanomateriais e seu papel na preservação ambiental. O seminário ressaltou a importância da nanotecnologia no ensino de Física e suas aplicações práticas para o meio ambiente, promovendo uma compreensão integrada dessas áreas.

No seminário, foram detalhadas as propriedades dos nanomateriais e suas contribuições para inovações ecológicas, com exemplos práticos de como a nanotecnologia pode enfrentar desafios ambientais, especialmente na nanotecnologia ambiental (Lima, 2012). Ao final, os alunos realizaram uma atividade experimental para aplicar os conceitos discutidos, seguida por um questionário de 10 perguntas na plataforma Quizizz, que abordou os temas do seminário e da experimentação, reforçando o aprendizado teórico e prático.

**Figura 1** - Atividade experimental envolvendo água, creme dental e curativo adesivo.



**Fonte:** Dos próprios autores.

participação ativa dos estudantes, facilitando a compreensão dos conceitos de nanotecnologia de forma clara e significativa (Luciano, 2020).

**Figura 2** – Páginas do e-book: (a) capa, (b) introdução e (c) o que é nanotecnologia?.



Fonte: Dos próprios autores (2023)

Para ampliar a divulgação das aplicações da nanociência e nanotecnologia, foi criado um e-book no Canva com o tema "Ensino de Física através da Nanotecnologia e suas Aplicações no Meio Ambiente" (Figura 2(a)). O objetivo é tornar o conteúdo mais acessível, sendo compartilhado com duas turmas do primeiro ano e uma do terceiro ano do ensino médio, no turno da manhã, na Escola Raimundo Vera Cruz. A elaboração do e-book foi motivada pela baixa participação após a primeira abordagem do tema, por meio de seminário e experimento de baixo custo em uma turma do primeiro ano, no turno da tarde, visando aumentar o engajamento e disseminar o conhecimento de forma mais atrativa.

Ao apresentar o tema nas turmas, foi oferecida uma breve explicação, acompanhada de orientações sobre o e-book. As primeiras páginas introduzem os conceitos básicos da nanotecnologia e incluem um gráfico ilustrativo que mostra o tamanho de uma partícula nano (Figura 2(b)). Essa abordagem busca estabelecer uma base sólida, utilizando recursos visuais para explicar de forma clara a escala e a importância das partículas nano. A estratégia visa engajar os alunos desde o início, facilitando a compreensão do conteúdo ao longo do e-book.

Na Figura 2(c), são exploradas as propriedades fascinantes dos nanomateriais e os avanços significativos da nanotecnologia. Explicamos como a manipulação em escala nanométrica confere características únicas a esses materiais, utilizando exemplos práticos e gráficos para facilitar a compreensão dos alunos sobre o potencial transformador desses

confere características únicas a esses materiais, utilizando exemplos práticos e gráficos para facilitar a compreensão dos alunos sobre o potencial transformador desses avanços. O objetivo é criar uma experiência visual e conceitual envolvente, estimulando a curiosidade e promovendo uma compreensão mais profunda desses conceitos inovadores.

**Figura 3** - Páginas do e-book: (a) propriedades de nanomateriais e avanços da nanotecnologia, (b) relevância da nanotecnologia no ensino de física e (c) aplicações da nanotecnologia no meio ambiente.



Fonte: Dos próprios autores.

A Figura 3a na página quatro destaca a importância da nanotecnologia no ensino de física, promovendo uma abordagem interdisciplinar e fortalecendo o conhecimento científico dos alunos. Integrar conceitos nanotecnológicos ao currículo prepara os estudantes para desafios científicos e futuras oportunidades, promovendo um aprendizado prático e relevante nessa área emergente. Segundo Poulis (2021), essa compreensão pode aumentar o interesse dos alunos pela ciência, demonstrando a aplicação prática da física. Na página cinco, a Figura 3b mostra como a nanotecnologia oferece soluções sustentáveis para problemas ambientais, como purificação da água e desenvolvimento de materiais mais leves e duráveis, reduzindo o uso de recursos naturais e resíduos.

A nanotecnologia não é apenas uma inovação técnica, mas também uma oportunidade de transformar práticas industriais e cotidianas em direção a um futuro mais sustentável. Ele destaca que, ao empregar tecnologias baseadas em nanomateriais, é possível não apenas minimizar impactos ambientais, mas também contribuir para a regeneração de ecossistemas degradados (Angotti, 2015).

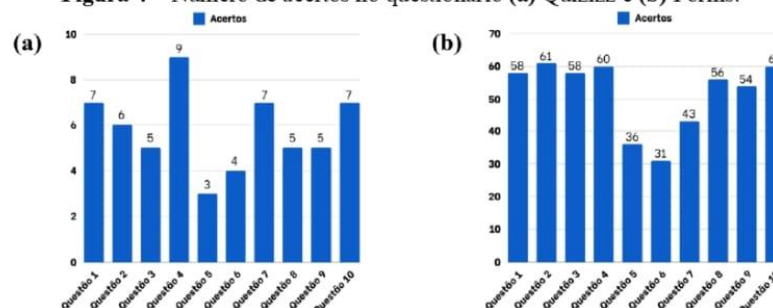
Assim, esta seção destaca a nanotecnologia como essencial para a preservação ambiental, oferecendo soluções que equilibram progresso tecnológico e responsabilidade, e capacitando alunos a promover um futuro sustentável. A Figura 3c apresenta inovações como materiais de

descontaminação, filtros de purificação e células solares eficientes. Um QR Code no final do e-book facilita o acesso ao questionário, incentivando a participação dos alunos na avaliação do conteúdo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

No questionário aplicado ao primeiro ano após as atividades práticas, apenas 10 dos 40 alunos participaram (Figura 4a). A baixa adesão pode estar relacionada à falta de acesso à internet e à ausência de smartphones entre alguns alunos, destacando um desafio de inclusão digital (Fonseca & Costa, 2023). A proximidade da segunda avaliação e do período de férias também pode ter afetado a disponibilidade e o interesse em atividades extracurriculares.

**Figura 4** – Número de acertos no questionário (a) Quizizz e (b) Forms.



Fonte: Dos próprios autores.

Apesar da participação limitada, o desempenho foi significativo: na questão sobre o conceito de nanotecnologia, 7 alunos responderam corretamente, indicando boa compreensão do tema. Na pergunta sobre a principal característica da nanotecnologia, 6 alunos acertaram, sugerindo entendimento consistente dos aspectos fundamentais dessa área (Pinto & Pedrosa, 2023).

Na terceira pergunta sobre a principal característica da nanotecnologia, 6 alunos responderam corretamente, indicando boa compreensão. A quarta questão, sobre o tamanho típico de uma partícula em escala nanométrica, teve 9 acertos. No entanto, as perguntas sobre aplicações práticas da nanotecnologia, como a purificação da água (pergunta 5) e a remoção de poluentes do ar (pergunta 6), apresentaram dificuldades, com apenas 3 e 4 respostas corretas, respectivamente (Martinez *et al.* 2022).

As questões mais amplas, como a sétima (interconexão entre nanotecnologia, física e meio ambiente) e a oitava (perspectivas futuras da nanotecnologia), foram respondidas

corretamente por 7 e 5 alunos, respectivamente. As perguntas 9 e 10, que abordavam aplicações ambientais e questões éticas, foram acertadas por 5 e 7 alunos. Embora alguns tópicos tenham sido bem assimilados, outros apresentaram mais dificuldades, fornecendo dados valiosos para ajustar futuras estratégias de ensino, considerando as diferentes realidades dos alunos (Pinto & Pedrosa, 2023).

Os resultados de acertos na aplicação do e-book estão apresentados na Figura 4b. Esta aplicação, realizada em setembro de 2023, obteve 61 respostas, com uma distribuição significativa de acertos: 1 aluno acertou 4 questões, 1 acertou 5, 5 alunos acertaram 6, 4 acertaram 7, 16 acertaram 8, 18 acertaram 9, e 8 alunos responderam corretamente todas as 10 questões. Esse aumento no rendimento indica um progresso significativo (Lisboa-Filho & Monteiro, 2024).

Na primeira pergunta do e-book, 58 dos 61 alunos definiram corretamente a nanotecnologia como o "estudo e manipulação de materiais em escala nanométrica", demonstrando sólida compreensão. Na segunda pergunta, todos os alunos acertaram ao identificar a principal característica da nanotecnologia como a "manipulação de materiais em escala nanométrica", evidenciando compreensão unânime sobre esse aspecto.

Na quarta pergunta do e-book, 60 dos 61 alunos identificaram corretamente o tamanho típico de uma partícula na escala nano como "nanômetros", demonstrando sólida compreensão. No entanto, apenas 36 alunos acertaram a quinta pergunta sobre a contribuição da nanotecnologia para a purificação da água, o que sugere que as aplicações práticas da nanotecnologia são mais desafiadoras e exigem uma compreensão mais aprofundada (Lima & Silveira, 2019).

Na sexta pergunta, 31 dos 61 alunos identificaram corretamente o "desenvolvimento de materiais nanocompósitos que degradam poluentes atmosféricos" como aplicação da nanotecnologia. Esse menor índice de acertos reflete a complexidade do tema e a falta de familiaridade com as aplicações práticas. Na sétima pergunta, 43 alunos escolheram corretamente "todas as opções estão corretas", evidenciando boa compreensão dos conceitos e a eficácia do e-book em apresentar conteúdos complexos de forma clara.

Na oitava pergunta, 56 dos 61 alunos reconheceram corretamente as perspectivas futuras da nanotecnologia, enquanto 54 destacaram seu papel em baterias de alta capacidade e sensores ambientais na nona. Por fim, 60 alunos demonstraram compreensão das preocupações éticas e de segurança, enfatizando a importância da regulamentação e monitoramento em relação aos impactos à saúde e ao meio ambiente.

As questões da Figura 4 são as mesmas e foram selecionadas de maneira uniforme para ambas as análises, mantendo a mesma ordem e estrutura, abordando temas de Física e nanotecnologia com foco em aplicações ambientais. Essas perguntas foram apresentadas tanto no seminário (Quizizz) quanto no e-book (Forms), permitindo uma comparação eficaz das respostas dos alunos e evidenciando seu entendimento e engajamento. Os acertos nos questionários foram somados e registrados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Perguntas selecionadas nas duas aplicações e quantidade de acertos.

QUESTIONÁRIO	Nº de acertos
01 - O que é considerado nanotecnologia?	65 acertos
02 - Qual é a principal característica da nanotecnologia?	67 acertos
03 - O que significa "escala nano" na nanotecnologia?	63 acertos
04 - Qual é o tamanho típico de uma partícula na escala nano?	69 acertos
05 - Como a nanotecnologia pode contribuir para a purificação de água?	39 acertos
06 - Qual é um exemplo de aplicação da nanotecnologia para remoção de poluentes do ar?	35 acertos
07 - O que é nanotecnologia e como ela está relacionada com a física e o meio ambiente?	50 acertos
08 - Quais são as perspectivas futuras da nanotecnologia no ensino de física e suas aplicações no meio ambiente? Como essa área de estudo pode continuar evoluindo e impactando positivamente nossa sociedade?	61 acertos
09 - Quais são algumas das aplicações da nanotecnologia no meio ambiente? Como ela pode contribuir para a sustentabilidade e a preservação ambiental?	59 acertos
10 - Quais são as preocupações éticas e de segurança relacionadas à nanotecnologia e suas aplicações no meio ambiente? Como podemos garantir o uso responsável e sustentável dessas tecnologias?	67 acertos

**Fonte:** Dos próprios autores.

Esses resultados indicam a eficácia do e-book em transmitir conceitos práticos e éticos da nanotecnologia de maneira clara e acessível, destacando-se, em alguns aspectos, em comparação aos contextos presenciais. A utilização do e-book elimina a necessidade de conciliar as disponibilidades simultâneas de alunos e professores, algo que muitas vezes limita os encontros presenciais. Ambos os métodos, apesar de diferenças quantitativas nos resultados,

promoveram uma compreensão abrangente do tema e de suas implicações futuras entre os alunos (Silva et al., 2024).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A aplicação do e-book "Ensino de Física através da Nanotecnologia e suas Aplicações no Meio Ambiente" mostrou-se uma estratégia didática eficaz, complementando os seminários e experimentos realizados anteriormente. A primeira aplicação, realizada em período de avaliações e ao final do semestre, teve participação limitada no questionário, indicando desafios logísticos e de disponibilidade dos alunos. No entanto, a segunda aplicação, realizada em setembro, apresentou resultados consideravelmente mais positivos, com 61 respostas coletadas e uma evidente melhora na compreensão dos alunos sobre os conceitos de nanotecnologia. Esse avanço pode ser atribuído à clareza e acessibilidade do conteúdo oferecido pelo e-book, que permitiu uma maior assimilação dos conceitos-chave.

A utilização de recursos digitais, somada à escolha apropriada da plataforma, facilitou a disseminação do material e contribuiu para a eficácia da abordagem. A didática focada em conceitos centrais e suas aplicações práticas foi fundamental para melhorar o entendimento dos alunos, como apontado por Oliveira (2007). Esses achados destacam a importância de adequar as estratégias de ensino ao contexto e às condições específicas para promover uma maior participação e aprendizado. Além disso, o e-book, pela sua facilidade de compartilhamento e acessibilidade, provou-se uma ferramenta eficiente e de grande potencial para ampliar o ensino da nanotecnologia no ambiente escolar, como reforçado por Lisboa-Filho & Monteiro (2013).

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANGOTTI, J. A. P. Ensino de Física com TDIC. 1ª edição ed. - Florianópolis: UFSC, 2015.
- ALVES, E. M.; FENNER, R. D.; NOGUEIRA, R. D. Nanociência e nanotecnologia: perspectivas docentes para o ensino e aprendizagem através da implementação de projetos transdisciplinares para o ensino médio. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, p. 01-15, 2023.
- FILHO, S. A.; SANTOS, M. S.; BACKX, B. P. É possível falar de nanotecnologia na escola? Uma proposta de artigo científico para crianças e adolescentes. **Revista Educação Pública**, v. 23, p. 01-06, 2023.
- FONSECA, J. A.; COSTA, M. D. Desafios na aprendizagem de Física no Ensino Médio das escolas públicas: Uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, v. 12, p. 02-11, 2023.

GOMES, C.; ENGELMANN, W.; Nanotecnologia e a vulnerabilidade dos trabalhadores em seu ambiente laborativo: os desafios gerados pela in (existência) de normas protetivas trabalhistas. **Revista de Direitos Fundamentais nas Relações do Trabalho, Sociais e Empresariais**, v. 4, p. 83-105, 2018.

JUNIOR, E. V.; STRIEDER, R. B. Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio: potencialidades da educação CTS. **Revista do Professor de Física**, v. 3, p. 77-78, 2019.

LIMA, D. S.; SILVEIRA, L. B. Elaboração e divulgação de e-books de guias experimentais com automatização e arduíno para o ensino de física. **Revista do Professor de Física**, v. 3, p. 45-46, 2019.

LIMA, M. C.; ALMEIDA, M. P. Articulação de textos sobre nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, p. 4401.1-4401.9, 2012.

LISBOA-FILHO, P. N.; MONTEIRO, M. A. Nanotecnologia e nanociência em livros didáticos de física do nível médio: discursos sobre a tecnologia e a educação e tecnológica. **Revista de Física**, v. s/n, p. 126-141, 2013.

MARTINEZ, D. T.; CÔA, F.; KNOBEL, M. Nanosseguurança para inovação sustentável: a avaliação da toxicidade e ciclo de vida de um nanoproduto é essencial para garantir que a produção e aplicações prosperem; sem provocar impactos negativos aos trabalhadores, consumidores e ao meio ambiente. **Ciência&Cultura**, v. 74, p. s/n, 2022.

OLIVEIRA, F. F. D.; VIANA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 447-454, 2007.

PINTO, E. S.; PEDROSA, M. D. Nanociência e nanotecnologia no ensino médio abordagem no contexto do ensino médio: abordagem no contexto do ensino remoto. **Revista Dynamis**, v. 29, p. 91-108, 2023.

POULIS, E. D.; GUERINI, S. C.; CUTÓIDO, J. F. Nanociência e nanotecnologia na formação inicial de professores de física: um estudo sobre concepções e práticas. **Góndula, Enseña y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 17, p. 504-519, 2022.

SILVA, S. B. D. Meio Ambiente e Saúde: Problemas da Poluição Química. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 13, p. 87-92, 2015.

SILVA, M.; SÁ, T. R.; NEVES, A. R. O.; SILVA, W. C.; MORAIS, L. S.; SANTOS, W. J. M.; BRADALISE, L.; PEREIRA, L.; PAULA, R. C. A.; LIMA, C. C.; SILVA, A. M. P. Tecnologias digitais e a construção do conhecimento: um estudo longitudinal sobre a efetividade dos ambientes virtuais de aprendizagem na educação superior. **Revista Tópicos**, v. 2, p. s/n, 2024

TONET, M. D.; LEONEL, A. A. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, p. 431-456, 2019.

GOMES, C.; ENGELMANN, W.; Nanotecnologia e a vulnerabilidade dos trabalhadores em seu ambiente laborativo: os desafios gerados pela in (existência) de normas protetivas trabalhistas. **Revista de Direitos Fundamentais nas Relações do Trabalho, Sociais e Empresariais**, v. 4, p. 83-105, 2018.

JUNIOR, E. V.; STRIEDER, R. B. Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio: potencialidades da educação CTS. **Revista do Professor de Física**, v. 3, p. 77-78, 2019.

LIMA, D. S.; SILVEIRA, L. B. Elaboração e divulgação de e-books de guias experimentais com automatização e arduíno para o ensino de física. **Revista do Professor de Física**, v. 3, p. 45-46, 2019.

LIMA, M. C.; ALMEIDA, M. P. Articulação de textos sobre nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, p. 4401.1-4401.9, 2012.

LISBOA-FILHO, P. N.; MONTEIRO, M. A. Nanotecnologia e nanociência em livros didáticos de física do nível médio: discursos sobre a tecnologia e a educação e tecnológica. **Revista de Física**, v. s/n, p. 126-141, 2013.

MARTINEZ, D. T.; CÔA, F.; KNOBEL, M. Nanossecurança para inovação sustentável: a avaliação da toxicidade e ciclo de vida de um nanoproduto é essencial para garantir que a sua produção e aplicações prosperem; sem provocar impactos negativos aos trabalhadores, consumidores e ao meio ambiente. **Ciência&Cultura**, v. 74, p. s/n, 2022.

OLIVEIRA, F. F. D.; VIANA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 447-454, 2007.

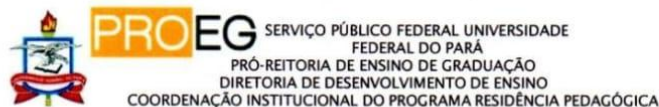
PINTO, E. S.; PEDROSA, M. D. Nanociência e nanotecnologia no ensino médio abordagem no contexto do ensino médio: abordagem no contexto do ensino remoto. **Revista Dynamis**, v. 29, p. 91-108, 2023.

POULIS, E. D.; GUERINI, S. C.; CUTÓIDO, J. F. Nanociência e nanotecnologia na formação inicial de professores de física: um estudo sobre concepções e práticas. **Góndula, Enseña y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 17, p. 504-519, 2022.

SILVA, S. B. D. Meio Ambiente e Saúde: Problemas da Poluição Química. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 13, p. 87-92, 2015.

SILVA, M.; SÁ, T. R.; NEVES, A. R. O.; SILVA, W. C.; MORAIS, L. S.; SANTOS, W. J. M.; BRADALISE, L.; PEREIRA, L.; PAULA, R. C. A.; LIMA, C. C.; SILVA, A. M. P. Tecnologias digitais e a construção do conhecimento: um estudo longitudinal sobre a efetividade dos ambientes virtuais de aprendizagem na educação superior. **Revista Tópicos**, v. 2, p. s/n, 2024

TONET, M. D.; LEONEL, A. A. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, p. 431-456, 2019.

**ANEXO C – Declaração de Participação de Bolsa de Residência pedagógica 2022****DECLARAÇÃO**

Declaramos para os devidos fins que o aluno **ANDREW FAVACHO** - CPF 048.064.942-16 participou como Residente Bolsista no **Projeto Institucional Residência Pedagógica CAPES/UFPA Núcleo Química/Ananindeua**, totalizando a carga horária de **414 horas**, no período de novembro/2022 a abril/2024 sob a orientação da Docente Orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> **JANES KENED RODRIGUES DOS SANTOS**.

Belém-PA 25 de Março de 2024

**Prof.ª Dr.ª Roseane do Socorro da Silva Matos Fernandes**  
Coordenadora Institucional Residência Pedagógica UFPA  
PROEG/REITORIA/UFPA  
PORTARIA CONSEPE n. 5408 de 25 de agosto de 2021

**ANEXO D – Certificado de Participação de Bolsa PIBID 2020**

 <p>Pró-Reitoria de Ensino de Graduação   UFPA</p>	
<h1>Certificado</h1>	
<p><b>ANDREW DA SILVA FAVACHO</b>, matrícula: 201979940002, discente do Curso de Licenciatura em Física, participou como bolsista do Subprojeto Química/Ananindeua sob coordenação do Prof. Dr. ALCY FAVACHO RIBEIRO, no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID/CAPES, com carga horária de 20 horas semanais, no período de 10/2020 a 03/2022.</p>	
<p>Belém, 17 de novembro de 2022.</p>	
<p> _____ Profa. Dra. JOELMA MORBACH Coordenadora Institucional PIBID/UFPA PORTARIA N° 3277/2019</p>	

## ANEXO E – Certificado de Participação de Evento I SEMACINA

Verifique o código de autenticação 97322401.5642400.3.7.8622904159297068 em <https://www.even3.com.br/documentos>



# Certificado

Certificamos que **Andrew da Silva Favacho**, participou com êxito do evento **I SEMANA DO MEIO AMBIENTE DAS CIÊNCIAS NATURAIS** realizado de 26/06/2023 a 30/06/2023, na cidade de Belém, contabilizando a carga horária total de 20 horas.

*Rachel Macedo da Silva*  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Rachel Macedo da Silva  
COORDENADORA DO EVENTO

*Franciney Carvalho Palieta*  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Franciney Carvalho Palieta  
DIRETOR DA FACULDADE DE CIÊNCIAS NATURAIS



## ANEXO F – Certificado de melhor trabalho apresentado I SEMACINA



# Certificado

Certificamos que o trabalho intitulado **O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE SUPER CONDUTIVIDADE: APLICAÇÕES E IMPACTOS AMBIENTAIS POSITIVOS**, de autoria de Pedro Cordeiro da Silva, Andrew da Silva Favacho, Vicente Ferrer Pureza Aleixo, modalidade Resumo Expandido, foi premiado como **O MELHOR TRABALHO APRESENTADO** durante a **I SEMANA DO MEIO AMBIENTE DAS CIÊNCIAS NATURAIS**.

Belém, 26/06/2023 a 30/06/2023

  
Prof. Dra. Rachel Macedo da Silva  
COORDENADORA DO EVENTO

  
Prof. Dr. Franciney Carvalho Palheta  
DIRETOR DA FACULDADE DE CIÊNCIAS NATURAIS



## ANEXO G – Certificado de participação I JORFA



**JORFA**  
I Jornada de Física Aplicada da FACFIS/CANAN - UFPA

## CERTIFICADO

Certificamos que **Andrew da Silva Favacho**, participou como ouvinte da **I Jornada de Física Aplicada (JONFA) da FACFIS/CANAN – UFPA: "novos Rumos da Física Aplicada ao Ensino, as Ciências, Engenharia e suas Tecnologias na Amazônia"**, realizado no período de 26 a 28 de outubro de 2022, no Campus de Ananindeua - UFPA, contabilizando carga horária total de 15 horas.

Ananindeua, 14 de novembro de 2022.

  
**Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva Jr.**  
Comissão organizadora

  
**Profa. Dra. Alessandra Nascimento Braga**  
Comissão Organizadora

**Apoio:**



**Realização:**



## ANEXO H – Certificado de participação I Conenort Pibid/RP



 I CONENORT-PRP

**I CONGRESSO NORTE-NORDESTE PIBID/PRP**

**Certificado**

 CONFIRA A AUTENTICIDADE DESTE CERTIFICADO  
WWW.PORTALREALIZE.COM.BR

Certificamos, para os fins que se fizerem necessários, que ANDREW DA SILVA FAVACHO participou do I CONGRESSO NORTE-NORDESTE PIBID/PRP, evento realizado presencialmente com transmissão online na Reitoria do IFBA - Salvador - BA, no período de 15 a 18 de maio de 2024.

Carga Horária: 30 horas

Autenticar Certificado  
Identificador: [1f2aa70f35dae6a79220751c71422573](https://portalrealize.com.br/1f2aa70f35dae6a79220751c71422573)



Aponte a câmera do celular para visualizar o link de autenticação.

  
Jancarlos Menezes Lapa  
Pró-Reitor de Ensino do IFBA

  
Luzia Matos Mota  
Reitora do IFBA

  
Celso Eduardo Brito  
Presidente do I CONENORT-PRP  
Professor EBIT do IFBA, campus Eunápolis

## ANEXO I – Certificado de apresentação de trabalho I CONENORT PIBID/RP



I CONENORT-PRP

I CONGRESSO  
NORTE-NORDESTE  
PIBID/PRP



CONFIRA A AUTENTICIDADE  
DESTE CERTIFICADO  
WWW.PORTALREALIZE.COM.BR

# Certificado

Certificamos, para os fins que se fizerem necessários, que o trabalho intitulado: **ROBÓTICA EDUCACIONAL NA PROMOÇÃO DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA: UM RELATO DO PRP E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA**, de autoria de **MARCIO MAURI ARAUJO DA SILVA, PEDRO CORDEIRO DA SILVA, ANDREW DA SILVA FAVACHO, JANES KENED RODRIGUES DOS SANTOS**, foi apresentado na modalidade Pôster (PO) no I CONGRESSO NORTE-NORDESTE PIBID/PRP, evento realizado presencialmente com transmissão online na Reitoria do IFBA - Salvador - BA, no período de 15 a 18 de maio de 2024.

Autenticar Certificado  
Identificador: [583fc014765c2fc1752e01e91be4b901](https://www.portalrealize.com.br/583fc014765c2fc1752e01e91be4b901)



Aponte a câmera do celular para  
visualizar o link de autenticação.

  
Jancarlos Menezes Lapa  
Pró-Reitor de Ensino do IFBA

  
Luzia Matos Mota  
Reitora do IFBA

  
Celso Eduardo Brito  
Presidente do I CONENORT-PRP  
Professor EBIT do IFBA, campus Eunápolis


**ANEXO J – Certificado de participação PCNA**

**PCNA**  
Programa de Cursos de  
Nivelamento de Aprendizagem

**CERTIFICADO**

Certificamos que o aluno **ANDREW DA SILVA FAVACHO**, vinculado à Faculdade de **LICENCIATURA EM FÍSICA**, participou como ouvinte no "PROGRAMA DE CURSOS DE NIVELAMENTO E ASSISTÊNCIA ACADÊMICA PEDAGÓGICA" no ano de 2019, oferecido pela Universidade federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua em parceria com a Pró - reitoria de extensão (PROEX), totalizando carga horária de 20 horas.

  
**FRANCIVALDO ALVES NUNES**  
Coodenador do Campus Universitário de  
ananindeua Portaria n°4809/2016

  
**PROF. DR. MARCOS BENEDITO  
CALDAS COSTA**  
Coodenador geral do PCNA Ananindeua



## ANEXO K – Certificado de participação I CONENORT PIBID/RP

## Certificado



Certificamos que

ANDREW DA SILVA FAVACHO

participou da ORGANIZAÇÃO da 1ª FEIRA DE EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO, organizado pela Faculdade de Física do *Campus* Universitário de Ananindeua ocorrido no dia 8 de Novembro de 2019, totalizando uma carga horária de 20 horas.

*Carlos Alberto Brito da Silva Júnior*

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior  
Diretor da Faculdade de Física  
Campus Ananindeua/UFPA  
Portaria: 2800/2018

Realização:



## ANEXO L – Certificado de participação CONAFIS



**CONAFIS**  
Congresso Online Nacional de Física

# CERTIFICADO

Certificamos que  
**ANDREW DA SILVA FAVACHO**

Participou na qualidade de congressista do Congresso Online Nacional de Física  
- CONAFIS , ocorrido nos dias 29 à 31 de março de 2021 com carga horária de 05 horas referente a  
participação no dia 29 de março.



Professora doutora Amanda Camerini Lima  
Organizadora do CONAFIS

Código de verificação: 75e0188768d9 | Emitido em: 18/11/2022  
Para validar, acesse: <https://eventos.congresso.org/certificados/validar-certificado>  
E-mail: [conafis@ufpa.br](mailto:conafis@ufpa.br)  
Fiscalização:  
CNPJ 08.289.385/0001-78

**ANEXO M – Certificado de participação I Webnário de Física Computacional**

## ANEXO N – Certificado de participação Pré-vestibular UFPA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA  
PRÉ-VESTIBULAR UFPA – CAMPUS ANANINDEUA



## CERTIFICADO

Certificamos que

**Andrew da Silva Favacho**  
atuou como **PROFESSOR** da disciplina Física, no projeto de extensão Pré-Vestibular UFPA – Campus Ananindeua, contabilizando carga horária de **12 horas**, em março de 2020.

**Ananindeua, 15 de Janeiro de 2021.**



Prof. Dr. Francivaldo Alves Nunes  
Coordenador do Projeto de Extensão (2020-2021)

Apoio:  
**PROEX**  
Pró-Reitoria de Extensão | UFPA

**ANEXO O – Certificado de participação oficina: escola de formação de professores com foco no ensino por investigação**



**ANEXO P – Certificado de participação oficina: festival de foguetes ananin:  
garrafa pet no espaço**



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ  
SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO  
SECRETARIA ADJUNTA DE ENSINO BÁSICO  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL DE ANANINDEUA

**DECLARAÇÃO**

O Núcleo de Tecnologia Educacional de Ananindeua - NTE Ananindeua declara para os devidos fins que Andrew da Silva Favaço, participou do **FESTIVAL DE FOGUETE ANANIN: GARRAFA PET NO ESPAÇO**, no dia 22/06/2023, no horário de 08h às 12h, ocorrido na Escola Estadual Oneide de Souza Tavares, na modalidade Foguetes Reais.

Ananindeua-Pa, 22 de Junho de 2023.

  
Giselle Cristiane Moreira Pinto Bezerra  
COORDENADORA DO NTE ANANINDEUA

Giselle Cristiane P.M. Bezerra  
Coordenadora NTE Ananindeua