



**UNIFESSPA** | Mestrado Nacional Profissional em  
Ensino de Física

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS-ICE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

HENOC DE JESUS DA SILVA GOMES

**UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO METODOLÓGICA PARA A INSERÇÃO DE  
CONHECIMENTOS DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

MARABÁ-PA  
JULHO/2022

HENOC DE JESUS DA SILVA GOMES

**UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO METODOLÓGICA PARA A INSERÇÃO DE  
CONHECIMENTOS DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física no polo – 29 - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>: Dr. Érico Raimundo Pereira de Novais

MARABÁ-PA  
JULHO/2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará**  
**Biblioteca Setorial Campus do Tauarizinho**

---

- G633p Gomes, Henoc de Jesus da Silva  
Uma proposta de intervenção metodológica para a inserção de conhecimentos de nanociência e nanotecnologia no ensino médio / Henoc de Jesus da Silva Gomes. — 2022.  
118 f. : il. color.
- Orientador(a): Érico Raimundo Pereira de Novais.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Marabá, 2022.
1. Física - Estudo e ensino. 2. Nanociência. 3. Nanotecnologia. I. Novais, Érico Raimundo Pereira de, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 530.07

---

Elaborado por Adriana Barbosa da Costa – CRB-2/994

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS-ICE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

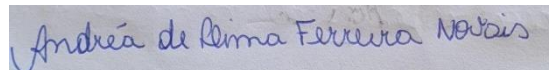
**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata da apresentação e defesa de dissertação de Mestrado intitulada: “UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO METODOLÓGICA PARA INSERÇÃO DE CONHECIMENTOS DE NANOCIÊNCIAS E NANO TECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO” para concessão do grau de Mestre em Ensino de Física, realizada às 15:00 horas do dia **15 de junho de 2022**, de forma remota, via Google Meet, link da defesa: <https://meet.google.com/sao-gqh-q-kin>. A dissertação foi apresentada durante 50 minutos pelo mestrando: **Henoc de Jesus da Silva Gomes**, diante da banca examinadora aprovada pela Sociedade Brasileira de Física, assim constituída, membros: Prof. Dr. Érico Raimundo Pereira de Novais (Orientador/Presidente), Profa. Dra. Andrea de Lima Ferreira Novais (Membro Interno) e Prof. Dr. Marcelo Souza da Silva (Membro Externo). Em seguida, o mestrando foi submetido à arguição, tendo demonstrado suficiência de conhecimento no tema objeto da dissertação, havendo à banca examinadora decidido pela **Aprovação** da dissertação. Para constar, foram lavrados os termos da presente ata, que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da banca examinadora e do mestrando.



---

Prof. Dr. Érico Raimundo Pereira de Novais  
(Unifesspa - Orientador/Presidente)



---

Profa. Dra. Andrea de Lima Ferreira Novais  
(Unifesspa - Membro Interno)



---

Prof. Dr. Marcelo Souza da Silva  
(IFSertãoPE - Membro Externo)



---

Henoc de Jesus da Silva Gomes (Mestrando)

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

(Leonardo da Vinci)

## AGRADECIMENTO

Ora, ao Rei dos séculos, imortal, invisível, ao único Deus sábio, seja honra e glória para todo o sempre.

À Sociedade Brasileira de Física – SBF, pois o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de Financiamento 001.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Érico Raimundo Pereira de Novais, pelas orientações que foram determinantes para a realização deste trabalho.

Aos professores do corpo docente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, pelos veliosos ensinamentos ao longo desses dois anos.

A turma do MNPEF 2020.1, foi um privilégio, uma honra, estudar com vocês.

Aos meus alunos do 3<sup>o</sup> Ano do Ensino Médio da Escola Estadual Dr. Gaspar Vianna. pela contribuição e receptividade durante a realização desse trabalho.

A minha mãe, e irmãos, por sempre acreditar em mim.

Ao meu pai, in memoriam, por sempre ter vibrado com as minhas conquistas.

Ao meu filho, Nicollas Gabriel, meu coração fora do peito.

## RESUMO

Considerando o fato de que, de modo geral, os alunos não têm noção de como os conceitos físicos, da Física Moderna e Contemporânea, estão associados ao progresso tecnológico e por conseguinte, inseridos no contexto da sociedade moderna; essa pesquisa se justifica por se constituir em um importante instrumento de intervenção metodológica junto aos alunos do ensino médio de escola pública, para trazer à tona conhecimentos da Física Contemporânea, mas especificamente conceitos de Nanociência e Nanotecnologia, para ensinar uma melhor compreensão dos avanços tecnológico que os cercam em seu cotidiano, vislumbrando um olhar mais amplo da Física. Assim, esta pesquisa de natureza aplicada e descritiva, aborda sobre uma proposta de intervenção metodológica, constituída por uma sequência didática que abrange vídeos do YouTube; 01 (um) “Kit Nano”, construído com materiais de baixo custo; 2 (dois) experimentos em Nanociência e Nanotecnologia e uma palestra ministrada por um pesquisador da área; objetivando-se constatar a implicação da aplicação desta intervenção metodológica, como forma de proporcionar aos alunos a introdução de conhecimentos de Nanociência e Nanotecnologia, para tornar mais claros conceitos de Física presentes no progresso tecnológico. Para tanto, como procedimentos metodológicos utilizou-se a pesquisa bibliográfica para fundamentar a proposta de intervenção, bem como um estudo de caso, para o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, o contexto da pesquisa e as etapas da intervenção metodológica. Logo em seguida, deu-se início à implementação da referida proposta, e por fim, foi feito um novo levantamento dos conhecimentos dos alunos sobre o tema. Diante disso, com a análise dos dados levantados e dos resultados apresentados pela pesquisa, pôde-se verificar que a implementação da proposta de intervenção metodológica foi eficaz, proporcionando aos discentes um acréscimo substancial de conhecimento sobre o tema, auxiliando de forma satisfatória na compreensão de conceitos físicos que subsidiam a evolução tecnológica, o que concede legitimidade para a aplicação desta proposta em outras escolas.

**Palavras chave:** Ensino de Física, Nanociência, Nanotecnologia.

## ABSTRACT

Considering the fact that, in general, students are unaware of how the physical concepts of Modern and Contemporary Physics are associated with technological progress and, therefore, inserted in the context of modern society; this research is justified because it constitutes an important instrument of methodological intervention with high school students of public schools, to bring to light knowledge of Contemporary Physics, but specifically concepts of Nanoscience and Nanotechnology, to give rise to a better understanding of the technological advances that surround them in their daily lives, envisioning a broader look at Physics. Thus, this applied and descriptive research addresses a proposed methodological intervention, consisting of a didactic sequence that includes YouTube videos; 01 (one) “Nano Kit”, built with low cost materials; 2 (two) experiments in Nanoscience and Nanotechnology and a lecture given by a researcher in the area; aiming to verify the implication of the application of this methodological intervention, as a way to provide students with the introduction of knowledge of Nanoscience and Nanotechnology, to make clearer concepts of Physics present in technological progress. Therefore, as methodological procedures, bibliographic research was used to support the intervention proposal, as well as a case study, to survey the students' previous knowledge on the subject, the research context and the steps of the methodological intervention. Soon after, the implementation of that proposal began, and finally, a new survey of students' knowledge on the subject was carried out. In view of this, with the analysis of the data collected and the results presented by the research, it was possible to verify that the implementation of the proposed methodological intervention was effective, providing students with a substantial increase in knowledge on the subject, satisfactorily assisting in the understanding of physical concepts that subsidize technological evolution, which grants legitimacy to the application of this proposal in other schools.

Keywords: Teaching Physics, Nanoscience, Nanotechnology.



## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Gráfico 01 – Pergunta 01.....	41
Figura 02: Gráfico 02 – Pergunta 02.....	42
Figura 03: Gráfico 03 – Pergunta 03.....	42
Figura 04: Gráfico 04 – Pergunta 04.....	43
Figura 05: Gráfico 05 – Pergunta 05.....	43
Figura 06: Gráfico 06 – Pergunta 06.....	44
Figura 07: Gráfico 07 – Pergunta 07.....	44
Figura 08: Gráfico 08 – Pergunta 08.....	45
Figura 09: Gráfico 09 a – Pergunta 09.....	45
Figura 10: Gráfico 09 b – Pergunta 09.....	46
Figura 11: Gráfico 10 – Pergunta 10.....	46
Figura 12: Foto 01a – Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.....	47
Figura 13: Foto 01b – Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.....	48
Figura 14: Foto 01c – Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.....	48
Figura 15: Foto 02 – Organização do experimento 01.....	49
Figura 16: Foto 03 – Tempo final da pastilha inteira.....	49
Figura 17: Foto 04 – Tempo final da pastilha em quatro partes.....	50
Figura 18: Foto 05 – Tempo final da pastilha em pó.....	50
Figura 19: Foto 06 – Momento de observação do experimento 01.....	51
Figura 20: Foto 07 – Resposta da aluna O.....	51
Figura 21: Foto 08 – Resposta do aluno P.....	52
Figura 22: Foto 09 – Resposta do aluno Q.....	52
Figura 23: Foto 10 – Resposta do aluno R.....	52
Figura 24: Foto 11a – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.....	53
Figura 25: Foto 11b – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.....	54
Figura 26: Foto 11c – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.....	54
Figura 27: Foto 12 – Organização do experimento 02.....	55
Figura 28: Foto 13 – Copos com areia preenchidos com água.....	56
Figura 29: Foto 14 – Filtragem de água.....	56
Figura 30: Foto 15 – Momento de observação do experimento 02.....	57
Figura 31: Foto 16 – Resultado final do experimento 02.....	57
Figura 32: Foto 17 – Resposta do aluno S.....	58

Figura 33: Foto 18 – Resposta do aluno U.....	58
Figura 34: Foto 19 – Resposta da aluna T.....	59
Figura 35: Foto 20 – Resposta da aluna W.....	59
Figura 36: Print a – Momento da palestra sobre o grafeno.....	60
Figura 37: Print b – Momento da palestra sobre o grafeno.....	60
Figura 38: Foto 19 – Mapa conceitual produzido pelo grupo X.....	61
Figura 39: Foto 20 – Mapa conceitual produzido pelo grupo Y.....	62
Figura 40: Foto 20 – Mapa conceitual produzido pelo grupo Z.....	62
Figura 41: Gráfico 11 – Pergunta 01.....	63
Figura 42: Gráfico 12 – Pergunta 02.....	64
Figura 43: Gráfico 13 – Pergunta 03.....	64
Figura 44: Gráfico 14 – Pergunta 04.....	65
Figura 45: Gráfico 15 – Pergunta 05.....	65
Figura 46: Gráfico 16 – Pergunta 06.....	66
Figura 46: Gráfico 17 – Pergunta 07.....	66
Figura 46: Gráfico 18 – Pergunta 08.....	67
Figura 46: Gráfico 19 a – Pergunta 09.....	67
Figura 46: Gráfico 19 b – Pergunta 09.....	68
Figura 47: Gráfico 20 – Pergunta 10.....	68

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 01: Sequência de atividades.....	31
Tabela 02: Roteiro de experimentação 01.....	36
Tabela 03: Roteiro de experimentação 02.....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1	<b>Referencial Teórico em Ensino.....</b>	<b>16</b>
2.1.1	METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO.....	16
2.1.2	TEORIA DA APRENDIZAGEM DE DAVID AUSEBEL.....	17
2.1.3	CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA BNCC.....	20
2.1.4	AValiação DA APRENDIZAGEM: MAPA CONCEITUAL.....	22
2.2	<b>Referencial Teórico em Física.....</b>	<b>24</b>
2.2.1	CONCEITO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....	27
<b>3</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>28</b>
3.1	Elaboração da Proposta de Intervenção.....	28
3.2	O Contexto da Pesquisa.....	39
3.3	Ferramenta de Coleta de Dado.....	40
3.4	A Avaliação da Proposta.....	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
4.1	Relato da Utilização da Proposta / Experiência da Proposta.....	47
4.2	Análise da Avaliação da Proposta de Intervenção.....	63
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>74</b>
	<b>APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

É perceptível que desde a invenção do primeiro computador e da internet, o uso da tecnologia se desenvolveu rapidamente, pela utilização desses recursos. Na virada do milênio, poucos poderiam imaginar que o mundo mudaria tanto em apenas duas décadas. A internet tornou-se popular e acessível a uma grande parcela da população. Segundo Knigth (2014, p.6) a internet é um instrumento de múltiplos usos que afeta virtualmente todos os setores econômicos, o desenvolvimento social e a participação política. Tecnologias como biometria, reconhecimento facial, inteligência artificial deixaram de ser “coisas do futuro” e passaram a fazer parte do nosso dia a dia. Muitos não percebem, mas mesmo quando se trata de pagar as compras no supermercado ou em qualquer outro estabelecimento comercial, usa-se algumas inovações que não se imaginava até alguns anos atrás.

Levando em consideração os avanços tecnológicos que estão ocorrendo a todo o tempo, é importante que as concepções e dispositivos tecnológicos sejam utilizados no processo de ensino aprendizagem para que a interação de conhecimentos entre alunos e professores seja significativa, de modo a possibilitar a construção do conhecimento de uma forma agradável e fascinante. Sousa; Moita; Carvalho, (2011, p.133) afirmam que as novas tecnologias fornecem instrumentos imprescindíveis para essa empreitada, pois os recursos que elas disponibilizam são capazes de facilitar a vida da sociedade contemporânea e de fornecer formação educacional.

Entretanto, como sabe-se, muitas de nossas escolas públicas não possuem laboratórios de física, sala de informática para proporcionar uma abordagem mais elaborada dos conteúdos de Física. Segundo um levantamento publicado por Mariana Tokarnia, em junho de 2016, no portal da Agência Brasil, mostra que apenas 4,5% das escolas públicas do país têm todos os itens de infraestrutura previstos em lei, no Plano Nacional de Educação (PNE), de acordo com levantamento feito pelo movimento Todos pela Educação. As condições de infraestrutura são mais críticas no ensino fundamental, etapa que vai do 1º ao 9º ano: 4,8% das escolas possuem todos os itens. No ensino médio, a porcentagem sobe para 22,6%. Ao que se soma o fato de que muitos conteúdos de Física são abordados seguindo métodos tradicionais de ensino, o que acaba não tendo um efeito significativo para os alunos, tornando o currículo irrelevante e não existindo a mínima interação dos discentes.

A carga horária destinada para a componente curricular de Física, no ensino médio é constituída nos três anos no ensino médio por apenas 2h/aula por semana, o que corresponde em torno de 90 a 100 minutos de aula. Sendo assim, dada as exigências trazidas pelo Exame Nacional do Ensino Médio, em torno das competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos,

aliada à extensa quantidade de conteúdos, à falta de estrutura das escolas públicas; acaba que muitos temas relacionados à Física Moderna deixam de serem abordados pelos professores, e muitos outros da Física Contemporânea nem ao menos são mencionados.

Com efeito, como mencionado anteriormente, com o avanço da tecnologia, o impacto nos alunos é grande, e muitas vezes ao invés de voltarem suas atenções para as aulas de Física, preferem gastar tempo nas redes sociais em seus smartphones, ou qualquer outro entretenimento acessado por esses dispositivos.

Considerando o fato de que, de modo geral, os alunos não têm noção de como os conceitos físicos, da Física Moderna e Contemporânea, estão associados ao progresso tecnológico e por conseguinte, inseridos no contexto da sociedade moderna; essa pesquisa se justifica por se constituir em um importante instrumento de intervenção metodológica junto aos alunos do ensino médio de escola pública para trazer à tona conhecimentos da Física Contemporânea, mas especificamente conceitos de Nanociência e Nanotecnologia, para ensinar uma melhor visão do arcabouço tecnológico que os cerca em seu dia a dia, vislumbrando um olhar mais amplo da Física.

Assim este trabalho de pesquisa foi delimitado em colher dados sobre a aplicação de uma intervenção metodológica, subordinando ao tema da Física Contemporânea que diz respeito à Nanociência e Nanotecnologia, que traz como título: Uma proposta de intervenção metodológica para a inserção de conhecimentos de nanociência e nanotecnologia no ensino médio. O mesmo buscou reunir conceitos e informações com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: Qual a implicação da aplicação de uma sequência sobre nanociência e nanotecnologia na compreensão de conceitos físicos na evolução tecnológica?

Propõe-se como objetivo geral: Constatar a implicação da aplicação de uma intervenção metodológica, via sequência didática, como forma de proporcionar aos alunos a introdução de conhecimentos de Nanociência e Nanotecnologia, para tornar mais compreensíveis conceitos de física presentes no progresso tecnológico.

Como objetivos específicos, têm-se: Levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre nanociência e nanotecnologia; aplicar a intervenção metodológica; comparar os dados do antes e do depois da intervenção metodológica; constar se aplicação da intervenção metodológica contribuiu para aumentar o conhecimento dos alunos sobre o tema em estudo.

No que diz respeito à metodologia, este estudo teve por finalidade realizar uma pesquisa aplicada Corte e Lunardi (2020, p.189), uma vez que utilizou conhecimento da pesquisa fundamental para resolver problemas. Para um melhor tratamento dos objetivos e melhor apreciação desta pesquisa, observou-se que ela é classificada como pesquisa descritiva, Thomas, Nelson, Silverman (2012, p.293). Detectou-se também a necessidade da pesquisa bibliográfica,

Macedo (1994, p.13), no momento em que se fez uso de materiais já elaborados: livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos; na busca e alocação de conhecimento para a elaboração da sequência didática sobre nanociência como forma de proporcionar aos alunos a introdução de conceitos desta área do conhecimento. Como procedimentos, como já citado, houve a necessidade de pesquisa bibliográfica. Também, entende-se como um procedimento importante o estudo de caso, Salomon (2004, p. 161), como procedimento técnico, tendo-se como base para o resultado da pesquisa, um caso em específico que poderá ser expandido futuramente. A abordagem do tratamento da coleta de dados do estudo de caso foi quantitativa, pois requereu o uso de recursos e técnicas de estatística, procurando traduzir em números os conhecimentos gerados.

A dissertação foi desenvolvida em cinco capítulos, sendo que o Capítulo 1, é constituído pela introdução, que apresenta a motivação, justificativa, para a realização do trabalho, bem como os objetivos de estudo.

No Capítulo 2, consta a Base Conceitual, onde é apresenta-se uma fundamentação teórica acerca das metodologias ativas, como ferramenta que podem tornar as aulas mais interessantes; em seguida, é apresentada uma teoria da educação que norteará o trabalho; logo após, será tratado sobre o conceito de mapas conceituais, como ferramenta de organização e avaliação da aprendizagem; na sequência, consta uma abordagem sobre a Ciência e Tecnologia na Base Nacional Comum Curricular; dando andamento ao trabalho, será tratado sobre conceitos de nanociência e de nanotecnologia.

No Capítulo 3, aborda-se sobre o percurso metodológico, onde há a descrição da elaboração da proposta de intervenção, o contexto da pesquisa, objeto do estudo de caso, a descrição das ferramentas de coletas de dados e a avaliação da proposta de intervenção metodológica.

No Capítulo 4, apresenta-se o relato da proposta de intervenção bem como a análise da implementação da mesma.

E finalizando, o Capítulo 5 trata das considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Referencial Teórico em Ensino

#### 2.1.1 METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO

Sabe-se que, de modo geral, no modelo tradicional de ensino, o professor exercia o papel de detentor e transmissor do saber, em uma comunicação vertical, Sousa, Moita, Carvalho (2011, p.24), enquanto que os alunos ocupavam a posição de meros receptores e reprodutores do que “aprendiam”, de forma passiva, sendo avaliados em termos de suas capacidades de decorar os conteúdos por meio de provas escritas e/ou orais. Tal metodologia ainda é bastante praticada em muitas escolas.

Sobre a metodologia tradicional, Saviani (2008), diz que

a escola surge como um antídoto à ignorância, logo, um instrumento para equacionar o problema da marginalidade. Seu papel é difundir a instrução, transmitir os conhecimentos acumulados pela humanidade e sistematizá-los logicamente. O mestre-escola será o artífice dessa grande obra. A escola se organiza, pois, como uma agência centrada no professor, o qual transmite, segundo uma gradação lógica, o acervo cultural aos alunos. A estes cabe assimilar os conhecimentos que lhes são transmitidos (p. 5 e 6).

Nessa linha pedagógica, o professor não era valorizado, bem como o aluno, mas sim a técnica, a tecnologia, a indústria, o capital. O professor era o especialista, responsável por transferir aos alunos conhecimentos científicos irrefutáveis. Deste modo, passava longe da escola a ideia de se trabalhar o pensamento crítico dos alunos, Cohen (2017, p.32).

Para Freire (1974), a metodologia tradicional segue a concepção de educação bancária, na qual o professor é o narrador e os alunos meros ouvintes, sem perceber o que o conteúdo transmitido realmente significa:

a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante. Em lugar de comunicar-se, o educador faz "comunicados" e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção "bancária" da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los (p. 66).

Do exposto por Paulo Freire, percebe-se que a educação bancária, concebe os alunos como agentes passivos no processo de ensino e aprendizagem, sendo assim, tal metodologia é caracterizada como sendo uma metodologia passiva, centrando na figura do professor o protagonismo de todo o processo. Em contrapartida, Bacich & Moran (2018), afirmam que:

As pesquisas atuais nas áreas da educação, psicologia e neurociência comprovam que o processo de aprendizagem é único e diferente para cada ser humano, e que cada um aprende o que é mais relevante e que faz sentido para ele, o que gera conexões cognitivas e emocionais. Metodologias ativas englobam uma concepção do processo de ensino e aprendizagem que considera a participação efetiva dos alunos na construção da sua



aprendizagem, valorizando as diferentes formas pelas quais eles podem ser envolvidos nesse processo para que aprendam melhor, em seu próprio ritmo, tempo e estilo (p.22).

Assim, com este novo formato de se efetivar o processo de ensino e aprendizagem, há uma mudança de posição na qual agora o aluno passa a ter uma participação ativa na construção de seu próprio conhecimento, e o professor passa a exercer um papel de mediador do processo.

A respeito das diversas possibilidades que as metodologias ativas proporcionam ao processo de ensino e aprendizagem, Bernini (2017) discorre que:

As metodologias ativas buscam promover abordagem centrada no aluno com recursos que atendam às necessidades dos alunos de programas, técnicas, horários flexíveis, respeitando o ritmo individual de trabalho, de assimilação do conhecimento, respeitando a atividade grupal, com tarefas e técnicas diversificadas (p. 109).

Tal pensamento é compartilhado por Dias & Chaga (2017), quando afirmam que:

[...] as metodologias ativas buscam desenvolver o aprendiz, utilizando parâmetros reais ou simulados, construindo processos interativos de conhecimento, de análise ou de pesquisa. Desse entrelaçamento decorre a tomada de decisões individuais ou coletivas com a finalidade de encontrar soluções para um determinado problema. Ao passo que os modelos de ensino tradicionais levam o aluno a uma postura quase sempre passiva, ou seja, sem a oportunidade de demonstrar suas opiniões, interesses e de repassar seus saberes também para o docente, através de uma comunicação mútua, com via de mão dupla (p. 38).

Pelo exposto, é possível perceber nitidamente que as metodologias ativas carregam consigo características bem diferenciadas da metodologia tradicional, que são a participação ativa dos alunos no contexto de sua aprendizagem, a percepção do papel do professor como facilitador efetivo e mediador do conhecimento e o conteúdo em linguagem mais próxima da realidade dos alunos, resultando em uma aprendizagem significativa, (MOREIRA, 1999).

Como exemplos de metodologias ativas, que podem ser utilizadas nas atividades pedagógicas nas escolas, citadas por Sahagoff (2019), estão a sala de aula invertida, a aprendizagem baseada em problemas e a aprendizagem por elaboração de projetos, dentre outras.

No próximo item, veremos uma teoria da aprendizagem que norteará o presente trabalho, a saber, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

### 2.1.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM DE DAVID AUSUBEL

Dentre vários teóricos existentes na literatura, a teoria de David Ausubel apresenta características que facilitam a compreensão dos conteúdos de Física. Pois para uma melhor compreensão da Física, a observação dos fenômenos naturais e do nosso cotidiano, abrem a possibilidade do estudante de aprender com mais facilidade os conteúdos. A ideia principal em que se ancora a teoria de Ausubel, que é de se utilizar um conhecimento prévio para facilitar a aprendizagem, é umas das que se mostra ser bem eficaz para o ensino de Física.

Segundo Pelizzari et al (2001), para Ausubel a aprendizagem pode acontecer de duas maneiras, a primeira mecânica e a segunda significativa, ambas se diferem bastante no tipo de metodologia aplicada ao mesmo tempo que se completam, o tipo de aprendizagem influenciam diretamente na qualidade da assimilação dos conteúdos.

A aprendizagem mecânica é definida por Moreira e Salzano Masini (1982), como a que não utiliza um conhecimento prévio do aprendiz para se ancorar ao novo conhecimento, conhecimento prévio chamado de subsunçor, ou mesmo quando o conhecimento fica armazenado na estrutura cognitiva de maneira arbitrária, por mais que a duas se diferem esses dois modelos de aprendizagem não são contrárias, uma é a continuação da outra.

Moreira e Salzano Masini (1982), afirmam ainda que a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação utiliza o conhecimento prévio do aprendiz, para formar uma conexão com uma nova informação, o conhecimento prévio conhecido como subsunçor, que pode ser tanto ampliado como modificado, de acordo com que frequência ocorre a aprendizagem significativa. O conceito de velocidade na física por exemplo, pode servir de base para conceituar outros assuntos que tenham uma relação com o conceito base, com o subsunçor.

Moreira e Salzano Masini (1982), conceituam o subsunçor acima chamando de subordinado, caracterizam ainda mais dois tipos de processos de subsunçores, um derivativo e outro corretivo. O processo de subsunçor derivativo ocorre quando o material a ser aprendido é assimilado de maneira bem fácil, esse novo material encontra no aparelho cognitivo do aprendiz um subsunçor com que se relaciona mais rapidamente, enquanto que no processo corretivo, o novo material representa um novo significado para o material que já existe no aparelho cognitivo do aprendiz, conseqüentemente, esse processo ocorre de maneira que a aprendizagem enfrentará dificuldades, se esse processo não for devidamente trabalhado, podendo ocorrer uma perda de oportunidade na construção do conhecimento.

Quando Moreira e Salzano Masini (1982), sustentam que a aprendizagem mecânica, tem sua importância principalmente nas séries iniciais e no estudo na fase adulta de áreas de conhecimento desconhecidas, para que sejam criados os subsunçores, onde há necessidade de adquirir um conhecimento onde os posteriormente estudados irão se ancorar.

De acordo com Moreira, a aprendizagem significativa ocorre quando ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. O autor esclarece que substantiva significa não literal e que não arbitrária indica um conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, denominado por Ausubel, como subsunçor ou ideia-âncora.

E por que essa aprendizagem é significativa? Porque é esse conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do sujeito, que permite dar significado a um novo conhecimento, seja de forma mediada, seja pela própria inferência do sujeito. De acordo com Moreira:

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.” (MOREIRA, 2010, p. 2)

Para Ausubel (2000), o material a ser aprendido tem que ser posteriormente um potencial subsunçor, que esse material venha a ser um ponto de ancoragem para que novos conceitos possam ser assimilados, independentemente da natureza do material a ser aprendido e o processo em que o aprendiz seja submetido, essas duas condições só serão significativas se o material que está na estrutura cognitiva do aprendiz conhecido como subsunçor for significativo.

Pelizzari et al (2001), afirmam que atualmente a falta de interesse do aprendiz em adquirir conhecimento está relacionada a não aplicação do conhecimento adquirido com no seu cotidiano, a teoria de Ausubel por outro lado relaciona elementos conhecido do aprendiz presente em eu aparelho cognitivo, levando o aprendiz a possuir a capacidade de aliar mais a teoria com a prática.

Em suma, essa capacidade de aliar a teoria à prática que é um requisito fundamental no estudo dos conceitos da Física, e conseqüentemente, também ao que se refere à Nanociência e Nanotecnologia; é um dos principais pontos abordado nesta teoria, onde o professor utilizando-se da teoria de aprendizagem de Ausubel, encontra um subsídio que tem um potencial enorme de facilitar o processo de ensino-aprendizagem, constituindo-se uma teoria da educação que mais se adequa ao modo de se ensinar física.

A seguir, será feita a abordagem da proposta de tratamento da ciência e tecnologia na Base Comum Curricular – BNCC, ao longo da educação básica.

### 2.1.3 CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). Este documento normativo aplica-se

exclusivamente à educação escolar, tal como a define o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), e está orientado pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN). (BRASIL, 2018, p.7).

Ao longo da Educação Básica, as aprendizagens essenciais definidas na BNCC devem concorrer para assegurar aos estudantes o desenvolvimento de dez competências gerais, que consubstanciam, no âmbito pedagógico, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento. (IBID, p. 8).

Na BNCC, competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (IBID, p. 8).

A área da Ciência da Natureza e suas Tecnologias, dentro da Base Comum Curricular (BNCC) é formada por conhecimentos de Física, Química e Biologia. Tal área propõe aos estudantes construir e utilizar os conhecimentos específicos de ciência para argumentar, propor soluções e enfrentar desafios locais relativos às condições de vida e ao ambiente. Isso ocorre a partir de uma perspectiva em espiral, a partir dos conhecimentos de Física, Química e Biologia que vão sendo retomados e aprofundados durante cada ano sequencial, desde o Ensino Fundamental. Especificamente, no Ensino Médio são propostas três competências específicas, que aprofundam as habilidades trabalhadas no Ensino Fundamental, que foram desenvolvidas nas unidades temáticas: Matéria e Energia, Terra e Universo e Vida e Evolução. Assim, as competências pretendem oportunizar aos estudantes aprendam a estruturar linguagens argumentativas, a desenvolver proposta de intervenção subsidiadas em evidências, em conhecimento científico em princípios éticos e responsáveis. Cada uma das competências específicas, apresentam quais as habilidades que podem ser atingidas nesta etapa da escolaridade. Entre as competências específicas, destaca-se a competência específica 3, dentro da área da ciência da natureza:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação. (BRASIL, 2018 p. 558)

Essa competência tem por finalidade propor a utilização do pensamento científico para o desenvolvimento de proposta de intervenção. Desta forma, conduzindo o aluno a assumir uma postura crítica e criativa na solução de demandas que estão no seu cotidiano. Com o intuito de valorizar a investigação, a intervenção e a comunicação, é interessante se utilizar da metodologia ativa da aprendizagem por elaboração de projeto.

Nas sociedades contemporâneas, muitos são os exemplos da presença da Ciência e da Tecnologia, e de sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos: do transporte aos eletrodomésticos; da telefonia celular à internet; dos sensores óticos aos equipamentos médicos; da biotecnologia aos programas de conservação ambiental; dos modelos sub microscópicos aos cosmológicos; do movimento das estrelas e galáxias às propriedades e transformações dos materiais. Além disso, questões globais e locais com as quais a Ciência e a Tecnologia estão envolvidas – como desmatamento, mudanças climáticas, energia nuclear e uso de transgênicos na agricultura – já passaram a incorporar as preocupações de muitos brasileiros. Nesse contexto, a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo. (BRASIL, 2018, p. 547).

Todavia, poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos (como estimar o consumo de energia de aparelhos elétricos a partir de suas especificações técnicas, ler e interpretar rótulos de alimentos etc.). Por conseguinte, tal constatação corrobora a necessidade de a Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população. (IBID, 2018, p. 547).

Na sequência, será apresentado o conceito de mapas conceituais, utilizados como uma metodologia para a avaliação da aprendizagem dos alunos.

#### 2.1.4. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM: MAPA CONCEITUAL

Segundo Palazzo (2011), um mapa conceitual procura imitar a estrutura cognitiva do cérebro, que organiza o conjunto de conceitos de forma hierárquica representando o conhecimento e as experiências adquiridas por uma pessoa. São baseados na teoria construtivista, onde o aprendiz constrói o seu conhecimento, baseado em conceitos sistematizados, transformando-o em conhecimento significativo.

Ainda, conforme Palazzo (2011), o mapa conceitual deve obedecer aos princípios da aprendizagem significativa: diferenciação progressiva (separação de diferenças) e reconciliação integrativa (união de semelhanças). O primeiro diz respeito aos conceitos serem apresentados do

mais geral para o mais específico e o segundo ao levantamento de relações de semelhança e diferença entre os conceitos. Por isso os mapas conceituais devem ser montados respeitando a hierarquia dos termos para depois fazer as ligações entre eles. Os tais são identificados em retângulos e interligados por linhas ou setas identificadas por proposições.

O mapa conceitual nasce como elemento motivador do ensino-aprendizagem, tendo como principal característica a sua reutilização como recurso digital. Desse modo, o ensino de física necessita ser contextualizado, priorizando temas de interesse dos alunos para que possam aprender de maneira significativa criando o gosto pelo conteúdo num processo contínuo de aprendizagem. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, junto com os mapas conceituais propostos por Novak contribuem bastante para o processo de ensino aprendizagem, onde os conhecimentos prévios dos alunos que Ausubel chama de subsunçores devem ser usados como âncoras com o novo conhecimento apresentado com a ferramenta mapa conceitual. (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2012)

A avaliação da aprendizagem é um dos elementos mais complexos de ser analisado na educação, sobretudo com as atuais metodologias de avaliação que priorizam uma aprendizagem mecanicista no Ensino de Física, propiciando aos alunos uso de técnicas matemáticas, ou simplesmente “fórmulas” para decorar sem nenhuma relação com o cotidiano destes, ou seja, o principal objetivo é conseguir a aprovação em exames deixando-os desmotivados e desinteressados pela disciplina. (Ibidem, p.2).

Os mapas conceituais constituem uma importante ferramenta na avaliação da aprendizagem, pois a partir deles pode-se identificar se os conceitos abordados em sala foram assimilados de maneira significativa ou não pelos alunos. (Ibidem, p.2).

Em síntese, para uma avaliação diagnóstica sobre a aprendizagem dos alunos com a finalidade de se verificar se de fato, a aprendizagem está se dando de forma significativa, pode-se utilizar mapas conceituais elaborados pelos alunos, os quais serão objetos de análise e interpretação que oferecerá ao professor indícios do desenvolvimento da aprendizagem dos discentes.

A seguir será abordado sobre o referencial teórico em Física, mais especificamente sobre nanociência e nanotecnologia.

## 2.2 Referencial Teórico em Física

### 2.2.1. CONCEITO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A nanociência e a nanotecnologia são termos que têm se tornado frequentes em diversos espaços sociais. No entanto, percebe-se que ainda há uma falta de conhecimento mais aprofundado dos significados desses termos e como esses conceitos de fato, estão promovendo mudanças na sociedade moderna. Têm-se que a nanotecnologia é a ciência que estuda a matéria em nível atômico e ou subatômico com a finalidade de alterar a estrutura dos mesmos, privilegiando característica que se deseja potencializar e com possibilitando a produção de novo materiais e produtos, os chamados produtos nano tecnológicos. Lêdo (2006), que tece um importante comentário sobre esses termos:

Os termos nanociências e nanotecnologias se referem, respectivamente, ao estudo e às aplicações tecnológicas de objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões físicas menor que, ou da ordem de algumas dezenas de nanômetros. Nano (do grego: "anão") é um prefixo usado nas ciências para designar uma parte em um bilhão e, assim, um nanômetro (1nm) corresponde a um bilionésimo de um metro. Somente para se ter uma ideia de tamanho, um fio de cabelo tem cerca de  $100 \times 10^{-6}$ m por 0,1mm de diâmetro, ou seja, é 100.000 vezes maior que um nanômetro. "Nano", portanto, é uma medida e não um objeto. (Lêdo, 2006, p. 62)

Deste modo, tendo em mente que nanociência e nanotecnologia são expressões que se referem ao âmbito nanométrico, tratar sobre esses conceitos no ensino médio é no mínimo proporcionar aos alunos a oportunidade de terem aguçada a sua curiosidade, bem como, interagir com aquilo que há de mais novo no campo da tecnologia e que muitas vezes tem passado despercebido pelos discentes, pois como afirmam (TOMKELSKI; SCREMIN; FAGAN, 2019), tais conceitos têm influenciado diversas áreas do conhecimento:

Atualmente, algumas áreas do conhecimento estão se destacando em diferentes esferas da sociedade contemporânea por suas contribuições, as quais têm propiciado impacto na qualidade de vida das pessoas e nas distintas práticas profissionais. A título de exemplo podemos citar a aplicação dos conhecimentos da ciência e da tecnologia na área da saúde, a qual se utiliza de materiais com potencial biológico para o tratamento e diagnóstico de doenças, realização de cirurgias e exames mais eficientes, bem como no desenvolvimento de dispositivos, tais como próteses e fármacos mais específicos e próximos da realidade. Além disso, esses conhecimentos têm ampla aplicação nas áreas da estética e cosmética, especialmente a tecnologia nanoscópica. Esses exemplos evidenciam a presença da Nanociência na vida cotidiana das pessoas e, principalmente, sua aplicação, denominada Nanotecnologia, conceitos estes relacionados ao desenvolvimento de dispositivos diversificados com ampla utilização em todas as áreas do conhecimento e campos profissionais. (Tomkelski; Scremin; Fagan, 2019, p. 666)

Nesse sentido, a partir do momento em que os alunos começam a se deparar com os conceitos de nanociências e de nanotecnologia, possibilitando a correlação com aplicações

tecnológicas da atualidade, contextualizando de forma mais transparente tais conhecimentos, imprimindo um teor mais cativantes às aulas, e uma aprendizagem significativa. Proporcionando aos alunos, vislumbrarem a gama de possibilidades desses campos de estudo.

Conforme Bastos (2006), no dia 29 de dezembro de 1959, no Instituto de Tecnologia da Califórnia, o pesquisador Richard P. Feynman deu uma palestra no encontro anual da American Physical Society. Sua apresentação se tornou um artigo científico clássico no século XX, chamado “There’s Plenty of Room at the Bottom”. Ele apresentou uma visão tecnológica de miniaturização extrema vários anos antes da palavra “chip” fazer parte do nosso vocabulário e também falou sobre as dificuldades de se manipular e controlar objetos de pequena escala. Extrapolando as leis físicas conhecidas, Feynman visualizou uma tecnologia capaz de construir nano-objetos átomo por átomo, molécula por molécula. A partir dos anos 80, várias invenções e descobertas na fabricação de nano-objetos provaram que a visão de Feynman fazia algum sentido.

A nanociência ou nanociências refere-se ao campo da ciência que estuda a matéria em escala nanométrica, ou seja, na escala da ordem de  $10^{-9}$  m, ou bilionésimo do metro; enquanto que a nanotecnologia é a aplicação desta, para fins econômicos. Como assevera Alves (2013):

O termo nanotecnologia tem sido usado para definir sistemas e processos que dão origem a bens ou serviços provenientes da matéria no nível nanométrico, isto é: na faixa de tamanho do bilionésimo do metro ( $10^{-9}$  m), ou seja, o nanômetro (nm). (Alves, 2013, p.22)

Nas palavras de Miller (2005), nanotecnologia é a habilidade de manipular átomos e moléculas individualmente para produzir materiais nanoestruturados e micro-objetos com aplicações no mundo real.

Como percebe-se a nanociência e a nanotecnologia estão relacionadas à escala nanométrica. A primeira pode ser definida como a disciplina científica que estuda as propriedades fundamentais dos objetos, materiais ou sistemas menores do que um micrômetro.

Foi o desenvolvimento de técnicas para manipulação da matéria na escala nanoscópica que possibilitou os grandes avanços da Nanociência e da Nanotecnologia, levando à identificação de propriedades físicas e químicas importantes para o desenvolvimento de novos dispositivos e materiais, que está transformando nossa relação com os diversos setores da vida cotidiana; Gama e Pessoa Júnior, 2011.

Os primeiros cientistas e engenheiros que investigaram o funcionamento de nano compostos foram norte-americanos, que estudaram os dispositivos semicondutores empregando sensor de ponta para analisar pares de moléculas. Mas certamente o nome de Richard Feynman, é frequentemente citado relacionando-o aos primórdios do estudo desta nova ciência, como afirma, Kaku, 2011:



O primeiro a chamar a atenção para este novo campo da física foi laureado com o Nobel foi Richard Feynman, que fez uma pergunta aparentemente simples: como você pode fazer uma pequena máquina? (KAKU, 2011, p.169)

A importância do desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia é tão decisória para implementar avanços tecnológicos em diversas partes do mundo que atualmente há uma corrida muito grande para pesquisas relacionadas à área, como afirmam, Plentz e Fazzio, 2013:

Hoje, todos os países ditos desenvolvidos e um número grande e crescente de países emergentes e em desenvolvimento têm iniciativas e programas nacionais em N&N, inclusive o Brasil. (PLENTZ E FAZZIO, 2013, p.28)

Assim, por meio do estudo da nanociência há a possibilidade de analisar bem de perto as propriedades dos materiais e moléculas de modo que estes possam ter as suas propriedades alteradas, privilegiando-se características que viabilizem a criação de novos materiais a partir dos primeiros, em consequência, seja possível a produção de novos materiais e produtos, e efetivamente, atingindo o alvo da nanotecnologia, segundo assevera Lêdo, 2006:

O objetivo da nanotecnologia é o de criar novos materiais, desenvolver novos produtos e processos fundamentados na crescente capacidade da tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas. (LÊDO, 2006, p.62)

É evidente, que a compreensão da importância da nanociência e da nanotecnologia é extremamente fundamental em nossos dias, uma vez que a sociedade se torna cada vez mais tecnológica. Contudo, uma grande parcela da sociedade, encontra-se à margem deste novo conhecimento que é crescente em nossos dias, e que não pode de forma nenhuma ficar restrito à um grupo seleto de pesquisadores e cientistas, mas sim, deve ser difundida para toda a sociedade. Não devendo, portanto, está associada à uma grande sofisticação para ser compreendida, como fundamenta Schulz, 2007:

A percepção da nanociência é muitas vezes associada à imagem de que se trata de uma atividade humana desenvolvida em laboratórios demasiadamente sofisticados e caros. Associações desse tipo podem criar barreiras à predisposição de crianças, jovens e adultos leigos em se deixar instigar pelo tema. (SCHULZ 2007, p.4)

Ferreira (2018), compartilha da mesma ideia trazida acima, afirmando que Nanotecnologia é uma área do conhecimento que causa muita curiosidade e expectativa, especialmente para a parcela da sociedade na qual o tema é pouco difundido. Um mundo desconhecido e cheio de mistérios que pouco a pouco vem sendo desmistificado. É evidente a preocupação em levar para a população uma melhor compreensão.

Decerto, na sociedade moderna é bem presente em diversas áreas a aplicação de produtos originários a partir do conhecimento da nanociência, que continua em amplo desenvolvimento para proporcionar a produção de novos produtos e aperfeiçoar os que já estão no mercado a algum

tempo, proporcionando comodidades às pessoas, quando de seu uso. É o que traz Clebsch e Watanabe, 2017:

Atualmente a Nanotecnologia está presente em áreas como informática, medicina, indústria (têxtil, alimentícia), setor energético, setor agrícola e construção civil. Ela possibilitou o desenvolvimento de nanomaterias e nanopartículas que tornaram os materiais tradicionais mais leves, com maior resistência mecânica e com capacidade de suportar altas temperaturas. Esta temática envolve conhecimentos de várias disciplinas e deve ser trabalhada na Educação Básica, já que os estudantes dispõem hoje de produtos (como raquetes, roupas, celulares, tablets, cartões de memória) que utilizam Nanotecnologia em sua fabricação. (CLEBSCH E WATANABE, 2017)

As nanotecnologias e a nanociência mobilizam conhecimentos gerados em disciplinas tão diversas como a química, bioquímica, engenharia elétrica, biologia molecular e a física, desdobrando e conjugando-se em áreas de vertente mais aplicada, como spintrônica, fotônica, eletrônica molecular, computação quântica, engenharia de proteínas, entre outras. A aceleração nos últimos anos e o ritmo na atração de investimentos nesse ramo do conhecimento - graças, em parte, aos financiamentos públicos - constitui o resultado das promessas em inovação e em potenciais descobertas científicas e tecnológicas; Matteli; Martins; Premebida, 2011.

Logo, percebe-se como a nanociência e a nanotecnologia está se tornando cada vez mais determinante na existência humana.

Então, agora, será apresentado o percurso metodológico para a implementação da proposta de intervenção com a finalidade de possibilitar o contato dos alunos com conhecimentos de nanociência e nanotecnologia.

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

#### 3.1 Elaboração da Proposta de Intervenção

A proposta de intervenção metodológica foi pensada considerando que a Escola Dr. Gaspar Viana não detém laboratório de Física e nem Sala de Informática, e muito menos internet para que os alunos pudessem utilizar em seus smartphones. Nesse sentido, houve a necessidade de utilizar recursos disponíveis e materiais de baixo custo, facilmente encontrados por alunos e professores para a reprodução da proposta.

A proposta de intervenção metodológica para abordar o tema de Nanociência e Nanotecnologia para os alunos dos 3º Anos do Ensino Médio da Escola Estadual Dr. Gaspar Viana, consiste de uma sequência didática que abrange vídeos do YouTube; 01 (um) “Kit Nano”, construído com materiais de baixo custo; 2 (dois) experimentos em nanociência e nanotecnologia e uma palestra ministrada por um pesquisador da área, em nossa região, mais especificamente da Universidade Federal do Pará.

Os vídeos do YouTube foram cuidadosamente selecionados para trazer aos alunos conhecimentos gerais sobre nanociência e nanotecnologia.

O “Kit Nano”, construído com materiais de baixo custo, é constituído por dois materiais, a saber: uma tabela de escalas e um conjunto de cubos.

A tabela de escala, tem a finalidade de proporcionar aos alunos a comparação das escalas em metro, micrômetro e nanômetro; bem como a notação científica na representação dessas escalas e suas conversões. Possibilitar perceberem que usamos o metro e seus múltiplos para medir objetos grandes, os quais são denominados macroscópicos. Enquanto que medidas inferiores a 1 mm usamos, os prefixos, o micro ( $\mu\text{m}$ ) que é 1000 vezes menor do que 1 mm (ou seja, um milhão de vezes menor que 1 m), o nanômetro (nm) que é um milhão de vezes menor do que 1 mm (ou um bilhão de vezes menor do que 1 m). Que essas subunidades são usadas para medida de objetos muito pequenos, portanto, com dimensões sub microscópicas.

O conjunto de cubos, tem a finalidade de demonstrar junto aos alunos que algumas propriedades dos materiais tendem a se modificar à medida que os mesmos vão tendo as suas dimensões diminuídas. Assim, considerando inicialmente um cubo que possui arestas de 20 cm, os alunos serão solicitados a calcular o volume deste cubo, e em seguida a área do mesmo. Posteriormente, com o conjunto de 8 (oito) cubos, com arestas de 10 cm (como se o primeiro cubo tivesse sido cortado e 8 (oito) partes iguais), solicita-se que os alunos agora, calculem novamente o volume total dos 8 (oito) cubos, bem como a área total dos 8 (oito) cubos. E por último, se faz uso do conjunto de 64 (sessenta e quatro) cubos com arestas de 5 cm cada (como se cada um dos

cubos anteriores, tivessem sido cortados 8 (oito) partes iguais) e solicitar mais uma vez, que os alunos calculem o volume total e a área total desses cubos.

$$A = b \times h. \quad (1)$$

A equação (1) apresenta a fórmula a ser usada para que os alunos possam calcular as áreas totais de cada um dos três cubos.

$$V = b^3. \quad (2)$$

A equação (2) apresenta a fórmula a ser usada para que os alunos possam calcular o volume total de cada um dos três cubos.

A ideia é tornar possível a constatação de que nas três situações o volume permaneceu o mesmo, no entanto, à medida que, o tamanho dos cubos diminui, o valor da área total em cada um, aumenta. Evidenciando com isso, que umas das propriedades do cubo, a da área superficial total, tende a se alterar com a diminuição e/ou divisão do cubo.

Assim, espera-se que os alunos calculem a área total de cada um dos três cubos, e cheguem aos seguintes resultados:

$$\text{Área total do cubo 01: } 6 \times A_1 = 6 \times 20 \times 20 = 2400 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Área total do cubo 02: } 8 \times 6 \times A_2 = 8 \times 6 \times 10 \times 10 = 4800 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Área total do cubo 03: } 64 \times 6 \times A_3 = 64 \times 6 \times 5 \times 5 = 9600 \text{ cm}^2.$$

E também calculem o volume total de cada um dos três cubos, e cheguem aos seguintes resultados:

$$\text{Volume total do cubo 01: } V_1 = 20 \times 20 \times 20 = 8000 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Volume total do cubo 02: } 8 \times V_2 = 8 \times 10 \times 10 \times 10 = 8000 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Volume total do cubo 03: } 64 \times V_3 = 64 \times 5 \times 5 \times 5 = 8000 \text{ cm}^3.$$


Os 2 (dois) experimentos possuem a finalidade de demonstrar, de igual modo, como as propriedades dos materiais podem ser alterados a medida em que os mesmos diminuem de tamanho.

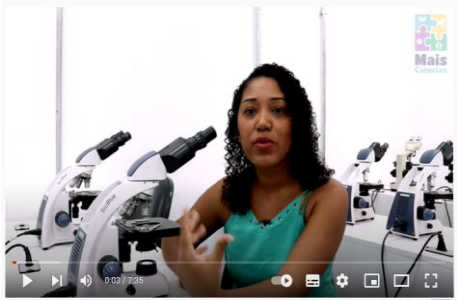
Dentre os recursos e materiais utilizados para a realização da proposta de intervenção metodológica, utilizar-se-á, além dos recursos digitais, como os vídeos do YouTube; papelão, fita adesiva, régua de 30 cm, esquadro, estilete, tesoura, cola, lápis, caneta, material plástico flexível. Os materiais foram confeccionados pelo professor e destinados para a abordagem do tema.




A princípio, como forma de se constatar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito de nanociência e nanotecnologia, e também com a finalidade de se verificar se houve aprendizagem durante o percurso da proposta de intervenção metodológica, um questionário será aplicado de forma remota, aos alunos, Questionário 01 (em anexo), antes da implementação da proposta. Um segundo questionário, questionário 02 (em anexo), será aplicado no final da proposta de intervenção, também de forma remota.




Após a aplicação do Questionário 01, para subsidiar a busca de conhecimentos sobre nanociência e nanotecnologia, propõe-se uma sequência didática, onde os alunos terão a oportunidade de entrar em contato com conhecimentos sobre nanociência e nanotecnologia. Onde estarão recebendo previamente, o link de vídeos do YouTube, que deverão ser acessados pelos mesmos, antes das aulas/encontros presenciais na escola. Nesse sentido lançar-se-á mão da metodologia ativa da sala de aula invertida. Assim sendo, recomenda-se que a sequência de atividades, constituída por 06 aula/encontros (cada aula/encontro, constituído por duas aulas, com 45 minutos cada, num total de 90 minutos), sejam realizadas preferencialmente na ordem proposta na tabela 01, abaixo, com um intervalo de uma semana de uma aula/encontro para o outro, para que os alunos tenham tempo de assistir os vídeos, ainda que sejam de curta duração.

**Tabela 01: Sequências de atividades.**



Sequência	Tema	Recurso	Link
<b>Aula 01</b>	Sistema Internacional de Unidades, enfatizando os submúltiplos do metro (m). Aplicação de atividade prática.	Vídeo  Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.  “Kit nano” Tabela de Escalas	01- Micrômetro e nanômetro:  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=CUJISq3Kt5A">https://www.youtube.com/watch?v=CUJISq3Kt5A</a>  02- O incrível e infinitamente pequeno universo da nanotecnologia:

			 <p>O incrível e infinitamente pequeno universo da nanotecnologia</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=EVRj9Rvv03k">https://www.youtube.com/watch?v=EVRj9Rvv03k</a></p>
Aula 02	Invenção, evolução e tipos dos microscópios.	<p>Vídeo</p> <p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p> <p>Realização do Experimento 01</p>	<p>03- Invenção e desenvolvimento dos microscópios:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=YdfFyE8dLXI">https://www.youtube.com/watch?v=YdfFyE8dLXI</a></p> <p>04- Tipos de microscópios:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=9aN1uoA694w">https://www.youtube.com/watch?v=9aN1uoA694w</a></p>
		Vídeo	05- O que é nanotecnologia?

<p><b>Aula 03</b></p>	<p>O que é Nanociência e Nanotecnologia?</p>	<p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p> <p>“Kit nano” Conjunto de Cubos</p>	 <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw">https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw</a></p> <p>06- Centro de nanociência e nanotecnologia -CNANO:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=5d_AGawMueA">https://www.youtube.com/watch?v=5d_AGawMueA</a></p>
	<p>Áreas de aplicação da Nanotecnologia</p>	<p>Vídeo</p> <p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p>	<p>07- Aplicações da Nanotecnologia:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=wt8IX7wPy4o">https://www.youtube.com/watch?v=wt8IX7wPy4o</a></p> <p>08- Aplicações da Nanotecnologia:</p>

<p><b>Aula 04</b></p>		<p>Realização do Experimento 02</p>	 <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=GtBVnlhHheg">https://www.youtube.com/watch?v=GtBVnlhHheg</a></p> <p>09- Nanotecnologia no nosso cotidiano:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=9cO4Ze3Ccmk">https://www.youtube.com/watch?v=9cO4Ze3Ccmk</a></p>
<p><b>Aula 05</b></p>	<p>O que é o grafeno?</p>	<p>Vídeo</p> <p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p>	<p>10- Sobre o grafeno:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=bBBRslOTVVQ">https://www.youtube.com/watch?v=bBBRslOTVVQ</a></p> <p>11- Jaquetas de grafeno à prova de balas:</p>



	Abordagem sobre Mapa Conceitual.		 <p>Jaqueta de Grafeno à Prova de Balas? - 5 Lugares Onde o Grafeno Está Sendo Utilizado Hoje (Ou Quase)</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=0eLnels22oo">https://www.youtube.com/watch?v=0eLnels22oo</a></p> <p>12- Como fazer um mapa conceitual:</p>  <p>Como Fazer um Mapa Conceitual</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E">https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E</a></p>
<b>Aula 06</b>	Palestra/entrevista com pesquisador do Grupo de Pesquisa em Grafeno da Universidade Federal do Pará, via Google meet.	<p>Vídeo conferência</p> <p>Prática de Elaboração de Mapa Conceitual</p>	Link da palestra será enviado no dia.

Fonte: O autor.

A seguir, têm-se um breve relato da abordagem em cada aula/encontro que compõe a sequência didática:

Aula 01 – Nesta aula, os alunos após terem sido divididos em grupos com 05 componentes e recebido, previamente, os links dos vídeos 01 (Tempo 1:23 minutos) e 02 (Tempo 16:47 minutos), trarão aquilo que conseguiram compreender por meio dos vídeos, bem como as possíveis dúvidas para serem discutidas em sala de aula. Aqui o professor mediador tecerá comentários sobre a origem do Sistema Internacional de Unidades, com o objetivo de destacar as unidades padrões estabelecidas, especialmente o metro. E aprofundando-se nos múltiplos e submúltiplos deste último, e em sua escrita científica, para que os alunos possam compreender que para medir os objetos com grandes dimensões (macroscópicos) utilizamos os múltiplos do metro e para medir objetos com pequenas dimensões (microscópicos) utilizamos os submúltiplos do metro; e assim compreendam em qual campo de dimensão atua a Nanociência. Aqui também será utilizado o primeiro item do “Kit Nano”, que é a Tabela de Escalas, para que os alunos possam visualizar de forma mais clara a conversão entre as escalas, em metro, micrômetro e nanômetro, e consigam associar as dimensões trazidas pelas escalas a alguns objetos conhecidos.

Aula 02 – Nesta aula, os alunos deverão ter recebido os links dos vídeos 03 (Tempo 20:46 minutos) e 04 (Tempo 7:35 minutos), previamente, e terem assistido aos vídeos, em grupo com 05 componentes, para que possam entrar em contato com o advento do microscópio e o seu desenvolvimento tecnológico ao longo do tempo; conhecer os tipos de microscópios e como se dá a observação de nanopartículas a partir deles. Assim, em sala de aula o professor mediador conduzirá a discussão no sentido de se levantar o que os alunos acharam de mais interessante nos vídeos. Nesta aula também, será realizado diante dos alunos o experimento 01 – Pastilha Efervescente, cujo roteiro de experimentação encontra-se na Tabela 02, abaixo. Com este experimento, pretende-se possibilitar aos alunos perceberem que à medida que se fragmenta-se a pastilha efervescente em partículas cada vez menores, a velocidade de reação de efervescência aumenta (a cinética química tem sua velocidade aumentada), diminuindo o tempo necessário para que a mesma seja completamente dissolvida na água. Constatando-se que de fato com a diminuição do tamanho das partículas de um material, algumas propriedades deste, são alteradas. Possibilitando a compreensão dentre outras coisas, que este é um dos princípios utilizados, por exemplo, na indústria farmacêutica para diminuir os efeitos colaterais causados pela administração de fármacos no organismo das pessoas.

A Tabela 02, apresenta o roteiro de experimentação 01, a ser seguido:

**Tabela 02 - Roteiro de experimentação 01.**

Experimento 01 – Pastilha Efervescente	
Materiais:	03 Pastilhas efervescentes, 03 recipientes plásticos, 03 copos de vidro, água, estilete, pilão, cronômetro, recipiente de plástico com medida em ml.
Procedimento experimental:	<p>1º - Encher os 03 copos com 200 ml de água.</p> <p>2º - Colocar uma pastilha em cada um dos recipientes de plásticos.</p> <p>3º - Dividir umas das partilhas em quatro partes iguais.</p> <p>4º - Com o pilão moer até virar pó uma das partilhas.</p> <p>5º - Simultaneamente, colocar a partilha inteira no primeiro copo e acionar o cronômetro para iniciar a contagem do tempo. Registrar o tempo decorrido até a pastilha dissolver completamente na água.</p> <p>6º - Simultaneamente, colocar a partilha que foi dividida em 04 (quatro) partes iguais no segundo copo e acionar o cronômetro para iniciar a contagem do tempo. Registrar o tempo decorrido até a pastilha dissolver completamente na água.</p> <p>7º - Simultaneamente, colocar a partilha que foi moída até virar pó, no terceiro copo e acionar o cronômetro para iniciar a contagem do tempo. Registrar o tempo decorrido até a pastilha dissolver completamente na água.</p>

Fonte: O autor.

Aula 03 – Nesta aula, tendo os alunos recebido, previamente, os links dos vídeos 05 (Tempo 28:48 minutos) e 06 (Tempo 13:13 minutos), serão apresentados às definições de nanociência e de nanotecnologia. Então, em sala de aula, o professor mediador conduzirá a discussão no sentido de sondar a compreensão dos alunos e consolidar tais definições.

Em seguida, será utilizado o segundo item do “Kit Nano”, o conjunto de cubos, com o qual pretende-se demonstrar junto aos alunos que algumas propriedades dos materiais tendem a se modificar à medida que os mesmos vão tendo as suas dimensões diminuídas. Assim, considerando

inicialmente um cubo que possui arestas de 20 cm, os alunos serão solicitados a calcular o volume deste cubo, e em seguida a área do mesmo. Posteriormente, com o conjunto de 8 (oito) cubos, com arestas de 10 cm (como se o primeiro cubo tivesse sido cortado e 8 (oito) partes iguais), solicita-se que os alunos agora, calculem novamente o volume total dos 8 (oito) cubos, bem como a área total dos 8 (oito). E por último, se faz uso do conjunto de 64 (sessenta e quatro) cubos com arestas de 5 cm cada (como se cada um dos cubos anteriores, tivessem sido cortados 8 (oito) partes iguais) e solicitar mais uma vez, que os alunos calculem o volume total e a área total desses cubos. A ideia é tornar possível a constatação de que nas três situações o volume permaneceu o mesmo, no entanto, à medida que, o tamanho dos cubos diminui, o valor da área, aumenta. Evidenciando com isso, que umas das propriedades do cubo, a da área superficial total, tende a se alterar com a diminuição e/ou divisão do cubo. Com isso, comprovando-se de forma lúdica, concreta e palpável, que de fato, há a ocorrência da alteração das propriedades nos materiais à medida que as suas partículas diminuem de tamanho. E que é este o objetivo dos cientistas que trabalham com nanociência: estudar as propriedades da matéria na escala nanométrica, para promover a alteração das características dos mesmos, para a produção e/ou criação de novos materiais, com características melhoradas, que são os chamados produtos nano tecnológicos.

Aula 04 – Nesta aula, após os alunos terem assistido, previamente aos vídeos 07 (Tempo 10:08 minutos), 08 (Tempo 6:23 minutos) e 09 (Tempo 4:49 minutos), terão contato de forma mais aprofundada aos campos/áreas onde a nanotecnologia tem sido aplicada na atualidade. Então, o professor mediador irá levantar dos alunos, as áreas de aplicação da nanotecnologia, indagando em quais produtos já há a utilização de conhecimentos das nanociências. Nesta aula também, será realizado diante dos alunos o Experimento 02 – Areia Grossa e Areia Fina, cujo roteiro de experimentação encontra-se na Tabela 02, abaixo. Com esse experimento pretende-se possibilitar a compreensão aos alunos de que o motivo da areia fina, ter retido mais água está no fato de suas partículas serem bem menor do que as partículas da areia grossa. Com isso, apesar de o volume de areia tanto grossa como fina ser o mesmo, a superfície total dos grãos de areia fina é maior do que a superfície total dos grãos da areia grossa. E considerando que a água não penetra nos grãos de areia, mas fica adsorvida à superfície destes, então, a areia fina que possui uma área superficial total maior, do que da areia grossa irá reter mais água. E reforçar, que este é um dos princípios da nanotecnologia, utilizados na indústria farmacêutica, por exemplo, na administração de fármacos para combater determinadas doenças.

A Tabela 03, apresenta o roteiro de experimentação 02, a ser seguido:

**Tabela 03 - Roteiro de experimentação 02.**

Experimento 02 – Areia Grossa e Areia Fina	
Materiais:	200 g de areia fina, 200 g de areia grossa, 04 Copos de vidro, peneira, papel/filtro, água, recipiente de plástico com medida em ml, régua de 30 cm.
Procedimento experimental:	<p>1º - Colocar areia grossa no recipiente de plástico até a altura de 200 ml.</p> <p>2º - Despejar o conteúdo de areia grossa medida, em um copo de vidro.</p> <p>3º - Colocar areia fina no recipiente de plástico até a altura de 200 ml.</p> <p>4º - Despejar o conteúdo de areia fina medida, em um copo.</p> <p>5º - Encher completamente com água, os dois copos, tanto o contendo areia grossa, como o contendo areia fina.</p> <p>6º - Colocar um papel filtro sobre a peneira e despejar a água do copo contendo areia grossa, depositando a água que passar pelo filtro em outro copo.</p> <p>7º - Colocar um outro papel filtro sobre a peneira e despejar a água do copo contendo areia fina, depositando a água que passar pelo filtro em outro copo.</p> <p>8º - Observar a altura medida da água com a régua de 30cm, nos dois últimos copos que receberam a água que passou pelo filtro.</p>

**Fonte: O autor.**

Aula 05- Nesta aula, após os alunos terem assistido aos vídeos 10 (Tempo 14:37 minutos), 11 (Tempo 8:29 minutos) e 12 (Tempo 8:22 minutos), o professor mediador conduzirá a discussão no sentido de enfatizar os conhecimentos sobre o carbono, mais especificamente sobre o grafeno. Que o carbono é nosso conhecido do carvão e da fuligem negra de certas chamas, presente no grafite dos lápis e lapiseiras. Que o grafite, que é encontrado em minas no Sul do Brasil e em outras partes do globo, é formado por camadas planares de átomos, ligados em uma estrutura hexagonal, lembrando alguns tipos de tela de galinheiro, camadas essas que isoladamente se chamam grafeno. No grafite, essas camadas são empilhadas e a ligação atômica entre as camadas é mais fraca do que dentro de uma mesma camada de grafeno, possuindo uma estrutura extremamente estável, nas

condições normais de temperatura e pressão. Que grafeno é o nome dado a uma monocamada planar de átomos de carbono dispostos em uma rede bidimensional hexagonal e é base para outras estruturas de carbono, como os fulerenos- C60, os nano tubos de carbono e o grafite; Gama e Pereira Júnior, 2011. Que as propriedades físicas do grafeno são muito diferentes das outras variedades alotrópicas do carbono como o grafite, o diamante e o carbono amorfo. Que por este motivo, o torna um material muito interessante em muitas aplicações tecnológicas por aliar baixa densidade com excepcionais qualidades mecânicas e elétricas; bem como, apresentar algumas das aplicações deste material. Em seguida, o professor mediador, tecerá comentários sobre a elaboração de mapas conceituais, preparando os alunos, para que no próximo encontro, possam praticar a construção de mapas conceituais sobre o que aprenderam a respeito de Nanociência e Nanotecnologia.

Aula 06- Com esta aula/encontro, pretende-se possibilitar aos alunos por meio de uma palestra/entrevista com um profissional da área, um pesquisador do grupo de pesquisas em grafeno de nossa região, mais precisamente, da Universidade Federal do Pará, compreender como são desenvolvidos os estudos na área de nanociência, em especial, relacionadas ao Grafeno.

Logo após a palestra, orientar os alunos que se dividam em grupos, no sentido de apresentar por meio de Mapas Conceituais, aquilo que conseguiram apreender sobre Nanociência e Nanotecnologia ao longo de toda a intervenção metodológica.

### **3.2 O Contexto da Pesquisa**

A pesquisa foi realizada na Escola Estadual Dr. Gaspar Vianna, na Modalidade de Ensino Integral, a qual é mantida pela Secretaria de Estado de Educação do Pará – SEDUC/PA, junto à sua 4ª Unidade Regional de Educação – 4ª URE. Originou-se por meio das reivindicações dos movimentos organizados pela Associação dos Moradores e pela Associação dos Profissionais da Educação – hoje SINTEPP - Sindicato dos Trabalhadores da Educação Pública do Estado do Pará. No bairro onde se localiza a mesma, não havia escola de 2º grau, o que serviu de motivação para que a comunidade da Nova Marabá (bairro de Marabá) se empenhasse para que fosse atendida essa demanda. Como resultado, em março de 1986, com o término da construção do prédio, deu-se início aos trabalhos escolares.

A escola detém alguns marcos importantes: foi a primeira escola dentro da história da Educação de Marabá a implantar um colegiado, conselho escolar, a primeira a organizar e realizar eleição para diretor e a criar um grêmio estudantil; também foi a única selecionada no bairro da Nova Marabá e uma das quatro escolas escolhidas, da cidade de Marabá, para receber a implantação do Modelo de Ensino Médio na Modalidade de Tempo Integral.

Em tal espaço democrático, tem-se como meta, a construção de um ambiente de socialização, sistematização e construção de um novo saber, a partir da mediação do professor, visando sempre a inclusão e a diminuição da evasão.

Na escola em questão, ocorreu em 2017, a implantação da modalidade de ensino conhecida como escola de tempo integral, ou escola em tempo integral. O público alvo, em sua grande maioria, são alunos que estão em faixa etária condizente com o nível escolar; são adolescentes e jovens que não trabalham, pois, a modalidade de ensino os impossibilita disso. Sendo assim, há um maior tempo para se dedicarem ao estudo e à pesquisa. São alunos que estão inteirados com as tecnologias, muito mais do que os próprios professores.

Nessa modalidade de ensino, há um esforço de se trabalhar com metodologias que se distanciam da tradicional, ainda que esta se encontre presente na prática pedagógica de muitos professores. Apesar disso, percebe-se um esforço por parte de todos, no sentido de tornar as aulas mais atrativas, uma vez que se percebe o grande fascínio por parte dos alunos em relação a atividades em que sejam protagonistas, bem como à tecnologia digital, mais especificamente às redes sociais.

Deste modo, há a necessidade da utilização de metodologias que estimulem o aluno a ser protagonista da construção de seu próprio conhecimento, refletindo, pesquisando, argumentando, interagindo com o meio onde está inserido, onde a criatividade, a produção crítica e a concepção da realidade sejam trabalhadas de forma mais intensa, em virtude do tempo de permanência do aluno na escola ser maior que o tradicional.

Na escola em questão, o professor tem maior autonomia de criar e planejar as suas aulas juntamente com a participação dos alunos. E juntos argumentam, pesquisam, e constroem o conhecimento de forma mais espontânea. Há sim a preocupação com o conteúdo, mas os mesmos são contemplados por meio das metodologias desenvolvidas, de modo que os alunos aprendem se divertindo.

No que diz respeito aos alunos, os mesmos são adolescentes e jovens, de uma faixa etária em torno dos 16 aos 19 anos, que não trabalham, e sua grande maioria, nesse sentido, dedicando-se unicamente aos estudos.

### **3.3 Ferramentas de Coleta de Dados**

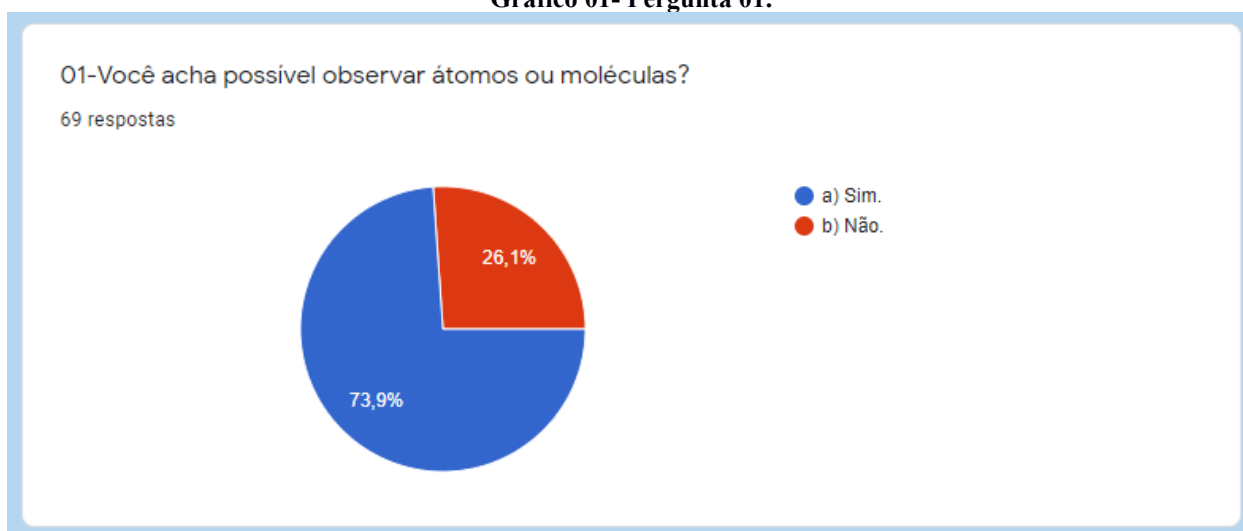
Foram utilizados dois formulários do google forms, os quais os alunos responderam remotamente. Sendo que o questionário 01 (em anexo) foi respondido antes da implantação da proposta de intervenção e o questionário 02 (em anexo) respondido após a referida implementação. Justamente, para que se pudesse fazer um quadro comparativo entre os resultados

de ambos os questionários a fim de se verificar a eficácia da proposta de intervenção. Ressalta-se que durante a implementação da proposta de intervenção metodológica, a aprendizagem dos alunos foi sendo verificada de forma oral, pela exposição da compreensão demonstrada durante os debates em sala de aula, bem como por meio de registros da compreensão do entendimento a respeito dos experimentos realizados. Também foi proposto aos alunos, antes de responderem ao questionário 02, a elaboração de um mapa conceitual em torno do que aprenderam sobre Nanociência e Nanotecnologia ao longo das aulas do período das 06 aulas/encontros.

### 3.4 Avaliação da Proposta

Para que fosse iniciada a pesquisa junto aos alunos do 3º ano (sendo 3º A, B e C, em um total constituído por 71 alunos) da Escola Gaspar Viana, foi aplicado no dia 19/10/2021, remotamente, o questionário 01 (em anexo), para a sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos (onde, 69 alunos das três turmas participaram) de forma remota, por meio do qual foram levantados os seguintes dados sobre o tema em questão, expressos pelos Gráficos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09 a, 09 b e 10 seguir:

**Gráfico 01- Pergunta 01.**

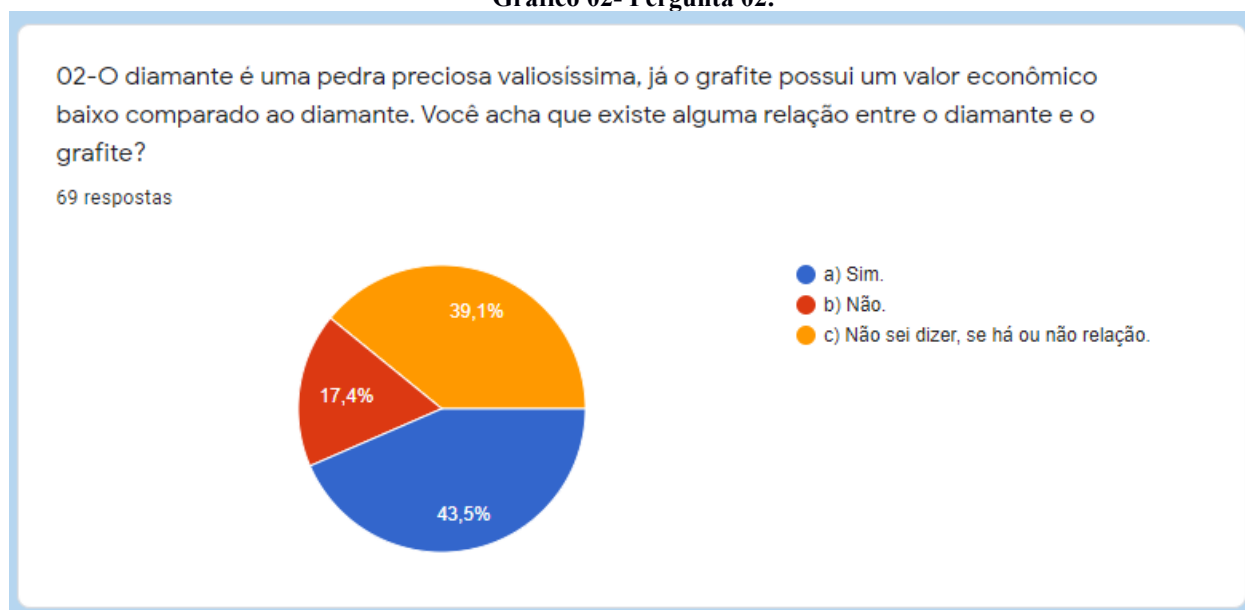


Fonte: O autor.

Da análise dos dados observados no Gráfico 01, percebe-se que uma quantidade relativamente grande, 26,1% dos alunos responderam negativamente a essa pergunta.



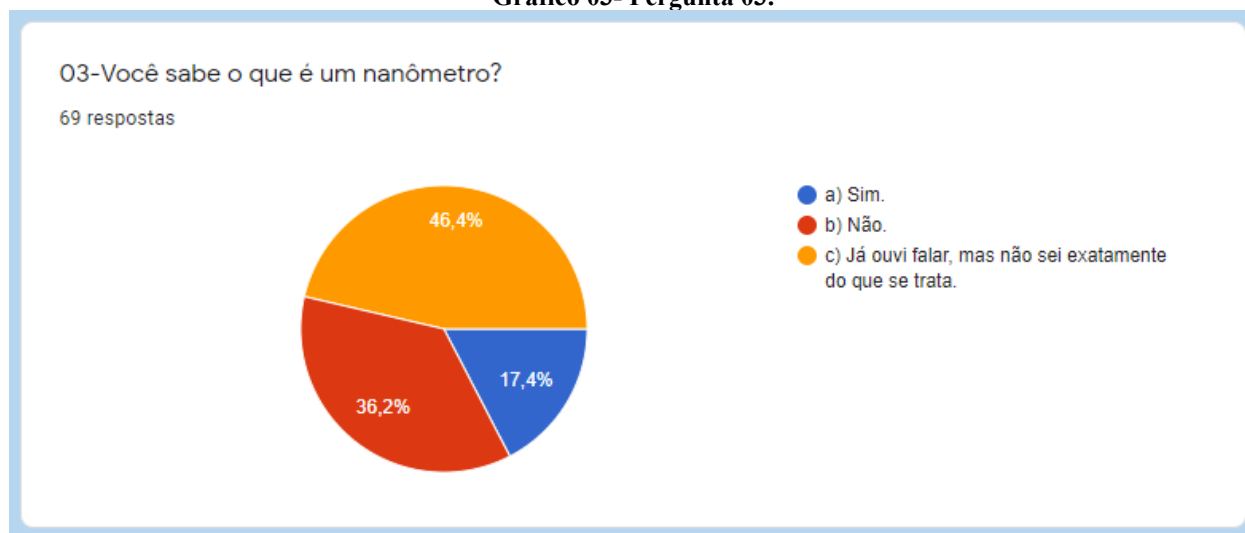
Gráfico 02- Pergunta 02.



Fonte: O autor.

Da análise dos dados observados no Gráfico 02, percebe-se que 39,1% dos alunos não souberam dizer se há ou não relação entre o diamante e o grafite, que são constituídos por átomos de um mesmo elemento químico, porém com arranjo estrutural diferente.

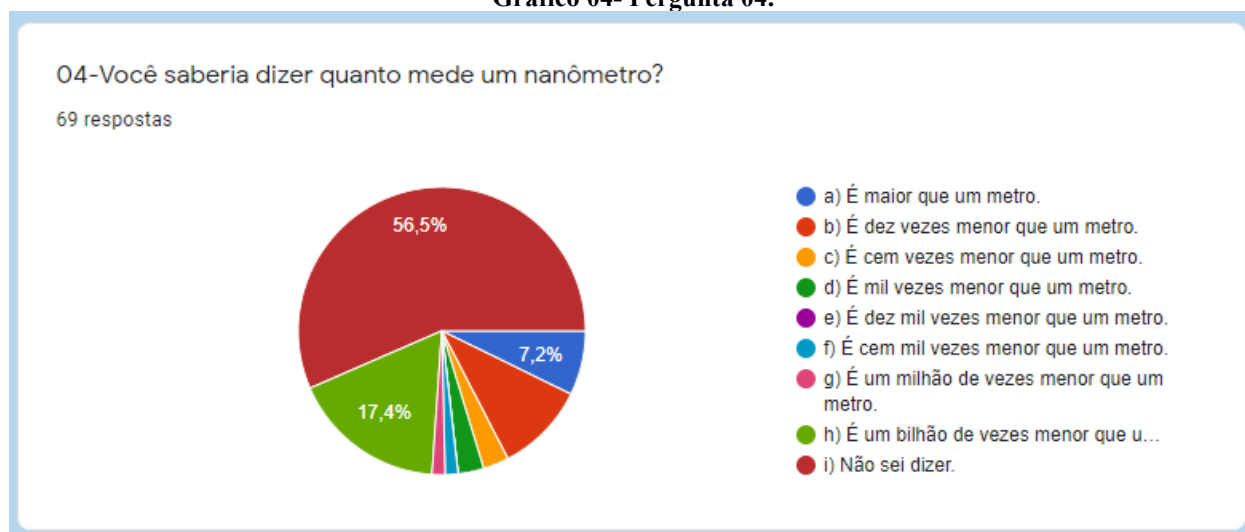
Gráfico 03- Pergunta 03.



Fonte: O autor.

Observando-se o Gráfico 03, constata-se o desconhecimento dos alunos a respeito do que seja um nanômetro, quantitativo este, representado por 46,4% dos participantes da pesquisa, seguidos por 36,2% que não sabem o que é.

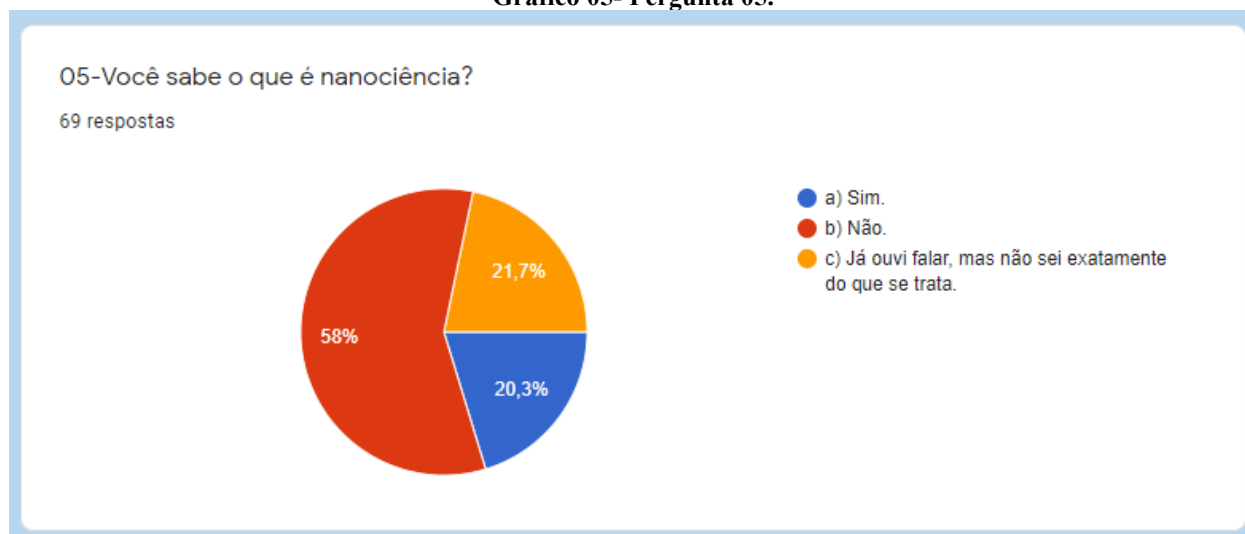
Gráfico 04- Pergunta 04.



Fonte: O autor.

Com base na análise do Gráfico 04, percebe-se que mais da metade dos participantes da pesquisa, 56,5%, não sabem expressar quanto mede um nanômetro.

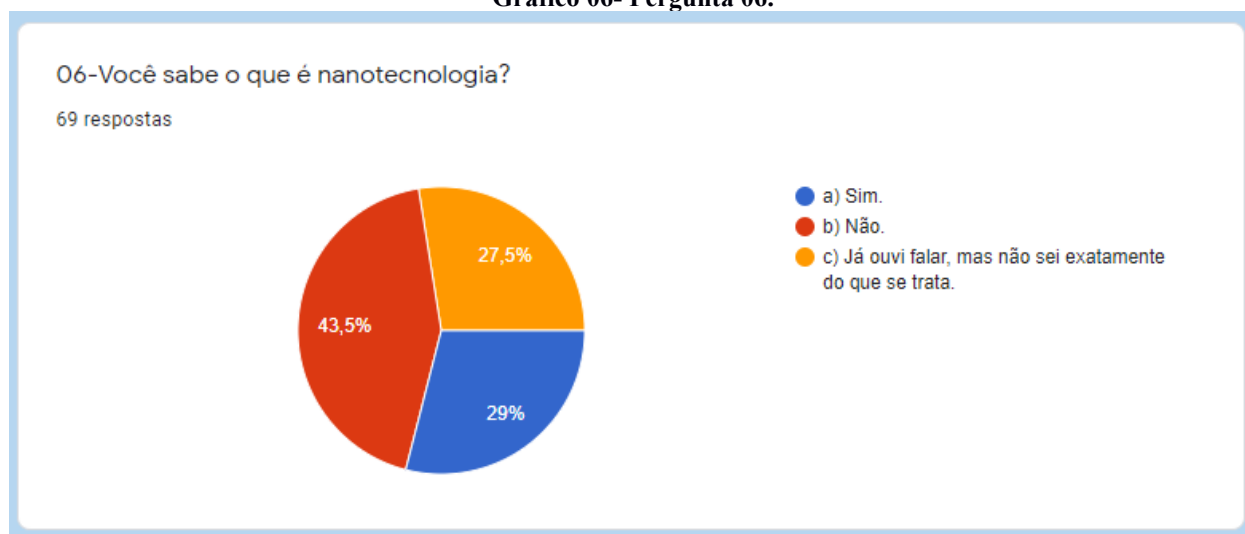
Gráfico 05- Pergunta 05.



Fonte: O autor.

Do Gráfico 05, infere-se um considerável desconhecimento dos alunos a respeito do que seja nanociência, quantidade esta, representada por 58% dos participantes da pesquisa.

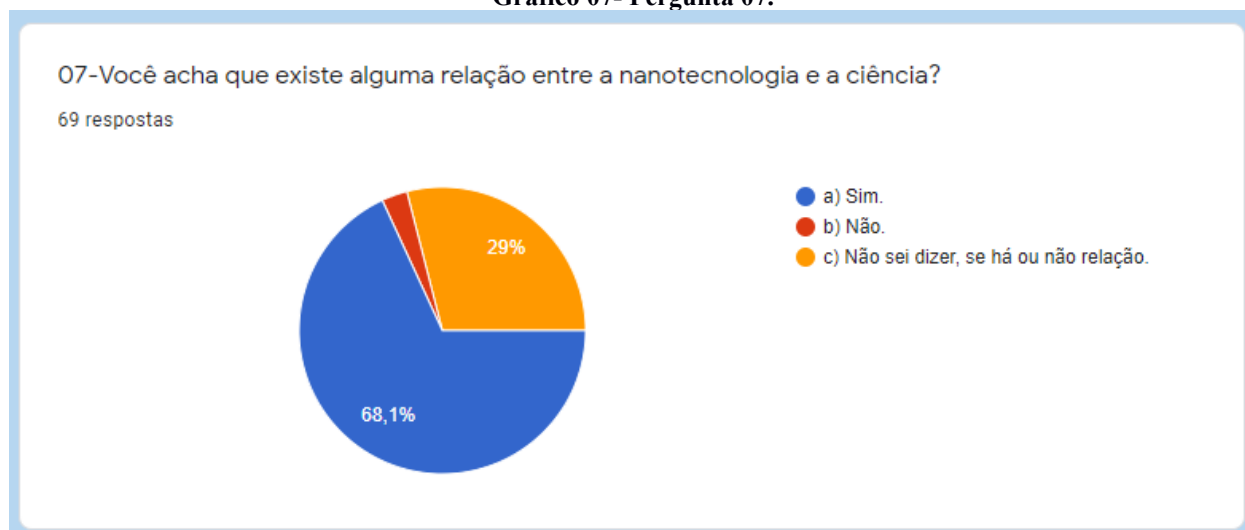
Gráfico 06- Pergunta 06.



Fonte: O autor.

Com base no Gráfico 06, constata-se um considerável desconhecimento dos alunos a respeito do que seja nanotecnologia, quantidade esta, representada por 43,5% dos participantes da pesquisa. No entanto, o termo Nanotecnologia parece ser mais corriqueiro em relação ao termo Nanociência.

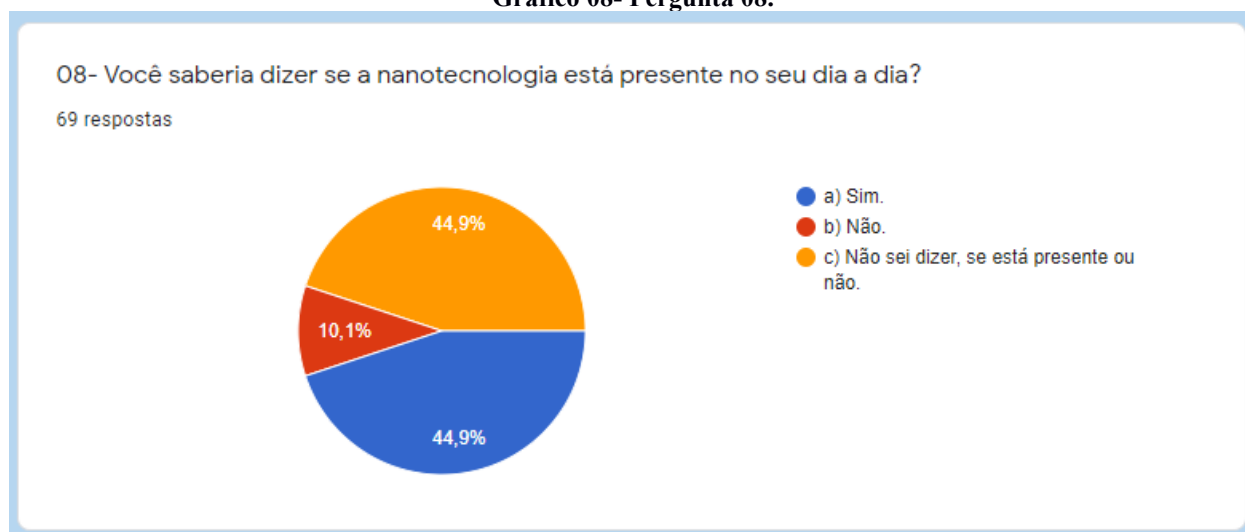
Gráfico 07- Pergunta 07.



Fonte: O autor.

Da análise do Gráfico 07, levanta-se que 29% dos participantes da pesquisa não sabem dizer se há ou não relação da nanotecnologia com a ciência.

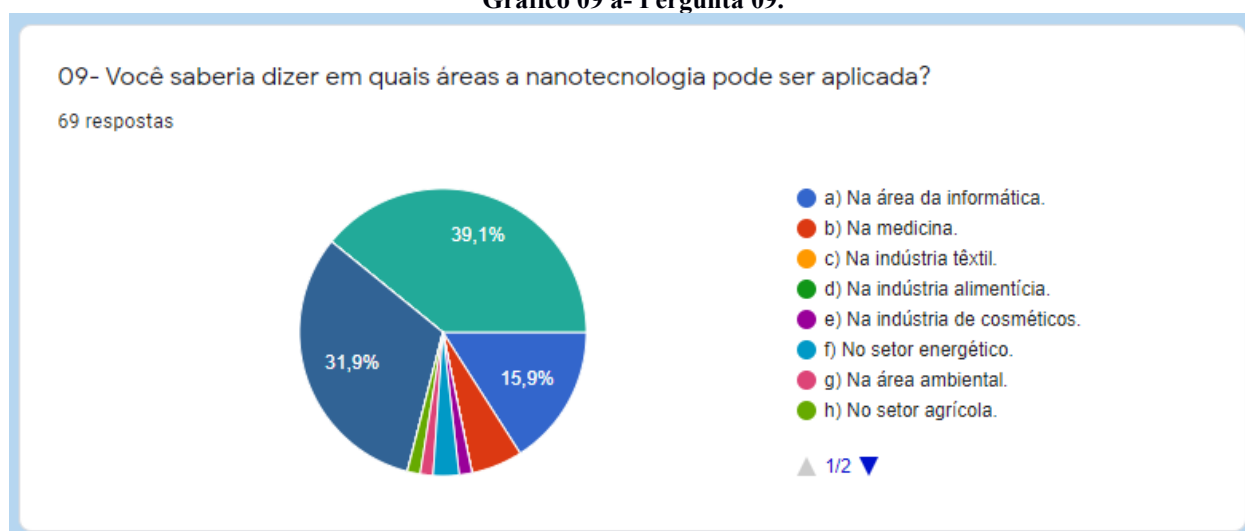
Gráfico 08- Pergunta 08.



Fonte: O autor.

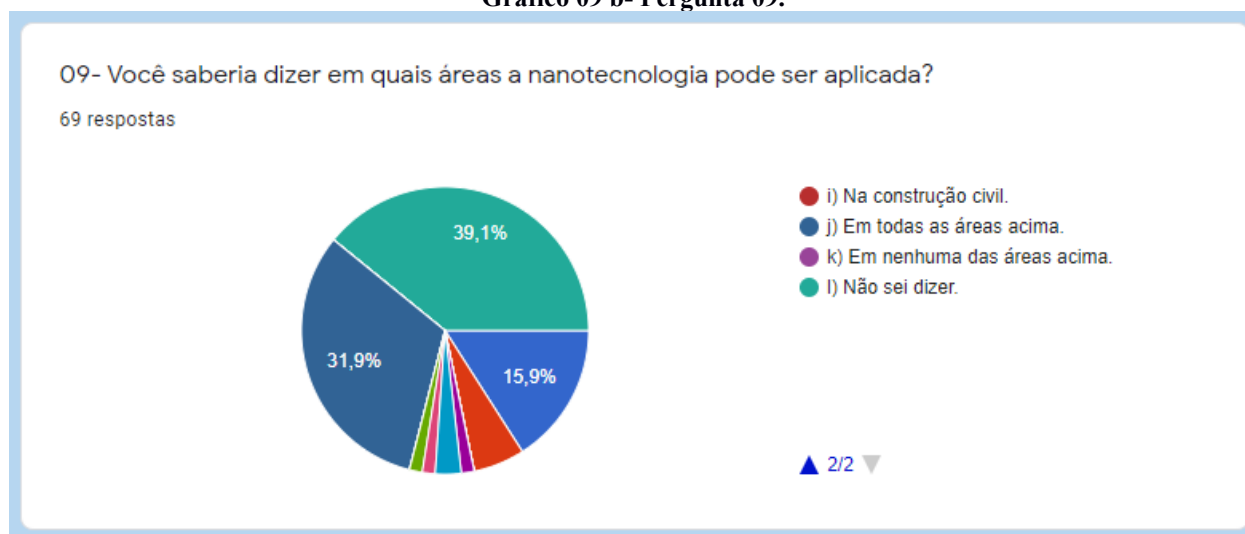
De acordo com o observado no Gráfico 08, é expressiva a falta de associação da nanotecnologia ao cotidiano dos alunos. Pois 44,9% dos alunos não conseguiram identificar onde a Nanotecnologia está presente no seu dia a dia.

Gráfico 09 a- Pergunta 09.



Fonte: O autor.

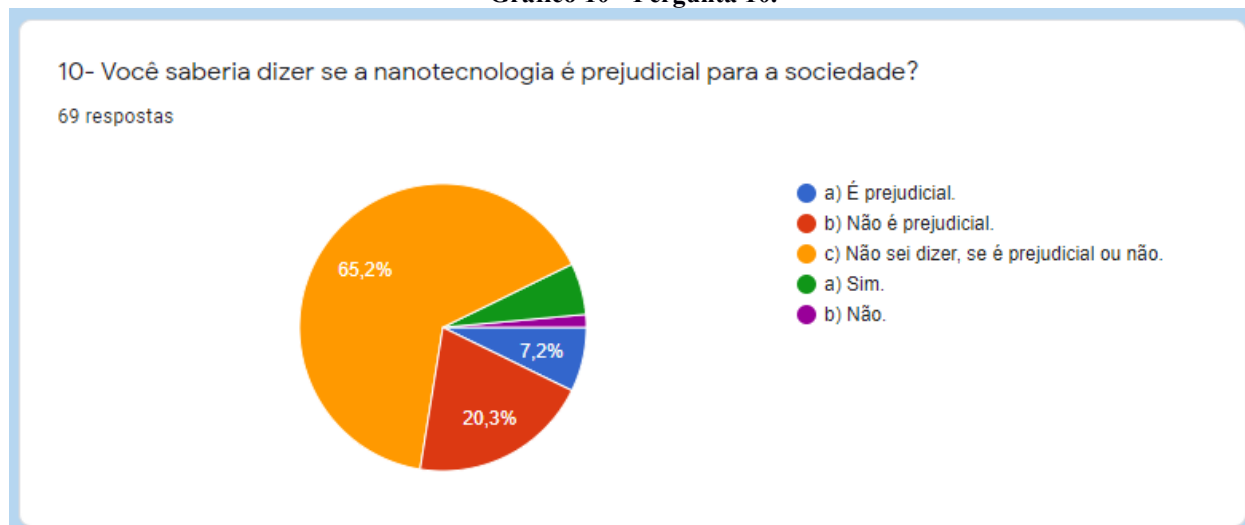
Gráfico 09 b- Pergunta 09.



Fonte: O autor.

Pela análise do Gráfico 09a e 09b, constata-se que a maior parte dos alunos, representados por 39,1% dos participantes da pesquisa, não sabem dizer em quais áreas a nanotecnologia pode ser aplicada.

Gráfico 10 - Pergunta 10.



Fonte: O autor.

E por fim, da análise do Gráfico 10, percebe-se que há uma quantidade considerável de alunos representados por 65,2% dos participantes da pesquisa que não souberam avaliar se a Nanotecnologia é prejudicial ou não para a sociedade, evidenciando uma falta de clareza sobre o assunto.

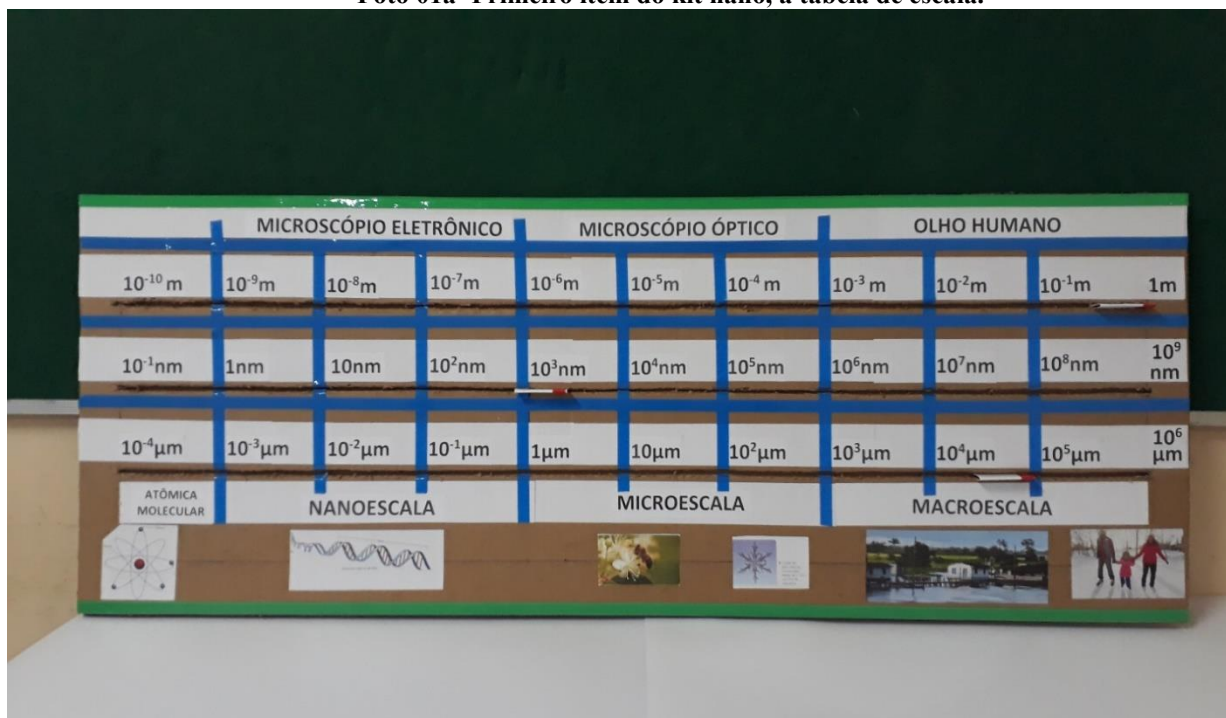
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Relato da Utilização da Proposta/Experiência da Proposta

Com uma semana de intervalo, desde a aplicação do Questionário 01, iniciou-se a implementação da proposta de intervenção metodológica, onde o professor pôde seguir a sequência de aulas estabelecida acima.

Na aula 01, dia 26/10/2021, os grupos fizeram uma breve exposição do que acharam mais interessante sobre os vídeos assistidos. Ocasão em que houve bastante participação dos alunos, que faziam perguntas, contribuía com algumas experiências vividas e outros recordando o que haviam respondido no Questionário 01. Notou-se um grande interesse dos alunos pelo assunto. As imagens das Fotos 01a, 10b e 03c, apresenta momentos em que os alunos faziam uso do primeiro item do Kit Nano, a da Tabela de Escala:

Foto 01a- Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.



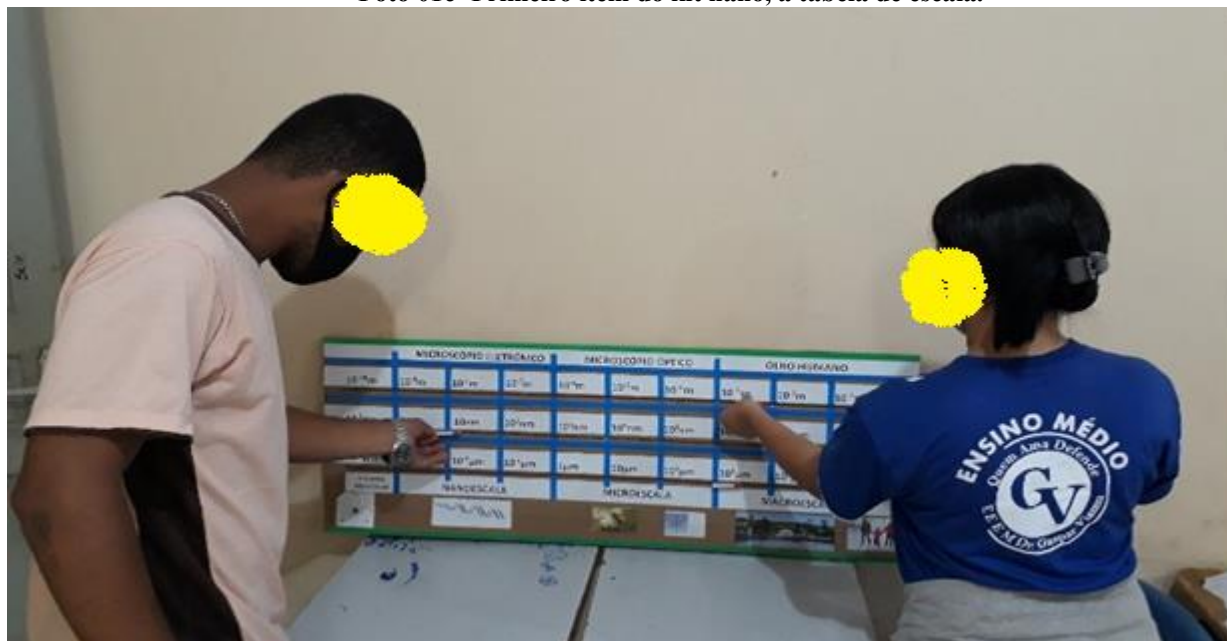
Fonte: O autor.

Foto 01b- Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.



Fonte: O autor.

Foto 01c- Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.



Fonte: O autor.

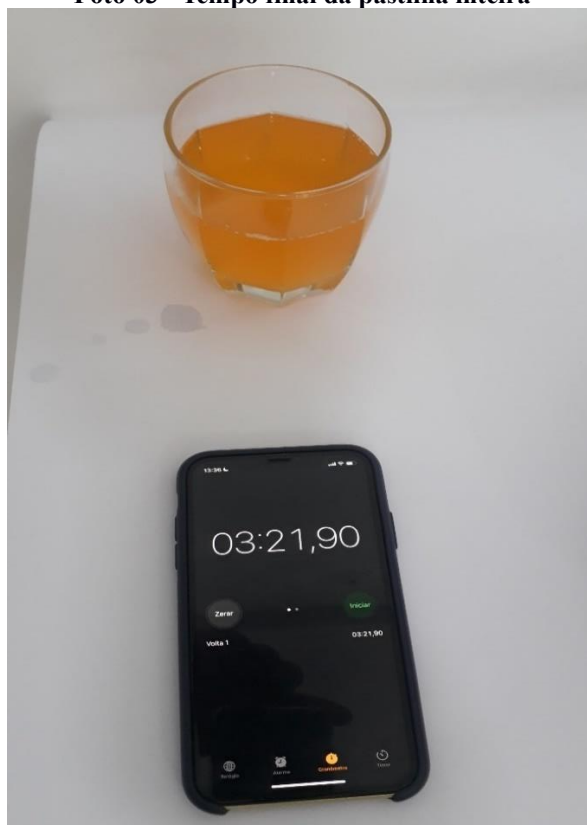
Na aula 02, dia 09/11/2021, os alunos teceram comentários sobre o que entenderam sobre os vídeos assistidos, momento em que houve muita interação de forma descontraída entre os alunos. Logo em seguida foi realizada o Experimento 01 – Pastilha Efervescente, momento em que os alunos se divertiram bastante. As imagens das Fotos 02, 03, 04, 05 e 06; abaixo, apresentam o momento da realização do Experimento 01.

**Foto 02- Organização do experimento 01**



Fonte: O autor.

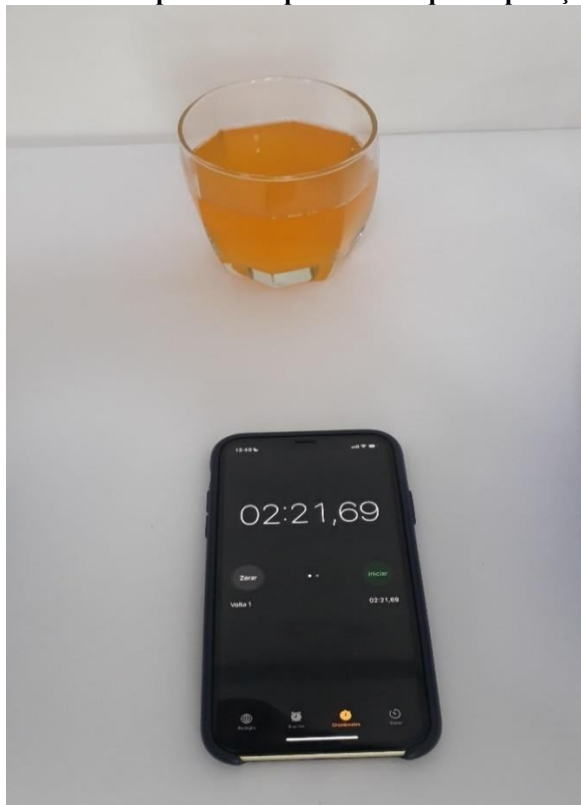
**Foto 03 - Tempo final da pastilha inteira**



Fonte: O autor.

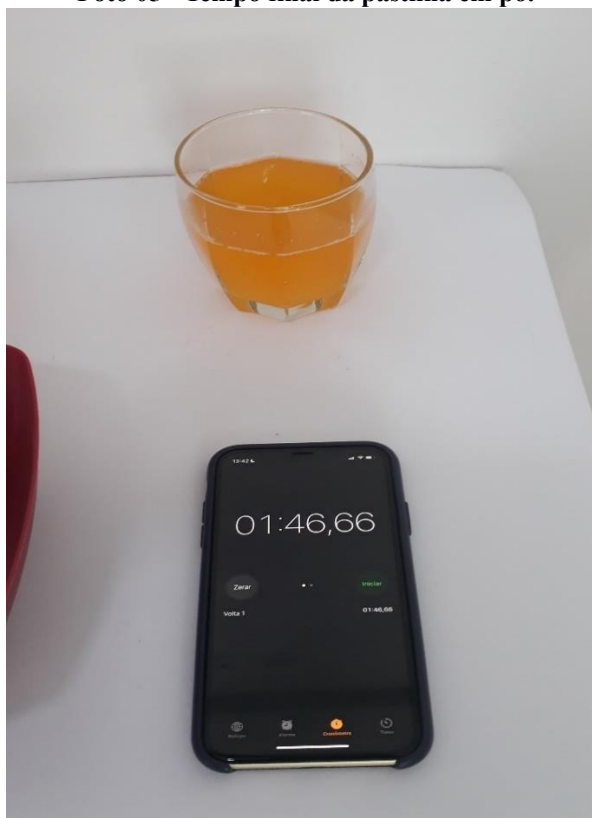


**Foto 04 - Tempo final da pastilha em quatro pedaços**



**Fonte: O autor.**

**Foto 05 - Tempo final da pastilha em pó.**



**Fonte: O autor.**

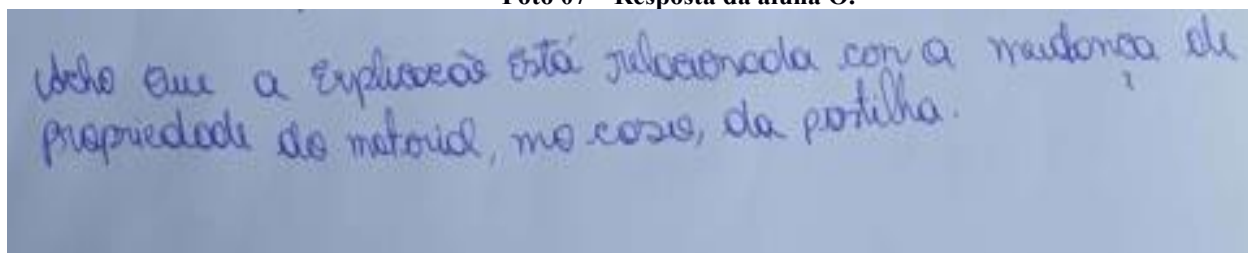
Foto 06 – Momento de observação do experimento 01.



Fonte: O autor.

A seguir, com as imagens das Fotos 07, 08, 09 e 10; apresenta-se algumas respostas dos alunos, na tentativa de explicar o motivo pelo qual a pastilha que estava em pó dissolveu em uma velocidade maior do que as demais pastilhas:

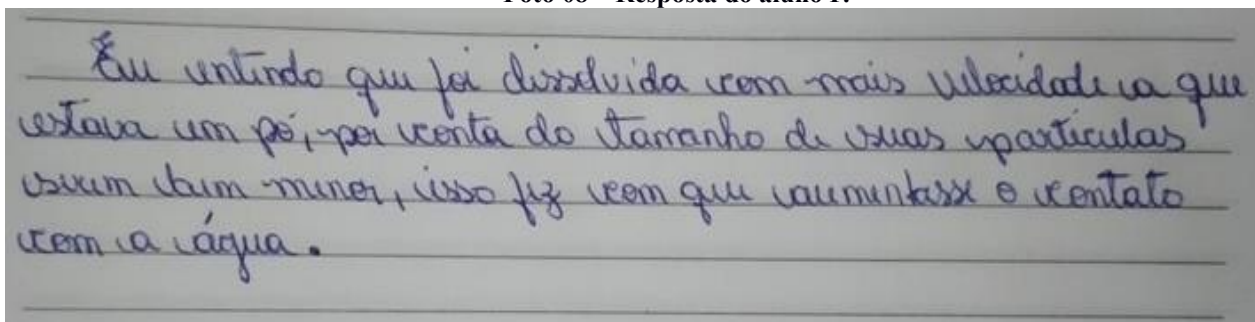
Foto 07 – Resposta da aluna O.



Fonte: O autor.

“Acho que a explicação está relacionada com a mudança de propriedade do material, no caso, da pastilha.”

Foto 08 – Resposta do aluno P.

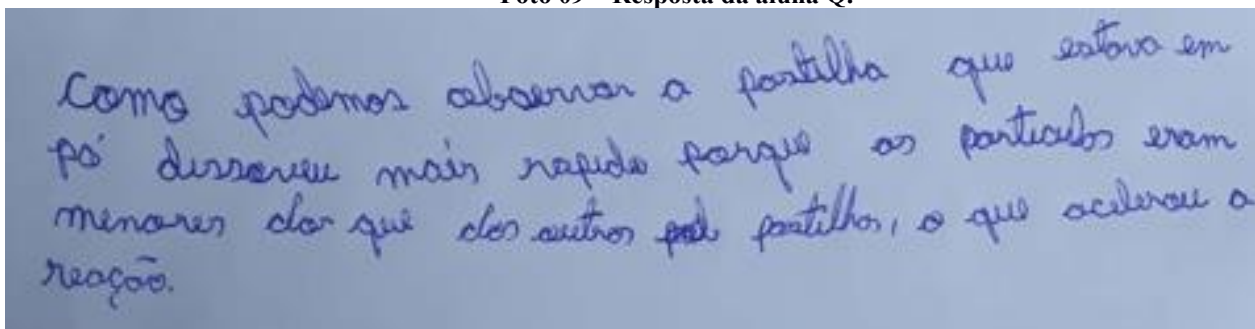


Eu entendo que foi dissolvida com mais velocidade a que estava em pó, por conta do tamanho de suas partículas serem bem menor, isso fez com que aumentasse o contato com a água.

Fonte: O autor.

“Eu entendo que foi dissolvida com mais velocidade a que estava em pó, por conta do tamanho de suas partículas serem bem menor, isso fez com que aumentasse o contato com a água.”

Foto 09 – Resposta da aluna Q.

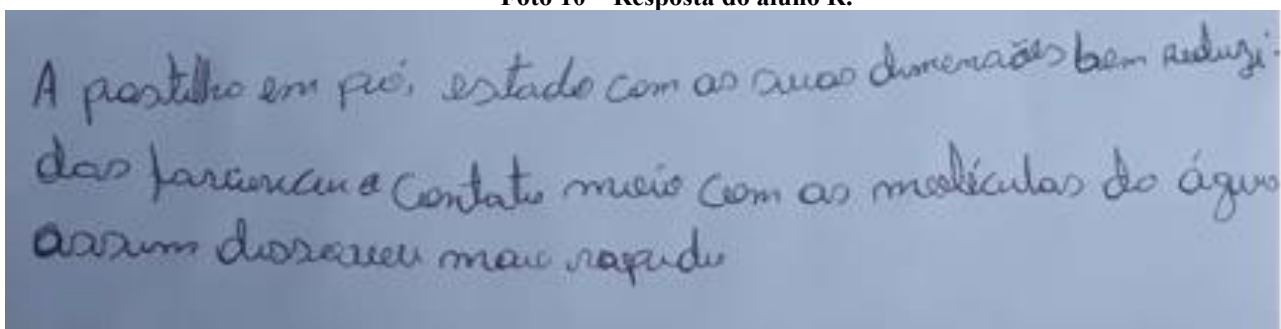


Como podemos observar a pastilha que estava em pó dissolveu mais rápido porque as partículas eram menores do que das outras pastilhas, o que acelerou a reação.

Fonte: O autor.

“Como podemos observar a pastilha que estava em pó dissolveu mais rápido porque as partículas eram menores do que das outras pastilhas, o que acelerou a reação.”

Foto 10 – Resposta do aluno R.



A pastilha em pó, estando com as suas dimensões bem reduzidas, favoreceu o contato maior com as moléculas da água, assim dissolveu mais rápido.

Fonte: O autor.

“A pastilha em pó, estando com as suas dimensões bem reduzidas, favoreceu o contato maior com as moléculas da água, assim dissolveu mais rápido.”

Na aula 03, dia 16/11/2021, os alunos trouxeram o que entenderam dos vídeos assistidos para discussão em sala de aula, mais precisamente, sobre o que é Nanociência e Nanotecnologia. Momento em que puderam interagir entre si e com o professor, fazendo perguntas e sanando dúvidas. E nesta aula os alunos puderam ter contato com o segundo item do “Kit Nano”, o conjunto de cubos, onde puderam visualizar e verificar por meio de cálculos a mudança da propriedade, a área total da superfície dos cubos à medida que as dimensões dos cubos diminuem. Momento em que gerou muita surpresa para os alunos. As imagens das Fotos 11a, 11b e 11c, mostram a momento da interação dos alunos com o conjunto de cubos.

**Fotos 11a – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.**



Fonte: O autor.

Foto 11b – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.



Fonte: O autor.

Foto 11c – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.



Fonte: O autor.

A aula 04, não pôde acontecer na semana seguinte, em virtude de as aulas presenciais terem sido suspensas em virtude do surto de Gripe que acometeu a Cidade e todo o Brasil, voltando a modalidade online, inviabilizando, momentaneamente, a continuidade da sequência didática. Assim, a Aula, 04, aconteceu no dia 11/01/2022, momento em que houve uma interação bastante produtiva concernente aos vídeos assistidos. Logo em seguida, foi realizado o Experimento 02 – Areia Grossa e Areia Fina, onde os alunos tiveram a curiosidade aguçada, e onde à princípio, receberam a oportunidade de explicarem o motivo da ocorrência do resultado obtivo com o experimento. As imagens das Fotos 12, 13, 14 e 15 e 16; apresentam os registros do momento da realização do experimento 02.

**Foto 12 - Organização do experimento 02**



**Fonte: O autor.**

**Foto 13 – Copos com areia preenchidos com água.**



**Fonte: O autor.**

**Foto 14 – Filtragem da água.**



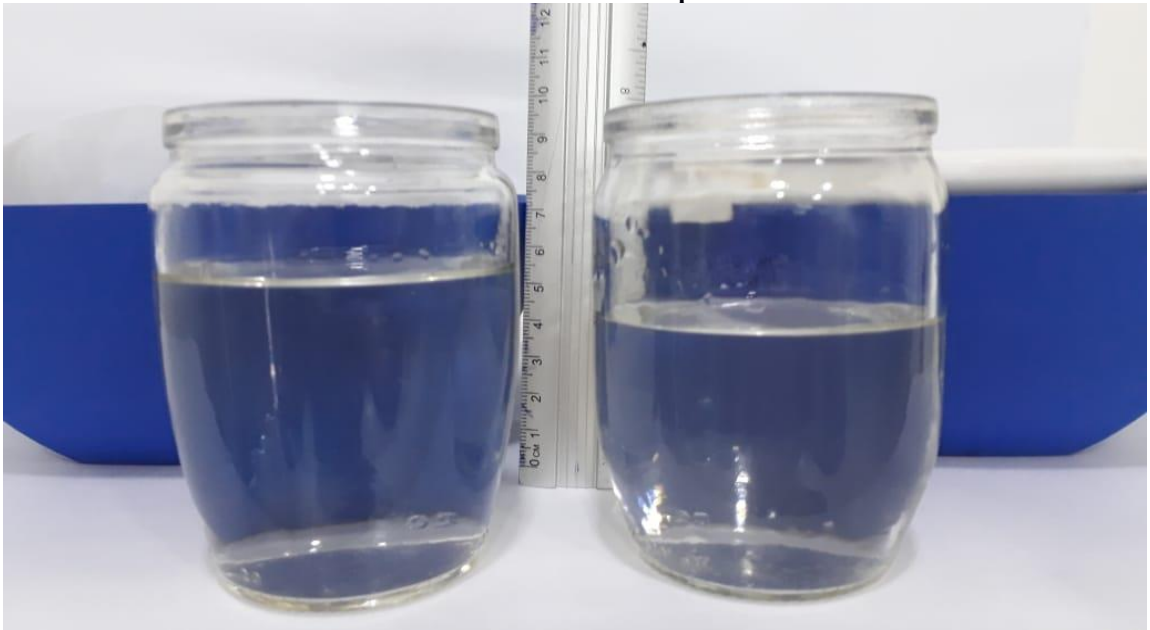
**Fonte: O autor.**

**Foto 15 – Momento de observação do experimento 02**



Fonte: O autor.

**Foto 16 – Resultado final do experimento 02.**

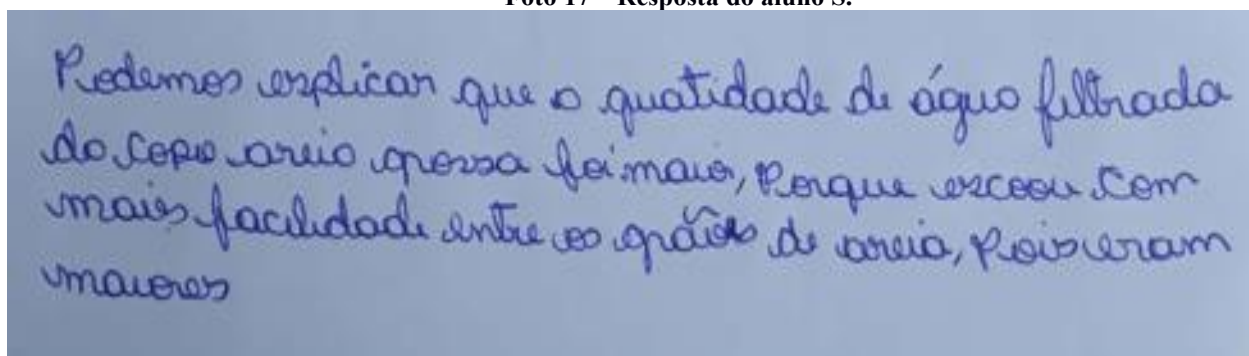


Fonte: O autor.



A seguir, com as imagens das Fotos 17, 18, 19 e 20; apresenta-se algumas respostas dos alunos na tentativa de explicar o motivo pelo qual a água do copo que passou pela areia fina ter ficado com um volume menor do que a água do copo que passou pela areia grossa:

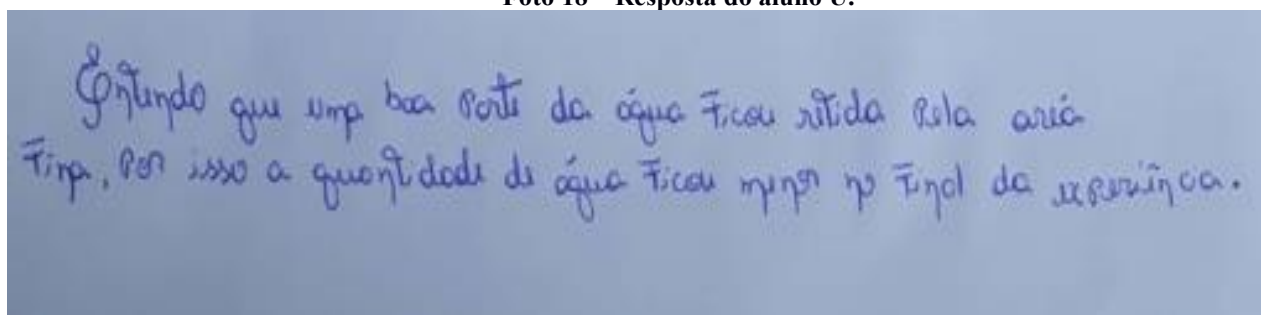
Foto 17 – Resposta do aluno S.



Fonte: O autor.

“Podemos explicar que a quantidade de água filtrada do copo com areia grossa foi maior porque escoou com mais facilidade entre os grãos de areia, pois eram maiores.”

Foto 18 – Resposta do aluno U.



Fonte: O autor.

“Entendo que uma boa parte da água ficou retida pela areia fina, por isso a quantidade de água ficou menor no final da experiência.”

Foto 19 – Resposta da aluna T.

Para molhar os grãos da areia grossa precisou de menos água do que para molhar os grãos da areia fina, pois a quantidade de moléculas de areia fina é muito maior, então usou mais água. Por isso a água do copo de areia fina ficou mais baixa.

Fonte: O autor.

“Para molhar os grãos da areia grossa precisou de menos água do que para molhar os grãos da areia fina, pois a quantidade de moléculas de areia fina é muito maior, então usou mais água. Por isso a água do copo de areia fina ficou mais baixa.”

Foto 20 – Resposta da aluna W.

O volume de água que foi filtrada da areia grossa passou mais livremente pelas partículas pois eram bem maiores do que as partículas da areia fina. O resultado então está diretamente ligado ao tamanho dos grãos.

Fonte: O autor.

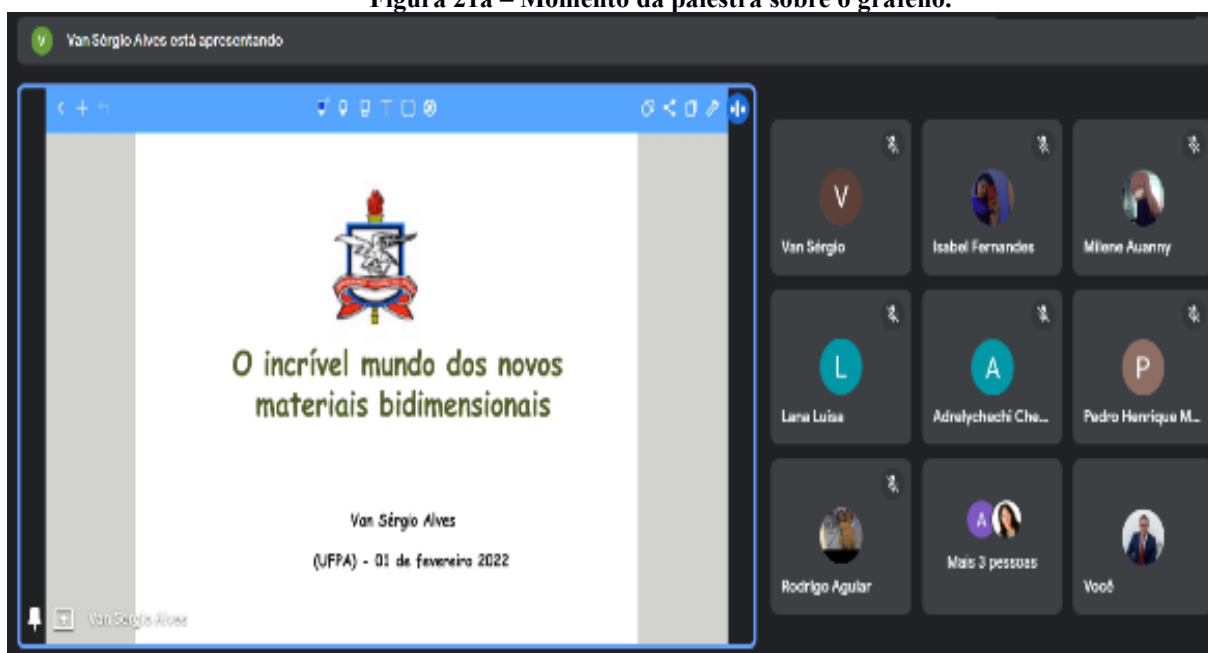
“O volume de água que foi filtrada da areia grossa passou mais livremente pelas partículas pois eram bem maiores do que as partículas da areia fina. O resultado então está diretamente ligado ao tamanho dos grãos.”

Na aula 05, dia 18/01/2022, os alunos apresentaram o que compreenderam sobre os vídeos assistidos, sendo realizada uma discussão em torno dos mesmos. E também, foi abordado sobre o que são Mapas Conceituais, a sua importância e o processo de elaboração.

A aula 06, não pôde ser realizada na semana seguinte, pelo fato de ter ocorrido um imprevisto com o palestrante convidado. Assim, a Aula 06, aconteceu no dia 01/02/2022, ocasião

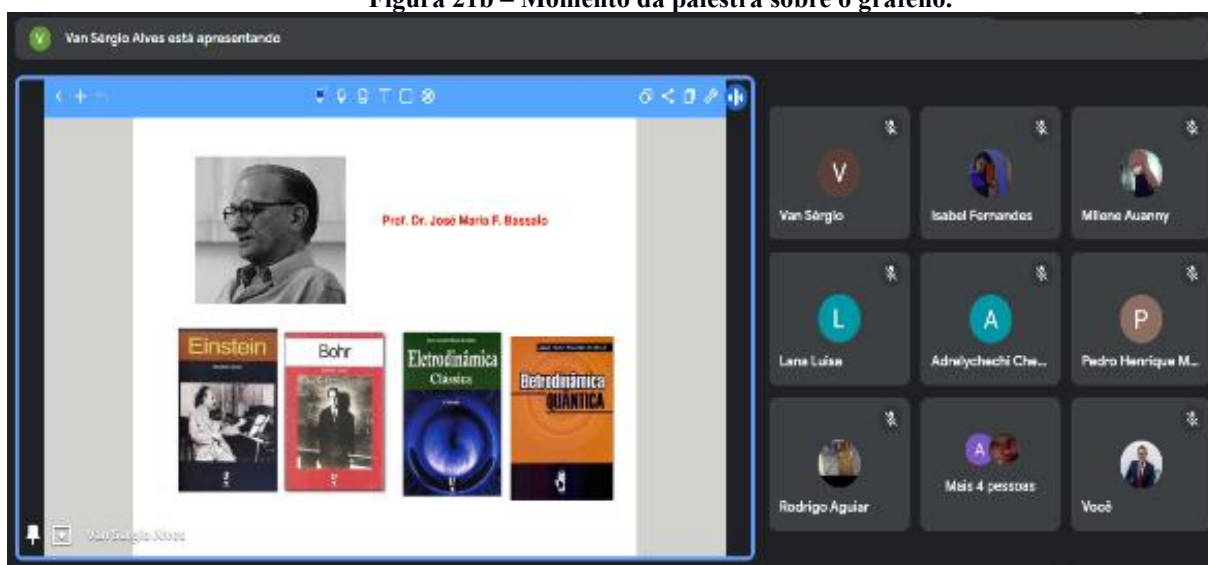
em que os alunos participaram de uma palestra/entrevista com o professor Dr. Van Sérgio Alves da Silva, um dos pesquisadores do grupo de pesquisa em Grafeno da Universidade Federal do Pará. Momento em que o palestrante explicou o que é o Grafeno, as suas características, as conquistas realizadas pelo grupo de pesquisa, os desafios futuros, além de ter incentivado os alunos pela descoberta e curiosidade científica. Aqui os alunos tiveram a oportunidade de fazer perguntas e tirar as suas dúvidas a respeito do Grafeno, bem como outras relacionadas à Nanociência e Nanotecnologia. As imagens 21a e 21b, são prints do momento da palestra/entrevista.

**Figura 21a – Momento da palestra sobre o grafeno.**



Fonte: O autor.

**Figura 21b – Momento da palestra sobre o grafeno.**

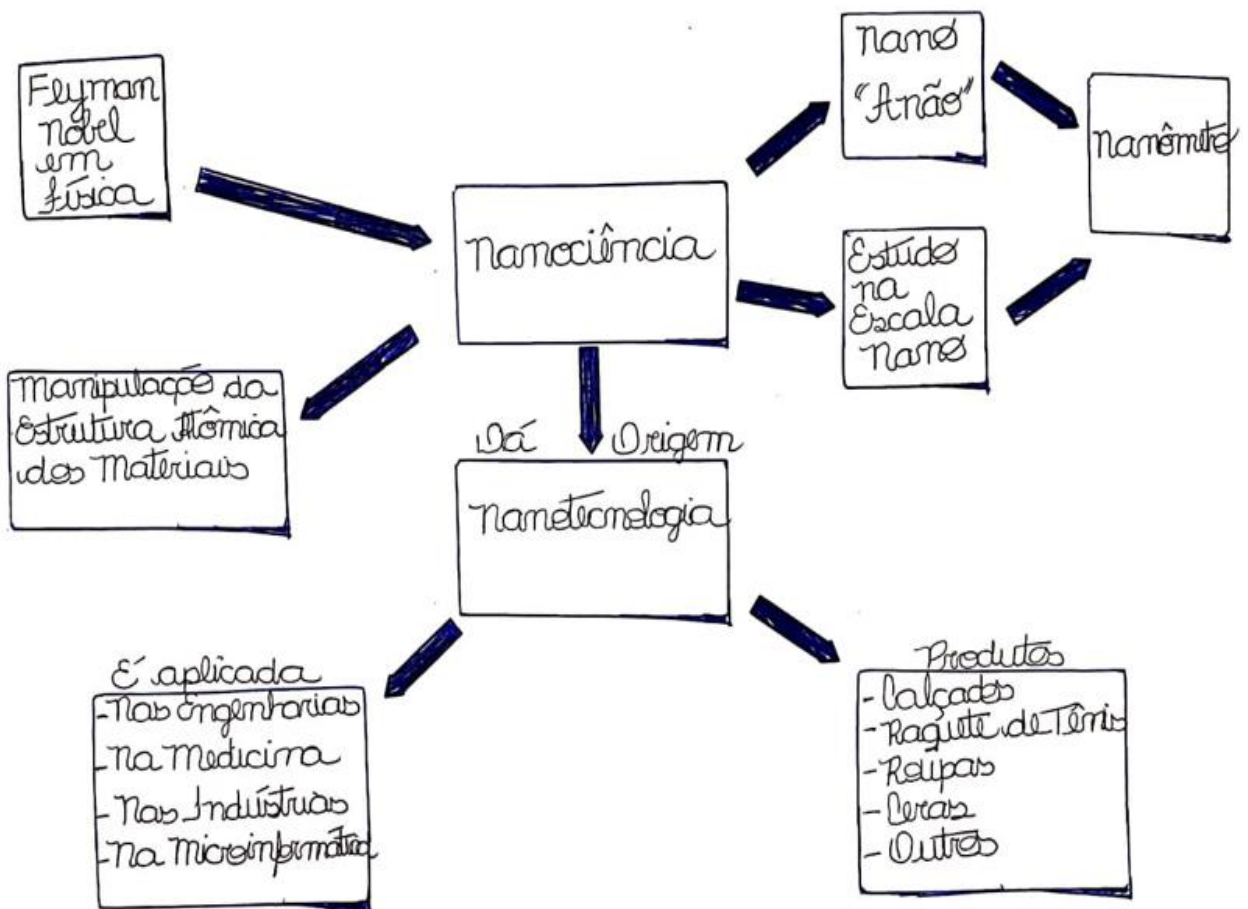


Fonte: O autor.

E em seguida, os alunos colocaram em prática o que aprenderam, momento em que os grupos construíram Mapas Conceituais sobre o conhecimento construído sobre Nanociência e Nanotecnologia ao longo das 06 aulas/encontros.

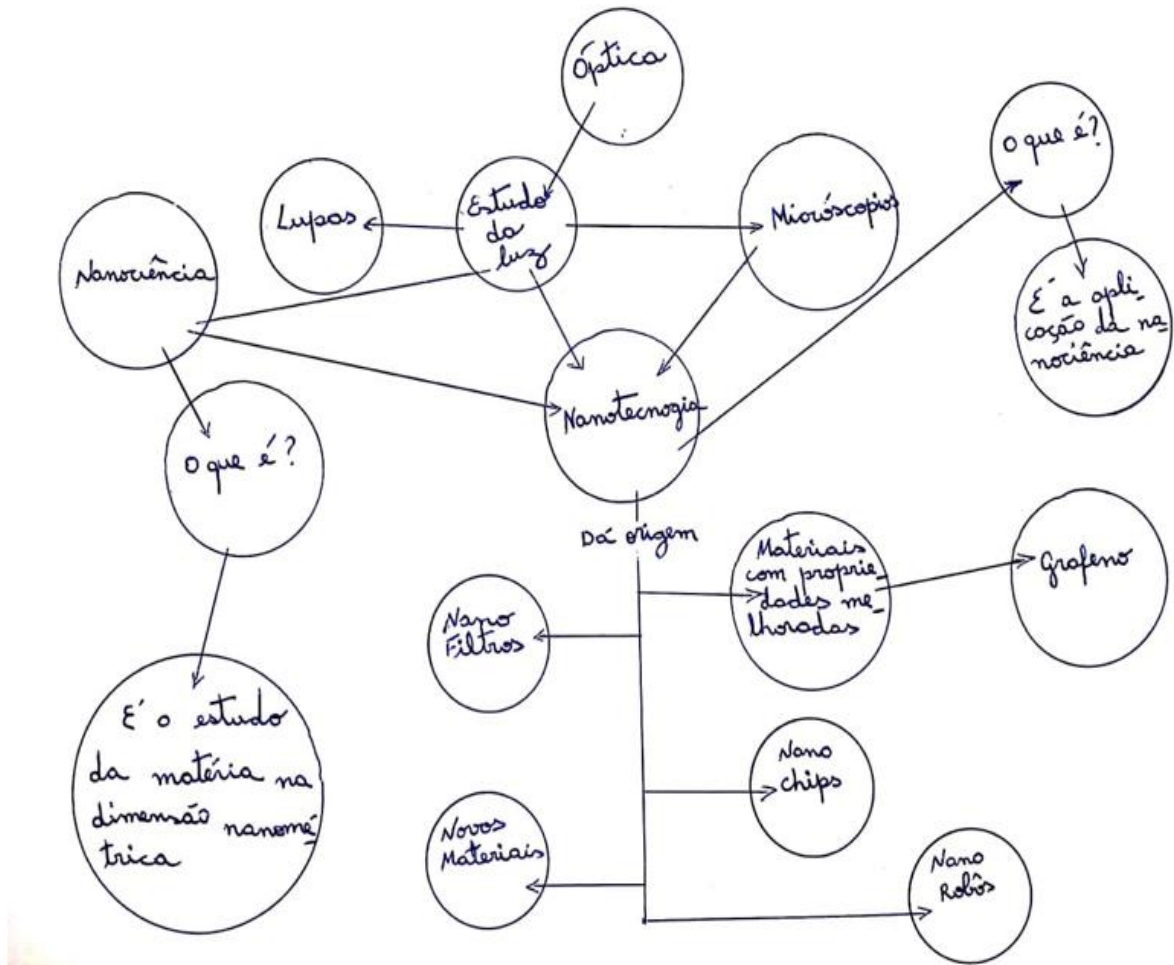
Nas das Fotos 22, 23 e 24, a seguir, apresenta-se alguns mapas conceituais produzidos pelos grupos em sala de aula:

Foto 22 – Mapa conceitual produzido pelo grupo X.



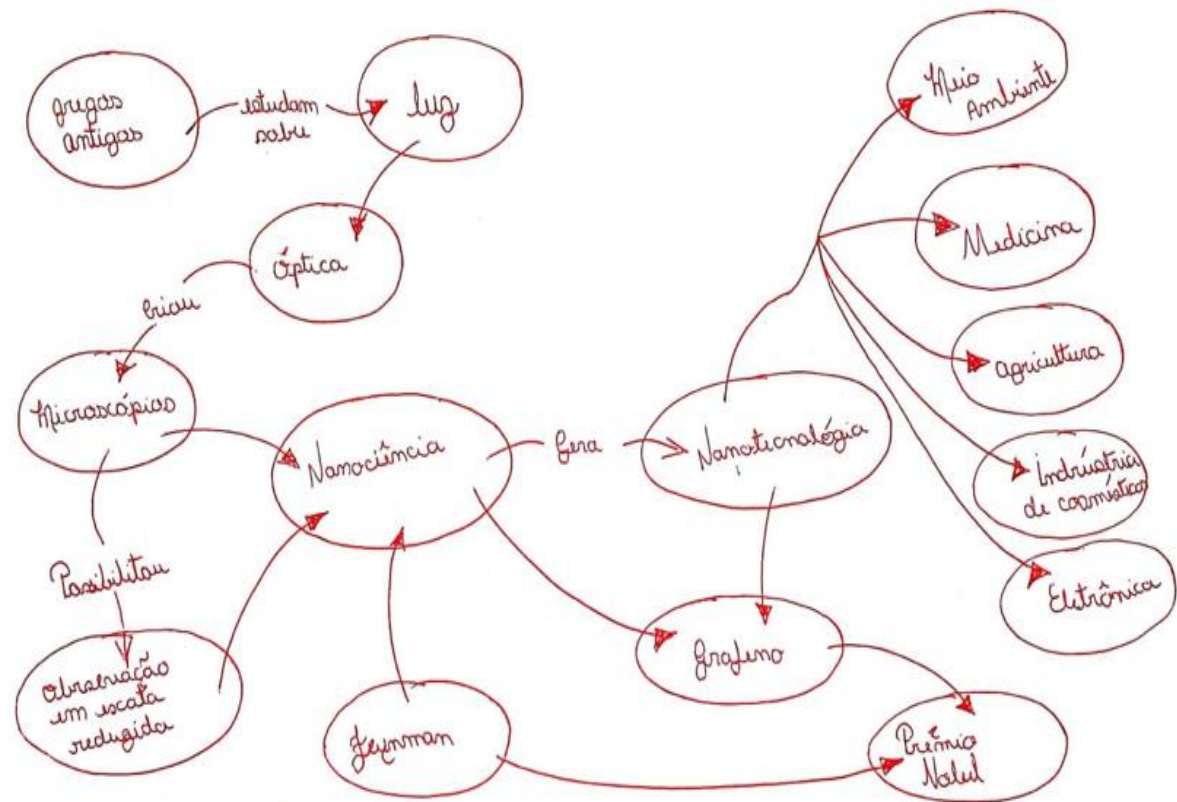
Fonte: O autor.

Foto 23 – Mapa conceitual produzido pelo grupo Y.



Fonte: O autor.

Foto 24 – Mapa conceitual produzido pelo grupo Z.

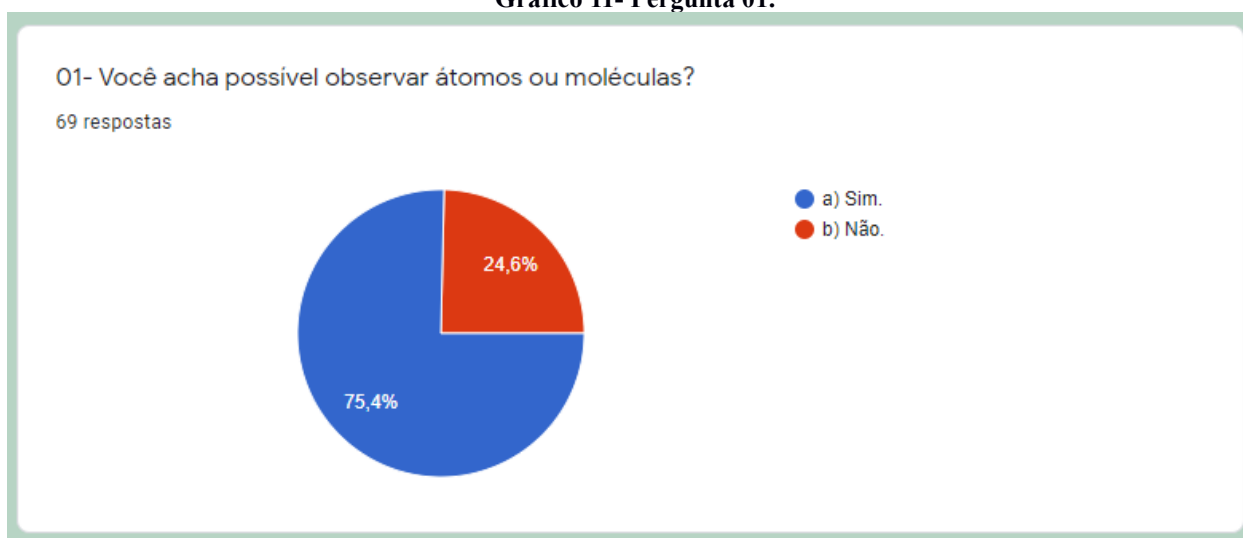


Fonte: O autor.

## 4.2 Análise da Avaliação da Proposta de Intervenção

Logo após a implementação da proposta de intervenção junto aos alunos do 3º ano (sendo 3º A, B e C, em um total constituído por 71 alunos) da Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Gaspar Viana, foi aplicado no dia 02/02/2022, remotamente, o Questionário 02 (em anexo), para a verificação da eficácia da aplicação da proposta de intervenção (Onde, em um total de 69 alunos das três turmas participaram), por meio do qual foram levantados os seguintes dados sobre o tema em questão, expressos pelos Gráficos 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 19a, 19b e 20, a seguir:

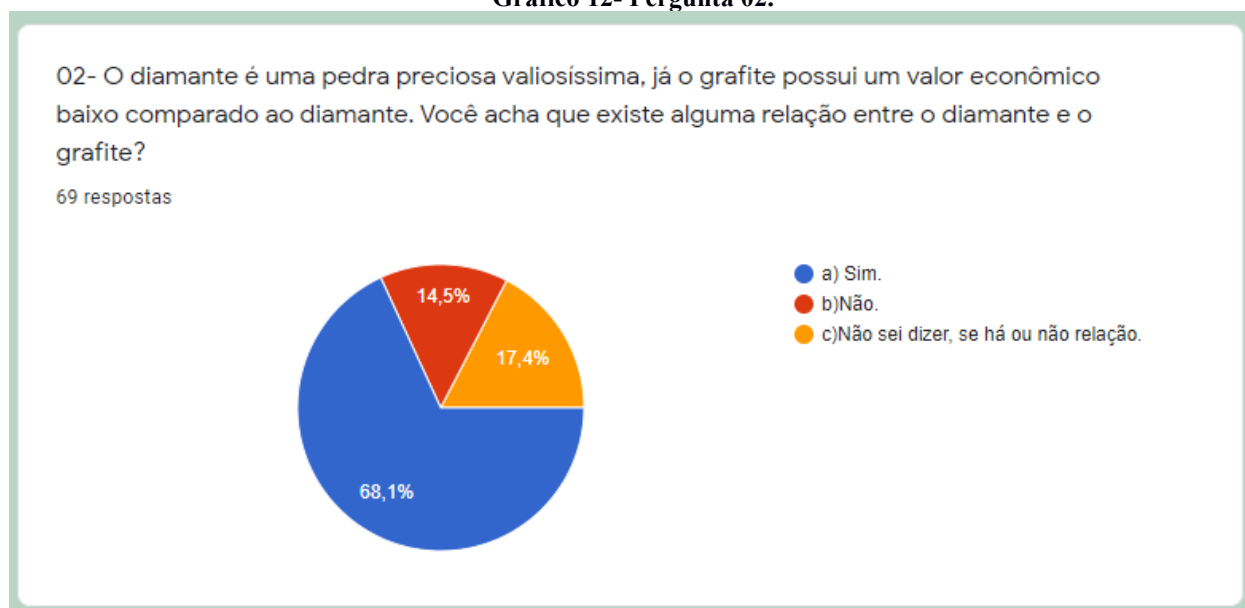
**Gráfico 11- Pergunta 01.**



Fonte: O autor.

Da análise dos dados observados no Gráfico 11, percebe-se que um quantitativo de 75,4% dos participantes, responderam afirmativamente a esta pergunta. Constatando-se que houve um suave aumento no percentual, indo de 73,9% no Questionário 01, para 75,4% no Questionário 02.

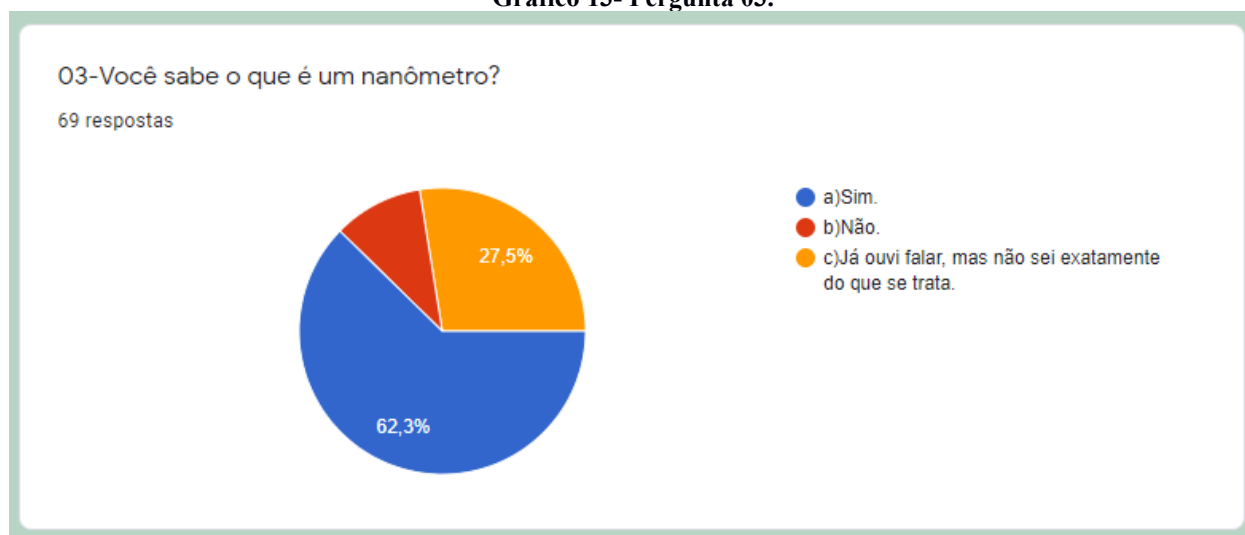
Gráfico 12- Pergunta 02.



Fonte: O autor.

Da análise dos dados observados no Gráfico 12, percebe-se que houve uma redução considerável do percentual de alunos que não sabiam responder a esta pergunta, indo dos 39,1% do Questionário 01, para 17,5% do Questionário 02.

Gráfico 13- Pergunta 03.

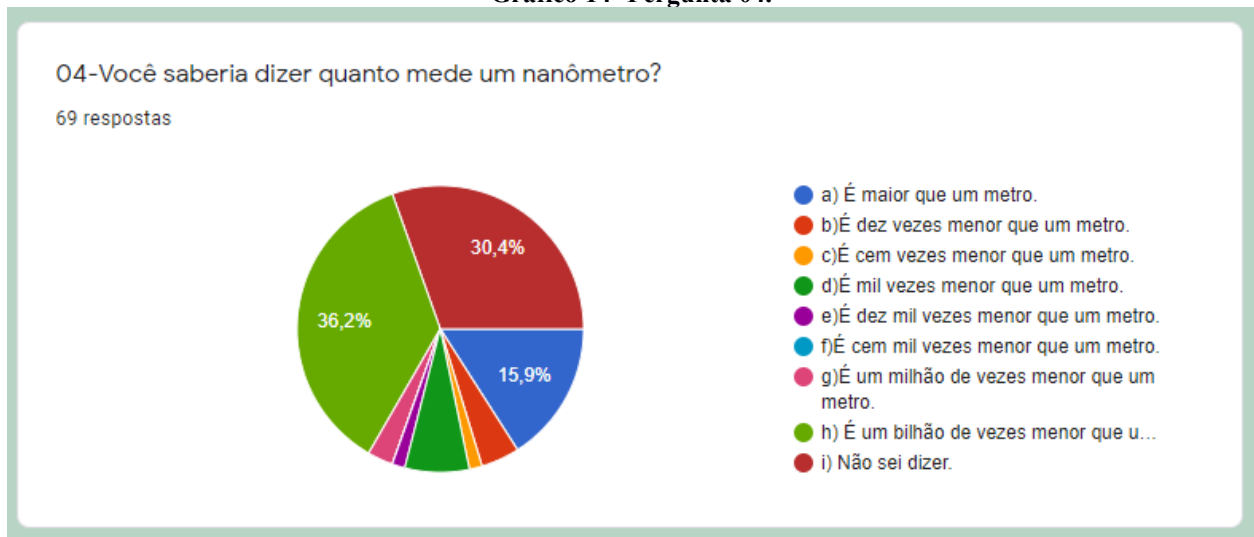


Fonte: O autor.

Observando-se o Gráfico 13, verifica-se que houve um acréscimo de conhecimento, pois observa-se que o percentual aumentou de 17,4% no Questionário 01, para 62,3% no Questionário 02, o percentual de participantes que sabem o que é um nanômetro.



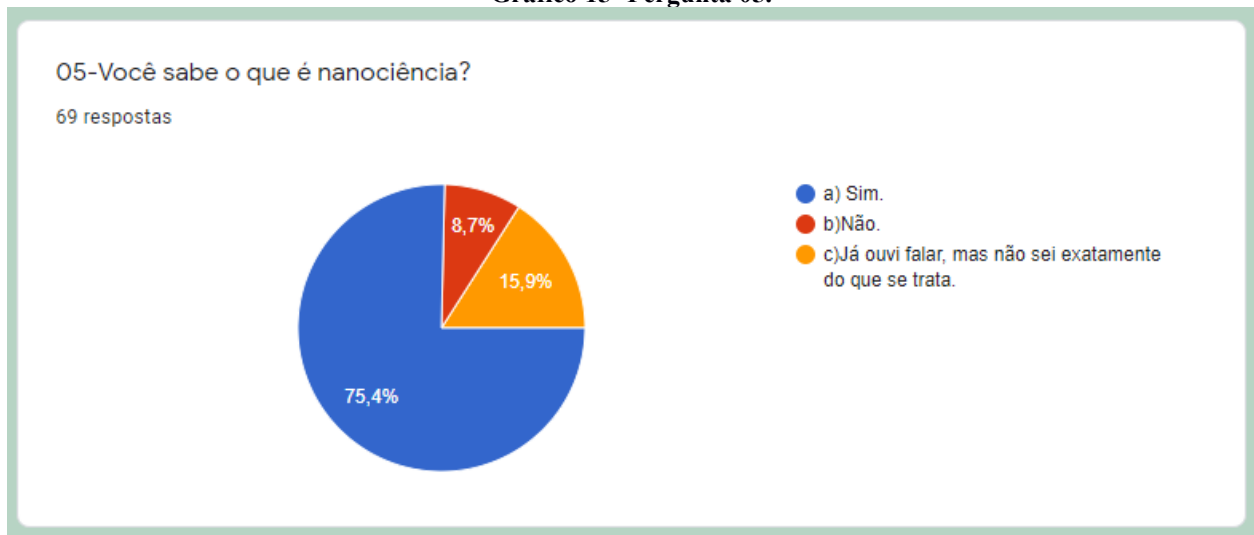
Gráfico 14- Pergunta 04.



Fonte: O autor.

Com base na análise do Gráfico 14, percebe-se que houve uma redução considerável de alunos que não sabiam dizer quanto que mede um nanômetro, indo de 56,5% no Questionário 01, para 30,4% no Questionário 02.

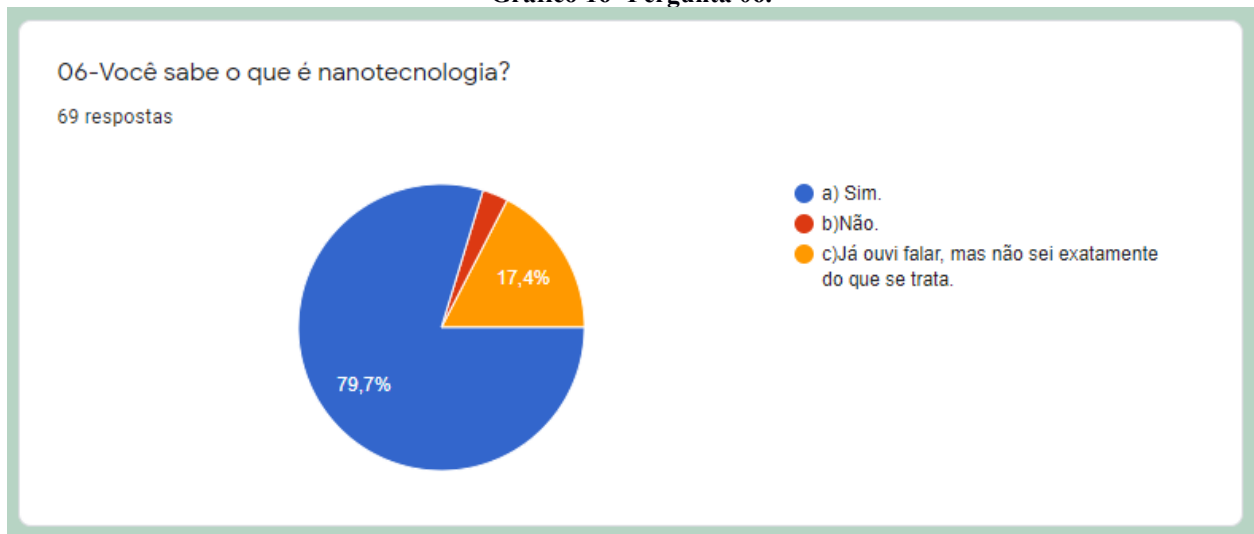
Gráfico 15- Pergunta 05.



Fonte: O autor.

De acordo com o observado no Gráfico 15, foi bastante considerável o aumento de conhecimento demonstrado diante desta pergunta. De modo que aumentou, de 20,3%, no Questionário 01, para 75,4%, no Questionário 02.

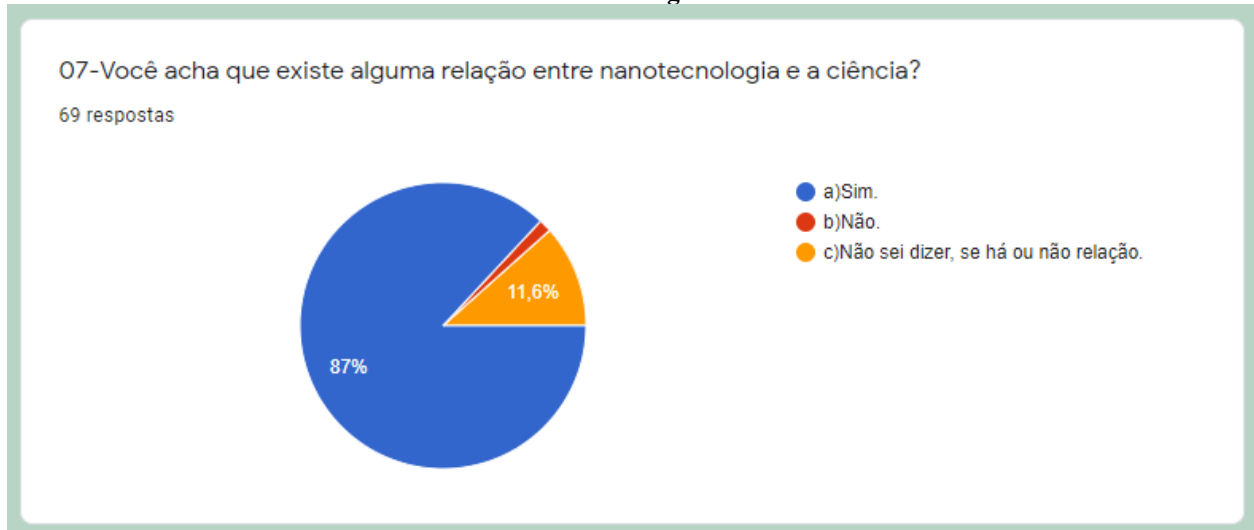
Gráfico 16- Pergunta 06.



Fonte: O autor.

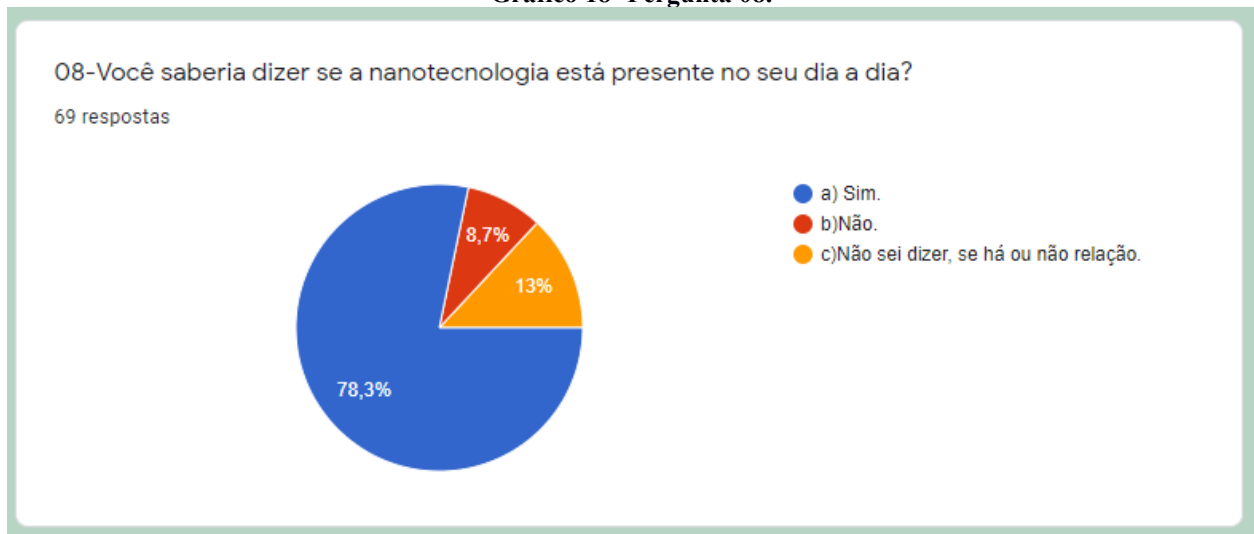
Dos dados do Gráfico 16, verifica-se um considerável aumento de conhecimento no percentual de assertividade em relação a esta pergunta. De modo que, aumentou de 29%, no Questionário 01, para 79,7% no Questionário 02.

Gráfico 17- Pergunta 07.



Da análise do Gráfico 17, percebe-se que dos participantes, um percentual de 29%, que não souberam responder se existe alguma relação entre nanotecnologia e a ciência no Questionário 01, diminuiu para 11,6% no Questionário 02.

Gráfico 18- Pergunta 08.



Das informações contidas no Gráfico 18, infere-se que, que houve uma redução substancial do percentual de alunos que não sabiam dizer se a nanotecnologia está presente no seu dia a dia, passando do percentual de 44,9% do Questionário 01, para 13% do Questionário 02.

Gráfico 19a- Pergunta 09.

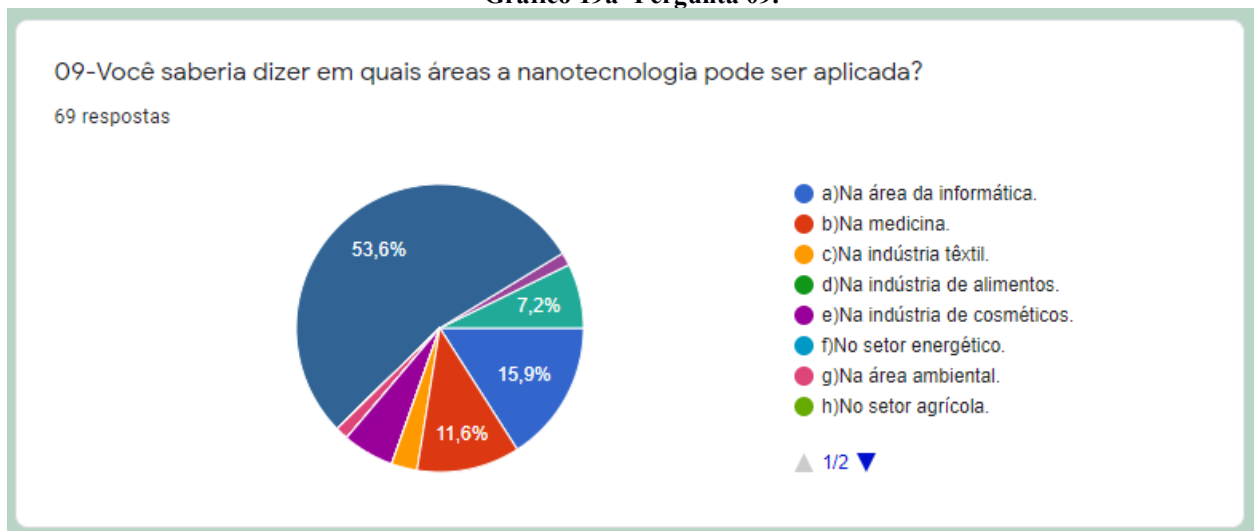
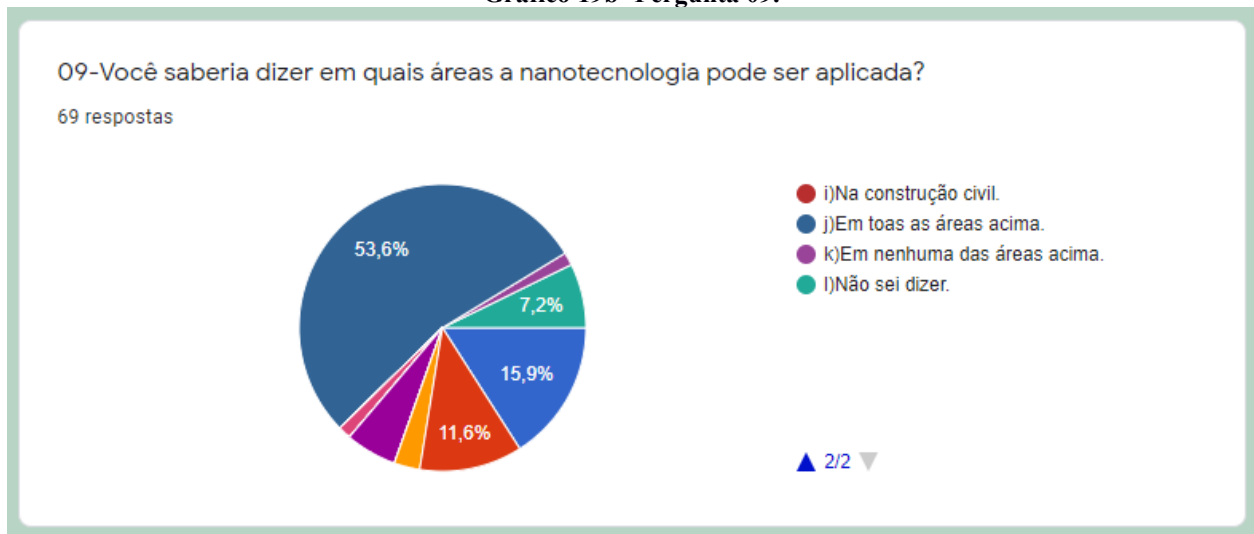
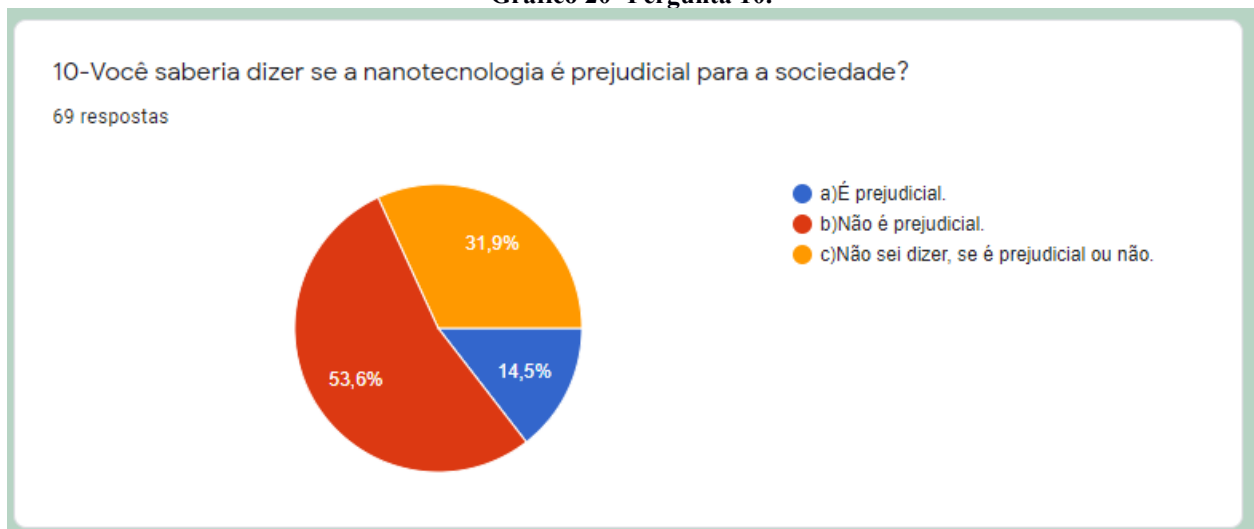


Gráfico 19b- Pergunta 09.



Analisando as informações contidas nos Gráficos 19a e 19b, constata-se que houve um considerável aumento de conhecimento em relação a essa pergunta, indo de 31,9% no Questionário 01 para 53,6% no Questionário 02.

Gráfico 20- Pergunta 10.



Por fim, da análise do Gráfico 20, nota-se que houve uma redução do percentual de alunos que não sabiam dizer se a nanotecnologia é ou não prejudicial. Assim, dos 65,2%, do Questionário 01, diminuiu para 31,9%, no Questionário 02.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a implementação da proposta de intervenção, pôde-se notar o entusiasmo com o qual os alunos, apresentavam-se durante as discussões em sala de aula, evidenciando o fascínio que a Nanociência e a Nanotecnologia exerce no imaginário dos mesmos, fazendo-os acreditar, verdadeiramente, que muitas das coisas que eram vistas apenas em filmes de ficção científica, estão se tornando cada vez mais comuns em nossos dias, levando-os a refletirem que a ciência não possui fronteiras, e que há uma multidão de descobertas a serem feitas, e que eles, os discentes, podem perfeitamente serem protagonistas das próximas inovações tecnológicas, trazidas a efeito, pela Nanociência e pela nanotecnologia.

Diante do problema de pesquisa: Qual a implicação da aplicação de uma sequência sobre nanociência e nanotecnologia na compreensão de conceitos físicos na evolução tecnológica? Que ensejou este trabalho de pesquisa, pode-se afirmar que, pela análise dos dados coletados pelo Questionário 01 e também pelo Questionário 02, e sendo feita a comparação dos mesmos, pode-se nitidamente perceber-se que a proposta de intervenção implementada junto aos alunos das turmas 3º Ano do Ensino Médio da Escola Estadual Dr. Gaspar Viana, foi eficaz, proporcionando aos discentes um acréscimo substancial de conhecimento sobre o tema, auxiliando de forma satisfatória na compreensão de conceitos físicos que subsidiam a evolução tecnológica, o que concede legitimidade para a aplicação desta proposta em outras escolas.

Por conta da pandemia, que ainda não passou, também por conta do surto de gripe que acometeu toda a cidade de Marabá, bem como, por conta das chuvas durante esse período do ano, nem todos os alunos das duas turmas participaram com assiduidade das aulas/encontros, mas os que participaram efetivamente, foram de certa forma impactados com os novos conhecimentos construídos.

Sem dúvida, saber explorar outras alternativas para tornar as aulas de Física mais atraentes, diante da falta de estrutura de muitas de nossas escolas é um desafio muito grande que o docente deve enfrentar em busca de dinamizar o processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, utilizar todos os recursos disponíveis, acessíveis tanto a professores como a alunos é a chave para dinamizar o processo de ensino aprendizagem, aumentando a interação e o interesse dos alunos pela construção do conhecimento, tornando o processo cognitivo significativo.

Decerto, adotar novas práticas, inovar no ambiente educacional não são ações imediatas porque requerem tempo para adaptações. Deve-se ter em mente que é um processo, e a mudança é gradual; no entanto, os benefícios são grandes, tanto para os alunos, professores, quanto para a escola, de maneira geral. Também deve-se reconhecer que tais mudanças são essenciais diante da

evolução da tecnologia e das novas demandas de comportamento dos alunos.

Portanto, cabe ao professor saber explorar isso em benefício de sua práxis e do processo de ensino e aprendizagem. Os tempos mudaram, a escola está mudando e somos conscientes que a nossa prática pedagógica precisa se ajustar a essas novas mudanças. Por conseguinte, a abordagem de Nanociência e Nanotecnologia é uma boa pedida para que os alunos possam sentir aguçadas a sua curiosidade e situarem-se com as mudanças tecnológicas e científicas da atualidade.

Como proposta para trabalhos futuros, pode-se investigar o que há na literatura em termos de propostas de intervenção metodológicas para os anos iniciais do ensino fundamental, e pensar em uma proposta que possa ser implementada neste nível de escolaridade, uma vez que as crianças de hoje já nascem imersas no mundo tecnológico, sendo assim, como tirar proveito de fato, a fim de promover uma melhor compreensão e desenvolvimento da ciência e tecnologia por parte delas ao longo de sua vida escolar e acadêmica.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Osvaldo Luiz. **Nanotecnologias: Elas já estão entre nós**. Revista Ciência & Cultura da Sociedade Brasileira para o progresso da ciência. Ano 65. Número 3. Julho/Agosto/Setembro de 2013.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**. Uma Perspectiva Cognitiva. 2000. p.1-35. Plátano Edições Técnicas. Lisboa. Portugal. 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **Nanotecnologia: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. Universidade Federal de Juiz de Fora – MG. Julho, 2006.

CARNEIRO, Alfredo. **Pré-socráticos: do mito ao logos ou a origem da filosofia**. Disponível em: <https://www.netmundi.org/filosofia/2014/pre-socraticos-do-mito-ao-logos/>. Acesso em: 15/07/2020.

CHERMAN, Alexandre. **Sobre os ombros de gigantes: uma história da Física**. Editora ZAHAR, 2ª ed. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: [https://zahar.com.br/sites/default/files/arquivos/trecho\\_-\\_sobre\\_os\\_ombros\\_de\\_gigantes.pdf](https://zahar.com.br/sites/default/files/arquivos/trecho_-_sobre_os_ombros_de_gigantes.pdf). Acesso em: 14/07/2020.

CHIBENI, Silvio Seno. **Observação sobre as relações entre a ciência e a filosofia**. Disponível em: <https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaefilosofia.pdf>. Acesso: em: 15/07/2020.

CLEBSCH, Angelina Benetti. WATANABE, Marcio. **Abordagem da nanociência e nanotecnologia a partir da escala**. Novas tecnologias na educação. CINTED-UFRGS. v.15, nº 1, julho, 2017.

COHEN, Martin. **Habilidades de pensamento crítico: para leigos**. Editora Alta Books. Rio de Janeiro, 2017.

CORTE, Marilene Gabriel Dalla. LUNARDI, Elisiane Machado. Pesquisa Aplicada e Implicada – Políticas e gestão pública da educação básica. Ed. Pimenta cultural. Vol. 1. São Paulo, 2020.

COSTA, Helena Carvalho. SILVA, Gilvan Mendonça. RIBEIRO, Tiago Nery. **Uso de Mapas Conceituais como instrumento de Avaliação no Ensino de Física: Um estudo a partir do tema as leis de Newton**. VI Colóquio Internacional: Educação e Contemporaneidade. São Cristóvão – SE/Brasil, 2012.

FERREIRA, V.B. **Nanotecnologia e sua importância no contexto brasileiro**. In: E-science e políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação no Brasil [online]. Salvador: EDUFBA, 2018, pp. 97- 106.

LÊDO, J. C. S. **Questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia** 2006. 120f. Dissertação (Mestrado em Bioética) - Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2006.

LIMA, Luís Carlos de. **História da Física**. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/historia-da-fisica-centro-brasileiro-de-pesquisas-fisicas/5010483/>. Acesso em: 16/07/2020.

MACEDO, Neusa Dias. **Iniciação à pesquisa bibliográfica: guia do estudante para fundamentação do trabalho de pesquisa**. 2. ed. Revista. Editora Unimarco. São Paulo, 1994.

MATTEDI, Marcos Antônio. MARTINS, Paulo R. PREMEBIDA, Adriano. **A nanotecnologia como tendência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e ambiente**. Pensamento Plural. Pelotas- RS, julho/desembro, 2011.

MILLER, JOHN C., SERRATO, R., KUNDAHL, G. **The Handbook of Nanotechnology: Business, Policy and Intellectual Property Law**. First Edition, New Jersey, Wiley, 2005.

MOREIRA, M.A.; Salzano Masini, E. F. **Aprendizagem Significativa**. A teoria de David Ausubel. São Paulo. Morais LTDA. 1982.

OLIVEIRA, Bruno Nascimento. **O mito e o nascimento da filosofia**. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/diaphonia/article/download/18624/12245>. Acesso em: 16/07/2020.

PALAZZO, Luiz A. M. **Introdução à Modelagem Conceitual: mapas Conceituais**. Universidade Católica de pelotas. Abril, 2011.

PELIZZARI A. et al. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Revista PEC. Curitiba. v.2, n.1, p. 37-42. Julho 2001.

PLENTZ, Flávio. FAZZIO, Adalberto. **Considerações sobre o programa brasileiro de nanotecnologia**. Ciência e Cultura. Vol.65. Nº 3. São Paulo. Julho de 2013. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252013000300010](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300010). Acesso em: 27/03/2021.

PORTO, C.M.; PORTO, M.B.D.S.M. **A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna**. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442008000400015&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442008000400015&script=sci_arttext). Acesso em: 21/07/2020.

KINIGHT. Peter T. **A internet no Brasil – Origens, estratégia, desenvolvimento e governança**. Editora Author House. 2014.

SOUSA, R.P.; MOITA, F.M.C.S.C; CARVALHO, A.B.G. **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande. EDUEPB, 2011.

SALOMON, Dêlcio Vieira. **Como fazer uma monografia**. 11ª ed. Editora Martins Fontes. São Paulo, 2004.

ROCHA, José Fernando M. **Origens e evolução das ideias da física**. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Origens-evolu%C3%A7%C3%A3o-das-ideias-da-fisica-ebook/dp/B0166V94BM>. Acesso em: 21/07/2020.

SCHULZ, Peter A. B. **Nanociência de baixo custo em casa e na escola**. Física na escola, v.8. nº 1, 2007.



THOMAS, Jerry R. NELSON, Jack K. SILVERMAN, Stephen J. **Métodos de pesquisa em Atividade Física**. 6ª ed. Ed. Artmed. São Paulo, 2012.

TOMKELKI, Mauri Luis. SCREMIN, Greice. FAGAN, Solange Binotto. **Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior**. Ciênc. Educ. Bauru, v.25, n.3, p.665 -683, 2019.

## ANEXOS

## Questionário 01



## QUESTIONÁRIO 01

Responda a este questionário sem fazer consulta na internet ou a alguma outra pessoa.

E-mail \*

E-mail válido

Este formulário está coletando e-mails. [Alterar configurações](#)

01-Você acha possível observar átomos ou moléculas? \*

- a) Sim.
- b) Não.

02-O diamante é uma pedra preciosa valiosíssima, já o grafite possui um valor econômico baixo comparado ao diamante. Você acha que existe alguma relação entre o diamante e o grafite? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

03-Você sabe o que é um nanômetro? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

04-Você saberia dizer quanto mede um nanômetro? \*

- a) É maior que um metro.
- b) É dez vezes menor que um metro.
- c) É cem vezes menor que um metro.
- d) É mil vezes menor que um metro.
- e) É dez mil vezes menor que um metro.
- f) É cem mil vezes menor que um metro.
- g) É um milhão de vezes menor que um metro.
- h) É um bilhão de vezes menor que um metro.
- i) Não sei dizer.

05-Você sabe o que é nanociência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

06-Você sabe o que é nanotecnologia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

07-Você acha que existe alguma relação entre a nanotecnologia e a ciência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

08- Você saberia dizer se a nanotecnologia está presente no seu dia a dia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se está presente ou não.

09- Você saberia dizer em quais áreas a nanotecnologia pode ser aplicada? \*

- a) Na área da informática.
- b) Na medicina.
- c) Na indústria têxtil.
- d) Na indústria alimentícia.
- e) Na indústria de cosméticos.
- f) No setor energético.
- g) Na área ambiental.
- h) No setor agrícola.
- i) Na construção civil.
- j) Em todas as áreas acima.
- k) Em nenhuma das áreas acima.
- l) Não sei dizer.

10- Você saberia dizer se a nanotecnologia é prejudicial para a sociedade? \*

- a) É prejudicial.
- b) Não é prejudicial.
- c) Não sei dizer, se é prejudicial ou não.

## Questionário 02



## QUESTIONÁRIO 02

Descrição do formulário

E-mail \*

E-mail válido

Este formulário está coletando e-mails. [Alterar configurações](#)

01- Você acha possível observar átomos ou moléculas? \*

- a) Sim.
- b) Não.

02- O diamante é uma pedra preciosa valiosíssima, já o grafite possui um valor econômico baixo comparado ao diamante. Você acha que existe alguma relação entre o diamante e o grafite? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

03-Você sabe o que é um nanômetro? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

04-Você saberia dizer quanto mede um nanômetro? \*

- a) É maior que um metro.
- b) É dez vezes menor que um metro.
- c) É cem vezes menor que um metro.
- d) É mil vezes menor que um metro.
- e) É dez mil vezes menor que um metro.
- f) É cem mil vezes menor que um metro.
- g) É um milhão de vezes menor que um metro.
- h) É um bilhão de vezes menor que um metro.
- i) Não sei dizer.

05-Você sabe o que é nanociência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

06-Você sabe o que é nanotecnologia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

07-Você acha que existe alguma relação entre nanotecnologia e a ciência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

08-Você saberia dizer se a nanotecnologia está presente no seu dia a dia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.



09-Você saberia dizer em quais áreas a nanotecnologia pode ser aplicada? \*

- a)Na área da informática.
- b)Na medicina.
- c)Na indústria têxtil.
- d)Na indústria de alimentos.
- e)Na indústria de cosméticos.
- f)No setor energético.
- g)Na área ambiental.
- h)No setor agrícola.
- i)Na construção civil.
- j)Em toas as áreas acima.
- k)Em nenhuma das áreas acima.
- l)Não sei dizer.

10-Você saberia dizer se a nanotecnologia é prejudicial para a sociedade? \*

- a)É prejudicial.
- b)Não é prejudicial.
- c)Não sei dizer, se é prejudicial ou não.

## APÊNDICE



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS-ICE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

HENOC DE JESUS DA SILVA GOMES

**UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO METODOLÓGICA PARA A INSERÇÃO DE  
CONHECIMENTOS DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

MARABÁ-PA  
JULHO/2022

## SUMÁRIO DO PRODUTO EDUCACIONAL

<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>85</b>
<b>2. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA METODOLÓGICA.....</b>	<b>87</b>
<b>3. INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO.....</b>	<b>109</b>
<b>4. ANEXO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>110</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional foi pensado durante o percurso do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que traz como exigência além da elaboração e defesa de uma dissertação de mestrado, a construção de um produto educacional que possa ser utilizado por outros docentes em sua prática docente, no ensino de Física.

Então, considerando-se a importância da exploração de assuntos mais atuais da Física, este produto se constitui em um importante instrumento de intervenção metodológica junto aos alunos do ensino médio de Escola Pública, para trazer à tona conhecimentos da Física Contemporânea, mas especificamente conceitos de nanociência e nanotecnologia, para ensejar uma melhor compreensão dos avanços tecnológicos que os cercam em seu cotidiano, vislumbrando um olhar mais amplo da Física. Assim, este produto educacional é constituído por uma sequência didática que abrange vídeos do YouTube; 01 (um) “Kit Nano”, construído com materiais de baixo custo; 2 (dois) experimentos em nanociência e nanotecnologia e uma palestra ministrada por um pesquisador da área.

A proposta de intervenção metodológica foi pensada considerando que de uma forma geral as Escolas Públicas não possuem laboratório de Física e nem Sala de Informática, e muito menos internet para que os alunos possam utilizar em seus Smartphones para auxiliá-los em suas pesquisas. Nesse sentido, há a necessidade de se utilizar recursos disponíveis e materiais de baixo custo, facilmente encontrados por alunos e professores para a reprodução da proposta.

Os vídeos do YouTube foram cuidadosamente selecionados para trazer aos alunos conhecimentos gerais sobre Nanociência e Nanotecnologia.

O “Kit Nano”, construído com materiais de baixo custo, é constituído por dois itens ou materiais, a saber: uma tabela de escalas e um conjunto de cubos.

A tabela de escala, tem a finalidade de proporcionar aos alunos a comparação das escalas em metro, micrômetro e nanômetro; bem como a notação científica na representação dessas escalas e suas conversões. Possibilitar perceberem que usamos o metro e seus múltiplos para medir objetos grandes, os quais são denominados macroscópicos. Enquanto que medidas inferiores a 1 mm usamos, os prefixos, o micro ( $\mu\text{m}$ ) que é 1000 vezes menor do que 1 mm (ou seja, um milhão de vezes menor que 1 m), o nanômetro (nm) que é um milhão de vezes menor do que 1 mm (ou um bilhão de vezes menor do que 1 m). Que essas subunidades são usadas para medida de objetos muito pequenos, portanto, com dimensões sub microscópicas.

O conjunto de cubos, tem a finalidade de demonstrar junto aos alunos que algumas propriedades dos materiais tendem a se modificar à medida que os mesmos vão tendo as suas

dimensões diminuídas. Assim, considerando inicialmente um cubo que possui arestas de 20 cm, os alunos serão solicitados a calcular o volume deste cubo, e em seguida a área do mesmo. Posteriormente, com o conjunto de 8 (oito) cubos, com arestas de 10 cm (como se o primeiro cubo tivesse sido cortado e 8 (oito) partes iguais), solicita-se que os alunos agora, calculem novamente o volume total dos 8 (oito) cubos, bem como a área total dos 8 (oito) cubos. E por último, se faz uso do conjunto de 64 (sessenta e quatro) cubos com arestas de 5 cm cada (como se cada um dos cubos anteriores, tivessem sido cortados 8 (oito) partes iguais) e solicitar mais uma vez, que os alunos calculem o volume total e a área total desses cubos.

$$A = b \times h. \quad (3)$$

A equação (1) apresenta a fórmula a ser usada para que os alunos possam calcular as áreas totais de cada um dos três cubos.

$$V = b^3. \quad (4)$$

A equação (2) apresenta a fórmula a ser usada para que os alunos possam calcular o volume total de cada um dos três cubos.

A ideia é tornar possível a constatação de que nas três situações o volume permaneceu o mesmo, no entanto, à medida que, o tamanho dos cubos diminui, o valor da área total em cada um, aumenta. Evidenciando com isso, que umas das propriedades do cubo, a da área superficial total, tende a se alterar com a diminuição e/ou divisão do cubo.

Assim, espera-se que os alunos calculem a área total de cada um dos três cubos, e cheguem aos seguintes resultados:

$$\text{Área total do cubo 01: } 6 \times A_1 = 6 \times 20 \times 20 = 2400 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Área total do cubo 02: } 8 \times 6 \times A_2 = 8 \times 6 \times 10 \times 10 = 4800 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Área total do cubo 03: } 64 \times 6 \times A_3 = 64 \times 6 \times 5 \times 5 = 9600 \text{ cm}^2.$$

E também calculem o volume total de cada um dos três cubos, e cheguem aos seguintes resultados:

$$\text{Volume total do cubo 01: } V_1 = 20 \times 20 \times 20 = 8000 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Volume total do cubo 02: } 8 \times V_2 = 8 \times 10 \times 10 \times 10 = 8000 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Volume total do cubo 03: } 64 \times V_3 = 64 \times 5 \times 5 \times 5 = 8000 \text{ cm}^3.$$

Os 2 (dois) experimentos possuem a finalidade de demonstrar, de igual modo, como as propriedades dos materiais podem ser alterados a medida em que os mesmos diminuem de tamanho.

Dentre os recursos e materiais utilizados para a realização da proposta de intervenção metodológica, utilizar-se, além dos recursos digitais, como os vídeos do YouTube; papelão, fita adesiva, régua de 30 cm, esquadro, estilete, tesoura, cola, lápis, caneta, material plástico flexível. Os materiais são confeccionados pelo professor e destinados para a abordagem do tema.

## 2. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA METODOLÓGICA

A princípio, como forma de se constar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito de Nanociência e Nanotecnologia, e também com a finalidade de se verificar se houve aprendizagem durante o percurso da proposta de intervenção metodológica, um questionário deve ser aplicado de forma remota, aos alunos, questionário 01 (em anexo), antes da implementação da proposta. Um segundo questionário, questionário 02 (em anexo), será aplicado no final da proposta de intervenção, também de forma remota.




Após a aplicação do questionário 01, para subsidiar a busca de conhecimentos sobre Nanociência e Nanotecnologia, propõe-se uma sequência didática, onde os alunos terão a oportunidade de entrar em contato com conhecimentos sobre nanociência e nanotecnologia. Onde estarão recebendo previamente, o link de vídeos do YouTube, que deverão ser acessados pelos mesmos, antes das aulas/encontros presenciais na escola. Nesse sentido lançar-se-á mão da metodologia ativa da sala de aula invertida. Assim sendo, recomenda-se que a sequência de atividades, constituída por 06 aula/encontros (cada aula/encontro, constituído por duas aulas, com 45 minutos cada, num total de 90 minutos), seja realizada preferencialmente na ordem proposta na Tabela 01, abaixo, com um intervalo de uma semana de uma aula/encontro para o outro, para que os alunos tenham tempo de assistir os vídeos, ainda que sejam de curta duração.




Tabela 01: Sequências de atividades.

Sequência	Tema	Recurso	Link
		Vídeo	01- Micrômetro e nanômetro:

<p><b>Aula 01</b></p>	<p>Sistema Internacional de Unidades, enfatizando os submúltiplos do metro (m). Aplicação de atividade prática.</p>	<p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p> <p>“Kit nano” Tabela de Escalas</p>	 <p>Micrometro e Nanômetro</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=CUJISq3Kt5A">https://www.youtube.com/watch?v=CUJISq3Kt5A</a></p> <p>02- O incrível e infinitamente pequeno universo da nanotecnologia:</p>  <p>O incrível e infinitamente pequeno universo da nanotecnologia</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=EVrj9Rvv03k">https://www.youtube.com/watch?v=EVrj9Rvv03k</a></p>
<p><b>Aula 02</b></p>	<p>Invenção, evolução e tipos dos microscópios.</p>	<p>Vídeo</p> <p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p>	<p>03- Invenção e desenvolvimento dos microscópios:</p>  <p>03- Instituto de Física de São Carlos Microscopia Óptica - História da Microscopia Óptica</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=YdfFyE8dLXI">https://www.youtube.com/watch?v=YdfFyE8dLXI</a></p> <p>04- Tipos de microscópios:</p>



		<p>Realização do Experimento 01</p>	 <p>Tipos de microscópios, conheça na prática</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=9aN1uoA694w">https://www.youtube.com/watch?v=9aN1uoA694w</a></p>
<p><b>Aula 03</b></p>	<p>O que é Nanociência e Nanotecnologia?</p>	<p>Vídeo</p> <p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p> <p>“Kit nano” Conjunto de Cubos</p>	<p>05- O que é nanotecnologia?</p>  <p>Fundação Padre Anchieta é parcialmente ou totalmente financiada pelo governo do Estado de São Paulo. <a href="#">Wikipedia</a></p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw">https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw</a></p> <p>06- Centro de nanociência e nanotecnologia -CNANO:</p>  <p>Conhecendo a UFRGS - Centro de Nanociência e Nanotecnologia - CNANO</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=5d_AGawMueA">https://www.youtube.com/watch?v=5d_AGawMueA</a></p>
			<p>07- Aplicações da Nanotecnologia:</p>

<p><b>Aula 04</b></p>	<p>Áreas de aplicação da Nanotecnologia</p>	<p>Vídeo</p> <p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p> <p>Realização do Experimento 02</p>	 <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=wt8IX7wPy4o">https://www.youtube.com/watch?v=wt8IX7wPy4o</a></p> <p>08- Aplicações da Nanotecnologia:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=GtBVnlhHheg">https://www.youtube.com/watch?v=GtBVnlhHheg</a></p> <p>09- Nanotecnologia no nosso cotidiano:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=9cO4Ze3Ccmk">https://www.youtube.com/watch?v=9cO4Ze3Ccmk</a></p>
		<p>Vídeo</p>	<p>10- Sobre o grafeno:</p>

<p><b>Aula 05</b></p>	<p>O que é o grafeno?</p> <p>Abordagem sobre Mapa Conceitual.</p>	<p>Discussão em sala de aula sob a mediação do professor.</p>	 <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=bBBRslOTVVQ">https://www.youtube.com/watch?v=bBBRslOTVVQ</a></p> <p>11- Jaquetas de grafeno à prova de balas:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=0eLnels22oo">https://www.youtube.com/watch?v=0eLnels22oo</a></p> <p>12- Como fazer um mapa conceitual:</p>  <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E">https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E</a></p>
		<p>Vídeo conferência</p>	

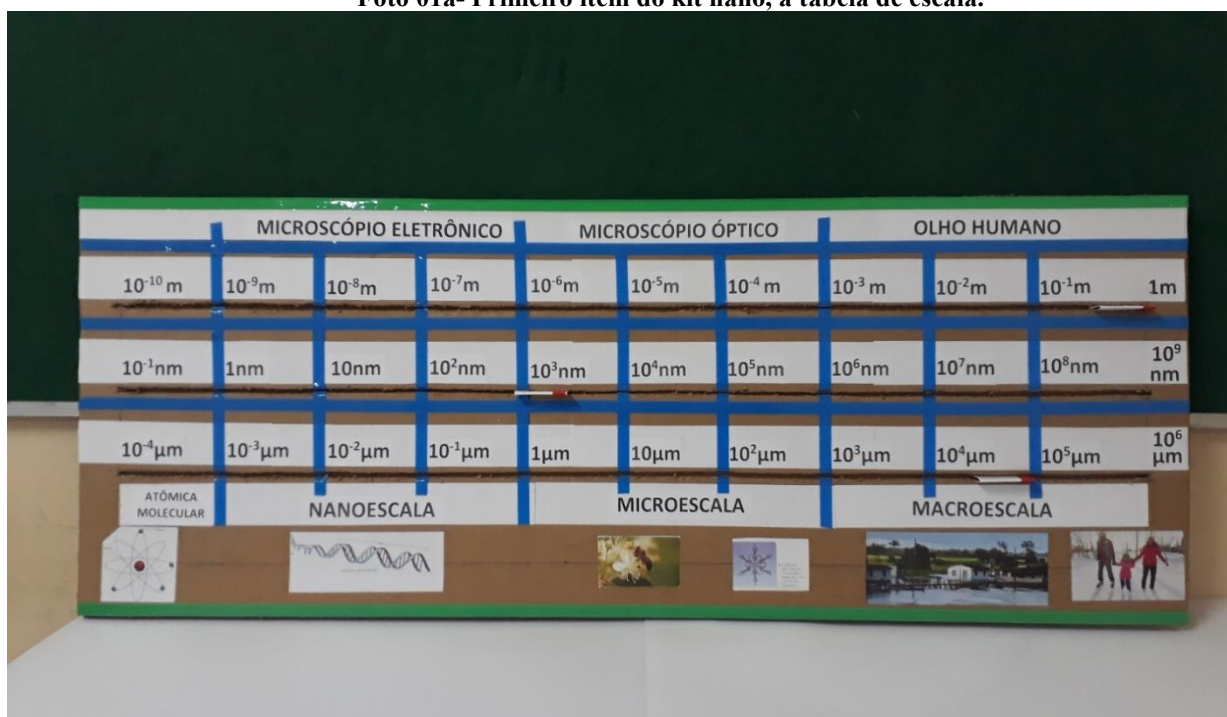
<b>Aula 06</b>	Palestra/entrevista com pesquisador do Grupo de Pesquisa em Grafeno da Universidade Federal do Pará, via Google meet.	Prática de Elaboração de Mapa Conceitual	Link da palestra será enviado no dia.
----------------	---	--	---------------------------------------

Fonte: O autor.

A seguir, têm-se um breve relato da abordagem em cada aula/encontro que compõe a sequência didática:

Aula 01 – Nesta aula, os alunos devem ser divididos em grupos com 05 componentes e receberem de forma prévia, os links dos vídeos 01 (Tempo 1:23 minutos) e 02 (Tempo 16:47 minutos), após terem assistido, trarão aquilo que conseguiram compreender por meio dos vídeos, bem como as possíveis dúvidas para serem discutidas em sala de aula. Aqui o professor mediador tecerá comentários sobre a origem do Sistema Internacional de Unidades, com o objetivo de destacar as unidades padrões estabelecidas, especialmente o metro. E aprofundando-se nos múltiplos e submúltiplos deste último, e em sua escrita científica, para que os alunos possam compreender que para medir os objetos com grandes dimensões (macroscópicos) utilizamos os múltiplos do metro e para medir objetos com pequenas dimensões (microscópicos) utilizamos os submúltiplos do metro; e assim compreendam em qual campo de dimensão atua a Nanociência. Aqui também será utilizado o primeiro item do “Kit Nano”, que é a tabela de escalas (Foto 01a e Foto 02 b, abaixo), para que os alunos possam visualizar de forma mais clara a conversão entre as escalas, em metro, micrômetro e nanômetro, e consigam associar as dimensões trazidas pelas escalas a alguns objetos conhecidos.

Foto 01a- Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.



Fonte: O autor.

Foto 01b- Primeiro item do kit nano, a tabela de escala.



Fonte: O autor.

Aula 02 – Nesta aula, os alunos deverão ter recebido os links dos vídeos 03 (Tempo 20:46 minutos) e 04 (Tempo 7:35 minutos), previamente, e terem assistido aos vídeos, em grupo com 05 componentes, para que possam entrar em contato com o advento do microscópio e o seu desenvolvimento tecnológico ao longo do tempo; conhecer os tipos de microscópios e como se dá

a observação de nanopartículas a partir deles. Assim, em sala de aula o professor mediador conduzirá a discussão no sentido de se levantar o que os alunos acharam de mais interessante nos vídeos. Nesta aula também, será realizado diante dos alunos o Experimento 01 – Pastilha Efervescente, cujo roteiro de experimentação encontra-se na Tabela 02, abaixo. Com este experimento, pretende-se possibilitar aos alunos perceberem que à medida que se fragmenta-se a pastilha efervescente em partículas cada vez menores, a velocidade de reação de efervescência aumenta (a cinética química tem sua velocidade aumentada), diminuindo o tempo necessário para que a mesma seja completamente dissolvida na água. Constatando-se que de fato com a diminuição do tamanho das partículas de um material, algumas propriedades deste, são alteradas. Possibilitando a compreensão dentre outras coisas, que este é um dos princípios utilizados, por exemplo, na indústria farmacêutica para diminuir os efeitos colaterais causados pela administração de fármacos no organismo das pessoas.

A Tabela 02, apresenta o roteiro de experimentação 01, a ser seguido:

**Tabela 02 - Roteiro de experimentação 01.**

Experimento 01 – Pastilha Efervescente	
Materiais:	03 Pastilhas efervescentes, 03 recipientes plásticos, 03 copos de vidro, água, estilete, pilão, cronômetro, recipiente de plástico com medida em ml.
Procedimento experimental:	<p>1º - Encher os 03 copos com 200 ml de água.</p> <p>2º - Colocar uma pastilha em cada um dos recipientes de plásticos.</p> <p>3º - Dividir umas das partilhas em quatro partes iguais.</p> <p>4º - Com o pilão moer até virar pó uma das partilhas.</p> <p>5º - Simultaneamente, colocar a partilha inteira no primeiro copo e acionar o cronômetro para iniciar a contagem do tempo. Registrar o tempo decorrido até a pastilha dissolver completamente na água.</p> <p>6º - Simultaneamente, colocar a partilha que foi dividida em 04 (quatro) partes iguais no segundo copo e acionar o cronômetro para iniciar a contagem do tempo. Registrar o tempo decorrido até a pastilha dissolver completamente na água.</p> <p>7º - Simultaneamente, colocar a partilha que foi moída até virar pó, no terceiro copo e acionar o cronômetro para iniciar a</p>

	contagem do tempo. Registrar o tempo decorrido até a pastilha dissolver completamente na água.
--	--

Fonte: O autor.

As imagens das Fotos 02, 03, 04, 05 e 06; apresentam a sequência de procedimentos segundo o roteiro de experimentação 01:

**Foto 02- Organização do experimento 01**



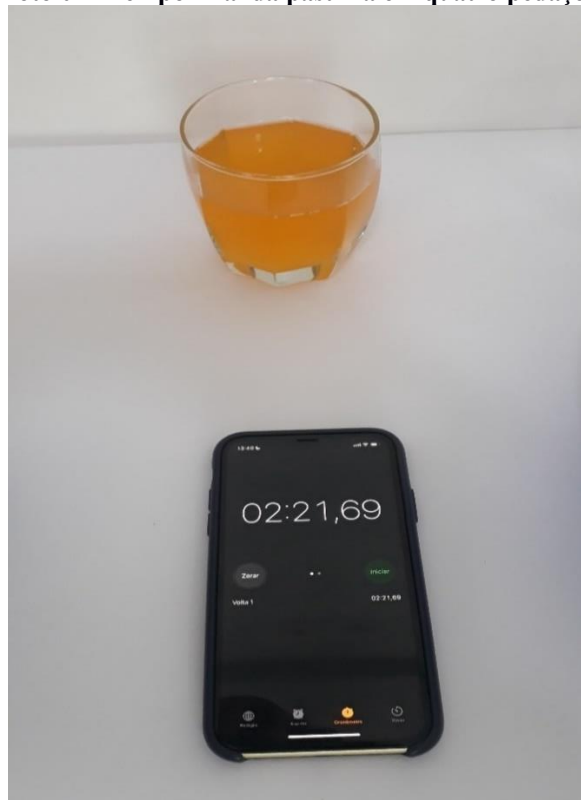
Fonte: O autor.

**Foto 03 - Tempo final da pastilha inteira**



**Fonte: O autor.**

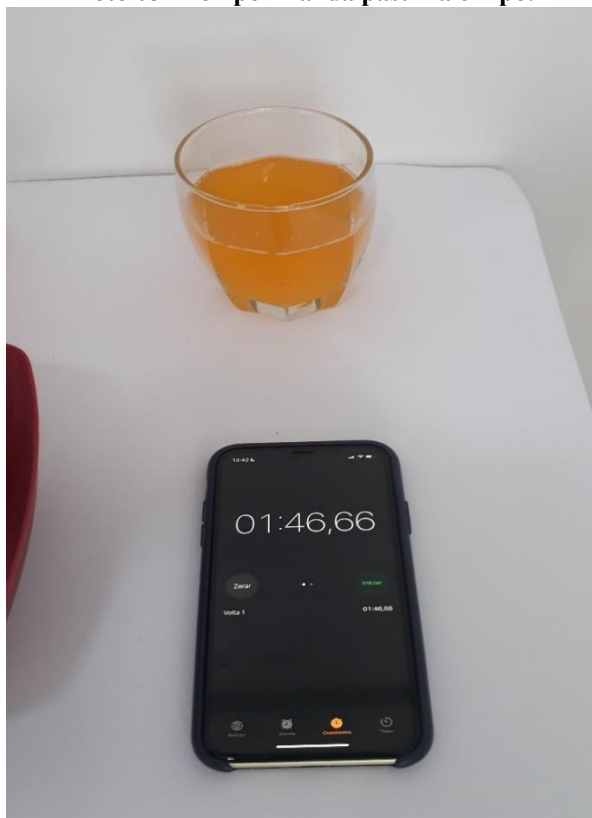
**Foto 04 - Tempo final da pastilha em quatro pedaços**



**Fonte: O autor.**



Foto 05 - Tempo final da pastilha em pó.



Fonte: O autor.

Foto 06 – Momento de observação do experimento 01.



Fonte: O autor.

Durante a realização do experimento 01 deve-se informar aos alunos que a observação do experimento é de suma importância, pois serão desafiados a explicar: **o motivo pelo qual a pastilha que estava em pó dissolveu em uma velocidade maior do que as demais pastilhas.** Solicitar que os alunos registrem suas respostas.

Aula 03 – Nesta aula, tendo os alunos recebido, previamente, os links dos vídeos 05 (Tempo 28:48 minutos) e 06 (Tempo 13:13 minutos), serão apresentados às definições de nanociência e de nanotecnologia. Então, em sala de aula, o professor mediador conduzirá a discussão no sentido de sondar a compreensão dos alunos e consolidar tais definições.

Em seguida, será utilizado o segundo item do “Kit Nano”, o Conjunto de Cubos, (Foto 11 a e Foto 11 b, abaixo), com o qual pretende-se demonstrar junto aos alunos que algumas propriedades dos materiais tendem a se modificar à medida que os mesmos vão tendo as suas dimensões diminuídas. Assim, considerando inicialmente um cubo que possui arestas de 20 cm, os alunos serão solicitados a calcular o volume deste cubo, e em seguida a área do mesmo. Posteriormente, com o conjunto de 8 (oito) cubos, com arestas de 10 cm (como se o primeiro cubo tivesse sido cortado e 8 (oito) partes iguais), solicita-se que os alunos agora, calculem novamente o volume total dos 8 (oito) cubos, bem como a área total dos 8 (oito). E por último, se faz uso do conjunto de 64 (sessenta e quatro) cubos com arestas de 5 cm cada (como se cada um dos cubos anteriores, tivessem sido cortados 8 (oito) partes iguais) e solicitar mais uma vez, que os alunos calculem o volume total e a área total desses cubos. A ideia é tornar possível a constatação de que nas três situações o volume permaneceu o mesmo, no entanto, à medida que, o tamanho dos cubos diminui, o valor da área, aumenta. Evidenciando com isso, que umas das propriedades do cubo, a da área superficial total, tende a se alterar com a diminuição e/ou divisão do cubo. Com isso, comprovando-se de forma lúdica, concreta e palpável, que de fato, há a ocorrência da alteração das propriedades nos materiais à medida que as suas partículas diminuem de tamanho. E que é este o objetivo dos cientistas que trabalham com nanociência: estudar as propriedades da matéria na escala nanométrica, para promover a alteração das características dos mesmos, para a produção e/ou criação de novos materiais, com características melhoradas, que são os chamados produtos nano tecnológicos.

Fotos 11a – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.



Fonte: O autor.

Foto 11b – Segundo item do kit nano, o conjunto de cubos.



Fonte: O autor.

Aula 04 – Nesta aula, após os alunos terem assistido, previamente aos vídeos 07 (Tempo 10:08 minutos), 08 (Tempo 6:23 minutos) e 09 (Tempo 4:49 minutos), terão contato de forma mais aprofundada aos campos/áreas onde a nanotecnologia tem sido aplicada na atualidade. Então, o professor mediador irá levantar dos alunos, as áreas de aplicação da nanotecnologia, indagando em quais produtos já há a utilização de conhecimentos das nanociências. Nesta aula também, será realizado diante dos alunos o Experimento 02 – Areia Grossa e Areia Fina, cujo roteiro de experimentação encontra-se na Tabela 02, abaixo. Com esse experimento pretende-se possibilitar a compreensão aos alunos de que o motivo da areia fina, ter retido mais água está no fato de suas partículas serem bem menor do que as partículas da areia grossa. Com isso, apesar de o volume de areia tanto grossa como fina ser o mesmo, a superfície total dos grãos de areia fina é maior do que a superfície total dos grãos da areia grossa. E considerando que a água não penetra nos grãos de areia, mas fica adsorvida à superfície destes, então, a areia fina que possui uma área superficial total maior, do que da areia grossa irá reter mais água. E reforçar, que este é um dos princípios da nanotecnologia, utilizados na indústria farmacêutica, por exemplo, na administração de fármacos para combater determinadas doenças.

A Tabela 03, apresenta o roteiro de experimentação 02, a ser seguido:

**Tabela 03 - Roteiro de experimentação 02.**

Experimento 02 – Areia Grossa e Areia Fina	
Materiais:	200 g de areia fina, 200 g de areia grossa, 04 Copos de vidro, peneira, papel/filtro, água, recipiente de plástico com medida em ml, régua de 30 cm.
Procedimento experimental:	<p>1º - Colocar areia grossa no recipiente de plástico até a altura de 200 ml.</p> <p>2º - Despejar o conteúdo de areia grossa medida, em um copo de vidro.</p> <p>3º - Colocar areia fina no recipiente de plástico até a altura de 200 ml.</p> <p>4º - Despejar o conteúdo de areia fina medida, em um copo.</p> <p>5º- Encher completamente com água, os dois copos, tanto o contendo areia grossa, como o contendo areia fina.</p>

	<p>6° - Colocar um papel filtro sobre a peneira e despejar a água do copo contendo areia grossa, depositando a água que passar pelo filtro em outro copo.</p> <p>7° - Colocar um outro papel filtro sobre a peneira e despejar a água do copo contendo areia fina, depositando a água que passar pelo filtro em outro copo.</p> <p>8° - Observar a altura medida da água com a régua de 30cm, nos dois últimos copos que receberam a água que passou pelo filtro.</p>
--	---

Fonte: O autor.

As imagens das Fotos 12, 13, 14 e 15 e 16; apresentam a sequência de procedimentos segundo o roteiro de experimentação 02:

**Foto 12 - Organização do experimento 02**



Fonte: O autor.

**Foto 13 – Copos com areia preenchidos com água.**



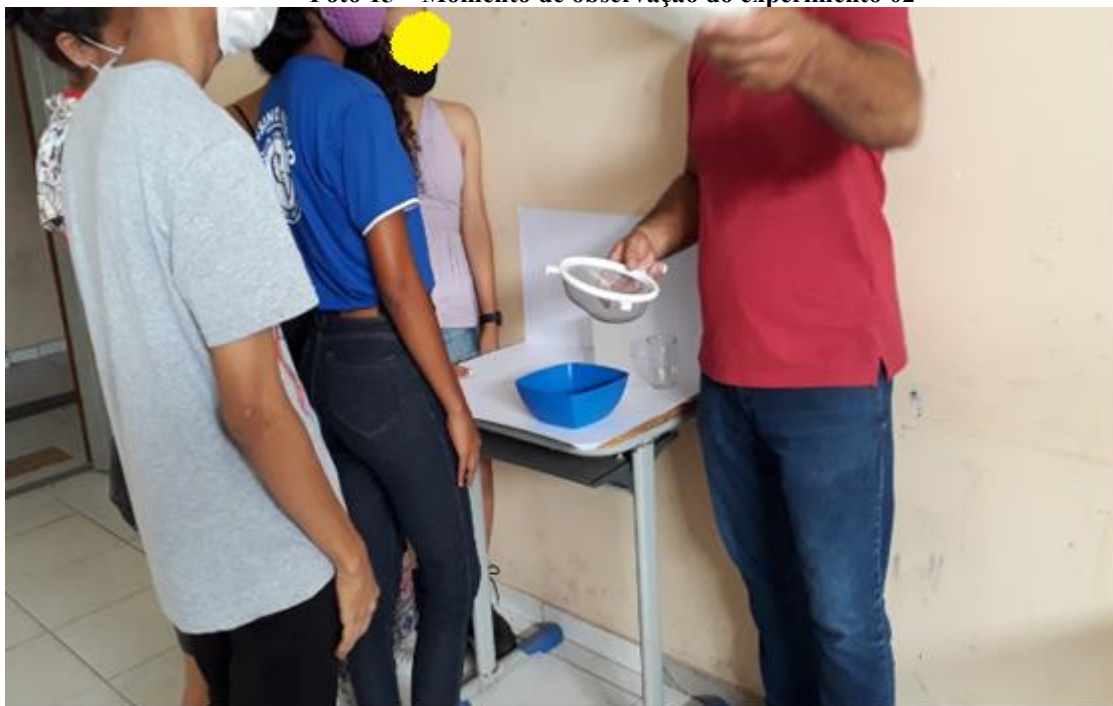
**Fonte: O autor.**

**Foto 14 – Filtragem da água.**



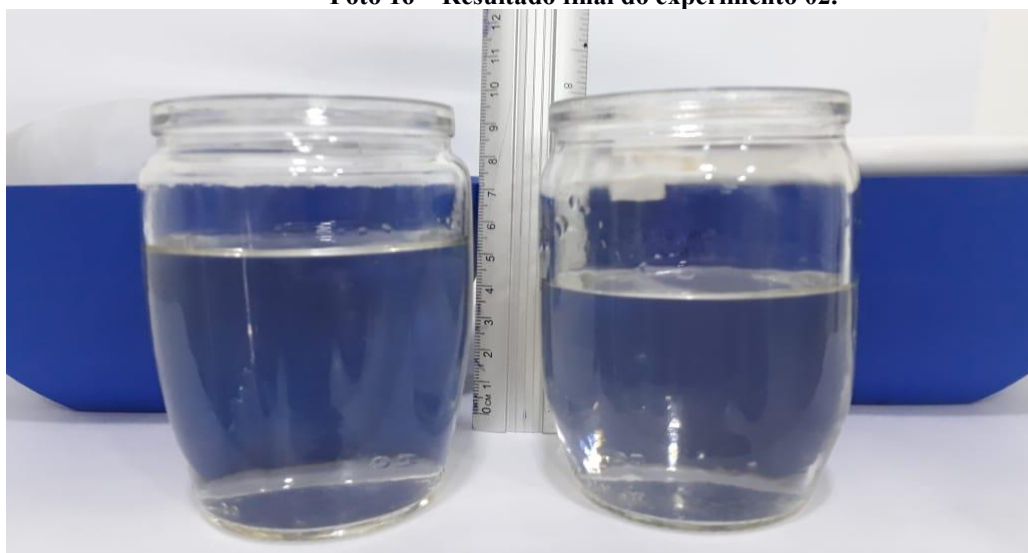
**Fonte: O autor.**

**Foto 15 – Momento de observação do experimento 02**



Fonte: O autor.

**Foto 16 – Resultado final do experimento 02.**



Fonte: O autor.

Durante a realização do experimento 02 deve-se informar aos alunos que a observação do experimento é de suma importância, pois serão desafiados a explicar: **o motivo pelo qual a água do copo que passou pela areia fina ter ficado com um volume menor do que a água do copo que passou pela areia grossa.** Solicitar que os alunos registrem suas respostas.

Aula 05- Nesta aula, após os alunos terem assistido aos vídeos 10 (Tempo 14:37 minutos), 11 (Tempo 8:29 minutos) e 12 (Tempo 8:22 minutos), o professor mediador conduzirá a discussão no sentido de enfatizar os conhecimentos sobre o grafeno, que se trata de uma nova variedade de carbono com estrutura muito parecida com a do grafite, porém constituído por apenas uma camada de átomos de carbono interligados por ligações covalentes formando hexágonos. Que as propriedades físicas desse material são muito diferentes das outras variedades alotrópicas do carbono como o grafite, o diamante e o carbono amorfo. Que por este motivo, o torna um material muito interessante em muitas aplicações tecnológicas por aliar baixa densidade com excepcionais qualidades mecânicas e elétricas; bem como, apresentar algumas das aplicações deste material. Em seguida, o professor mediador, tecerá comentários sobre a elaboração de mapas conceituais, preparando os alunos, para que no próximo encontro, possam praticar a construção de mapas conceituais sobre o que aprenderam a respeito de Nanociência e Nanotecnologia.

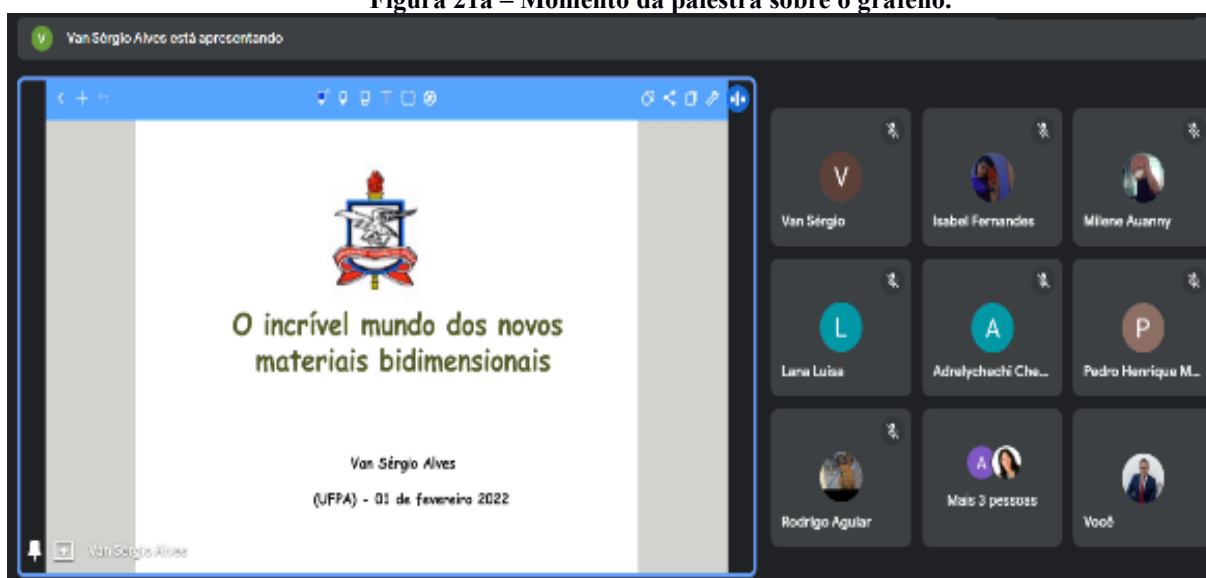
Aula 06- Com esta aula/encontro, pretende-se possibilitar aos alunos por meio de uma palestra/entrevista com um profissional da área, um pesquisador da região, compreender como são desenvolvidos os estudos na área de nanociência, em especial, relacionadas ao Grafeno.

Logo após a palestra, orientar os alunos que se dividam em grupos, no sentido de apresentar por meio de Mapas Conceituais, aquilo que conseguiram apreender sobre Nanociência e Nanotecnologia ao longo de toda a intervenção metodológica.

As imagens 21a e 21b, são prints do momento da palestra/entrevista.

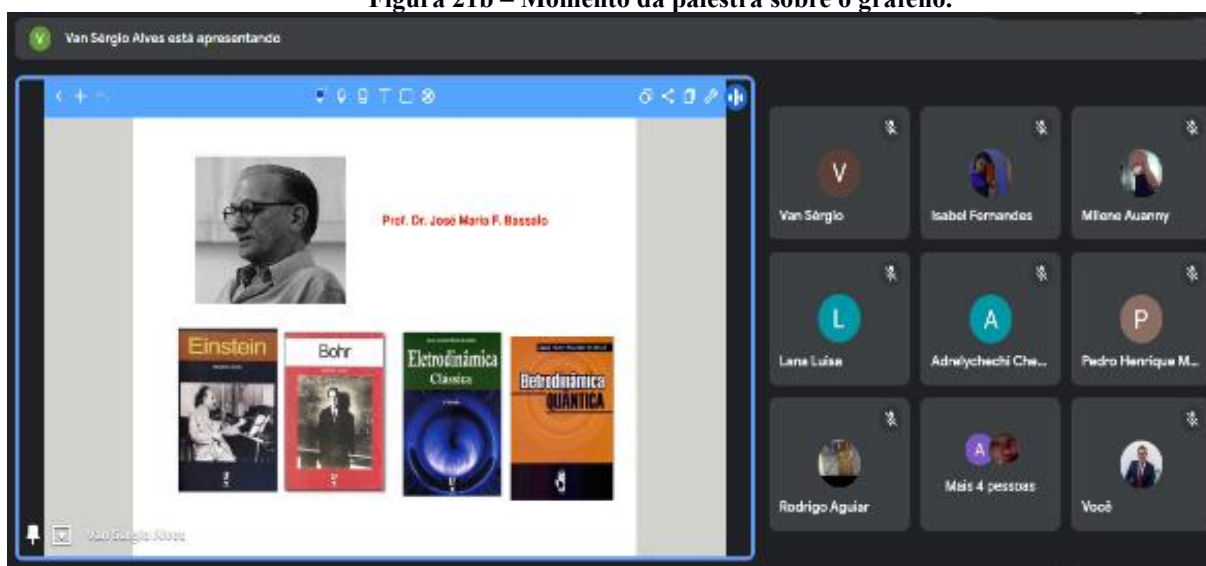


Figura 21a – Momento da palestra sobre o grafeno.



Fonte: O autor.

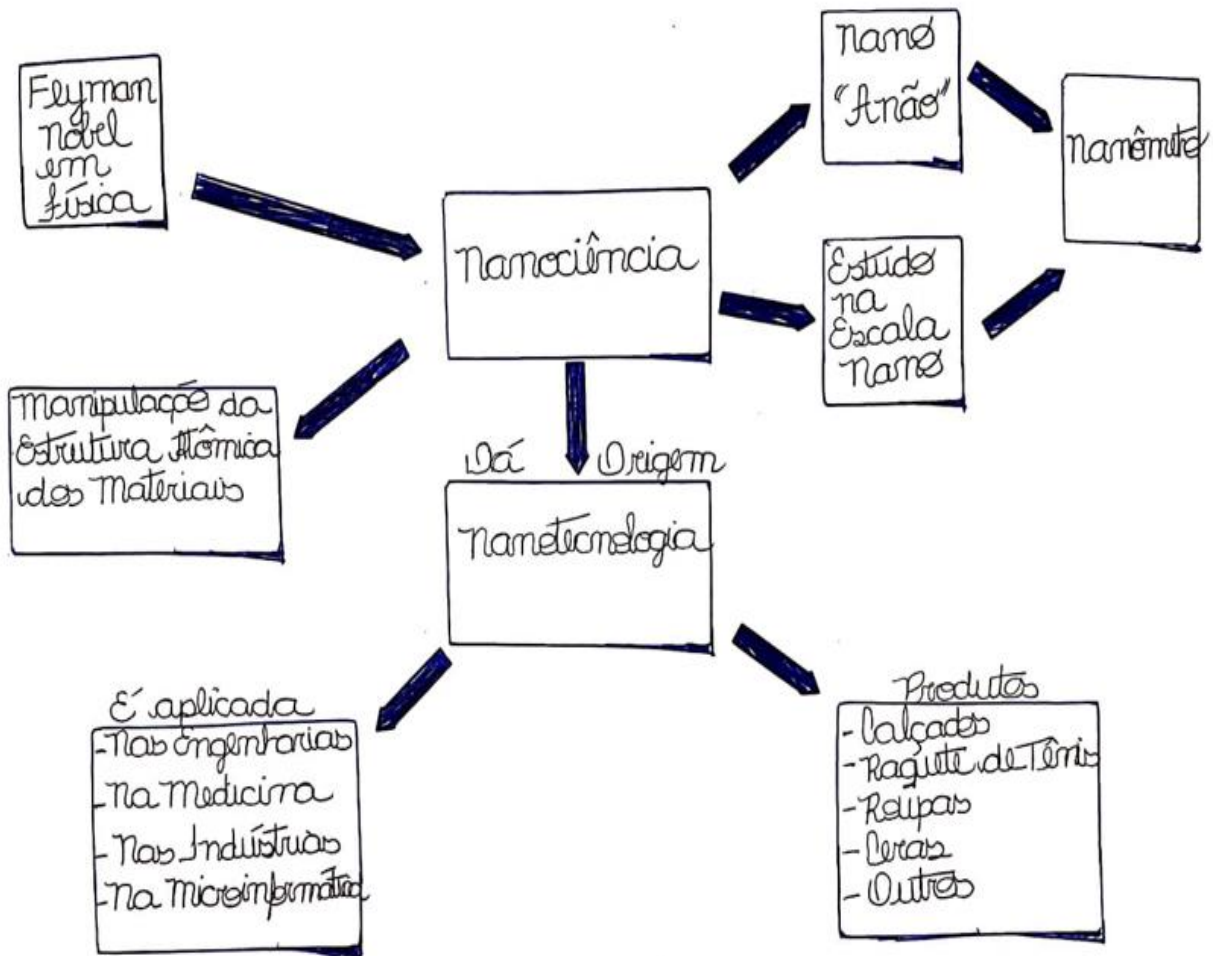
Figura 21b – Momento da palestra sobre o grafeno.



Fonte: O autor.

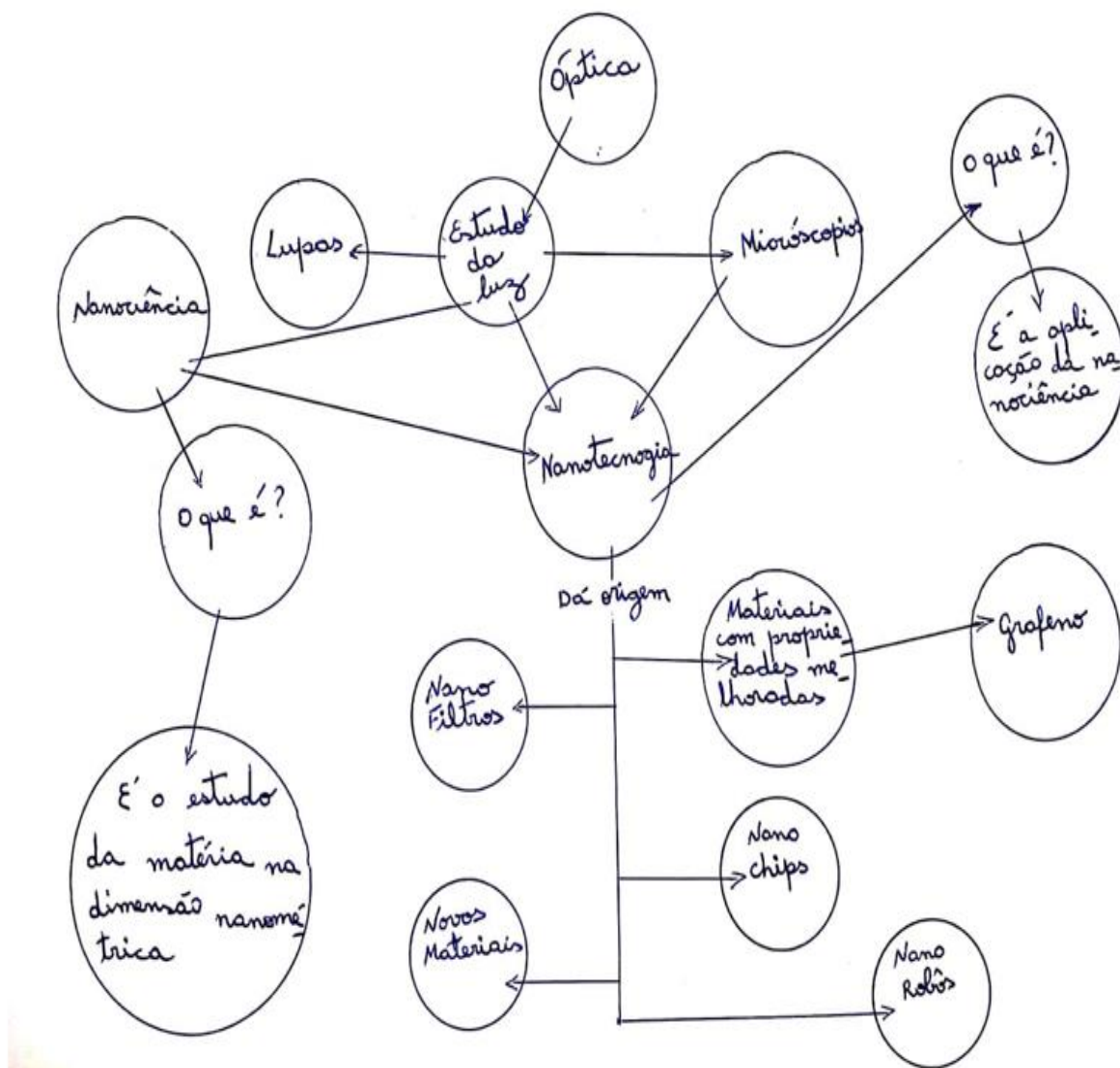
Nas das Fotos 22, 23 e 24, a seguir, apresenta-se alguns mapas conceituais produzidos pelos grupos em sala de aula:

Foto 22 – Mapa conceitual produzido pelo grupo X.



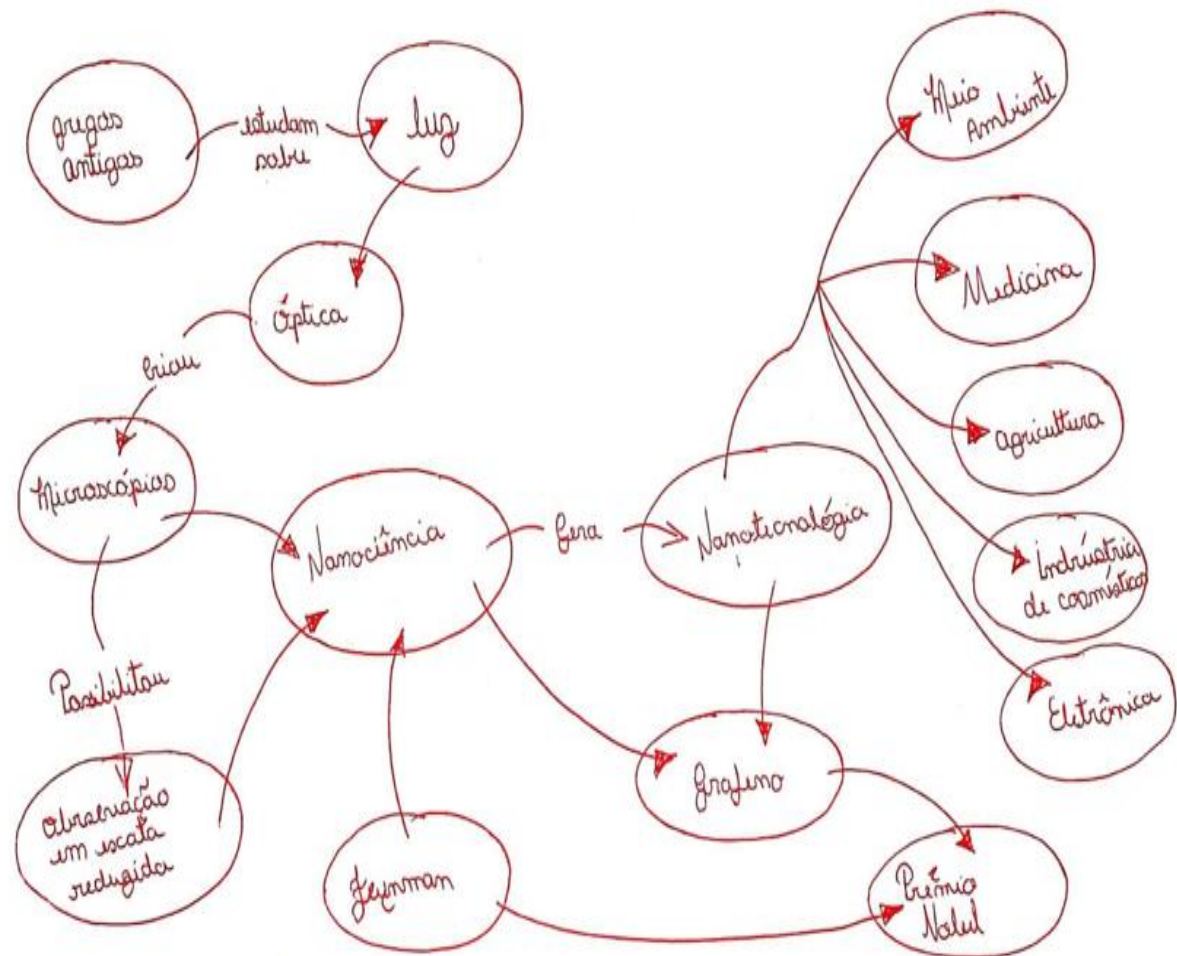
Fonte: O autor.

Foto 23 – Mapa conceitual produzido pelo grupo Y.



Fonte: O autor.

Foto 24 – Mapa conceitual produzido pelo grupo Z.



Fonte: O autor.

### 3. INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

Devem ser utilizados dois Formulários do Google Forms, os quais os alunos responderão remotamente. Sendo que o Questionário 01 (em anexo) deve ser respondido antes da implantação da proposta de intervenção e o Questionário 02 (em anexo) respondido após a referida implementação. Justamente, para que se possa fazer um quadro comparativo entre os resultados de ambos os questionários a fim de se verificar a aprendizagem dos alunos. Ressalta-se que durante a implementação da proposta de intervenção metodológica, a aprendizagem dos alunos também deve ser verificada ao longo de todo o processo, de forma oral, pela exposição da compreensão demonstrada durante os debates em sala de aula, bem como por meio de registros da compreensão do entendimento a respeito dos experimentos realizados. Também foi proposto aos alunos, antes de responderem ao Questionário 02, a elaboração de um mapa conceitual em torno do que aprenderam sobre Nanociência e Nanotecnologia ao longo das aulas do período das 06 aulas/encontros.

## ANEXO DO PRODUTO EDUCACIONAL

## Questionário 01



## QUESTIONÁRIO 01

Responda a este questionário sem fazer consulta na internet ou a alguma outra pessoa.

E-mail \*

E-mail válido

Este formulário está coletando e-mails. [Alterar configurações](#)

01-Você acha possível observar átomos ou moléculas? \*

- a) Sim.
- b) Não.

02-O diamante é uma pedra preciosa valiosíssima, já o grafite possui um valor econômico baixo comparado ao diamante. Você acha que existe alguma relação entre o diamante e o grafite? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

03-Você sabe o que é um nanômetro? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

04-Você saberia dizer quanto mede um nanômetro? \*

- a) É maior que um metro.
- b) É dez vezes menor que um metro.
- c) É cem vezes menor que um metro.
- d) É mil vezes menor que um metro.
- e) É dez mil vezes menor que um metro.
- f) É cem mil vezes menor que um metro.
- g) É um milhão de vezes menor que um metro.
- h) É um bilhão de vezes menor que um metro.
- i) Não sei dizer.

05-Você sabe o que é nanociência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

06-Você sabe o que é nanotecnologia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

07-Você acha que existe alguma relação entre a nanotecnologia e a ciência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

08- Você saberia dizer se a nanotecnologia está presente no seu dia a dia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se está presente ou não.



09- Você saberia dizer em quais áreas a nanotecnologia pode ser aplicada? \*

- a) Na área da informática.
- b) Na medicina.
- c) Na indústria têxtil.
- d) Na indústria alimentícia.
- e) Na indústria de cosméticos.
- f) No setor energético.
- g) Na área ambiental.
- h) No setor agrícola.
- i) Na construção civil.
- j) Em todas as áreas acima.
- k) Em nenhuma das áreas acima.
- l) Não sei dizer.

10- Você saberia dizer se a nanotecnologia é prejudicial para a sociedade? \*

- a) É prejudicial.
- b) Não é prejudicial.
- c) Não sei dizer, se é prejudicial ou não.

## Questionário 02



## QUESTIONÁRIO 02

Descrição do formulário

E-mail \*

E-mail válido

Este formulário está coletando e-mails. [Alterar configurações](#)

01- Você acha possível observar átomos ou moléculas? \*

- a) Sim.
- b) Não.

02- O diamante é uma pedra preciosa valiosíssima, já o grafite possui um valor econômico baixo comparado ao diamante. Você acha que existe alguma relação entre o diamante e o grafite? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

03-Você sabe o que é um nanômetro? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

04-Você saberia dizer quanto mede um nanômetro? \*

- a) É maior que um metro.
- b) É dez vezes menor que um metro.
- c) É cem vezes menor que um metro.
- d) É mil vezes menor que um metro.
- e) É dez mil vezes menor que um metro.
- f) É cem mil vezes menor que um metro.
- g) É um milhão de vezes menor que um metro.
- h) É um bilhão de vezes menor que um metro.
- i) Não sei dizer.

05-Você sabe o que é nanociência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

06-Você sabe o que é nanotecnologia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar, mas não sei exatamente do que se trata.

07-Você acha que existe alguma relação entre nanotecnologia e a ciência? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

08-Você saberia dizer se a nanotecnologia está presente no seu dia a dia? \*

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei dizer, se há ou não relação.

09-Você saberia dizer em quais áreas a nanotecnologia pode ser aplicada? \*

- a)Na área da informática.
- b)Na medicina.
- c)Na indústria têxtil.
- d)Na indústria de alimentos.
- e)Na indústria de cosméticos.
- f)No setor energético.
- g)Na área ambiental.
- h)No setor agrícola.
- i)Na construção civil.
- j)Em toas as áreas acima.
- k)Em nenhuma das áreas acima.
- l)Não sei dizer.

10-Você saberia dizer se a nanotecnologia é prejudicial para a sociedade? \*

- a)É prejudicial.
- b)Não é prejudicial.
- c)Não sei dizer, se é prejudicial ou não.