



MEDIÇÕES EM NANO-ESCALA:

Uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio

José Willia Santos Prado

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientadores:

Luizdarcy Matos Castro

Jorge Anderson Paiva Ramos

Vitória da Conquista - BA
Setembro de 2018

P918m

Prado, José Willia Santos.

Medições em nano-escala: uma proposta de introdução ao ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio. / José Willia Santos Prado, 2018.

121f. il.

Orientador (a): Dr. Luizdarcy Matos Castro; Jorge Anderson Paiva Ramos. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2018.

Inclui referência F. 46 - 48.

1. Ensino de física. 2. Nanociência/Nanotecnologia. 3. Sequência de ensino. I. Castro, Luizdarcy Matos. II. Ramos, Jorge Anderson Paiva. III. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. IV. T.

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Aos 28 dias do mês de setembro de 2018, às 16h00, no auditório do Módulo IV, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "CIÊNCIA EM ESCALA: Uma proposta de inserção do tema Nanociência/Nanotecnologia no Ensino Médio por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem", de autoria de José Willia Santos Prado, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo(a) professor(a) Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro, orientador(a) do(a) mestrando(a) e contou com a participação dos professores Dr(a). Francisco Augusto Silva Nobre, Dr(a). Jorge Anderson Paiva Ramos e Dr(a). Sandra Cristina Ramos, na condição de examinadores. A sessão teve a duração de 2 h e 0 min. e a banca examinadora emitiu o seguinte parecer: favorável a aprovação sem restrições
O discente tem até 60 dias para ter as
considerações da banca.

A dissertação recebeu o conceito final: aprovado

Luizdarcy de Matos Castro
Prof(a). Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Francisco Augusto Silva Nobre
Prof(a). Dr(a). Francisco Augusto Silva Nobre (URCA)
Examinador(a) externo(a)

Jorge Anderson P. Ramos
Prof(a). Dr(a). Jorge Anderson Paiva Ramos (UESB)
Examinador(a) interno(a)/Coorientador

Sandra Cristina Ramos
Prof(a). Dr(a). Sandra Cristina Ramos (UESB)
Membro(a) interno(a)

José Willia Santos Prado
José Willia Santos Prado
Discente

Luizdarcy de Matos Castro
Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Coordenador do PPGMNPEF



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**CIÊNCIA EM ESCALA: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO DO TEMA
NANOCIÊNCIA/NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE UMA
SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

AUTOR(A): JOSÉ WILLIA SANTOS PRADO

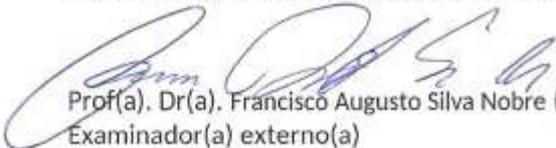
DATA DE APROVAÇÃO: 28 DE SETEMBRO DE 2018

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física - SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA


Prof(a). Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador


Prof(a). Dr(a). Francisco Augusto Silva Nobre (URCA)
Examinador(a) externo(a)


Prof(a). Dr(a). Jorge Anderson Paiva Ramos (UESB)
Examinador(a) interno(a)/Coorientador


Prof(a). Dr(a). Sandra Cristina Ramos (UESB)
Membro(a) interno(a)

2018



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



Dedico esta dissertação a meus pais.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Aos nossos professores do MNPEF polo UESB: Cristina Porto Gonçalves, Ivanor Nunes, Jornandes Correia, Carlos Takiya, Valmir Araújo e Wagner Duarte José; em especial aos meus orientadores: Luizdarcy Matos Castro e Jorge Anderson Paiva Ramos;

Aos meus colegas de turma: Alípio, Ébano, Ênio, Luciano, Marcos, Rafael, Renato, Sérgio e Vinicius, que juntos compomos uma equipe divertida e inesquecível.

A equipe gestora do Colégio Dária Viana que compatibilizaram os meus horários de trabalho com a demanda do mestrado.

A Cristinei Leite e Rose Aguiar pela ajuda com a Língua Portuguesa.

Ao professor de inglês André Prates pelo socorro com a língua estrangeira.

RESUMO

MEDIÇÕES EM NANO-ESCALA: UMA PROPOSTA DE INTRODUÇÃO AO ENSINO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

José Willia Santos Prado

Orientadores:

Luizdarcy Matos Castro

Jorge Anderson Paiva Ramos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino em Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho relata a introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) através de uma sequência de ensino e aprendizagem que contextualiza o tema nanociência/nanotecnologia aos conteúdos: Escala de comprimento, medidas e unidades. Essa sequência foi aplicada aos alunos do EM com o objetivo de motivá-los a aprender tais conteúdos, propondo algumas estratégias educacionais para processo de ensino-aprendizagem, a fim de buscar possibilidades de superação das dificuldades que o professor do EM possui em incluir a FMC na sua prática pedagógica. O desenvolvimento desta sequência de ensino fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa crítica, seguindo os métodos das unidades de ensino de Marco Antônio Moreira. A aplicação desta sequência promoveu uma experiência de ensino-aprendizagem em sala de aula que culminou na elaboração de um manual de sua execução como um produto educacional a ser reproduzido cujo propósito é inspirar o professor a contextualizar cada vez mais e incluir a FMC na sua prática, mesmo que no currículo programático estejam previstos somente conteúdos da Física Clássica.

Palavras-chave: Ensino de Física, nanotecnologia, sequência de ensino

ABSTRACT

This work reports the introduction of Modern and Contemporary Physics (MCP) in High School (HS) through a sequence of teaching and learning that contextualize the nanoscience/nanotechnology theme with the contents: scale of length, measurements and units. This sequence was applied to the students in order to motivate them to learn such content, proposing some educational strategies for teaching-learning process, in order to seek possibilities to overcome the difficulties that the HS teacher has to include MCP in its pedagogical practice. The development of this teaching sequence is based on the theory of critical meaningful learning, following the methods of the teaching units of Marco Antônio Moreira. The application of this sequence promoted a teaching-learning experience in the classroom that resulted in the elaboration of a manual of its execution as an educational product to be reproduced whose purpose is to inspire the teacher to contextualize more and more and include MCP in its practice even if are only provided with classical physics contents in the curriculum set up.

Key words: Physics education, nanotechnology, teaching sequence.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE IMAGENS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	xi
Capítulo 1	1
INTRODUÇÃO	1
Capítulo 2	4
ESTADO DO CONHECIMENTO	4
Capítulo 3	15
REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS E METODOLOGIA	15
3.1 REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	15
3.1.1 <i>MARCO TEÓRICO E EPISTEMOLÓGICO</i>	15
3.1.2 <i>O QUE É EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS?</i>	17
3.1.3 <i>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E ORGANIZADORES PRÉVIOS</i>	17
3.1.4 <i>OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS</i>	22
3.1.5 <i>CONCEITOS UNIFICADORES</i>	23
3.1.6 <i>C&T CONTEMPORÂNEAS</i>	24
3.1.7 <i>SOBRE CURRÍCULO, PROGRAMAS ESCOLARES E O EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO NA FÍSICA</i>	24
3.1.8 <i>MARCO METODOLÓGICO</i>	25
3.1.9 <i>OS FENÔMENOS DE INTERESSE DA PESQUISA EM ENSINO</i>	25
3.2 METODOLOGIA	28
3.2.1 <i>RELATO METODOLÓGICO EM PRIMEIRA PESSOA</i>	29
3.2.2 <i>ESTÁGIO 1:</i>	29
3.2.3 <i>ESTÁGIO 2</i>	32
3.2.4 <i>ESTÁGIO 3</i>	35
3.2.5 <i>ESTÁGIO 4</i>	36
3.2.6 <i>ESTÁGIO 5</i>	37
Capítulo 4	38
RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE 1	49

PRODUTO EDUCACIONAL.....	49
APÊNDICE 2.....	86
ATIVIDADES ESCRITAS APLICADAS NA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM QUE COMPOEM O PRODUTO EDUCACIONAL	86
APÊNDICE 3.....	101
Diários de bordo	101
APÊNDICE 4.....	111
Tópicos de nanociência e nanotecnologia	111
ANEXO ÚNICO	117
GLOSSÁRIO DE CONCEITOS USADOS POR MOREIRA.....	117

ÍNDICE DE IMAGENS

Figura 1 - questionário respondido para o organizador prévio sobre o termo "nano"	39
Figura 2 - questionário respondido onde os estudantes conseguiram agrupar os pre maiores que a unidade.....	40
Figura 3 - atividade de verificação de aprendizagem após o desenvolvimento do tema.....	41
Figura 4 - atividade lúdica preenchida - dominó associativo.....	42
Figura 5 - registro do resultado dos desafios de uma equipe no estágio 2	43
Figura 6 – fragmento do questionário sobre o termo nano.....	58
Figura 7 - captura de tela da apresentação de slides sobre o termo medir.	59
Figura 8 - captura de tela da apresentação de slides sobre a palavra escala.....	59
Figura 9 - atividade escrita sobre a ordem dos prefixos.....	60
Figura 10 - captura de tela da apresentação de slides sobre potências de dez.....	61
Figura 11 - captura de tela da apresentação de slides sobre potências de dez associados a seus respectivos prefixos.....	61
Figura 12 - atividade avaliativa do primeiro encontro.	62
Figura 13 - questionário de conhecimento prévio sobre nanotecnologia/nanociência.....	63
Figura 14 - dominó com os conhecimentos prévios sobre instrumentos de observações	63
Figura 15 - fragmento da apresentação de slides com o link para abrir a aplicação interativa online. .	64
Figura 16 - capturas de tela da aplicação interativa que mostra a escala cósmica	65
Figura 17 - htwins.net - site que provê a aplicação interativa da escala cósmica.	65
Figura 18 - questionário pós aplicação sobre o termo nano.	66
Figura 19 - estudantes descobrindo a espessura de uma folha de papel com o uso de 100 folhas.....	68
Figura 20 - fragmento das fichas de desafio sobre mediar a espessura de uma folha de papel sulfite..	68
Figura 21 - estudantes descobrindo a largura da trilha microscópica de um disco de vinil no formato LP.	69
Figura 22 - fragmento das fichas de desafio sobre a obtenção da largura da trilha de um LP.	69
Figura 23 - estudante descobrindo a espessura microscópica da trilha de um disco de CD.	70
Figura 24 - fragmento das fichas de desafio sobre o cálculo da largura da trilha de um CD.....	70
Figura 25 - estudante fazendo os traços do grafite sobre o papel para calcular a espessura da camada de grafite.	73
Figura 26 - representação do traço com largura, comprimento e espessura ligado ao circuito.....	74
Figura 27 - exemplo de preenchimento que os estudantes devem buscar.....	75
Figura 28 - elementos do circuito: bateria, multímetro, grafite do lápis como sonda, traço do grafite e arame.	76
Figura 29 - execução da experiência com o suporte de 3 alunos.	76
Figura 30 - estudantes fazendo a atividade do auto-arranjo do talco.	78
Figura 31 - estudante fez o cálculo e encontrou uma espessura de 67nm.	78
Figura 32 - estudante observando uma agulha de vitrola/toca-discos.....	79
Figura 33 - uma aluna interpretando a âncora do telejornal e outros estudantes interpretando o papel de repórter fazendo a leitura de texto de divulgação científica.....	81
Figura 34 - uso das imagens impressas durante a oficina de debate.	83
Figura 35 - captura de tela dos slides contendo as imagens usadas na oficina de debate. As fontes das imagens estão no próprio arquivo.	83
Figura 36 - fixação das imagens no quadro branco após o término da oficina.	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – RBEF - Busca por título, resumo e palavras chaves.....	5
Tabela 2 - CBEF - busca somente por título.	6
Tabela 3 – RBPEC – busca somente por título.	6
Tabela 4 - IENCI - busca por título, resumo e palavras chaves.	7
Tabela 5 - EENCI - busca por título e palavras chaves.....	7
Tabela 6 – resultados de busca na plataforma Wiley Online Library	8
Tabela 7 – resultados de busca no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes	9
Tabela 8 - Resultados de busca na Biblioteca Digital da USP	9
Tabela 9 - resultados de busca no repositório da UFSC.....	10
Tabela 10 - busca no repositório da UNB.....	10
Tabela 11 - busca no repositório da UFMG	11
Tabela 12 - busca no repositório da UFPE.....	11
Tabela 13 - carga horária da sequência de ensino.....	56

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

- ABRAPEC - Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
- AFM - Atomic Force microscope (microscópio de força atômica)
- C&T – Ciência e Tecnologia
- CBEF - Caderno Brasileiro de Ensino de Física
- CD - Compact Disc (disco óptico compacto)
- EBEF - Escola Brasileira de Economia e Finanças
- EENCI - Experiências em Ensino de Ciências
- EM – Ensino Médio
- EPU - Editora Pedagógica e Universitária
- FMC – Física Moderna e Contemporânea
- HRTEM - High-resolution transmission electron microscopy
- HS – High School (equivalente ao Ensino Médio)
- IBM - International Business Machine (empresa)
- IENCI - Investigações em Ensino de Ciências
- ISSN - International Standard Serial Number (Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas)
- LP - Long Play (disco de vinil)
- MCP – Modern and Contemporary Physics (Física Moderna e Contemporânea)
- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

MEC - Ministério da Educação
MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
RBEF - Revista Brasileira de Ensino de Física
RBPEC - Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
RPM - Rotação por Minuto
SBF - Sociedade Brasileira de Física
SD – Sequência Didática
STM - Scanning tunneling microscope (microscópio de tunelamento com varredura)
TV - Televisão
UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
UFRE - Universidade Federal de Pernambuco
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UNB - Universidade de Brasília
USP - Faculdade de São Paulo

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

As mudanças de concepções de mundo do homem contemporâneo repercutiram no ambiente escolar, exigindo que o sistema de ensino atenda às demandas e aos apelos filosóficos, científicos e sociais que os estudantes do Ensino Médio levarão para a sala de aula (LIMA, ALMEIDA, 2012). É também exigido o reconhecimento do estudante como cidadão, ou seja, um indivíduo com um potencial para o desenvolvimento de sua postura ativa, um agente que busque a transformação da sociedade. (REBELLO, ARGYROS, LEITE, SANTOS, BARROS, SANTOS, SILVA, 2012).

Observamos atualmente uma imersão tecnológica das áreas científicas, faz-se então necessária uma abordagem que inclua ao conteúdo a ser aprendido os temas de Física Moderna, estabelecendo uma contextualização no Ensino Médio desses conteúdos na medida que se aproxima da vivência do estudante por sua familiaridade com a tecnologia. Contudo, essa contextualização deve ser crítica, ou seja, aquela que promova a avaliação dos impactos e transformações tecnológicas, como também a inclusão dos estudantes no cenário tecnológico. Uma contextualização feita com essa criticidade tenta evidenciar a aplicação e as implicações da tecnologia na sociedade, confrontando-a com a busca da proteção ambiental. (TIRONI, SCHMIT, SCHUHMACHER, SCHUHMACHER, 2013).

De acordo com os PCN+ a contextualização envolve mais do que conexão entre dois conteúdos, isso significa que ela é uma ação de trazer os conteúdos para dialogar com questões e problemas atuais (BRASIL, p. 30-32, 2002). A contextualização apresentada nesses parâmetros tem um viés de aproximar as ciências da natureza às ciências humanas, (BRASIL, p. 25, 2002) muito embora a contextualização da ciência com a tecnologia esteja lá implícita, infelizmente não é uma realidade nas maiorias das escolas públicas brasileiras. Em suma, a proposta de contextualização desse trabalho envolve um conhecimento introdutório e básico como medidas, unidades e escalas com um conhecimento atual como nanociência e nanotecnologia com suas implicações históricas, sociais e culturais.

As áreas da ciência contemporânea são novas o suficiente para trazerem desafios à sociedade, a educação e as preocupações com o ambiente (SCHULZ, 2013). A nanotecnologia se enquadra nesse apelo e demanda do mundo contemporâneo, é uma ciência e uma nova tecnologia (LIMA, ALMEIDA, 2012), e ainda não se conhece toda sua potencialidade de

aplicação, e entre essas aplicações ainda resta descobrir quais serão benéficas à sociedade e quais serão danosas. São necessários debates que promovam iniciativas políticas para a regulamentação do uso da nanotecnologia, e que seja pautada na ética, no progresso e no desenvolvimento da sociedade, sem comprometer a segurança, a saúde e a liberdade do ser humano, além disso, garantir que o meio ambiente seja preservado.

Diante de todos esses apelos, o professor do ensino médio se sente despreparado para trabalhar conteúdos de FMC e isto torna-se ainda mais difícil quando considera a exigência de uma postura não tradicional do Ensino (LIMA, ALMEIDA, 2012). Essa insegurança denuncia uma fragilidade dos cursos de licenciatura no trato da Física do século XX e XXI para o ensino. LIMA E ALMEIDA (2012) expressaram que “o professor do EM se sente inseguro para trabalhar conteúdos de FMC e, certamente, o grau de dificuldade aumenta, ao tratar de um assunto da Física contemporânea, como nanociência”. Essa fragilidade pode ser fonte de pesquisa no interesse da investigação das suas causas, contudo a urgência maior é propor soluções.

O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) permite contornar algumas destas dificuldades através da qualificação dos professores e, por conseguinte, garante uma esperança de mudanças futuras nos currículos dos cursos de licenciaturas no propósito de superar essa insuficiente formação inicial que é exigida dos professores de física/ciências.

Este trabalho insere o tema *Nanociência/Nanotecnologia*, que é típico da Física Contemporânea, no Ensino Médio (EM) através de uma contextualização dos conteúdos *Escala de Comprimento e Medidas*, abordados pela metodologia de uma *Sequência de Ensino e Aprendizagem*, tendo em vista verificar e pesquisar métodos para superar a dificuldade que o professor do EM possui em incluir a Física Moderna e Contemporânea (FMC) na sua prática. Uma sequência de ensino envolvendo tais conteúdos contribui para inserção de nanociência/nanotecnologia no currículo do Ensino Médio enquanto ela for capaz de fornecer os conhecimentos prévios para a escala nano e dessa maneira facilitando a contextualização do tema nanociência/nanotecnologia.

Qualquer estratégia educacional que auxilia os professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem tem que se comprometer com os interesses dos estudantes, não devendo se efetivar somente com o conhecimento curricular, mas sim promover o surgimento de ferramentas para as formas de pensar e agir dos estudantes. (TIRONI, SCHMIT, SCHUHMACHER, SCHUHMACHER, 2013; PEREIRA, HONÓRIO, SANNOMIYA, 2010).

A finalidade deste trabalho é propor e executar uma sequência de ensino e aprendizagem como estratégia educacional que visa auxiliar aos alunos e professores do EM durante o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo temático.

Com a experiência da criação e execução da sequência didática junto com a análise interpretativa da pesquisa qualitativa, que assim possa dispor de material fértil para o desenvolvimento do produto educacional que consiste em um manual instrucional à reprodução da sequência por qualquer interessado.

Com a orientação da aprendizagem significativa crítica de MOREIRA propomos:

- buscar que o aluno compreenda as dimensões do tema para além do conteúdo de ciências, e que incorpore nela a ética, a política, a economia e o meio ambiente;

- levar o estudante a expressar seu conhecimento com suas próprias palavras recorrendo a sua estrutura cognitiva que foi organizada por meio da atribuição de significado do novo conhecimento;

- desvincular o falso entendimento de que ciência é somente uma coisa técnica, mas para além disso é uma cultura, uma arte, um produto humano;

- aproximar a nanociência aos estudantes mesmo que seja para dar a primeira introdução do conteúdo científico deste tema.

Capítulo 2

ESTADO DO CONHECIMENTO

A Revisão Bibliográfica aqui proposta buscou priorizar as publicações em revistas de ensino de Física; caso não fosse suficiente para estabelecer uma visão ampla da literatura em afinidade com este trabalho, então estenderíamos a revisão para revistas de ensino de ciências, e se ainda não fosse o bastante, ampliaríamos para as publicações de anais de eventos de Ensino de Física. Foi possível verificar que as publicações relacionadas com o tema nas revistas de ensino de Física e em ensino de Ciências não comprometia a originalidade desse trabalho.

As revistas utilizadas aqui foram aquelas que permitiam buscas de palavras-chave através do motor de busca do Google Acadêmico, ou motor de busca do próprio sítio da revista, e caso essas possibilidades de buscas por palavras-chave não estejam disponibilizados por alguma revista, então a pesquisa será feita por meio de índice de títulos e resumos de cada publicação. Em suma, esta pesquisa de estado do conhecimento foi provida inteiramente pela Internet.

O critério fundamental adotado para a seleção das publicações é a atuação na área de ensino de Física/Ciências ou de pesquisa de ensino em Física/Ciências. As palavras-chave para esta busca são aquelas que relacionam-se com a temática e com a metodologia do produto educacional deste trabalho, a exemplo, foram usadas as seguintes palavras chaves: nano, nanotecnologia, nanociência, Física Contemporânea, Física Moderna, inserção, sequência didática, sequência de ensino e aprendizagem, contextualização, etc. O período compreendido para as buscas são de 2001 a 2017, com o propósito de priorizar os trabalhos contemporâneos e aqueles publicados no século XXI, quando o tema passou a ter maior relevância.

2.1 REVISTAS E PUBLICAÇÕES SELECIONADAS

1ª “Revista Brasileira de Ensino de Física - RBEF – [que] é uma publicação de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física (SBF) voltada à melhoria do ensino de Física em todos os níveis de escolarização” (RBEF, site).

2ª “Caderno Brasileiro de Ensino de Física é uma publicação quadrimestral, arbitrada, indexada, de circulação nacional, voltado prioritariamente para os cursos de formação de professores de Física” (CBEF, site).

3ª “Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) é uma publicação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem como objetivo disseminar resultados e reflexões advindos de investigações acadêmicas conduzidas na área de Educação em Ciências” (RBPEC, site).

4ª “Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) é uma revista internacional de publicação quadrimestral, indexada, voltada exclusivamente para a pesquisa na área de ensino/aprendizagem de ciências (Física, Química, Biologia ou Ciências Naturais, quando enfocadas de maneira integrada).” (IENCI, site).

5ª “Experiências em Ensino de Ciências (EENCI) [que] é uma revista eletrônica dedicada exclusivamente ao ensino de ciência, [...] revista eletrônica dedicada exclusivamente ao ensino das ciências [...] a EENCI é editada quadrimestralmente, em versão eletrônica” (EENCI, site).

2.2 PESQUISA QUANTITATIVA DO ESTADO DO CONHECIMENTO ORGANIZADAS EM FORMA DE TABELA E APRESENTADAS NA ORDEM DEFINIDA ACIMA

Revista Brasileira de Ensino de Física – RBEF Acervo de 2001 a 2017		
Termo de busca	Número de resultados (artigos)	Observações
Nanociência (nanotecnologia)	2	Os dois termos foram encontrados juntos.
Física moderna	10	
Física moderna + ensino médio	6	
Física moderna + ensino médio + inserção	3	
Física moderna e contemporânea	2	
Física moderna e contemporânea + ensino médio	1	
Sequência didática	0	
Unidade de aprendizagem	0	
Contextualização	3	Somente dois destes três artigos trabalham com contextualização, porém somente um deles traz como o tema principal
Contextualização + ensino médio	3	

Tabela 1 – RBEF - Busca por título, resumo e palavras chaves.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física - CBEF Acervo de 2001 a 2017		
Termo	Número de resultados	Observações
Nano	Nenhum resultado	Nano é radical de nanotecnologia e nanociência
Física moderna	11	
Física Moderna e contemporânea contextualização	2	
Física Moderna + Ensino Médio	0	
Física Moderna + Ensino Médio	5	
Física moderna + o ensino, ensinar e ensinando	2	
Sequência didática (ou de ensino)	3	
Unidade de ensino	0	
Inserção		Propostas de inclusão de temas desafiadores à prática,

Tabela 2 - CBEF - busca somente por título.

Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC Acervo de 2001 a 2017		
Termo	Quantidade de resultados	observações
Nano	1	
Física	54	
Física Moderna	1	
Física contemporânea	1	
Física + Ensino Médio	2	
Contextualização	2	
Contextualização + física	0	
Sequência didática	1	
Sequência didática + física	0	
Unidade de ensino	0	

Tabela 3 – RBPEC – busca somente por título.

Investigações em Ensino de Ciências - IENCI Acervo de 2001 a 2017		
Termo	Quantidade de resultados	Observações
Nano	Zero	Radical de nanociência e nanotecnologia
Física	86	Busca somente no título
Física Moderna	6	
Física Moderna e contemporânea	4	

Física moderna + Ensino Médio	5	2 deles tinha a palavra inserção no título
Contextualização	14	Termo no sentido especificamente pedagógico
Contextualização + física	4	2 deles abordando diretamente os PCNs
Sequência didática	13	
Sequência didática (em Física)	4	
Unidade de ensino (ou didática)	6	
Unidade de ensino (em física)	2	
Inserção + Física	4	

Tabela 4 - IENCI - busca por título, resumo e palavras chaves.

Experiência em Ensino de Ciências - EENCI Acervo de 2006 a 2017		
Termos	Quantidade de resultados	Observações
Nanotecnologia	1	Ênfase em biologia com unidade de aprendizagem
Física moderna	5	
Física moderna e contemporânea	3	
Física moderna e contemporânea + ensino médio	2	
Física moderna e contemporânea + ensino básico	1	
Sequência didática	13	
Sequência didática (em Física)	3	
Unidade de aprendizagem	13	
Unidade de aprendizagem (em física)	2	
Contextualização	5	
Contextualização (em física)	0	

Tabela 5 - EENCI - busca por título e palavras chaves

2.3 PESQUISA QUANTITATIVA DO ESTADO DO CONHECIMENTO EM SITES REPOSITÓRIOS.

Fizemos uso da plataforma Wiley Online Library para fazer uma busca parecida com as anteriores, porém em revistas de alcance internacional provida por esta plataforma com aplicação de palavras-chave em inglês e suas combinações, também foi necessário aplicar filtros restringindo a busca somente para periódicos.

Plataforma Wiley Online Library		
Acervo de 2001 a 2017		
Filtro: somente periódicos		
Termo	Número de resultados	Observações
Nanotechnology	161.121	
Nanoscience	14.418	
Teaching + Nanoscience	598	
Teaching + Nanoscience + High School	300	
contextualização	0	
Modern and Contemporary Physics + High School	41.196	
Modern and Contemporary Physics + High School + contextualization	3	A tradução de contextualização em inglês aparenta não ter o mesmo uso no ensino em inglês.
teaching + nanoscience + High School + insertion/including/inclusion	200	
teaching + nanoscience + High School + inclusion	297	
teaching + nanoscience + High School + teaching sequence	116	

Tabela 6 – resultados de busca na plataforma Wiley Online Library

Resultado de busca no site de Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (<http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#!/>).

Catálogo de Teses e Dissertações da Capes		
Termo	Número de resultados	Observações

Nano	1589	
Nanotecnologia	1638	
Nanociência	242	
		Site não permite fazer a busca combinando mais de uma palavra chave como forma de filtrar os resultados.

Tabela 7 – resultados de busca no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes

Resultados de busca no site repositório de teses e dissertações da USP: Biblioteca Digital da USP (www.teses.usp.br). Este site permite fazer buscas em teses e dissertações produzidos na universidade.

Biblioteca Digital da USP (www.teses.usp.br)		
Filtro: somente dissertação de mestrado		
Termo	Número de resultados	Observações
Nano	681	
Nanotecnologia	64	
Nanociência	8	
Nanotecnologia + Ensino Médio	0	
Nanociência + Ensino Médio	0	

Tabela 8 - Resultados de busca na Biblioteca Digital da USP

Resultados de busca no site Repositório Institucional da UFSC. Este site permite buscas de teses e dissertações (<https://repositorio.ufsc.br>)

O site Repositório Institucional da UFSC
Filtro: nenhum

Termo	Número de resultados	Observações
Nano	553	
Nanotecnologia	250	
Nanociência	47	
Nanotecnologia + Ensino Médio	103	
Nanociência + Ensino Médio	12	
Nanociência + Ensino Médio + Física Moderna e contemporânea	1	Filtro para somente com expressão Ensino Médio no título

Tabela 9 - resultados de busca no repositório da UFSC

Resultados de busca no site de repositório da Universidade de Brasília (repositorio.unb.br). Este site permite fazer buscas em teses e dissertações produzidos na universidade.

O site repositório da Universidade de Brasília (repositorio.unb.br)		
Filtro: nenhum		
Termo	Número de resultados	Observações
Nano	286	
Nanotecnologia	191	
Nanociência	72	
Nanociência + Nanotecnologia + Ensino	1	Ensino na área de saúde

Tabela 10 - busca no repositório da UNB

Resultados de busca no site de repositório da Universidade Federal de Minas Gerais (www.bibliotecadigital.ufmg.br). Este site permite fazer buscas em teses e dissertações produzidos na universidade.

site de repositório da UFMG – Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFMG (www.bibliotecadigital.ufmg.br)		
Filtro: nenhum		
Termo	Número de resultados	Observações
Nano	33	
Nanotecnologia	50	
Nanociência	6	
Nanotecnologia + Ensino	0	

Tabela 11 - busca no repositório da UFMG

Resultados de busca no site Repositório Institucional da UFPE (<https://repositorio.ufpe.br>). Este site permite fazer buscas em teses e dissertações produzidos na universidade.

site Repositório Institucional da UFPE (https://repositorio.ufpe.br)		
Filtro: Dissertações e teses		
Termo	Número de resultados	Observações
Nano	750	
Nanotecnologia	330	
Nanociência	56	
Nanotecnologia + Ensino	0	

Tabela 12 - busca no repositório da UFPE

2.4 DESTAQUES DA LITERATURA

O livro *Nanociências – A revolução do invisível* de Joachim e Plévert (2009) traz à consciência uma nanociência como foi concebida historicamente (os conceitos originais e os princípios distinguíveis das ciências anteriores); o que nos leva a afirmar que um dos propósitos do livro é apurar as definições de nanociência e nanotecnologia nas concepções dos cientistas

que inauguraram a área. O livro esclarece que miniaturização não é nanotecnologia, ao contrário a nanotecnologia parte do princípio da “monumentalização” que é a construção de estruturas átomo a átomo possibilitada com a invenção do microscópio de tunelamento. O livro critica as definições mais flexíveis de nanotecnologia, pois favorecem a indústria de nanomateriais e microeletrônicas que receberiam parcela dos investimentos governamentais destinadas às pesquisas em nanotecnologia. Segundo os autores, nanomateriais e microeletrônicas “constituem um imenso campo de pesquisa, ... mas não se tratam de nanotecnologia” (pg. 101).

No artigo *Articulação de texto sobre nanociência e nanotecnologia para formação inicial de professores de física* as autoras Lima e Almeida escreveram um trabalho rico, pois além de mostrar a metodologia que usa articulação de textos sobre o tema nanociência/nanotecnologia, fornece toda uma fundamentação sobre o contexto do tema; os autores justificam a inserção de FMC no EM devido às mudanças de concepção de mundo na vida do homem contemporâneo; no artigo é explicada a dimensão nano, as aplicações da nanociência/nanotecnologia e a preocupação com a produção de armas poderosas com possibilidade de superar as bombas atômicas em poder de destruição; as autoras criticam a ingenuidade de uma crença em uma ciência neutra e segura; contudo elas reafirmam que a ciência é um produto humano.

No artigo *Nanociências: a próxima grande ideia?* de Edson Z. da Silva (2018) o autor trabalha o tema de forma abrangente de tal modo que até o leitor que não tem nenhuma referência inicial possa com a leitura alcançá-la; o artigo esclarece que a nanociência já surgiu como uma pesquisa real, no entanto, a nanotecnologia surgiu mais como promessa e esperança para aplicação futuras; o artigo deixa claro que a nanociência foi possibilitada com a invenção do microscópio de tunelamento, mostrando que novas ciências podem surgir com o avanço da tecnologia; o texto mostra que materiais podem ter suas propriedades físico-químico diferenciadas para uma amostra nas dimensões nano; o texto também aborda o princípio de funcionamento dos microscópios de tunelamento, a multidisciplinaridade da nanociência/nanotecnologia, a distinção de ciência e tecnologia e o limite da miniaturização imposto pelo surgimento de fenômeno quânticos.

O livro *Um olhar para o futuro – desafios da física para o século 21* (DOS ANJOS, VIEIRA. p. 52. 2008) no capítulo sobre nanociência traz uma definição sobre nanociência/nanotecnologia como o projeto de manipulação, produção e montagem a nível atômico e molecular, na escala do bilionésimo do metro, cujas técnicas exigem integração do conhecimento da Física, Química, Biologia e modelagem computacional.

Para LEONEL e SOUZA no artigo *Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica* (2009), a caracterização de nanociência/nanotecnologia é implementação de técnicas que permitem visualizar e manipular a matéria da escala atômica e a pesquisa sobre o comportamento particular da matéria nessa escala.

No artigo *O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem os autores revelam* que já há difundido uma visão errônea que a nanotecnologia só acontece em laboratórios caros e de difícil construção, conseqüentemente esta visão obstrui e afasta o interesse de um público maior em pesquisar e estudar esse tema (ELLWANGER, ROSSATO, GRANADA, BORTOLUZZI e FAGAN, 2012).

No artigo *Preparação de nanopartículas de prata e ouro: Um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino* os autores apresentam novos conceitos químicos que foram introduzidos com a nanociência, esses conceitos geralmente não são vistos em sala de aula como por exemplo o efeito de confinamento quântico e a ressonância de plasmons de superfície; os autores também fazem alusões ao uso de nanopartículas na antiguidade bem antes da era cristã através da combinação da reflexão e transmissão da luz sobre essas nanopartículas produzindo cores diferentes, fato que chamou atenção e inspirou na criação de artefatos como um cálice em Roma no Século IV A.C. (MELO JR, SANTOS, GONÇALVES, NOGUEIRA, 2012).

O artigo *Nanotecnologia e Ensino Médio*, os autores argumentam que há escassez de laboratórios de ensino no Brasil e também de uma formação de professores que dessem conta de superar essa dificuldade, os autores argumentam a importância do estudante compreender a influência da nanotecnologia na sociedade e além disso, que ele compreenda as dimensões do tema para além do conteúdo de ciências e incorpore nela a ética, a política, a economia e o meio ambiente (PAULINI DE JESUS, HIGA, 2014).

No Artigo *Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA* os autores afirmam que a educação deva buscar o desenvolvimento do estudante como cidadão, um agente que possa transformar a sociedade; os autores também afirmam que a nanotecnologia pode promover a nanopoluição caracterizada como aumento da concentração das nanopartículas no meio ambiente por meio da atividade humana (REBELLO, ARGYROS, LEITE, SANTOS, BARROS, SANTOS, SILVA, 2012).

No artigo *A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea* é afirmada pelos autores a necessidade de propor um ensino que promova uma

aproximação das novas tecnologias que trazem impactos no cotidiano do estudante e que qualquer estratégia de ensino tem que se comprometer com os interesses dos estudantes e que busque o surgimento de ferramentas para as suas formas de pensar e agir. Os mesmos autores afirmam que a experimentação possibilita fazer a relação do conteúdo a ser aprendido com a tecnologia e cotidiano, estabelecendo uma contextualização (TIRONI, SCHMIT, SCHUHMACHER, SCHUHMACHER, 2013).

O artigo *Nanociência de baixo custo em casa e na escola*, de Peter A. B. Schulz (2007) é um verdadeiro manual de como implementar atividades e experiências que levam a medidas que alcancem a escala do nanômetro; o artigo também aborda vários conceitos a exemplo autoarranjo e relação de área volume como potencializadores de fenômenos na escala nano; as experiências apresentadas por Schulz são realmente de baixo custo, de fácil execução e rico em conhecimento que podem ser bem exploradas por qualquer professor; as atividades compiladas por Schulz são de longe o melhor material sobre o tema nanociência/nanotecnologia encontrado em língua portuguesa para ser aplicado em sala de aula. Schulz, em outro artigo *Nanomateriais e a interface entre nanotecnologia e ambiente*, discute a história das nanopartículas, propriedades, regulamentação e impactos na sociedade; além disso, neste artigo, Schulz esclarece que a nanotecnologia é uma entre outras de tecnologias emergentes nas décadas recentes e até mesmo uma combinação de duas ou mais delas; essas tecnologias são novas o suficiente para trazerem desafios à sociedade, à educação e às preocupações com o ambiente.

No artigo *Conceitos Unificadores e Ensino de Física*, Angotti elege quatro conceitos “visando a minimização do conhecimento fragmentário na educação escolar, em direção a unidades estruturadas e interligadas” uma vez que os conceitos unificadores “são muito mais abertos e relacionais do que os chamados ‘conteúdos’ e levam a diminuir o excesso de fragmentação do pensamento dos estudantes (ANGOTTI, 1993).

Capítulo 3

REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS E METODOLOGIA

3.1 REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Os referenciais teórico-metodológicos que orientam este trabalho são obras de Marco Antônio Moreira que dão subsídios:

- A teoria da aprendizagem significativa originalmente de Ausubel, no entanto, agora com roupagem humanística dada pelo próprio Moreira com inspiração em Freire e em outros;
- A didática como: o *Vê* Epistemológicos de Gowin, Mapas Conceituais, Organizadores Prévios e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas;
- A metodologia da pesquisa interpretativa na forma de pesquisa-ação;
- A epistemologia como do construtivismo e humanismo.

Há outros referenciais mais periféricos inclusos nesse trabalho para provê suporte à problematização, ao desenvolvimento, à aplicação e à contextualização do conteúdo, a saber: as experiências de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) que passaram a serem definidas como os “*Três Momentos Pedagógicos*” e o *conceito unificador escalas*.

3.1.1 MARCO TEÓRICO E EPISTEMOLÓGICO

Um bom começo para o trabalho de dissertação na área de educação em ciência poderia ser aquele que aponte a amplitude do que se trata educação em ciência. Se fragmentarmos a expressão *educação em ciências* para descrever cada um dos seus dois núcleos (educação e ciências) de forma isolada já chegaríamos a uma fonte imensurável de debates com concordâncias e discordâncias. Não é esse o propósito deste trabalho, porém foi importante mencionar que estamos numa área que ferve questionamentos e inquietações.

Para falar sobre educação importa em falar de *responsabilidade*. A responsabilidade da espécie em perpetuar seu rico acervo cultural de valores abstratos para as gerações futuras. A responsabilidade do estado de garantir o desenvolvimento pleno dos seus cidadãos. A responsabilidade da escola de fornecer um ambiente de encontro entre os principais atores da educação. A responsabilidade da família de começar e manter educação de valores e prover junto com o Estado para que seus entes acessem a educação em esferas maiores. A responsabilidade do professor que vai além de ministrar sua seleção do currículo prescrito, tem

a missão de interagir humanamente com o outro igual para educar e formar. A responsabilidade do aluno é de se predispor a aprender e perseverar na jornada estudantil. A minha própria responsabilidade de buscar o conhecimento com boa vontade e ensiná-lo quando me for oportunizado. Com essas responsabilidades citadas percebemos que a educação envolve discussões que perpassam por Antropologia, Filosofia, Política, Direito, instituições, indivíduos, ensino, aprendizagem, etc. Entendemos então que falar de educação é falar de muitos aspectos da construção humana.

Para falar de Ciência importa em pensá-la como uma arte de questionar a natureza na tentativa de encontrar respostas que não sejam verdades absolutas; encontrar respostas provisórias que podem ser substituídas por respostas melhores num processo evolutivo do conhecimento. É importante nos conscientizarmos que o enfoque contemporâneo da natureza da ciência não é tão positivista quanto antes. Hoje já é reconhecido que a ciência não é neutra, visto que a mesma é construída por indivíduos que compartilham suas ideias e necessidades dentro de um contexto espacial e temporal. No século XX surge um novo entendimento de que a ciência é uma construção humana, que gera um conhecimento falível, provisório, porém evolutivo. Segundo Moreira a ciência é *“um processo cuidadoso, mas sujeito a rupturas e erros, como em qualquer outra atividade humana”* e *“além disso, as teorias epistemológicas mais recentes passaram a destacar também os fatores sociais, políticos, econômicos, culturais e históricos como fatores que realmente interferem (ou filtram) no processo de mudança conceitual e no avanço da ciência.”* (MOREIRA e MASSONI, 2009/2016).

Não se pode falar de educação em ciência sem antes falar nas filosofias subjacentes da ciência empregada na psicologia da educação, sendo mais preciso, nas teorias do desenvolvimento e aprendizagem. Vale citar aqui as três principais correntes epistemológicas históricas: o comportamentalismo, construtivismo e humanismo. Na primeira corrente, a preocupação é com os comportamentos que podem ser observados e medidos pelo pesquisador a fim de relacionar estímulos com suas consequências por meio de funções e leis (MOREIRA 2009/2016). Na segunda corrente é aceita a construção da realidade pela sociedade o que implica na influência da interação do pesquisador com o pesquisado nas definições dos “fatos”, nela é enfatizado a cognição (cognitivismo) o ato do sujeito conhecer o mundo (MOREIRA 2002/2016). Na terceira corrente, o sujeito é visto “como pessoa, como um todo, como integração e inseparabilidade de pensamentos, sentimentos e ações” (MOREIRA 2009/2016, p. 54).

3.1.2 O QUE É EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS?

Quando se trata de referencial teórico, são apresentadas leis, normas e objetivos numa perspectiva ideal, como realmente devam ser, contudo quando há um esforço humano para colocá-los em prática, talvez, o que teremos de resultados práticos seja uma aproximação dos objetivos ideais esperados. Esses resultados aproximados e limitados podem ser considerados um avanço satisfatório na direção apontada pelos objetivos ideais, no entanto, algumas vezes, os obstáculos impostos pela realidade podem distanciar o resultado real do ideal esperado. Em outras palavras, no nosso contexto educacional, quando estudamos, pesquisamos e planejamos fazer uma intervenção didática, ou uma sequência didática, ou qualquer aplicação de uma teoria ou metodologia educacional, a nossa intenção é que ocorra tudo de forma exitosa, tudo conforme as previsões das teorias, tudo conforme o que planejamos etc. Todavia sabemos da nossa experiência que uma teoria e/ou metodologia não abarca todas as variáveis que uma situação em contexto de sala de aula, unidade escolar, rede educacional, políticas educacionais ou apelos da contemporaneidade demandariam. Portanto, o que nos leva a concluir a esse respeito de boa consciência é que devemos valorizar resultados “pequenos” (aqueles não tão expressivos), mas que foram orientados para os objetivos e assim podemos considerar que o trabalho foi útil e digno de satisfação.

Deixando-se claro a relação entre ideal e realidade, vale dizer que Moreira apresenta o objetivo da educação em ciência como aquele que leva o estudante a compartilhar significados do cenário científico como, por exemplo, interpretar a natureza raciocinando e argumentando cientificamente fazendo uso de conceitos, leis e teorias como também “identificar aspectos históricos, epistemológicos, sociais e culturais das ciências” (MOREIRA 2004/2015. p. 41).

3.1.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E ORGANIZADORES PRÉVIOS

A teoria da aprendizagem significativa apresenta conceitos, princípios e uma organização da cognição da aprendizagem de forma lógica, coerente e compreensível. Esta teoria pode ser vista com óticas de outras teorias e, mesmo assim, ela se sustenta, pois não é contraditória em absoluto com nenhuma outra, porquanto a aprendizagem significativa segundo Moreira “é um conceito subjacente a várias visões contemporâneas de ensino e aprendizagem, tais como conflito cognitivo, interação pessoal, compartilhar significados, construtos pessoais, modelos mentais, e a integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações” (MOREIRA, 1997).

O primeiro fato a se notar dessa teoria é que ela apresenta o sujeito com certo poder de autonomia sobre a aprendizagem, uma vez que além da disposição para aprender que oriunda desse sujeito, é dele também o papel de dar significados ao novo conhecimento de forma idiossincrática.

A aprendizagem significativa é o conceito central na teoria de Ausubel divulgada por Moreira, pois ela acontece através de aquisição, internalização, construção de significados na estrutura interna do sujeito, percebe-se que *não* é tão somente uma atribuição passiva de significado ao objeto de aprendizagem. O novo conhecimento tem que interagir com o conhecimento prévio na estrutura cognitiva. Para aprendizagem ser significativa é necessário que o novo conhecimento encontre um conhecimento prévio relevante, por conseguinte “nesse processo o novo conhecimento ganha significados e o prévio pode ganhar novos significados, ficar mais estável, mais elaborado, mais capaz de servir de ‘ancoradouro cognitivo’ para outros novos conhecimentos” (MOREIRA, 2015). Nessa teoria, a aprendizagem ocorre por meio da interação cognitiva do novo conhecimento com o conhecimento já organizado, hierarquizado na mente do aprendiz, ou seja, na sua estrutura cognitiva a qual é “entendida como o conteúdo total de ideias de um indivíduo e sua organização, ou o conteúdo e organização de suas ideias, em uma determinada área de conhecimento” (MOREIRA, 2008/2016). A teoria de Ausubel afirma que essa interação entre o novo conhecimento com um conhecimento específico e relevante da estrutura cognitiva é *não aleatória* e *não literal*. Portanto, Ausubel denominou de subsunção esse conhecimento já estabelecido e consolidado dentro da estrutura cognitiva. Se um novo conhecimento for internalizado sem que ocorresse interação com alguma parte da estrutura cognitiva específica e relevante, então poderíamos afirmar que não houve uma aprendizagem significativa, assim a essa forma de aprendizagem Ausubel denominou de *aprendizagem mecânica*. Na verdade, a aprendizagem para um sujeito normalmente ocorre dentro de um espectro “oscilando” entre dois extremos, a saber: a totalmente mecânica e a totalmente significativa.

A aprendizagem significativa precisa que o novo conhecimento encontre subsunções que sirvam de ancoradouro para que se processe a interação, a assimilação e a retenção desse novo conhecimento. Essa é uma interação dos conhecimentos em que ambos agem mutuamente, ou seja, o novo conhecimento ganha significado e o conhecimento subsunção fica mais rico e elaborado por meio de processos que Ausubel denomina de *diferenciação progressiva*, quando, porém, o novo conhecimento apresenta significados comuns encontrados

em vários subsucores mais inclusivos ele passa a interagir de forma integradora a estes, porquanto esse processo Ausubel denomina de *reconciliação integradora*.

Há duas formas de classificar a aprendizagem significativa, a primeira pela forma como o sujeito aprendiz atribui significados ao novo conhecimento, sendo então classificada como: aprendizagem representacional, conceitual e proposicional. Estes três tipos de aprendizagem significativa revelam a evolução temporal da aprendizagem no que se refere ao desenvolvimento cognitivo do aprendiz no aprofundamento de um conhecimento específico. A segunda forma de classificação é definida quanto a maneira de interação do novo conhecimento com a estrutura cognitiva do aprendiz, sendo então classificada como: aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória.

O primeiro contato com um novo conhecimento se configura inicialmente na forma *representacional*, aquela que se nomeia, estabelecendo a “notação”. O que define esse tipo de aprendizagem aqui é atribuição de significado de um referente (objeto, evento ou conceito) ao significado do símbolo (palavra), contudo é necessário esclarecer que não é atribuição direta do símbolo ao referente, mas sim uma atribuição do significado do símbolo ao significado do referente. Quando a cognição do conhecimento chega ao nível *conceitual* o aprendiz reconhece o abstrato invariante (atributos criteriosais comuns) de um “objeto” ou “evento” para outros contextos além daquele estabelecido no primeiro contato. A *proposicional* é aquela que, como o próprio nome diz, ocorre quando o aprendiz se torna capaz de fazer sentenças que mostra uma maturidade linguística e lógica para organizar, explicar, relacionar ou encadear seu conhecimento *multiconceitual* sobre o objeto de aprendizagem. Nesse último tipo de aprendizagem o significado da sentença como um todo é maior do que a soma dos significados de cada conceito encadeado ao longo da sentença (MOREIRA, 1983, 2000, 2015).

A aprendizagem *subordinada* se estabelece quando um novo conhecimento “encontra” com um conhecimento prévio especificamente relevante e se ancora a este, é uma assimilação dinâmica em que ambos, os conhecimentos, são modificados, o novo ganha significado por interagir com um subsunçor e este último se enriquece, pois passa a incluir aspectos do novo conhecimento (MOREIRA 2015). A *superordenada* é uma forma de aprendizagem significativa da qual desenvolve uma reordenação da hierarquia de conhecimento quando um deles passa a sobrepor para subordinar outros conhecimentos, é uma forma de aprendizagem de menor frequência do que a subordinada e demanda que ocorra vários processos de diferenciação de aspectos diversos do conhecimento e integração de aspectos comuns do conhecimento para que um deles obtenha ascensão hierárquica. A *combinatória* é uma forma de aprendizagem

significativa em que um novo conhecimento interage não com um conhecimento especificamente relevante como é o caso da subordinada, mas interage com todo um arcabouço de conhecimento em que o aprendiz tem domínio devido a sua experiência nesse conhecimento.

Uma questão importante a ser levantada sobre as teorias da aprendizagem para Ausubel é a seguinte: o que mais influencia a aprendizagem? Qual é a principal variável?

Segundo Ausubel apud Moreira (2015) o que mais influencia a aprendizagem é o *conhecimento prévio* do aprendiz, aquilo que ele já sabe. Mas além disso o aprendiz precisa querer aprender, se colocar disponível e com uma intencionalidade. Moreira (2015) assim resume essa ideia: “aprendemos a partir do que já sabemos e aprendemos se queremos”.

Segundo Moreira (2015) essas condições são simples, porém representam um desafio ao ensino. É um contraste com as posturas de ensino mais fáceis ou cômodas, tais como o ensino de respostas prontas e esperadas que somente acarretam uma aprendizagem sem significado ou, em outras palavras, uma aprendizagem mecânica.

A aprendizagem significativa plena, ou seja, aquela em que ocorreria no aprendiz durante todo o tempo de um evento de ensino é um extremo de um espectro do qual o outro extremo seria a aprendizagem mecânica. O que acontece na sala de aula quando o aprendiz quer aprender é uma oscilação entre momentos que ora se aproxima mais da aprendizagem significativa ora se aproxima da aprendizagem mecânica. Dentro desta teoria se reconhece a responsabilidade do aprendiz para o querer aprender, e quando há essa voluntariedade a aprendizagem se torna mais significativa, contudo se reconhece também a responsabilidade do professor para facilitar o aprendizado significativo de seus aprendizes. Portanto, quando há essa conjunção destas duas forças intencionadas “a curva da função temporal da aprendizagem” tende para a aprendizagem significativa plena (MOREIRA, 2015).

Devemos buscar a aprendizagem significativa e evitar que ocorra a aprendizagem mecânica uma vez que esta última se caracteriza pelo armazenamento arbitrário sem interação. A aprendizagem significativa exige essa interação do novo conhecimento com a estrutura cognitiva do aprendiz, e essa estrutura é formada de conceitos, ideias e proposições relevantes e inclusivos. Essa estrutura quando é capaz de interagir com o novo conhecimento ela passa a servir de “ancoradouro” (MOREIRA, 2008).

A diversidade do ser humano vai se manifestar cabalmente no processo de ensino-aprendizagem em vários aspectos, inclusive no nível de “ancoradouro” que os estudantes possam dispor. Uma ferramenta para buscar a inclusão daqueles ou de todos, que não tem o

“ancoradouro” desejado para a aprendizagem significativa é a preparação dos *organizadores prévios*. Moreira diz:

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si [...] organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade [...] a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele ou ela deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa (MOREIRA, p.30, 2008).

No planejamento cronológico ou estrutural de uma sequência de ensino o organizador prévio deve ser alocado no início de maneira similar a uma introdução, apesar que o organizador prévio não deve ser confundido com uma mera introdução. Na introdução são citados os conteúdos posteriores, contudo, no organizador prévio, o conteúdo é efetivamente apresentado, porém num nível mais abrangente, inclusivo, também de forma que busque fazer uma ponte para o nível necessário que o novo conhecimento exige de subsunçores.

Marco Antônio Moreira com suas experiências nas teorias de aprendizagem, sendo também divulgador da Aprendizagem Significativa de Ausubel, chegou à conclusão que a aprendizagem além de *significativa*, ela deve ser *crítica*. Moreira vestiu a aprendizagem significativa com vários aspectos da epidemiologia humanística advindas da contribuição de vários autores. Podemos citar alguns desses aspectos como a linguagem, a interação social, a percepção, interpretação e construções pessoais, etc.

A aprendizagem significativa crítica é aquela que provoca no aprendiz uma capacidade de fazer parte de sua cultura e suas transformações e ao mesmo tempo poder observá-la de fora, não permitindo ser dominado por ela (MOREIRA, 2005/2010).

Para que ocorra uma aprendizagem crítica, antes o sujeito precisa aprender significativamente, e nesse processo de aprendizagem, o conhecimento prévio é o fator isoladamente que mais influencia a aprendizagem significativa. “... Aprendemos a partir do que já sabemos e que, portanto, nosso conhecimento prévio, seja qual for ele (subsunçores, esquemas, construtos, representações, modelos mentais, ...), é a principal variável a influenciar a aquisição significativa de novos conhecimentos” (MOREIRA, 2005/2010).

Para Moreira, um episódio de ensino que subsidia a aprendizagem significativa crítica é aquele que envolve interação social com compartilhamento de significados. A aprendizagem é considerada crítica quando nesse episódio de ensino se valoriza os questionamentos ao invés de entrega de respostas prontas; quando estimula o aprender a aprender, onde o erro e sua superação são encadeados, sabendo que errar é algo natural; quando se busca a distinção do relevante do irrelevante, quando se compreende que o conhecimento é invenção humana, com

sua origem nas perguntas; onde o livro didático não seja a única fonte de conhecimento e autoridade; quando se desprende da dependência do quadro e giz ou qualquer versão tecnológica do mesmo método onde o professor é a única pessoa detentora e transmissora do conhecimento em sala de aula, mas sim substituir o quadro e giz por estratégias diversificadas que promovam a colaboração na construção do conhecimento (MOREIRA 2005/2010).

3.1.4 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Sob uma perspectiva de educação freiriana cujo o ensino não pode ser neutro e isolado dos aspectos sociais do indivíduo, Delizoicov (1982) desenvolveu uma abordagem que a princípio se chamava “roteiro pedagógico” baseada nas suas próprias experiências em Guiné Bissau e posteriormente somadas com as experiências de Angotti e Pernambuco (2002) passou a ser definido como os “*Três Momentos Pedagógicos*”, uma dinâmica didático-pedagógica que Muenchen e Delizoicov resumem da seguinte maneira:

Problematização Inicial: apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam. Para os autores a finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição propostas para discussão e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.

Organização do Conhecimento: momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.

Aplicação do Conhecimento: momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outros que, embora não diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (MUENCHEN, DELIZOICOV, p. 199-215, 2012).

O desenvolvimento de oficinas, dinâmicas ou qualquer outra forma de situação de ensino podem demandar esforços caso a promoção da interação entre os atores envolvidos seja um dos seus principais objetivos. Esse desenvolvimento pode se tornar ainda mais desafiador quando a interação é no sentido amplo, que vai envolver o conhecimento, a realidade próxima do estudante e a aprendizagem. Com essa preocupação, Delizoicov *at al* (2002) vão sugerir a busca da diversidade de meios para a problematização, interação e criar propostas desafiadoras. Os três momentos pedagógicos são compatíveis com esse objetivo e além do mais “eles auxiliam na produção de materiais mais flexíveis, possíveis de serem adaptados a diferentes circunstâncias” (p. 298, 2002).

É possível conciliar a problematização dos três momentos pedagógicos da concepção de educação de Paulo Freire com os organizadores prévios da concepção de aprendizagem significativa de Ausubel, visto ser necessário que o professor intencionalmente consciente, observe, avalie e compreenda as informações advindas dos estudantes no momento de interação em sala de aula, e em resposta, tome decisões instantâneas que mantenha a condução do planejamento, a fim de alcançar os objetivos determinados para o momento. O professor pode adaptar a aplicação dos organizadores prévios e ao mesmo tempo estimular a consciência dos estudantes sobre o conhecimento deles próprios e dessa forma gerar o interesse por alcançar um aprofundamento e uma visão contextualizada do tema.

3.1.5 CONCEITOS UNIFICADORES

Dentro da diversidade do conhecimento científico podemos vislumbrar os *conceitos unificadores*, e este quando reconhecidos e elencados podem aproximar campos científicos poucos conciliáveis. A eleição dos conceitos unificadores deve ser em quantidade reduzida para um número mínimo possível a fim de manter uma maior abrangência e uma cognição comum mesmo em áreas diversas do conhecimento. Delizoicov *et al* (2002) listam quatro conceitos unificadores: *transformações, regularidades, energia e escalas*.

Neste presente trabalho o conceito unificador em evidência é *escalas*, uma vez que se reconhece que fenômenos, ciência, tecnologia e cultura tem suas abrangências e limitações ao longo da variação das dimensões temporais e/ou espaciais. A exemplo disso, o tema nanociência tem sua fenomenologia e propriedades estudadas dentro de uma dimensão microscópica (mais precisamente na região do nanômetro) e suas aplicações tecnológicas tem sua reverberação no tempo contemporâneo em escala global. Os professores comprometidos com a contextualização têm a preocupação de revelar a abrangência do objeto de estudo em todos esses aspectos dimensionais.

Para Lopes *et al* (2003, p. 6) “... o conceito unificador *escalas* abrange as diferentes dimensões de ocorrência dos processos de transformações e de regularidades, tanto as perceptíveis a “olho nu”, quanto às ocorridas em níveis micro e macroscópico”.

O conceito unificador *escalas* provê suporte ao trabalho de contextualização, pois é capaz de levar as ciências sociais até as ciências da matemática, como um exemplo de áreas pouco conciliáveis.

3.1.6 C&T CONTEMPORÂNEAS

A cultura tecnológica de ponta do qual estamos inseridos reivindica uma sintonia com a ciência contemporânea associada a esta tecnologia. Delizoicov *at al* afirmam que na formação cultural “Mantém-se o desafio de incorporar à prática docente e aos programas de ensino os conhecimentos [contemporâneos]¹ de ciência e tecnologia relevantes para a formação cultural dos alunos, sejam os mais tradicionais, sejam os mais recentes e desequilibrantes” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2009). Em outro momento, esses autores dão o exemplo da relação da ciência e a tecnologia por meio da quântica e dos computadores:

[...] a teoria quântica, para ser testada, foi beneficiada de modo sem precedentes pelas tecnologias recentes disponíveis, entre elas os computadores de grande porte e as experiências precisas com a utilização dos mais variados tipos de lasers. Parece pouco prudente considerar hoje o conhecimento científico, mesmo o da ciência básica, desvinculado das tecnologias de ponta, que por sua vez são alicerçadas, pelo menos parcialmente, naquela (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2009).

A dignidade da pessoa *humana* prevê o direito de uma formação plena, ou seja, a dimensão humana, a científica e a tecnológica, uma formação que se aproprie da cultura e “insiste-se aqui na pressuposta concepção de C&T como cultura, necessária a todos os educandos” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2009).

3.1.7 SOBRE CURRÍCULO, PROGRAMAS ESCOLARES E O EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO NA FÍSICA

A causa do engessamento curricular vai além da inércia dos professores, na verdade, é fruto de decisões em instâncias superiores ao ambiente escolar das quais questões ideológicas não podem ser colocadas à parte, e este ambiente, como consequência, fica sem vivacidade devido à falta de identificação dos seus integrantes imediatos com o currículo. Uma causa como exemplo desse engessamento é a fragmentação curricular devido a tradição de livros didáticos que pouco incentiva o diálogo com outras disciplinas. Lopes *at al* revelam que:

Dentre essas disciplinas, a Física, juntamente com a Matemática, destaca-se pelo índice relativamente alto de problemas relacionados com a fragmentação existente no seu ensino, e seus efeitos mais imediatos, tais como índices alarmantes de repetência, pouca, e por vezes inexistente, compreensão dos conceitos, dificuldades em

¹ O acréscimo em colchetes é meu.

estabelecer relações entre os conceitos abordados, e/ou com conceitos anteriores dessa ou de outra disciplina (LOPES, ANGOTTI, MORETTI, MÉRICLES, 2003).

O fracasso no ensino de física sofre contribuição do nível de abstração da matemática e da fragilidade do conhecimento dessa disciplina por parte dos alunos juntamente com uma prática abusiva no uso de fórmulas sem explorar bem os conceitos físicos e sem os relacionar com as experiências do cotidiano (PIETROCOLA, 2002).

3.1.8 MARCO METODOLÓGICO

Moreira também define o que é pesquisa básica em educação em ciências:

É produção de conhecimentos sobre educação em ciências; busca de respostas a perguntas sobre ensino, aprendizagem, currículo e contexto educativo em ciências e sobre o professorado de ciências e sua formação permanente, dentro de um quadro epistemológico, teórico e metodológico consistente e coerente, no qual o conteúdo específico das ciências está sempre presente (MOREIRA 2004).

Moreira também argumenta que o professor (o da rede da educação básica) está na melhor posição possível “para registrar certos eventos educativos que se constituem em objeto de estudo da pesquisa em educação em ciências” (MOREIRA, p.50, 2004). Porém, ele adverte que pesquisar é produzir conhecimento que vai além de simplesmente registrar eventos, o que demandaria entre outras coisas a formação permanente do professor. Contudo, as condições de trabalho não permitem a muitos destes profissionais nada além de dar aulas (MOREIRA 2004/2015).

3.1.9 OS FENÔMENOS DE INTERESSE DA PESQUISA EM ENSINO

O fenômeno de interesse da pesquisa em ensino é o próprio ensino, mas este inter-relacionado com a aprendizagem, currículo, contexto e a avaliação. A avaliação revela se houve ou não aprendizagem, podendo também, segundo Moreira, revelar o nível de causalidade entre ensino e aprendizagem, uma vez que esta última pode ocorrer sem que o ensino seja sua promotora. Moreira atribui o adjetivo de idiossincrático para a aprendizagem, pois esta depende da maneira incomum de cada indivíduo receber, processar e reagir aos estímulos dentro das interações com a sociedade. O currículo também é incluído como objeto de interesse da pesquisa, pois este é o que se ensina e é a métrica da avaliação da aprendizagem.

O contexto social, que inclui o ambiente de ensino formal, está também inserido no fenômeno de interesse da pesquisa de ensino e é passível de avaliação assim como também o ensino, a aprendizagem, o currículo e o contexto. Os eventos de interesse para as pesquisas educacionais são todos os quais de alguma forma relacionam com ensino, aprendizagem, avaliação, contexto ou a combinação destes. Os registros de eventos são analisados a direcionar uma explicação que responde à questão básica sobre o fenômeno de interesse.

A pesquisa em ensino como foi mencionado anteriormente tem como fenômenos de interesse o ensino, a aprendizagem, o currículo, o contexto e a avaliação. Nesta pesquisa o interesse é a ação no ensino, mesmo que seja impossível isolar somente essa componente. O ensino com ação orientada por um referencial teórico, metodológico, e epistemológico vai configurar o fenômeno de interesse desta pesquisa em educação.

Para falar de metodologia da pesquisa em ensino é necessário estar consciente de que a pesquisa, ou até mesmo a ciência como um todo, não tem um posicionamento neutro, impessoal, não ideológico, etc. Ao contrário, qualquer postura e atitude de investigação feita pelo pesquisador é antes influenciada por suas escolhas e predileções teóricas e filosóficas. Para Gowin, segundo Moreira, na estrutura da produção do conhecimento *“qualquer investigação é conduzida a partir de determinados paradigmas e bagagens teórico-conceituais, fazendo uso de certas metodologias para estudar certos fenômenos de interesse, os quais, obviamente, são selecionados em função de tais paradigmas e referenciais teórico-conceituais”* (MOREIRA, 2003). O mesmo fenômeno de interesse pode ser abordado por diversos referenciais teóricos, metodologias e paradigmas. Porém, quem seleciona o objeto/evento para estudar o fenômeno de interesse já o aborda dentro de uma perspectiva de paradigma, metodologia e teorias pré-selecionadas, ou seja, há isenção do objeto, mas não há isenção do sujeito. A maneira mais sensata a prosseguir na pesquisa em ensino é estar consciente de que o conhecimento é construído, é falível, é substituível, provisório, etc, e tomar uma postura pessoal, humana e construtiva.

Na pesquisa em educação, mais especificamente na pesquisa em ensino, há o predomínio de dois enfoques: A pesquisa quantitativa e a qualitativa (MOREIRA, 2003). Para este trabalho escolhemos a realização da pesquisa qualitativa no formato de pesquisa-ação. Essa escolha harmoniza com o objetivo da aplicação do produto educacional, de fato, quando o professor junto com os demais atores agem na sala de aula, todos ficam imersos em fenômenos de interesse da pesquisa em ensino, a saber: o ensino propriamente dito, a aprendizagem, o currículo, a avaliação e o contexto (FIRESTONE, 1987). Na pesquisa qualitativa a interpretação

dos registros e a narrativa do processo são as fontes de dados e da análise dos mesmos. O interesse é de estamos envolvidos no processo como sujeitos da pesquisa com busca focada na criação e compartilhamento de significados com relativismo e diversidade de abordagens metodológicas. Também é interesse do autor deste trabalho que as suas ações, assim também como os seus pensamento e as suas emoções interajam reciprocamente com outros atores do processo nestas mesmas dimensões. Conforme Erickson apud Moreira em declarar que os significados são o interesse central da pesquisa qualitativa, cujo “enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo” (MOREIRA, 2003). A pesquisa centrada na ação não é a observação de comportamento, mas da ação que é um conjunto que inclui o comportamento integrado à interpretação de significados humanos atribuídos por todos os atores envolvidos em um contexto social (ERICKSON, 1986, MOREIRA 2002). Moreira reitera e aprofunda com essas palavras:

“A pesquisa interpretativa procura analisar criticamente cada significado em cada contexto. O pesquisador nessa perspectiva pergunta-se continuamente que significados têm as ações e os eventos de ensino, aprendizagem, avaliação, currículo, para os indivíduos que deles participam. Indagasse permanentemente sobre o que está acontecendo e como isso se compara com o que está acontecendo em outros contextos. [...] O investigador interpretativo observa participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse. [...] o pesquisador interpretativo narra o que fez e sua narrativa concentra-se não nos procedimentos, mas nos resultados” (MOREIRA, p. 24, 2003).

Nossa hipótese é que as interpretações e o relato da interação desenvolvida em sala de aula possam gerar um conhecimento de como melhorar, não só a prática pessoal do autor, mas o ensino de Física, questionando a mesma, com uma reflexão crítica que leve em conta ao mesmo tempo os resultados e os valores dos processos. Uma reflexão cuidadosa da prática pode desvelar como práticas, tradições e hábitos antigos são inúteis e irrelevantes para as demandas dos dias atuais e quanto o contexto que nos permeia se configura uma força resistiva a mudança da prática (MOREIRA, 2002).

O processo de pesquisa-ação segundo Moreira é: “reconhecimento de uma situação que se quer mudar”, planejar uma ação, aplicá-la, avaliá-la, refletir sobre, replanejar, reaplicar, reavaliar etc, assim estabelecendo um processo cíclico (MOREIRA, p. 17, 2002). Esse processo pode ser bem implementado numa sequência de ensino a qual, em cada etapa, pode abarcar um desses ciclos. As mudanças introduzidas durante o processo podem resultar num produto educativo diferente daquele descrito no planejamento inicial. Uma vez que a pesquisa-ação tem

por finalidade a mudança, então essa forma de pesquisa deve estar aberta a sofrer mudanças (intervenções, correções, etc.) durante o processo de execução.

“O ensino, por exemplo, no contexto da pesquisa-ação se concebe como uma forma de pesquisa dirigida a compreender como traduzir os valores educativos à formas concretas de prática” (MOREIRA, 2002).

3.2 METODOLOGIA

O perfil do MNPEF é de contribuir para a mudança de paradigma no ensino de física promovida pelos seus discentes, com objetivo de

sair do paradigma da narrativa, centrado no professor e baseado em aulas expositivas e listas de problemas, e passar para o paradigma da aprendizagem ativa centrado no aluno e baseado em atividades colaborativas, nas diversidades de estratégias de ensino e de recursos instrucionais (EBEF, 2018).

O MNPEF exige o desenvolvimento de uma dissertação de mestrado e de um *produto educacional*. Na dissertação deve vir a descrição dos processos de desenvolvimento do produto e a descrição de sua aplicação pelo discente em sala de aula.

O produto educacional pode se constituir em uma diversidade de aplicações, por isso um título genérico, a exemplo dessas aplicações pode se citar o desenvolvimento de uma bancada experimental com suas estratégias para aplicação no ensino; softwares com suas descrições de uso no ensino, estratégias de ensino como sequências didáticas e outros com sua organização descrita com tema e marco teórico, entre outras possibilidades.

O objetivo do meu produto educacional é inserir o tema nanotecnologia/nanociência no Ensino Médio por meio de uma contextualização com os conteúdos *medidas, escalas e unidades*. É interessante notar que o conceito unificador *escala* é também conteúdo tanto em *medidas, escalas e unidades* como também em *nanotecnologia*.

Na proposta deste trabalho, a aplicação do produto educacional é a própria ação da pesquisa qualitativa/interpretativa pesquisa-ação. A narração, descrição, relato, interpretação serão melhores expostos em *resultados e discussões*. Porém, neste capítulo a metodologia abordada é predominantemente a aplicação do produto educacional através de um relato metodológico explicitando como ocorreu a execução da sequência de ensino em sala de aula.

Os procedimentos adotados para a inserção do tema proposto neste trabalho são aplicações de um conjunto de *estágios* (fases, momentos, etc.) programáticos interligados e

sequenciais, também denominados de *sequência de ensino e aprendizagem* ou *sequência didática*. Essa fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa de crítica de Moreira, com inspiração nos métodos das unidades de ensino do mesmo autor e dos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov.

Essa sequência de ensino foi aplicada para os alunos da rede estadual da Bahia, no Colégio Estadual Dária Viana de Queiroz, situado na cidade de Barra do Choça. O produto educacional é a organização instrucional da aplicação dessa sequência de ensino para publicação, sendo assim, ficará disponível a interessados em fazer sua reprodução.

3.2.1 RELATO METODOLÓGICO EM PRIMEIRA PESSOA

A sequência de ensino foi dividida em 5 estágios:

Estágio 1: dividido em dois encontros de 2h totalizando 4 horas-aula;

Estágio 2: dividido em dois encontros de 2h totalizando 4 horas-aula;

Estágio 3: primeira metade de um encontro de 2h totalizando 1 hora-aula;

Estágio 4: segunda metade de um encontro de 2h totalizando 1 hora-aula;

Estágio 5: primeira metade de um encontro de 2h totalizando 1 hora-aula.

A carga horária da sequência didática foi de aproximadamente 12 horas-aula realizadas em 6 encontros. Cada estágio abordou uma ou mais metodologias de ensino conforme Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988) apud Dos Santos e Mortimer (2000) que sugerem uma diversidade de abordagem tais como palestras, sessões de discussões, interpretação de papéis, debates, dentre outros, como estratégias de ensino que envolvam ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

3.2.2 ESTÁGIO 1:

Este estágio é um organizador prévio sendo o mesmo dividido em dois encontros, no primeiro procurei abordar os conceitos de medidas, escalas e unidades, no segundo eu abordei a vastidão da escala cósmica partindo do macro e chegando ao micro, incluindo também os instrumentos de observações para cada campo dessa escala. Foi dito anteriormente neste texto que o fator mais influente na aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe (MOREIRA, 2008), nesse intuito, todas as minhas ações para o primeiro encontro, procuravam levar em conta esse

aspecto da teoria ausubeliana. Destaco aqui dois tipos gerais de ações: o primeiro são as ações que procuram evidenciar o que o aluno já sabe e o que não sabe ainda e o segundo são as ações que procuram superar a insuficiência do conhecimento do aluno para a melhor recepção do novo conhecimento.

1º ENCONTRO

No primeiro encontro eu questionei oralmente aos alunos sobre medidas, escalas e suas unidades. Após os diálogos, fizemos consultas em dicionários online em sites da internet para aprofundar nos aspectos formais desses conceitos. Foi feita uma sondagem na busca de uma visão ampla daquilo que os estudantes possuíam de conhecimento sobre o termo “*nano*”: inicialmente apliquei uma atividade escrita que questionava o que eles já sabiam sobre a palavra nano; posteriormente apliquei outra atividade escrita que solicitava aos estudantes que completem as lacunas com os apropriados prefixos substitutos de potências de dez em ordem do maior para o menor. Com este instrumento busquei verificar o quanto desse conhecimento os estudantes dominavam. Além dessas sondagens por meio de instrumento impresso, também houve uma sondagem oral oportunizada pelos mesmos questionamentos que foram retomados com o apoio da apresentação de slides após a atividade escrita. Mesmo durante a aplicação da atividade escrita foi possível observar os conhecimentos dos alunos que estavam implícitos em suas dúvidas reveladas em suas perguntas também como nos diálogos de estudante para estudante durante o desenvolvimento da atividade. Ainda com a ajuda da apresentação de slides aprofundei no conteúdo dos *prefixos e potências de dez* para que no encontro seguinte (que aborda a escala do cosmo) eles teriam uma noção melhor daquilo que chamamos de ordem de grandeza.

A experiência da aplicação da sequência didática evidenciou que somos tentados a sobrecarregar o planejamento que muitas vezes não se efetiva integralmente no tempo previsto. O uso de uma grande quantidade de slides no primeiro encontro, por exemplo, se mostrou inalcançável e exaustivo e por consequência disso, uma parcela de slides foram encaminhadas para o segundo encontro sem nenhum prejuízo no percurso didático. A insuficiência do tempo para uma apresentação de slides mais exaustiva se deve aos momentos preparatórios, tais como: a apresentação pessoal e da proposta da sequência de ensino, a coleta de assinaturas de termos, imprevistos e outros procedimentos introdutórios.

2º ENCONTRO

O segundo encontro explora a disponibilidade de subsunçoes trabalhados no primeiro encontro e, por conseguinte foi planejado para ser uma continuação do organizador prévio iniciado no primeiro encontro. Os procedimentos adotados para o segundo encontro foram os mesmos do primeiro, ou seja, atividades escritas e orais com ajuda da apresentação de slides.

A preocupação nesse segundo encontro era fazer as primeiras introduções ao tema nanociência/nanotecnologia. Como a escala nano é pequena dentro da amplitude da escala cósmica, então é razoável começar essa introdução do tema com a exibição de um recurso computacional ilustrativo que mostra a vastidão do cosmo fazendo um “passeio” pelas várias ordens de grandezas da unidade metro e correlacionando com as ciências mais bem ajustadas a cada parte da escala cósmicas. Ao trazer para a sala de aula, as ciências e suas peculiaridades de cada segmento da escala cósmica, foi útil mostrar as limitações dos instrumentos óticos, tais como: o olho humano sem auxílio de instrumentos, o telescópio e o microscópio óptico, também foi útil aprofundar sobre o termo *nano* dentro da perspectiva usada nesse trabalho, instrumentalizada por meio de um vídeo extraído da internet, posteriormente dublado pelo autor desta sequência de ensino e aprendizagem. Exibimos uma compilação de recortes de vídeos do YouTube que mostram o princípio de funcionamento dos microscópios de tunelamento e de força atômica, também o vídeo mostrando o princípio de funcionamento da agulha de um vitrola para que analogias entre essas duas formas de varredura de superfícies pudessem ser estabelecidas. Na parte de atividade escrita, o instrumento questionava o que os estudantes já sabiam sobre os termos nanociência/nanotecnologia e esta foi uma atividade lúdica para associar o escopo da escala cósmica mais adequado para os instrumentos de observação citados e por fim uma atividade que questionava o que eles já aprenderam sobre a palavra *nano* após o trabalho proporcionado pelo primeiro encontro. Esta última atividade permite um contraste com esse mesmo questionamento feito no início do primeiro encontro, antes que houvesse qualquer explanação do tema. Os dois encontros encerram-se a proposta do primeiro estágio que foi um organizador prévio, cujos recursos são compilações de vídeos que aborda de forma direta ou indireta a temática, adicionando apresentação de slides de forma intercalada à exibição de trechos da compilação com o objetivo de provocar a participação dos alunos através de questões, frases, atividades escritas e imagens, contudo sem menosprezar os diálogos planejados e espontâneos que ocorrem na sala de aula. Todo esse momento de questionamentos, diálogos, reflexões e respostas possibilitou a captura dos conhecimentos

prévios dos alunos como também, estabelecer o organizador prévio dos subsunçores que serão necessários para os próximos estágios.

3.2.3 ESTÁGIO 2

Este estágio é uma aplicação do conhecimento sobre medidas, escalas e suas unidades previamente problematizadas e desenvolvidas no primeiro estágio. Esta aplicação se efetiva com propostas experimentais voltadas para medidas indiretas cujas dimensões envolvidas são inalcançadas costumeiramente aos estudantes. Este estágio também foi dividido em dois encontros, no primeiro procurei ofertar medidas que vão do milímetro ao micrômetro e no segundo do micrômetro ao nanômetro.

Em um cenário ainda em desenvolvimento de propostas educacionais no que se refere ao ensino de nanociência é difícil garimpar um número abundante de recursos, no entanto, Peter A. B. Schulz (2007) empenhou em compilar um “material didático de baixo custo para o ensino de conceitos de nanociência, aproximando o estudante das estratégias centrais desse ramo da ciência, bem como da própria percepção da escala de tamanho” (Schulz, 2007). Foi, para mim, bem razoável seguir o roteiro de experimentação com a escala de medidas do comprimento do milímetro ao nanômetro do artigo “Nanociência de baixo custo em casa e na escola” do autor supracitado.

1º ENCONTRO

Das propostas de Schulz eu escolhi três para serem aplicadas no primeiro encontro do segundo estágio: medição da espessura da folha de papel sulfite, medição da largura da trilha de um disco de vinil e medição da espessura da trilha de um CD². Essas três propostas foram colocadas em forma de desafio. Os desafios foram dispostos um por vez, assim, quando uma equipe completava um desafio, era permitido dar início ao próximo. Os desafios propunham que os estudantes encontrem uma estratégia para descobrir a medida alvo em cada proposta, usando alguns valores que eles mediram e outras informações já fornecidas pelo texto. Ocorreram várias dúvidas sobre o que medir e como medir. Contudo, no devido tempo, à

² Vide tabelas de abreviações.

medida que eu fornecia dicas para esclarecer qual medida era procurada e qual era a natureza das informações dadas, os estudantes aproximavam-se da estratégia correta.

O primeiro desafio foi de encontrar uma estratégia para calcular a espessura de uma folha de papel com auxílio de uma régua e um conjunto de 100 folhas. A importância dessa atividade foi de levar o estudante a alcançar as dimensões menores que o milímetro através de medidas e de cálculos, ou seja, estabelecendo uma medição indireta.

O segundo desafio foi de encontrar uma estratégia para calcular a espessura de uma trilha de um disco de vinil (a cava por onde a agulha percorre para fazer a leitura das informações). Para cumprir este desafio, os estudantes precisavam do auxílio de uma régua para medir a largura radial total das faixas musicais, sendo também necessário conhecer a frequência de rotação da vitrola em RPM e o tempo de duração máxima de um só lado de um *LP*. A importância dessa atividade foi de levar o estudante a alcançar as dimensões menores que o milímetro, se aproximando do micrômetro, através de medidas e de cálculos, ou seja, estabelecendo uma medição indireta.

O terceiro desafio foi de desenvolver uma ou mais estratégias para estimar uma espessura média de uma trilha de um disco óptico (CD). Uma estratégia mais imediata seria observar a dispersão da luz, isso significa que, no CD, as fendas que formam a trilha seriam semelhantes a uma espécie de grade de difração. Portanto, a espessura do disco é próxima à ordem de grandeza do comprimento de onda da luz, porém essa estratégia foi apontada no estágio anterior quando falava-se das limitações dos alcances de ampliação e capacidade de nitidez dos instrumentos ópticos. Outra estratégia seria seguir uma abordagem semelhante ao disco de vinil, utilizando a informação da frequência de rotação de um CD, que diferentemente da frequência constante do LP, possui uma frequência variável, exigindo que os estudantes calculassem a média, essa dica foi fornecida no texto guia do desafio. Semelhantemente ao desafio do LP, era necessário que o estudante utilizasse o tempo de gravação de um CD, porém agora deve ser usado o tempo de gravação máxima pois no CD a leitura é feita somente em um lado. A importância dessa atividade foi de levar o estudante a alcançar a dimensão do micrometro, através de medidas e de cálculos, ou seja, estabelecendo uma medição indireta, esta atividade foi bem-sucedida, uma vez que os resultados dos estudantes aproximavam de um $1\mu\text{m}$ (um micrômetro) em média.

2º ENCONTRO

O quarto desafio foi proposto para ser realizado inicialmente como tarefa de casa. Neste desafio, os alunos utilizariam uma lapiseira para riscar uma folha de papel por certo comprimento total, múltiplos de traços de comprimento igual à largura da folha usada. Com as informações do diâmetro do cilindro de grafite, o comprimento gasto deste cilindro e do comprimento total riscado, os estudantes deveriam calcular a espessura da camada de grafite depositada sobre o papel, com auxílio de uma fórmula explicada por mim posteriormente. E assim eles, em suas casas, fizeram os riscos no papel. Chegando o dia do segundo encontro, fiz a dedução da fórmula no quadro branco, quando os alunos utilizando dessa fórmula, fizeram os cálculos e chegaram ao resultado que se aproxima a uma dezena de nanômetros. Esse desafio explora a noção de volume como uma espécie do produto de três dimensões de comprimento, como também a relação entre área e volume, algo importante que altera as propriedades físicas de objetos na escala do nano.

O quinto desafio foi proposto para que o aluno alcançasse a mesma grandeza do desafio anterior, a espessura do traço de grafite, porém agora valendo-se de grandezas elétricas como voltagem, corrente e resistência, mais especificamente a relação da resistência com a área da seção transversal e do comprimento do traço de grafite depositado no papel, essa relação é fornecida pela segunda lei de OHM. Essa medida indireta exigirá que se calcule a resistência elétrica do traço de grafite. Para tal propósito foi utilizado um circuito elétrico do qual o traço do grafite é um dos seus segmentos. Os outros elementos do circuito são a bateria e um multímetro cuja posição variável de sua sonda sobre o comprimento do traço do grafite funcionava como um potenciômetro. Pelas medições das grandezas elétricas com ajuda de um multímetro, os estudantes calcularam a resistência. Primeiro eles mediram o comprimento e a largura do traço do grafite com ajuda de uma régua; segundo eles anotavam o valor da corrente e o valor nominal da voltagem da bateria para calcular a resistência em posições variadas e, por fim, calcularam a espessura da camada de grafite com auxílio da segunda lei de OHM. Os valores obtidos aproximavam de menos de uma dezena de nanômetros, porém com uma variação de grupo para grupo devido ao acúmulo de erros de medidas.

O sexto desafio foi proposto para que os estudantes desenvolvessem uma estratégia para estimar a espessura de uma película fina de óleo sobre a água, devido a aspensão de uma pequena gota de óleo sobre a superfície da água. Para alcançar essa estimativa o estudante precisa da relação do volume da gota de óleo antes da aspensão com a área do espelho d'água

coberta pelo óleo após a aspersão. A visualização da dispersão da gota de óleo sobre a superfície de água é provida com depósito de pó de talco sobre a tensão superficial da água, uma vez visualizada a rápida dispersão do óleo, o aluno poderá medir o diâmetro médio da área espalhada de óleo. Esse desafio falhou na sua execução, pois não ocorreu a dispersão do óleo sobre a superfície. Em dois testes feitos em casa, em um deles foi bem-sucedido e no outro houve falha na ocorrência do fenômeno esperado. Como esse desafio foi proposto no final da aula não foi possível encontrar uma solução em tempo oportuno. Contudo, após aplicação desta sequência do ensino, alguns alunos sob minha orientação conseguiram executar a experiência com êxito, devido os cuidados na sua execução como utilização de alguns pormenores que foram incluídos nas instruções da versão final do produto educacional.

O sétimo desafio foi bastante simples e consistiu em apresentar uma agulha de vitrola aos alunos, passando de mão em mão, e perguntar se eles poderiam relacionar com algo já visto em nossos encontros. As respostas dadas pelos estudantes convergiram para a sonda do microscópio de varredura indiscriminadamente ao princípio de funcionamento, seja por tunelamento ou por força atômica. Após a resposta dos estudantes, eu expliquei que o microscópio de força atômica possui mais princípios semelhantes com o funcionamento da vitrola do que o microscópio de tunelamento, e ainda aprofundei nos aspectos de semelhanças e diferenças, como por exemplo, a leitura das irregularidades da trilha de um disco feito pela agulha da vitrola e o escaneamento dos átomos feitos pela sonda do microscópio.

3.2.4 ESTÁGIO 3

O estágio três teve como proposta o desenvolvimento de uma oficina com textos de divulgação científica. Foi proposto a criação de manchetes e introduções de reportagem telejornalística baseada nas leituras de textos com suas interpretações conseguintes. Os textos de fontes de divulgação científica foram distribuídos para os grupos de forma aleatória desde o segundo encontro do primeiro estágio para permitir que eles desenvolvessem a manchete e a introdução antecipadamente. Eu pedi que eles transformassem as ideias centrais dos textos em uma manchete e uma introdução daquilo que seria uma reportagem de um telejornal, para tanto eles deveriam ler e resumir a fim de capturar as ideias centrais. Eu expliquei muito brevemente sobre como seria a dinâmica da oficina no dia da distribuição, no entanto deixei para aprofundar no momento da execução da oficina.

A dinâmica seria a seguinte: um estudante de cada grupo representaria o âncora do jornal que faria a declaração da manchete e a chamada do repórter e um outro faria o papel deste repórter expondo a introdução da reportagem. Esta apresentação se efetiva por meio de representações de papéis e, portanto, deve levar em conta a leitura, interpretação do texto, capacidade de síntese; a representação do papel propriamente dita, por fim o cumprimento da tarefa de produção da manchete telejornalística com introdução da reportagem.

A oficina foi bem rápida se comparada com a duração que se imaginava para a mesma no período do planejamento, um possível motivo para este fato foi o estado de sobrecarga com as atividades escolares de fim de ano letivo em que os alunos se encontravam. Esse estágio pôde ser encaixado junto com o estágio 4 dentro do mesmo encontro. Eu registrei a oficina em vídeo, portanto, o início do quinto dia de encontro foi destinado a coleta de assinaturas do termo de captura e uso de imagem.

3.2.5 ESTÁGIO 4

A ciência pode ser usada para dominar a natureza e permitir o domínio do homem pelo homem. Sendo inconcebível dissociar da ciência seus efeitos e aplicações, por isso a importância do cidadão ser alfabetizado em ciência e tecnologia para que ele seja ativo e crítico em suas decisões. “O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos” (Dos Santos, Mortimer, 2000).

O uso da argumentação é útil para libertar da prática do ensino de ciência que somente prioriza o estudo de fenômenos. Esta argumentação pode ser explorada através das interações discursivas das quais “podem surgir durante a exposição oral de uma ideia por aluno ou por professor; durante a leitura de texto escrito; a elaboração de uma atividade escrita; o trabalho com gráficos e imagens; o uso de recursos audiovisuais, entre outros.” (Sasseron, Pessoa de Carvalho, 2011)

Com estas justificativas acima propomos para quarto estágio uma oficina de debate e interações discursivas que envolverá todo conhecimento trabalhado nos estágios anteriores, em especial os relacionando com a aplicação, o desenvolvimento econômico - desigualdade social, ética e meio ambiente. Confesso que este estágio foi o que mais distanciou do planejamento à aplicação, com essa experiência reconheço que cuidados maiores na execução deste estágio serão necessários em aplicações futuras desta sequência de ensino e aprendizagem.

O quarto estágio ocorreu logo após o terceiro estágio dentro do mesmo encontro sendo o quinto dia de aplicação da sequência de ensino e aprendizagem. Nessa altura a sala já estava organizada em forma de círculo, eu levei imagens e charges para a sala impressos em papel de foto. O objetivo do uso dessas imagens eram servir de gatilho para questionamentos. Para cada imagem eu perguntava o que a mesma instigava ao intelecto deles, posteriormente depois de esgotado os comentários eu fazia uma breve explicação para esclarecer em qual contexto do tema aquela imagem se enquadra e novamente fazia questionamentos para que eles pudessem argumentar, debater ou expor suas opiniões.

3.2.6 ESTÁGIO 5

Neste estágio, dentro do planejamento, eu queria proporcionar um momento de resultados e discussões com avaliação na forma de construção de conteúdo em vídeo protagonizado pelos próprios estudantes com a exposição de seus conhecimentos com liberdade de produção. Nesta proposta seria gravado um vídeo sem exigências de rigor técnico, onde o principal objetivo fosse o registro do conhecimento de uma forma que desvinculasse do estilo rotineiro de avaliação, da qual os estudantes estavam acostumados. Contudo, a execução da sequência didática extrapolou a carga horária prevista de cinco encontros para seis encontros.

Este encontro extra não pode ser feito na sala de aula da turma, e, por conseguinte limitou a produção da ideia original cujo propósito era produzir um conteúdo dentro do tema da sequência para ser gravado em vídeo. Contudo, devido a essa limitação, o propósito deste quinto estágio passou para a forma de um relato/depoimento da aprendizagem e de avaliação da sequência didática. Dessa forma, foi colhido o relato de cinco alunos, completando assim a sequência de ensino e aprendizagem em seis encontros com uma carga de 12 horas-aula.

Capítulo 4

RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é exposto o relato da aplicação da proposta metodológica apresentada no capítulo anterior fazendo uma autoanálise da minha ação em consonância com o referencial epistemológico, teórico e metodológico adotado.

Uma característica da minha ação foi permitir ajustes constantes no planejamento inicial e isso para mim foi notório desde os últimos dias que antecederam a aplicação, sempre buscando uma melhoria no projeto que rendesse maior praticidade e aplicabilidade do mesmo. A escolha mais desafiante no período de preparação foi a seleção dos materiais de divulgação científica, pois foi difícil encontrar materiais que abordavam o tema com linguagem adequada e que realmente pudesse ser interessante para os estudantes. Contudo, após ter feito a escolha do material, fiquei com a sensação de que a seleção do material poderia ser melhorada. Dessa experiência fica a lição de que a escolha do material deva ser com mais cuidado, criteriosa e bem antecipada. As escolhas dos trechos dos vídeos também foi algo difícil, pois os melhores materiais estavam em inglês, sendo necessário fazer uma dublagem de um destes vídeos para usar em sala de aula.

Um ajuste que aconteceu às vésperas da aplicação foi de estabelecer os momentos iniciais de cada encontro como sendo uma espécie de organizador prévio para as atividades do dia, com o uso de imagens, vídeos, etc., mesmo que alguns sejam repetições do primeiro estágio, pois servem de revisão e ancoradouro para as atividades do dia.

Outro fato que influenciou positivamente na aplicação desta sequência de ensino foi o de antecipar as possíveis falhas de percurso no planejamento, por exemplo, a verificação prévia da disponibilidade de espaços e equipamentos, incluindo o estado de funcionamento dos mesmos. Com esses cuidados, alguns obstáculos foram superados ainda em tempo hábil de não prejudicar o andamento da sequência de ensino.

Uma autoavaliação que faço sobre esse processo de preparação e início de atividades, é que eu não prestei a devida atenção para a comunicação antecipada com a turma sobre a aplicação do projeto, uma vez que eu estava afastado da sala de aula sob licença de estudo do mestrado. Para realizar essa comunicação, eu simplesmente solicitei à direção que avisasse para

turma sobre a realização do projeto na semana anterior a sua aplicação. Talvez essa negligência possa ter contribuído para um grande número de dúvidas que os estudantes tiveram sobre o porquê e o para que da aplicação do projeto.

Um fato que de certa forma me incomodou e influenciou no andamento das atividades foi o barulho das conversas paralelas dos estudantes durante a aplicação da sequência, isso devido ao número alto de alunos que estava oscilando entre 36 a 38 em uma sala vídeo pequena, onde ocorreu a maioria dos encontros. Posteriormente, eu percebi o quão foi útil essa forma de metodologia ativa (a aplicação desta sequência de ensino) cujas atividades mantinham os alunos ocupados de maneira que minimizavam bastante os prejuízos que o barulho poderia acarretar.

Eu avaliei positivamente o uso de atividades escritas distribuídas em grupo, que tanto apresentavam desafios, como também incluíam questões de interesse para avaliação do conhecimento prévio sobre a temática. Com o uso deste instrumento, as repostas ficam registradas permitindo uma análise posterior. Como foi o caso quando em uma das atividades iniciais eu questionei o que eles já sabiam sobre a palavra “nano”, e foi interessante notar que eles já tinham noção que nano relacionava-se com coisa pequena, ou muito pequena. Os tipos de objetos muito pequenos que eles relacionaram como pertinente a nano variaram bastantes, pois citaram por exemplo, chips, células, robôs, máquinas, etc. Com isso verifiquei que estavam na direção correta no uso histórico do termo nano. Entretanto, era necessário que eu desse uma ênfase maior nas noções contemporâneas específicas da ciência e tecnologia que envolve este termo. Semelhantemente à questão sobre a palavra nano, também havia no questionário, questões a respeito da palavra “medir” e da palavra “escala”, e verifiquei que as repostas dadas pelos estudantes atendiam bem a amplitude semântica das palavras para vários contextos, o que seria útil para a abordagem do tema, uma vez que eles não tinham obstáculos epistemológicos relacionados às definições das palavras.

QUESTIONÁRIO - O QUE VOCÊ JÁ SABE
NANO

1- O que vem à cabeça de vocês sobre a palavra nano?

Um organismo ou objeto minúsculo.
Exemplos: nanochip, nanotecnologia
Sistema Internacional de Unidades (SI); divide-se em mil mil-
bilés.
Ex.: (10^{-9})

Figura 1 - questionário respondido para o organizador prévio sobre o termo "nano"

Eu notei que os estudantes tiveram um resultado satisfatório no cumprimento de uma atividade em equipe que explicitava o conhecimento deles a respeito dos prefixos substitutos de potências de dez em retirá-los de uma disposição aleatória e colocá-los numa ordem decrescente de valor associado, embora a maioria das equipes não conseguiram colocar todos os prefixos na ordem esperada, em geral eles conseguiram agrupar os prefixos maiores que a unidade e os prefixos menores que a unidade.

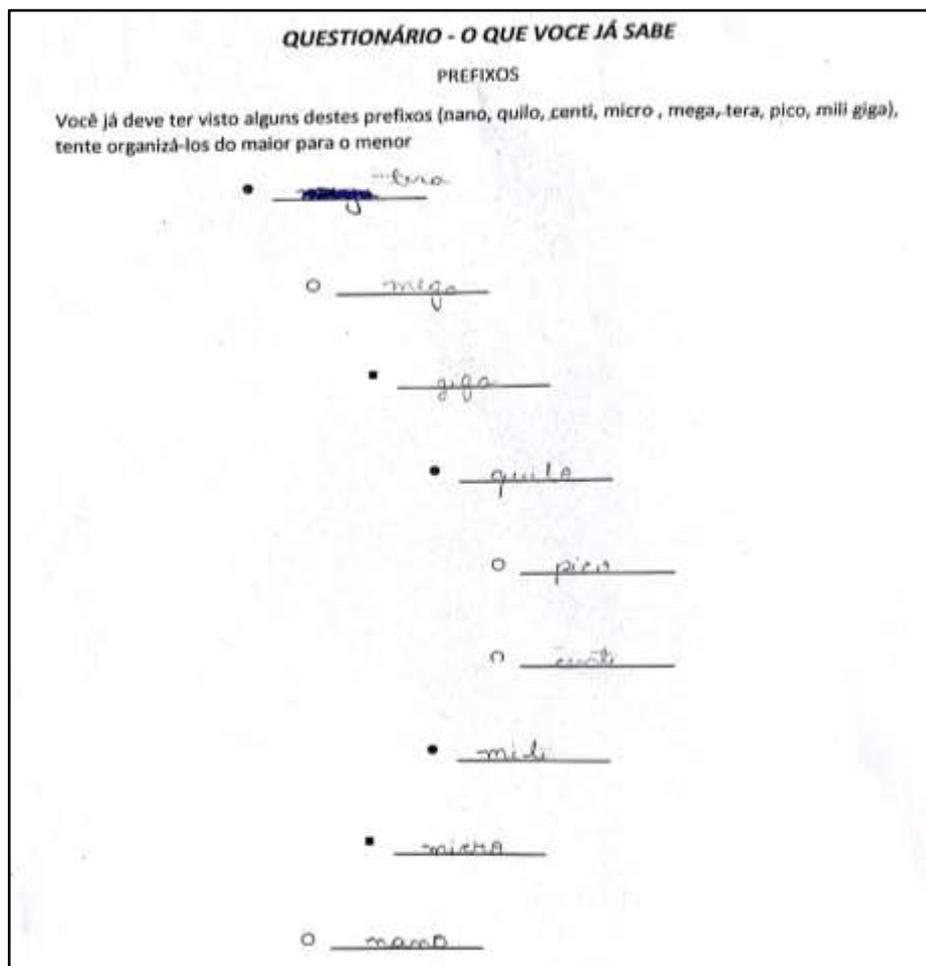


Figura 2 - questionário respondido onde os estudantes conseguiram agrupar os pre maiores que a unidade

Ainda no primeiro encontro eu notei que o número de slides planejados para trabalhar no primeiro dia demandaria um tempo superior ao tempo regular do encontro, com isso eu remanejei parte dos slides de desenvolvimento do conteúdo para o encontro seguinte que dava sequência ao organizador prévio do primeiro estágio. No final do primeiro encontro os estudantes fizeram um exercício de verificação da aprendizagem sobre os prefixos, e eles tiveram um rendimento de aproximadamente 95% de acertos.

ATIVIDADE PÓS APLICAÇÃO DA ETAPA 1

1- Preencha a tabela com o nome do prefixo e com seu respectivo símbolo

Potência de 10	Prefixo	Símbolo	Em decimal
10^{-12}	pico	p	0,000000000001
10^{-9}	nano	n	0,000000001
10^{-6}	micro	μ	0,000001
10^{-3}	mili	m m	0,001
10^{-2}	centi	c	0,01
10^3	quilo	k	1000
10^6	mega	M	1000000
10^9	giga	g	1000000000
10^{12}	tera	T	1000000000000

2- Agora que seu conhecimento sobre a palavra nano está mais rico, diga aí tudo que vem a sua cabeça sobre a palavra nano.

Nano = leitura dividida por 1 bilhão, é um prefixo
dados em notação científica, sendo uma potência de
10. Faz parte da tecnologia usada na ciência.

Figura 3 - atividade de verificação de aprendizagem após o desenvolvimento do tema

A aplicação da atividade lúdica (dominó associativo de instrumentos de medidas como a dimensão da escala de comprimento mais adequado a cada um) foi bem-sucedida e atingiu o propósito esperado, entretanto, inicialmente, houve muitas dúvidas na compreensão da atividade. Com essa experiência percebe-se a importância do esmerar no nível de clareza nas instruções das atividades, cabeçalhos ou enunciados, pois dúvidas e confusões podem advir mesmo quando nos esforçamos para sermos o mais claro possível em nossos enunciados. Com esse resultado que evidenciou dúvidas, confusões e atrasos, fica notória a importância de fazer os aperfeiçoamentos e ajustes necessários a cada aplicação de uma mesma atividade, com o propósito de que as dúvidas de execução ou cumprimento da atividade sejam minimizadas. O cuidado de deixar os comandos, roteiro e objetivos de uma atividade mais claros pode evitar dúvidas e confusões, por conseguinte, atrasos devido a direções inesperadas que os estudantes podem tomar na busca de resolução da atividade.



Figura 4 - atividade lúdica preenchida - dominó associativo

Outros cuidados necessários que devemos tomar estão relacionados com o uso de recursos. Quanto mais recursos a serem usados maiores serão as probabilidades de algo relativo a estes recursos falharem. Foi muito importante fazer a inspeção antecipada dos equipamentos e verificar a disponibilidade de recursos substitutivos na escola.

As mudanças no planejamento ocorreram principalmente no propósito de estender o tempo de aplicação de cada atividade planejada, à medida que eu percebia que os slides e atividades demandavam mais tempo do que o previsto, eu decidia remanejar algumas atividades do encontro presente para o próximo encontro. Com essa experiência eu decidi que os experimentos do estágio 2, que a princípio eram todos em um único encontro, deveria ser dividido em dois encontros. Portanto, no primeiro encontro eu não levei mais do que três desafios/experiências. Foi uma decisão acertada, pois nas interações com os estudantes, eles apresentavam obstáculos em interpretar o que era pedido e como alcançar o cumprimento do desafio. Com uma negociação de significados aos poucos eles alcançavam o propósito. Eu

percebi que apesar de ser uma atividade prática é necessário buscar a melhor captura do mapa mental dos estudantes e esforçar para que o meu mapa mental pudesse ser capturado por eles.

<h2>resultado do desafio 1</h2> <p>O valor aproximado da espessura de uma folha de papel sulfite é <u>0,07mm</u> Nova estratégia foi medir a grossa espessura de todas as folhas juntas, e depois dividir pela quantidade de folhas.</p>
<h2>resultado do desafio 2</h2> <p>Solução:</p> <ul style="list-style-type: none">• Número total de voltas ao longo de todo um lado que equivale a 30 minutos é <u>999.9</u>.• A largura de uma trilha de disco de vinil no formato LP é aproximadamente <u>83,4m</u>.
<h2>resultado do desafio 3</h2> <p>Solução :</p> <ul style="list-style-type: none">• Número total de voltas que equivale a 80 minutos <u>~3,800</u>.• A largura de uma trilha de disco de CD é aproximadamente <u>1,38 μm</u>

Figura 5 - registro do resultado dos desafios de uma equipe no estágio 2

Os estudantes alcançaram os resultados esperados para as três primeiras atividades de medições que abrangeram a escala desde centenas de micrômetros até unidades do micrômetro. Contudo, eu não pude observar se os estudantes estavam tendo um significado que estes valores de medidas representam dentro do contexto científico. Uma futura aplicação pode levar em conta esse aspecto para o replanejamento de maneira a melhorar a interação vigotskiana de significados socialmente compartilhados no contexto científico.

O conceito de medida indireta ficou carente de maior discussão na aplicação da minha sequência didática. Essa minha constatação serviu para os ajustes do produto educacional que passou a incluir nos organizadores prévio uma orientação para trabalhar o conceito de medidas indiretas.

Uma característica recorrente que eu percebi sobre a minha ação é a tendência de não lembrar de detalhar oralmente de todas as informações necessárias para a preparação dos procedimentos que poderiam ajudar os alunos a começarem uma atividade com maior rapidez e menos embaraços, porquanto esperar que os estudantes sigam somente o roteiro não é suficiente, em razão da importância dos alunos serem introduzidos às atividades e saberem com quais recursos lhe serão disponibilizados. Essa tendência de esquecer de introduzir melhor uma atividade pode ser compreendida a partir do meu envolvimento e comprometimento com as várias situações da sala de aula. Por exemplo, em uma das atividades eu distribuí as folhas com o roteiro, mas esqueci de falar que havia o material extra para entregar como o lápis 3b e a régua, porém não demorou muito, um aluno perguntou se eu tinha o material citado no roteiro para distribuir. Dessa análise da minha ação vejo que é importante ter um roteiro para o professor/aplicador que possa ajudá-lo a lembrar de fazer todas as menções orais necessárias para melhor fluir das sequências de ações. Nós, professores, estamos habituados aos métodos mecânicos e repetitivos. Entretanto essa metodologia ativa exige muita atenção do professor. Ele tem que observar as ações dos alunos, ouvir suas respostas e dúvidas e tentar manter-se na rede de significados compartilhados que vão se construindo aos poucos, tudo ao mesmo tempo. Talvez, com um grupo menor, o resultado seria diferente.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência de pesquisa para a criação de uma sequência de ensino e aprendizagem, sua aplicação com sua reestruturação em tempo real, sua reformatação na forma de manual instrucional como um produto educacional desafiaram à minha velha prática educacional. A valorização do protagonismo estudantil, a interação social, a busca pela aprendizagem significativa crítica, nada disso pode ser encerrado numa gaveta após a conclusão do mestrado.

A responsabilidade de tentar superar a velha prática educacional leva à consciência que em cada instante podemos tomar decisões que tanto pode levar a prática tradicional quanto a uma prática ativa e significativa. Já percebo mudanças na minha prática que era extremamente

tradicional. Tais mudanças são frutos da influência das reflexões das minhas ações pedagógicas certamente devido ao desenvolvimento do produto educacional em cumprimento as exigências do MNPEF, como exemplo dessas mudanças posso citar a busca de maior participação dos estudantes através de perguntas, de tal modo que permita verificar a existências dos conhecimentos prévios dos estudantes; maior valorização da troca de significados em sala de aula, a compreensão da diversidade idiossincrásica dos modelos mentais dos estudantes, etc. Ainda há muito a percorrer e tenho que manter-me disponível à mudança.

Este trabalho é rico em propostas que podem ser trabalhadas de forma isoladas, porém nesta forma de sequência é mais efetiva. Esta formulação é passível de mudanças pelo professor aplicador, sendo também passível de melhorias futuras, podendo incluir experiências que possuem relacionamento mais próximo com a nanotecnologia propriamente dita e não somente sobre a escala nanométrica. A superação do uso de apresentações de slides no propósito de alcançar uma didática mais interativa e construtiva é um exemplo de melhoria futura para este trabalho, contudo o uso de apresentação de slides nesse trabalho não foi puramente tradicional uma vez que foram a partir de slides com seus aspectos visuais que muitos questionamentos foram levantados em sala de aula. O uso de um laboratório de informática, como sugestão, permitiria o uso de apresentação de slides com roteiro e *links* de atividades inclusos, desse modo cada grupo usando uma interface computacional progrediria no ritmo próprio. Entretanto, no colégio onde apliquei a sequência de ensino não possuía um laboratório de informática em condições de uso. Outro aspecto que pode ser abordado futuramente é um maior aprofundamento na pesquisa-ação com uma maior quantidade de registros, linhas de análise e interpretação desses registros, que, embora foi desenvolvida, ocorreu de forma limitada, pois o maior enfoque dado neste trabalho foi o desenvolvimento, a aplicação, o relato e as instruções de reprodução de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre a inserção do tema nanotecnologia/nanociência no Ensino Médio por meio de uma contextualização do conteúdo/conceito “escala”.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). *Cartilha sobre nanotecnologia*. Brasília: MDIC, 2011.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. *Ensino de Ciência: Fundamentos e métodos /* colaboração Antônio Fernando Gouvêa da Silva – 3ª ed. – São Paulo: Cortez, 2009
- DOS ANJOS, João Carlos. VIEIRA, Cássio Leite. *Um olhar para o futuro – desafios da física para o século 21* - Rio de Janeiro : Vieira & Lent: FAPERJ, 2008.
- ELLWANGER, Anderson Luis. ROSSATO, Jussane. GRANADA, Mateus. *O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem - Novas Tecnologias na Educação* - V. 10 Nº 1, julho, 2012.
- FIRESTONE, W. Meaning in Method: The Rhetoric of Quantitative and Qualitative Research. *Educational Researcher*, 16(7), 16-21. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1174685>. 1987.
- JOACHIM, Cristian. *Nanociências: a revolução invisível*/Christian Joachim, Laurence PLÉVERT; tradução André Telles; revisão técnica Luiz Sampaio – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2009.
- LEONEL, A. A. SOUZA, C. A. *Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica*. In: VII ENPEC, 2009, Florianópolis. Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2009. v. 1.
- LIMA, Maria Consuelo A. ALMEIDA, Maria José P.M. de. *Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física*. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2012, vol.34, n.4, pp.1-9. ISSN 1806-1117.
- LOPES, Janice P., Angotti, José A. P., Moretti, Mérciles T. *Função afim e conceitos unificadores: o ensino de matemática e física numa perspectiva conceitual e unificadora* - IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS -2003.
- MELO JR., Maurício Alves. SANTOS, Lucas Samuel Soares. GONÇALVES, Maria do Carmo. NOGUEIRA, Ana Flávia. *Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino* - **Química Nova**, Vol. 35, No. 9, 1872-1878, 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. *Unidades de ensino potencialmente significativas. Temas de ensino e formação de professores de ciências* / organização: Marcia Gorette Lima da Silva, Adriana Mohr, Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo. – Natal, RN: EDUFR.

MOREIRA, M. A. *Organizadores previos y aprendizaje significativo* - Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, p. 23-30. 2008.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa subversiva. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Lisboa (Peniche). Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 3345 - 11 a 15 de setembro de 2000.

MOREIRA, Marco A. e MASSONI, Neusa T. Epistemologia do Século XX. *Subsídios Epistemológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências*. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios8.pdf>. Porto Alegre, 2009, 2016.

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C. e RODRÍGUEZ, M.L. *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. pp. 19-44. Burgos, España. 1997.

MOREIRA, Marco Antônio. *A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências*. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3(1): 10-17, 2004

MOREIRA, Marco Antônio. *Pesquisa em ensino: métodos quantitativos*. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos, Espanha; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. *Texto de Apoio n° 14*. Publicado em *Actas del PIDEC*, Vol. 4:25-55, 2002

MOREIRA, Marco Antônio. Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo. *Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências*. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios5.pdf>. Porto Alegre, 2009, 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. *Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos*. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaemensino.pdf>, Texto de Apoio Nº 19. 2003.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias da Aprendizagem*. EPU – Editora Pedagógica e Universitária. São Paulo. 1999.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. *A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos* - Revista Ensaio | Belo Horizonte | v.14 | n. 03 | p. 199-215 | set-dez | 2012.

PAULINI DE JESUS, I. e HIGA I. *Nanotecnologia e Ensino Médio: uma revisão bibliográfica sobre propostas didáticas*. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa, 2014.

PEREIRA DOS SANTOS, Wildson Luiz; FLEURY MORTIMER, Eduardo. *Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira*. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2000.

PEREIRA, Fábio Delgado; HONÓRIO, Kátia M.; SANNOMIYA, Miriam. *Nanotecnologia: Desenvolvimento de Materiais Didáticos para uma Abordagem no Ensino Fundamental. Química Nova na Escola*. Vol. 32, nº 2, maio 2010.

PIETROCOLA, Maurício. *A Matemática como estruturante do conhecimento físico* - Florianópolis – SC - Cad. Cat. Ens. Fís., v.19, n.1: p.89-109, ago. 2002

REBELLO, Gabriel A. F.; ARGYROS, Mécia. M.; LEITE, Wallace L. L.; SANTOS, Mayke M.; BARROS, José C.; SANTOS, Paula M. L. e SILVA, Joaquim F. M. *Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA*. Revista Química Nova na Escola. Vol. 34, n. 1, p. 3-9, 2012.

SCHULZ, Peter A. B. *Nanomateriais e a interface entre nanotecnologia e ambiente*. Vigilância Sanitária em Debate 2013; 1(4): 53-58.

SCHULZ, Peter A.B. *Nanociência de baixo custo em casa e na escola*. Física na Escola, v. 8, n. 1, 2007.

SILVA, Edison Z. da; *Nanociência: a próxima grande ideia?* REVISTA USP, São Paulo, n.76, p. 78-87, dezembro/fevereiro 2007-2008

TIRONI, Cristiano Rodolfo; SCHMIT, Eduardo; SCHUHMACHER, Vera Rejane Niedersberg; SCHUHMACHER, Elcio. *A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea*. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de novembro de 2013

APÊNDICE 1

PRODUTO EDUCACIONAL



PRODUTO EDUCACIONAL

**MEDIÇÕES EM NANO-ESCALA: uma proposta de introdução ao ensino de
Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio**

JOSÉ WILLIA SANTOS PRADO

**Vitória da Conquista – Bahia
Setembro de 2018**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

MEDIÇÕES EM NANO-ESCALA: uma proposta de introdução ao ensino de
Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio

JOSÉ WILLIA SANTOS PRADO

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:
Luizdarcy Matos Castro
Jorge Anderson Paiva Ramos

Vitória da Conquista – Bahia
Setembro de 2018

SUMÁRIO DO PRODUTO EDUCACIONAL

LINKS PARA MATERIAL DESENVOLVIDO PARA OS ESTÁGIOS. ARQUIVOS ARMAZENADOS EM NUVEM.	54
Apresentação	55
Estágio 1	56
Introdução.....	56
Objetivos.....	57
Estágio 1 – primeiro encontro:	57
Recursos a serem usados:	57
Dicas de preparação:.....	57
Procedimentos:	57
Estágio 1 – segundo encontro:.....	62
Recursos a serem usados:	62
Dicas de preparação:.....	62
Estágio 2	66
Introdução.....	66
Estágio 2 – primeiro encontro:	67
Recursos a serem usados:	67
Dicas de preparação:.....	67
Procedimentos:	67
1ª atividade/desafio:.....	67
2ª atividade:	68
3ª atividade:	69
Estágio 2 – segundo encontro:.....	71
Recursos a serem usados:	71
Dicas de preparação:.....	71
Procedimentos:	72
1ª atividade:	72
2ª atividade:	74
3ª atividade:	76
Estágio 3	80
Introdução.....	80
Objetivos.....	80
Recursos a serem usados:	80

Dicas de preparação:.....	80
Procedimentos	80
Estágio 4	81
Introdução.....	81
Objetivos.....	82
Recursos a serem usados:	82
Procedimentos	82
Estágio 5	84
Introdução.....	84
Objetivos:	85
Recursos a serem usados:	85
Dicas de preparação:.....	85
Procedimentos	85

*LINKS PARA MATERIAL DESENVOLVIDO PARA OS ESTÁGIOS. ARQUIVOS
ARMAZENADOS EM NUVEM.*

Estágio 1: https://1drv.ms/f/s!AuEi6ViX5Iry_Twfb88ToO0QzeRZ

Estágio 2: https://1drv.ms/f/s!AuEi6ViX5Iry_U35XU6eia2S5D7t

Estágio 3: https://1drv.ms/f/s!AuEi6ViX5Iry_U_nXfmeKkdHXLH-

Estágio 4: https://1drv.ms/f/s!AuEi6ViX5Iry_VAHVKlnh35vwT5A

Apresentação

Este produto educacional foi estruturado a partir da experiência desenvolvida no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) a qual também resultou na produção da dissertação de conclusão deste mestrado. Este produto se caracteriza como um *manual* para aplicação de uma sequência didática que procura introduzir a nanotecnologia aos alunos do Ensino Médio por meio de uma contextualização dos conteúdos: *medidas, escalas e unidades*. Neste manual o leitor³ poderá desfrutar de um produto prático e de fácil reprodução que inclui os passos de sua execução, os materiais usados, os *links* para os recursos didáticos digitais previamente preparados e armazenados na *nuvem* como também dicas para incrementos e melhorias opcionais.

Este produto é destinado prioritariamente ao professor do Ensino Médio, sendo mais ajustado para ser aplicado à primeira série deste nível educacional, contudo, ele pode ser adaptado a qualquer série do Ensino Médio ou até mesmo nas séries finais do Ensino Fundamental. Ele foi desenvolvido com o foco no professor que procura inserir conteúdo da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Essa inserção almejada nesta proposta busca a superação da falta de espaço no currículo programático da unidade escolar já engessado em decorrência de velhos hábitos e costumes. Portanto, o professor, enquanto aplica este produto, não precisa afastar dos conteúdos da ordem curricular historicamente estabelecida no Brasil, haja vista que aplicando este produto ele poderá unir o conteúdo mais introdutório da Física com um conteúdo de pesquisa de ponta das ciências como é o caso da nanotecnologia/nanociência. Este produto educacional descreve uma sequência de ensino e aprendizagem⁴ e como executá-la, de forma organizada. Muito embora a organização e a estrutura desta sequência se encontrar já formatada, o leitor interessado em reproduzi-la tem a liberdade de alterá-la e/ou reordená-la dentro de suas especificidades, desde que mantenha os principais princípios da teoria a qual esta sequência de ensino e aprendizagem se baseia, a *Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica* apresentado por *Moreira* que reforça a importância de estabelecer um *organizador prévio, uma interação social, troca de significados, descentralização do livro didático, diversidade de estratégias, etc.*

A sequência didática foi planejada em uma divisão de cinco estágios de acordo com os enfoques metodológicos demandados pela sequência. Os enfoques rotulados são: organizador

³ No texto usarei muitas vezes o pronome você, algumas vezes acompanhado com o vocativo *professor* em substituição ao termo leitor.

⁴ No texto também são usadas as denominações: projeto, sequência de ensino, sequência didática ou simplesmente sequência.

prévio e desenvolvimento do conteúdo, experimentação, oficina de textos, oficina de debate e avaliação com registro em vídeo totalizando uma carga horária aproximada de 12 horas-aula.

Detalhes da divisão na tabela abaixo:

Estágio	Rótulo	Nº de encontros	Carga horária
1	Organizador prévio e desenvolvimento do conteúdo	2 (para encontros de duas aulas)	4h
2	Experimentação	2	4h
3	Oficina de textos	1	1h
4	Oficina de debate	1 (pode ser no mesmo encontro do estágio anterior)	1h
5	Registro do aprendizado em vídeo	1	2h
Carga horária total			12h

Tabela 13 - carga horária da sequência de ensino.

Estágio 1

Introdução

O estágio 1 se caracteriza principalmente por ser um organizador prévio, e como tal provê subsídios para as atividades subsequentes da sequência de ensino e aprendizagem. As ideias iniciais para o estágio 1 são uma compilação de recortes de vídeos do YouTube e de filmes, como também uma apresentação de slides com imagens e questionamentos e por fim instrumentos impressos. Estas ideias colocadas em prática cumprem muito bem o papel de estabelecer um organizador prévio. Contudo, resolvemos disponibilizar estas mesmas ideias nos demais estágios de forma mais tímida caso houvesse a necessidade de retomar o conhecimento âncora. O cuidado de retomar o conhecimento no período de introdução de cada estágio constituirá novamente em organizador prévio. O organizador prévio alocado prioritariamente no *estágio 1* servirá para: o desenvolvimento dos conteúdos a serem contextualizados a partir dos conceitos gerais e unificadores para os conceitos derivantes e específicos; a expansão do conhecimento do aluno e preparação do conteúdo temático para as aplicações das atividades práticas que ocorrerão nos estágios 2, 3, 4 e 5. Então reservamos

recursos que não eram tão *inclusivos* para serem usados no primeiro estágio (Teoria da Aprendizagem Significativa) e as ideias mais inclusivas para serem usados nos demais estágios em momentos mais curtos.

Objetivos

- Estabelecer os organizadores prévios para o momento inicial do processo didático e conduzir o foco do estudante que inicia nesse momento introdutório, mas que deva continuar norteando até o término de todo o processo.
- Capturar os conhecimentos prévios dos estudantes.
- Explorar o conceito de escala com contexto em cada trecho da mesma.
- Verificar os limites dos instrumentos óticos a medida que aproxima da escala nanométrica.
- Conhecer os instrumentos de observações mais adequados a escala nanométrica

Estágio 1 – primeiro encontro:

Recursos a serem usados:

- Uma apresentação de slides no *PowerPoint* ou similar;
- Computador;
- Kit de multimídia com TV ou projetor de imagem com caixas de som;
- Materiais impressos em papel sulfite tamanho A4;
- Envelopes para os materiais impressos.

Dicas de preparação:

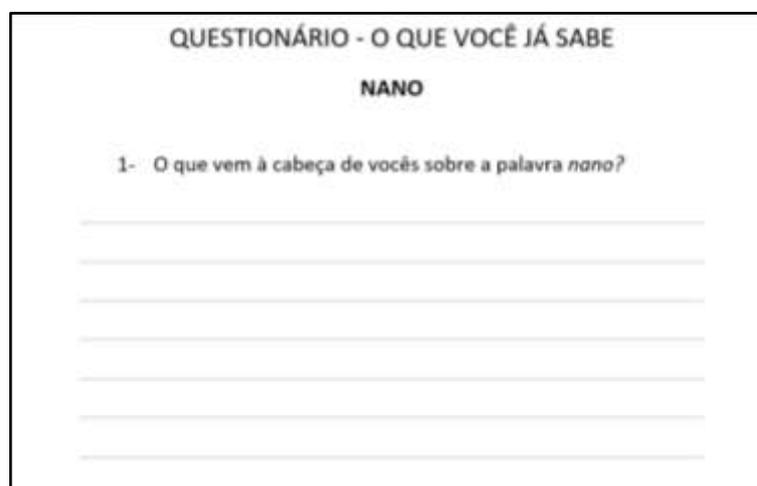
- Reserve antecipadamente a sala de vídeo ou o equipamento de multimídia móvel;
- No dia deste encontro chegue suficientemente cedo para verificar se os equipamentos estão em ordem, disponíveis e funcionando;
- Teste os slides e a conexão com a internet;

Procedimentos:

Com a presença de todos os alunos nos instantes iniciais do horário de aula é necessário esclarecer algumas dúvidas dos estudantes, como por exemplo, o porquê da turma deles ter sido escolhida para aplicação da sequência de ensino e aprendizagem, quantos dias são destinados ao projeto, como se desenvolverá este projeto ao longo dos dias.

Após a apresentação (caso você não seja professor da turma que receberá a aplicação da sequência de ensino e aprendizagem) e esclarecimento de dúvidas é necessário a distribuição dos termos de assentimento e esperar que todos assinem. Após os instantes destinados a assinaturas do termos e devolução dos mesmos chega o momento de iniciar as atividades da sequência didática.

Divida a turma em equipes para facilitar a execução de todas as atividades subsequentes. Entregue um envelope para cada grupo com atividades e questionários para captar os conhecimentos prévios dos integrantes das equipes sobre a palavra *nano*. Eles terão um tempo para responder o questionário que pode se estender, caso o professor avalie ser necessário.



QUESTIONÁRIO - O QUE VOCÊ JÁ SABE

NANO

1- O que vem à cabeça de vocês sobre a palavra *nano*?

Figura 6 – fragmento do questionário sobre o termo *nano*.

Após a conclusão desta parte, avance para apresentação de slides. Nos slides encontram-se os títulos e autor da sequência, você pode e deve personalizar. Avance até o primeiro slide de questionamento cuja indagação é sobre o significado do verbo *medir* dentro do escopo de conhecimento deles. Leia esse slide e transfira para os estudantes esta indagação. Sugiro que anote as respostas dadas pelos estudantes para servir de captura de conhecimento prévio e avaliação dos resultados da sequência. O slide sucessor deste faz o convite para uma busca do significado formal em dicionários online, por esse motivo o computador deve estar conectado à internet, caso contrário você deve providenciar dicionários físicos antecipadamente.

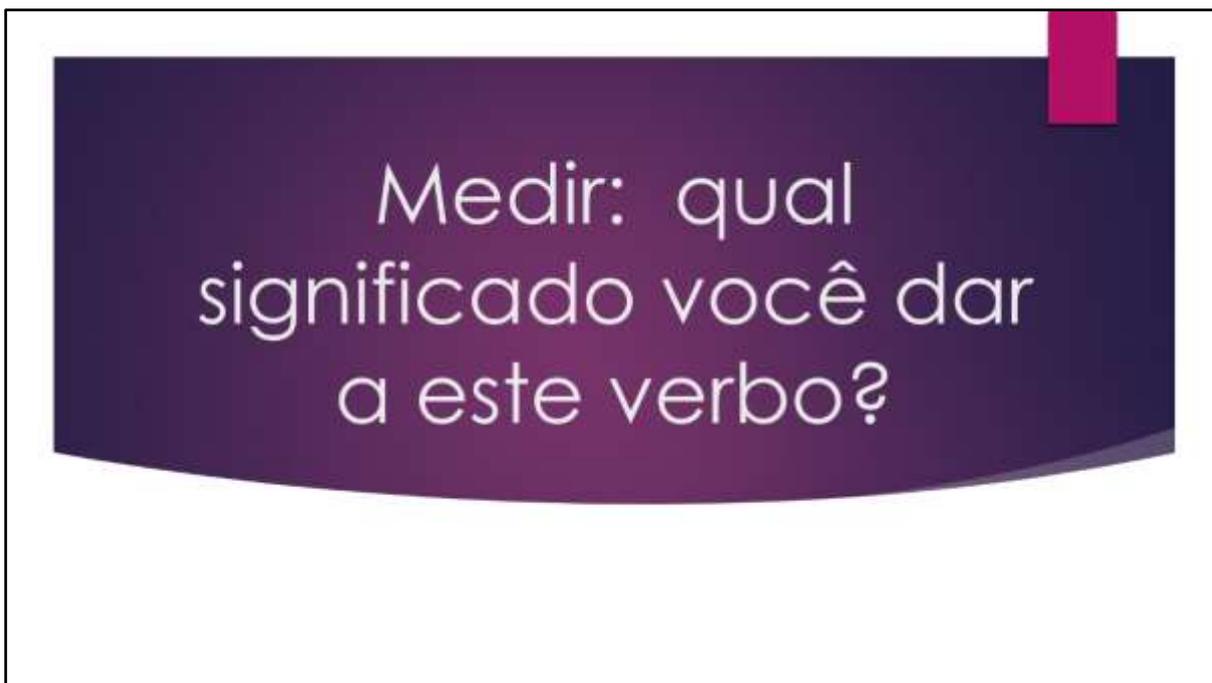


Figura 7 - captura de tela da apresentação de slides sobre o termo medir.

Em sucessão ao slide com os links de dicionários online vem outro que indaga qual é o conhecimento dos estudantes a respeito do conceito de *escala*, semelhantemente é proveitoso anotar as repostas dos estudantes. O slide seguinte traz um link para consultar o significado formal da palavra escala em dicionário online e os próximos slides trazem exemplos de escalas usadas em mapas, termômetros e réguas.



Figura 8 - captura de tela da apresentação de slides sobre a palavra escala.

Após problematização e desenvolvimento dos termos *medir* e *escalas* na sala de aula, é importante que você diferencie a ideia de medição direta da ideia de medição indireta para a posterior retomada destes conceitos nesta sequência.

Após isso, virá os slides abordando *prefixos científicos* mais usados e suas respectivas correspondências com as potências de dez. Contudo, no primeiro slide sobre prefixos, os mesmos foram dispostos em ordem aleatória com a intencionalidade de promover uma atividade escrita sobre os prefixos. Nesse momento, você deve pedir aos alunos que retirem a próxima folha do envelope, e neste há um instrumento impresso com um exercício que desafia os estudantes a pôr os prefixos em ordem do maior para o menor. Esse exercício tem o propósito de capturar o conhecimento prévio de cada grupo de alunos a respeito dos prefixos. Os alunos já tiveram contato e usam muitos destes prefixos devido principalmente à tecnologia, a exemplo: *micro-SIM* e *nano-SIM* que são tamanhos de cartões de *chip* de operadora de telefonia móvel menores que o cartão *SIM* original; kilobyte, megabyte e gigabyte que são os tamanhos de armazenamentos e de memórias dos dispositivos eletrônicos; e outros como kcal, quilômetro, micro-ondas, etc. Nesta atividade são nove prefixos apontados, e os estudantes devem tentar organizá-los em ordem decrescente, e como consequência obter uma diferenciação que classifica os prefixos maiores que a unidade e os menores que a unidade.

QUESTIONÁRIO - O QUE VOCE JÁ SABE

PREFIXOS

Você já deve ter visto alguns destes prefixos (nano, quilo, centi, micro, mega, tera, pico, mili e giga), tente organizá-los do maior para o menor nos espaços abaixo:

• _____

○ _____

■ _____

● _____

○ _____

○ _____

■ _____

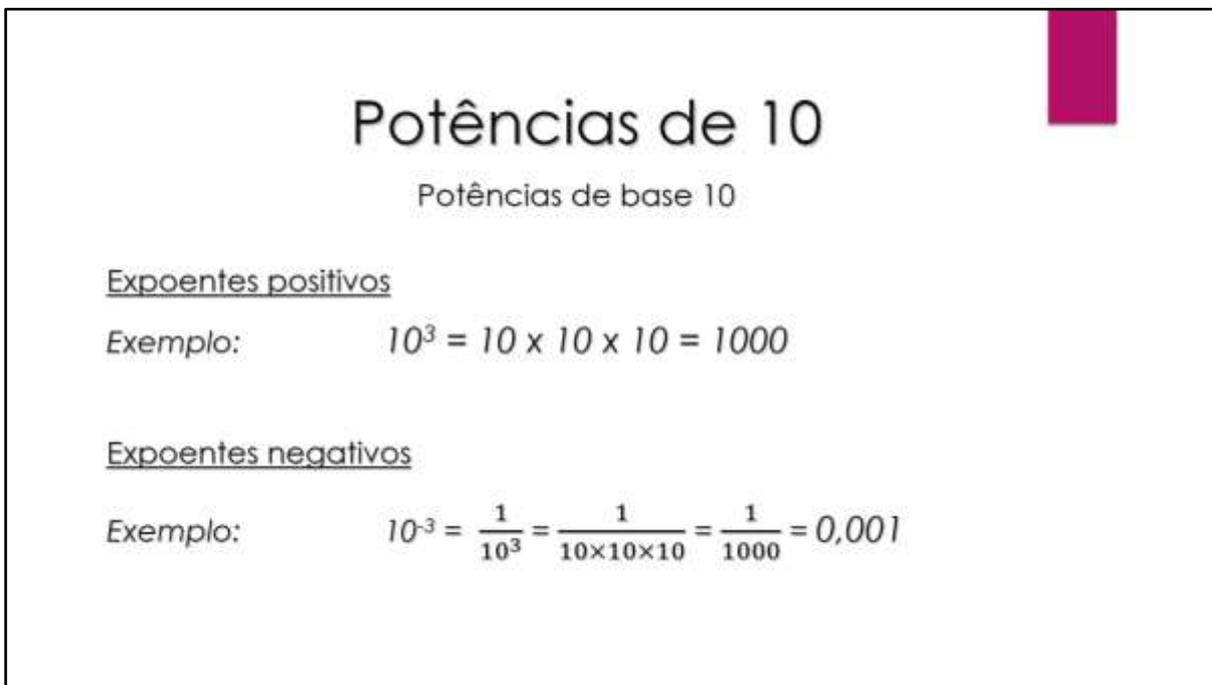
■ _____

○ _____

■ _____

Figura 9 - atividade escrita sobre a ordem dos prefixos.

Após aplicação desta última atividade para coleta de informações sobre os conhecimentos prévios de prefixos, avance nos slides explicando sobre potências de 10 e suas associações com os prefixos.



Potências de 10
Potências de base 10

Expoentes positivos
Exemplo: $10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$

Expoentes negativos
Exemplo: $10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{10 \times 10 \times 10} = \frac{1}{1000} = 0,001$

Figura 10 - captura de tela da apresentação de slides sobre potências de dez.



Potência de 10	Prefixo	Símbol
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	mili	m
10^{-2}	centi	c
10^3	quilo	k
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T

Figura 11 - captura de tela da apresentação de slides sobre potências de dez associados a seus respectivos prefixos.

Para concluir as atividades deste primeiro encontro, peça aos estudantes que retirem a próxima folha do envelope contendo um exercício sobre potências de 10 e prefixos. Esta atividade é útil para avaliação da aplicação e verificação da disposição dos estudantes para o

aprendizado, pois para Ausubel/Moreira isso é condição para que ocorra aprendizagem significativa.

ATIVIDADE PÓS APLICAÇÃO DO PRIMEIRO ENCONTRO DO ESTÁGIO 1
1- Preencha a tabela com o nome do prefixo e com seu respectivo símbolo

Potência de 10	Prefixo	Símbolo	Em decimal
10^{-12}			
10^{-9}			
10^{-6}			
10^{-3}			
10^{-2}			
10^0			
10^6			
10^9			
10^{12}			

Figura 12 - atividade avaliativa do primeiro encontro.

Estágio 1 – segundo encontro:

Recursos a serem usados:

- Uma apresentação de slides no PowerPoint ou similar.
- Computador;
- Kit de multimídia com TV ou projetor de imagem com caixas de som.
- Materiais impressos em papel sulfite tamanho A4
- Envelopes para os materiais impressos.

Dicas de preparação:

- Reserve antecipadamente a sala de vídeo ou o equipamento de multimídia móvel.
- Chegue suficientemente cedo para verificar se os equipamentos estão em ordem, disponíveis e funcionando.
- Teste os slides e a conexão com a internet.

No segundo encontro comece as instruções sobre a abertura dos envelopes com atividades iniciais apontando quantas folhas do envelope devem ser tiradas, no caso as três primeiras (identificação, questionário de conhecimento prévio sobre nanociência/nanotecnologia e atividade do dominó sobre instrumentos de observação). Surgirão dúvidas sobre a atividade do dominó, é necessário esclarecer que é uma espécie de associação, em que os estudantes devem escolher entre o “pio” a “quina” para atribuir a um instrumento de observação, e associar com

seus respectivos escopos de observação usando os mesmos valores atribuídos. O valor da “sena” já está atribuído como um exemplo.

QUESTIONÁRIO - O QUE VOCE JÁ SABE

<p>1- O que vocês sabem sobre nanotecnologia?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>2- Vocês já ouviram a respeito de nanociência? Tem alguma ideia do que possa ser?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
---	--

Figura 13 - questionário de conhecimento prévio sobre nanotecnologia/nanociência

BRINQUE COM O QUE VOCE JÁ SABE

O que podemos ver...

COM EXEMPLO	● ● ● ● ● ●	A OLHO NU	
COM UM MICROSCÓPIO ÓPTICO		COM UM TELESCÓPIO	
COM UM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO		COM UM MICROSCÓPIO DE TUNELAMENTO E DE FORÇA ATÔMICA	

	Anéis de Saturno
	Os vírus
	Fio de cabelo

	As células
	Moléculas e átomos
● ● ● ● ● ●	O jeito certo de fazer

Figura 14 - dominó com os conhecimentos prévios sobre instrumentos de observações

A medida que os estudantes vão tirando suas dúvidas e respondendo aos questionamentos é importante que você sempre observe as evidências de conhecimento prévios que esta atividade pode revelar.

Após a conclusão da atividade do dominó, inicie a apresentação de slides que vai dar sequência a apresentação do estágio 1. Imediatamente no primeiro slide há uma questão a ser levantada: “é ou não possível ao olho, sem uso de instrumentos, ter acesso a toda vastidão da escala de comprimento?”. Ao trabalhar com este e com os próximos slides se promove um retorno ao assunto da atividade escrita sobre os instrumentos de observação mais adequados para cada região da escala cósmica, contudo nos primeiros slides trabalham a questão da vastidão da escala cósmica, e nos seguintes trabalham os instrumentos de medida com recortes de um vídeo que apresenta a dimensão nano e, por fim, vem a seção de fragmentos de vídeos extraídos do YouTube que mostram o princípio de funcionamento de microscópios que são capazes de obter imagens onde necessitaria de comprimento de onda menor do que a da luz. Em um desses slides (veja imagem abaixo) possui um link para abrir uma *aplicação* online pelo navegador de internet, é necessário clicar sobre a frase “Escala do cosmo”.



Figura 15 - fragmento da apresentação de slides com o link para abrir a aplicação interativa online.





Figura 16 - capturas de tela da aplicação interativa que mostra a escala cósmica

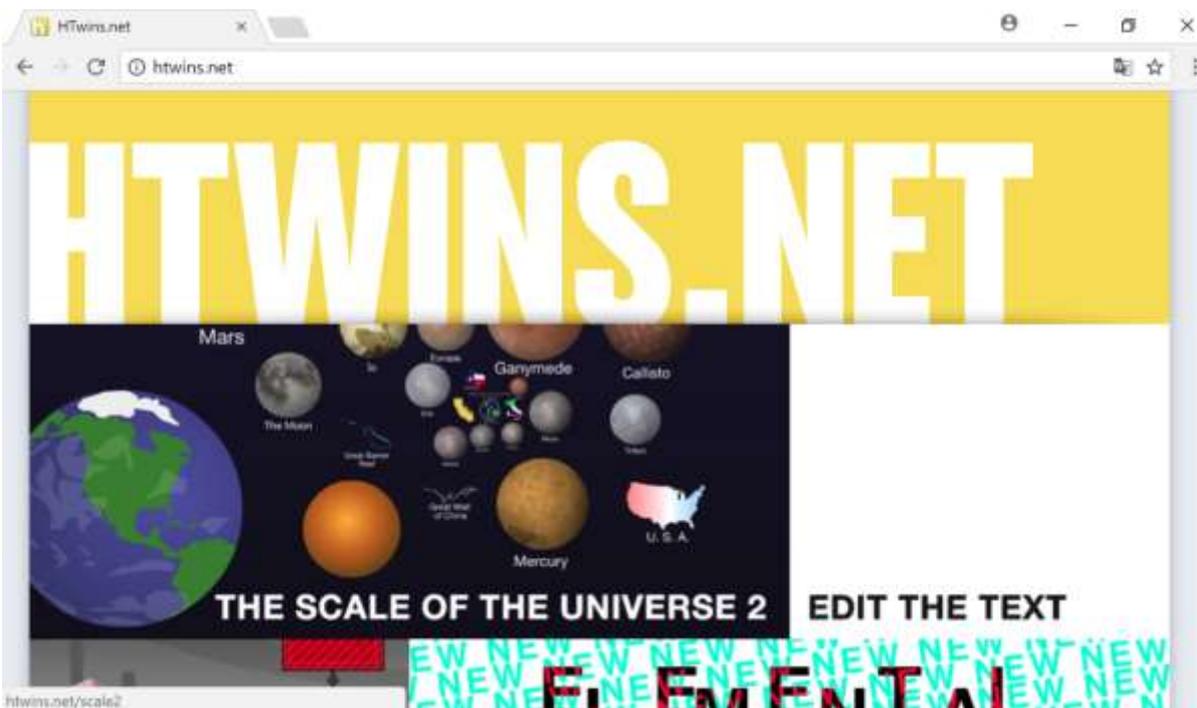


Figura 17 - htwins.net - site que provê a aplicação interativa da escala cósmica.

Os vídeos contidos nos slides finais podem, a seu critério, serem reproduzidos novamente nos momentos introdutórios dos próximos estágios com o propósito de fazer um mini organizador prévio para cada estágio.

Após a conclusão da exibição desses slides você, professor, deve voltar para as atividades contidas nos envelopes e autorizar os estudantes a pegarem a última folha com o mesmo questionamento sobre o conhecimento deles a respeito da palavra nano aplicada anteriormente, com isso é possível comparar (fora da sala de aula) as repostas dos estudantes antes e depois da aplicação do estágio 1.

ATIVIDADE DO ESTÁGIO 1 – ENCONTRO 2, PÓS APLICAÇÃO DO ENCONTRO 1

1- Agora que seu conhecimento sobre a palavra nano está mais rico, diga aí tudo que vem a sua cabeça sobre a palavra nano.

Figura 18 - questionário pós aplicação sobre o termo nano.

Estágio 2

Introdução

O estágio 2 desta sequência de ensino e aprendizagem configura uma aplicação do conhecimento problematizado e desenvolvido no estágio 1. Esta aplicação acontece em forma de experiência com medições indiretas que procura levar ao estudante efetuar medidas que no seu dia a dia não é lhe oportunizadas. Esta aplicação é apresentada para os estudantes em forma de desafios que buscam alcançar medidas com valores menores que o milímetro, passando pelo micrômetro e aproximando do nanômetro. Este estágio foi dividido em dois encontros, pois é necessário que os estudantes se envolvam com o desafio buscando superá-los, portanto exige-se uma carga horária de aproximadamente 4h para desenvolver este estágio de maneira confortável.

Objetivos:

- Explorar ideias e soluções de medidas na escala do milímetro até ao nanômetro.

- Categorizar as medidas ao tipo de prefixo mais adequado (mili, micro ou nano).

Estágio 2 – primeiro encontro:

Recursos a serem usados:

- Um arquivo de vídeo digital;
- Computador;
- Kit de multimídia com TV ou projetor de imagem com caixas de som;
- Materiais impressos em papel sulfite tamanho A4;
- Envelopes com os materiais impressos;
- 5 réguas;
- 5 pacotes contendo 100 folhas de papel sulfite cada;
- 5 discos de vinil no formato LP;
- 5 discos de CD player;
- 5 pares de luvas para os alunos manipularem os discos de vinil

Dicas de preparação:

- Reserve antecipadamente a sala de vídeo ou o equipamento de multimídia móvel.
- Chegue suficientemente cedo para verificar se os equipamentos estão em ordem, disponíveis e funcionando.
- Teste os slides e a conexão com a internet.

Nesse encontro são propostas três experiências retiradas do artigo de Schulz:

1º - medida da espessura de uma folha de papel sulfite;

2º - medida da largura de uma trilha de disco LP de vinil;

3º - medida da largura de uma trilha de um CD.

Procedimentos:

1ª atividade/desafio:

A primeira atividade exige que o aluno raciocine estrategicamente em como obter a medida da espessura de uma única folha de papel sulfite, uma vez que essa medida só é possível de ser alcançada de forma indireta, caso a régua seja o único o instrumento disponível. Os alunos podem tentar medições diretas com uma régua. Entretanto, é importante que você, professor, ajude os estudantes a compreenderem que não é possível tal forma de medição com os instrumentos que lhes foram fornecidos, pois a espessura da folha de papel sulfite é menor do que o intervalo entre as marcações da régua. Portanto, é sensato aguardar que algum estudante entenda que não é por acaso que estão à disposição deles um pacote de 100 folhas ao invés de uma única folha.



Figura 19 - estudantes descobrindo a espessura de uma folha de papel com o uso de 100 folhas.

Desafio 1

Tire a medida de uma espessura de um papel sulfite tamanho A4.

O instrumento de medida a ser usado tem o seu menor espaçamento como sendo o mililitro, como a percepção humana permite identificar a metade do espaço entre duas marcações, então a precisão máxima que podemos alcançar com o uso da régua é de 0,5mm. Esta precisão é ainda muito maior que a espessura de uma folha de papel. Uma vez que é impossível medir uma única folha de papel de forma direta, **então crie uma estratégia para medir o tamanho da folha de papel sulfite de forma indireta.**

Figura 20 - fragmento das fichas de desafio sobre mediar a espessura de uma folha de papel sulfite.

2ª atividade:

A segunda atividade exige que o aluno raciocine em como medir a largura da trilha⁵ de um disco de vinil, usando para isso alguns dados como a velocidade de rotação, o comprimento do seguimento radial da parte gravada e o tempo total máximo de gravação para um lado de um disco. Nessa atividade há dicas que revelam a necessidade de calcular o número total de trilhas

⁵ Não permita que os estudantes confundam a trilha aqui citada com uma faixa musical. A trilha é a cava por onde a agulha da vitrola varre para fazer a leitura das irregularidades que contém o registro analógico da gravação musical.

ao longo do seguimento radial do disco. Reforce essa ideia para ajudar os estudantes a chegarem na solução.



Figura 21 - estudantes descobrindo a largura da trilha microscópica de um disco de vinil no formato LP.

Desafio 2

Estime a largura de uma trilha um disco de vinil (LP) – esta trilha procurada aqui é a cava por onde a agulha da vitrola passa fazendo a varredura da rugosidade da superfície da cava que contém as modulações capaz de fazer a reprodução sonora gravada. Para fazer a estimativa, utilize-se dos seguintes dados:

- Um lado do disco tem uma capacidade total de 30 min de gravação.
- Os números de rotações (voltas) por minuto do disco é 33,33RPM.
- As trilhas são gravadas em forma de espiral de dentro para a fora.

Dica. Use a régua para fazer uma medida sobre o disco.

Figura 22 - fragmento das fichas de desafio sobre a obtenção da largura da trilha de um LP.

3ª atividade:

A atividade 3 é semelhante a atividade dois, agora, porém procura-se a medida da largura da trilha de um CD. Esta atividade se torna mais fácil para os estudantes, pois é favorecida pela experiência da atividade anterior. As diferenças entre essas duas últimas atividades devem-se a velocidade variável de rotação do CD player exigindo um cálculo de média e a diferença de tempo total de gravação que no caso do CD é de 80 min gravado em lado único.



Figura 23 - estudante descobrindo a espessura microscópica da trilha de um disco de CD.

Desafio 3

Estime a largura de uma trilha da qual o raio laser de um CD PLAYER faz a leitura dos furos já gravados de um CD (Compact Disc) utilizando-se dos seguintes dados:

- O disco tem uma capacidade total de 80 min de gravação.
- O número de rotações (voltas) por minuto do disco varia de 540 RPM na parte mais interna do disco a 180 RPM na parte mais externa do disco.
- As trilhas são gravadas em forma de espiral de dentro para a fora.

Dicas.

1. Use a régua para fazer uma medida sobre o disco.
2. Utilize um valor médio da velocidade de rotação.

Figura 24 - fragmento das fichas de desafio sobre o cálculo da largura da trilha de um CD.

Atividade para ser concluída no encontro seguinte, porém iniciada em casa:

O professor deve encaminhar aos estudantes as instruções para a execução da atividade de cálculo da espessura do traço de grafite sobre o papel usando a lei da conservação das massas, a qual implica na igualdade do volume gasto no bastão de grafite com o volume total depositado em toda quantidade de riscos deixado no papel. Peça para os estudantes para em suas casas fazerem 130 traços de comprimento igual à largura da folha de papel A4, este número é próximo

o bastante para que em média seja obtido um desgaste de 1 mm no bastão (ponta) de grafite da lapiseira usada. Contudo, vai depender da pressão aplicada pelo estudante, ou seja, para um estudante vai ter um desgaste maior que 1 mm, para outro um desgaste menor que 1 mm.

Estágio 2 – segundo encontro:

Recursos a serem usados:

- Um arquivo de vídeo digital;
- Computador;
- Kit de multimídia com TV ou projetor de imagem com caixas de som;
- Materiais impressos em papel sulfite tamanho A4;
- Envelopes com os materiais impressos;
- 5 réguas;
- 5 lápis 3b;
- 5 folhas de papel milimetrado (tenha folhas reservas)
- 2 multímetros;
- 2 baterias de 9v;
- Fios ou arames;
- 5 borrachas;
- 2 lápis comum;
- Bacia de plástico ou alumínio;
- Pote de talco;
- Óleo de cozinha;
- Conta-gotas;
- Água;
- Uma agulha de vitrola/toca-discos

Dicas de preparação:

- Reserve antecipadamente a sala de vídeo ou o equipamento de multimídia móvel.
- Faça a conferência de todos os materiais.

Nesse encontro são propostas três experiências retiradas do artigo de SCHULZ (2007):

1º - medida da espessura do traço de grafite sobre o papel usando a lei da conservação das massas;

2º - medida da espessura do traço de grafite sobre o papel usando a segunda lei de OHM com medições de natureza elétrica envolvidas.

3º - medida da espessura da camada de óleo acomodada sobre a superfície de água usando a lei da conservação das massas.

Neste encontro você levará ao colégio dois aparatos para realização de experimentos. O primeiro deles com os seguintes itens: folhas de papel milimetrado, réguas, baterias de 9v, lápis tipo 3B, lápis comum, multímetros e fios para serem usados no cálculo da medida da espessura do traço de grafite sobre o papel através da medida da resistência elétrica imposta pelo traço. O segundo deles com os seguintes itens: uma bacia, talco, óleo e conta-gotas para serem usados na atividade de medida da espessura de uma cobertura de óleo espalhada espontaneamente sobre a água e visualizado por meio do contraste da região com talco para a região sem o talco (região que possui o óleo). O cálculo da espessura deve-se a conservação do volume da gota de óleo devido a lei da conservação das massas. Essa segunda atividade experimental é um risco, pois algumas variáveis desconhecidas podem contribuir no fracasso dessa experiência, fica a responsabilidade do professor testar antecipadamente materiais e substâncias e aprimorar a técnica de execução para garantir uma maior probabilidade de sucesso.

Procedimentos:

1ª atividade:

Comece as atividades do segundo encontro do segundo estágio com dedução da fórmula a ser aplicada para encontrar a espessura do traço de grafite sobre o papel cujo desafio foi lançado no encontro anterior no propósito de poupar tempo que é gasto na execução da tarefa de fazer os 130 traços sobre o papel, uma vez que essa tarefa é executada em casa. O cálculo da espessura do traço de grafite sobre o papel é obtido por meio da medida do comprimento total traçado ($130 \text{ traços} \times 21 \text{ cm} = 2730 \text{ cm}$) e da altura consumida do bastão de grafite (tamanho inicial *menos* tamanho final). Para a dedução da fórmula dessa atividade também é usada a lei da conservação das massas por meio da medida do volume do grafite gasto no bastão com o volume do grafite depositado no papel em forma do traço. Faça o seguinte cálculo no quadro:

$$m_i = m_f \quad (\text{massa inicial igual a massa final})$$

$$\rightarrow V_i = V_f \quad (\text{volume inicial igual a volume final})$$

$A \cdot h = \text{comp} \times \text{larg} \times \text{esp}$ (área da base do cilindro de grafite vezes a altura consumida do grafite é igual a comprimento total dos traços vezes a largura dos traços vezes a espessura do traço).

$\pi \cdot \left(\frac{d^2}{4}\right) \cdot h = c \cdot d \cdot e$ (d é o diâmetro da ponta de grafite que é a mesma largura do traço no lado direito que corta com o expoente 2 no lado esquerdo)

$$\pi \cdot \left(\frac{d}{4}\right) \cdot h = c \cdot e$$

$$e = \frac{\pi \cdot h \cdot d}{4 \cdot c}$$

$$e = \frac{3,14 \cdot h \cdot d}{4 \cdot 2730 \text{cm}}$$

Para facilitar a substituição imediata dos valores a fórmula pode ser usado com a seguinte adaptação:

$$e = 28,8 \cdot h \cdot d$$

[nm]
[mm]
[mm]

Vale ressaltar que boa parte do tempo da aula pode ser gasto para deduzir e explicar essa fórmula. Portanto, fica a critério de você ser mais ou menos criterioso na explicação dessa fórmula.

Exemplo do uso da fórmula: Se o aluno ao fazer os 130 riscos da largura da folha de papel A4 (21cm) e gastar 1,5 mm do bastão de grafite cujo diâmetro⁶ é de 0,7 mm, então a espessura da camada de grafite sobre a folha de papel é obtida da seguinte maneira:

$$e = 28,8 \cdot 1,5 \cdot 0,7$$

$$e = 30,2 \text{ nm}$$



Figura 25 - estudante fazendo os traços do grafite sobre o papel para calcular a espessura da camada de grafite.

Após a conclusão desta última atividade, então inicie as atividades a serem executadas exclusivamente nesse encontro.

⁶ Esse diâmetro é indicado na lapiseira usada.

2ª atividade:

A medida da espessura da camada de grafite depositada pelo lápis em uma folha de papel.

ESQUEMA:

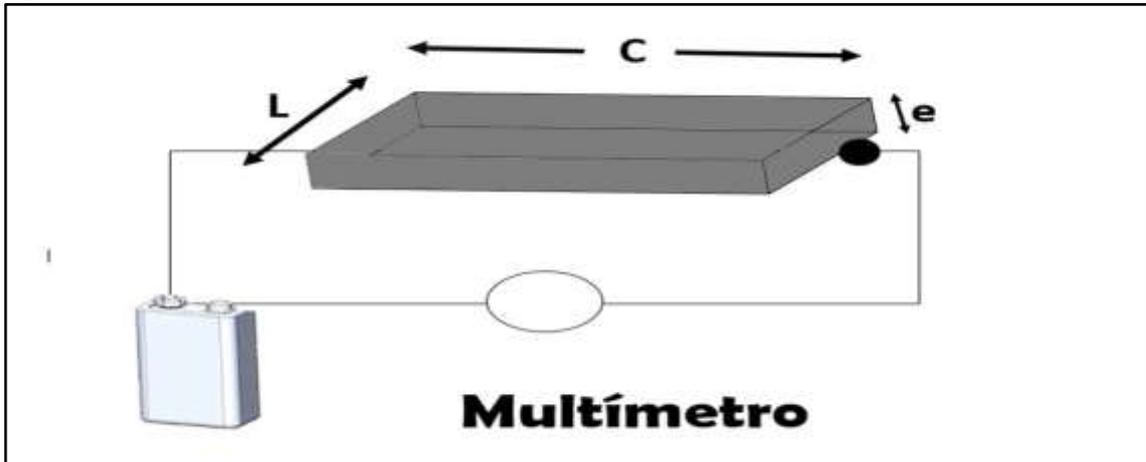


Figura 26 - representação do traço com largura, comprimento e espessura ligado ao circuito.

Nesta experiência o estudante irá:

- investigar como a resistência (R) varia ao longo do comprimento (C) de um traço largo de lápis;
- usar seus resultados para calcular um valor para a espessura, ϵ , deste traço de lápis e o número de átomos empilhados no traço de lápis.

A medição da espessura de uma amostra tão fina geralmente é feita pelo uso de um método indireto. Um destes métodos é descrito abaixo. A resistência, R , de um condutor é dado por:

$$R = \rho \cdot \frac{C}{A} \quad \text{e} \quad R = \frac{V}{i}$$

$$R = \rho \cdot \frac{C}{A} = \frac{V}{i} = R$$

$$\rho \cdot \frac{C}{L\epsilon} = \frac{V}{i}$$

$$\epsilon \cdot \frac{V}{i} = \rho \cdot \frac{C}{L}$$

$$\epsilon = \frac{C \cdot i}{L \cdot V} \cdot 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ (em m)}$$

$$\epsilon = 0,13 \cdot \frac{C \cdot i}{L \cdot V} \text{ (em nm)}$$

Onde

ρ é a resistividade do material (no caso o grafite):

$$\rho = 1,3 \cdot 10^{-5} \Omega m$$

$$\rho = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ V} \cdot \text{m} \cdot \text{mm/cm} \cdot \mu A$$

C é o comprimento do traço (em cm).

L é a largura do traço (em mm)

ϵ é a espessura do traço (queremos em nm)

V é a voltagem bateria (em V - Volts)

i é a corrente elétrica (em μA – microampères)

$\varepsilon = 0,13 \frac{C \cdot i}{4 \cdot 9}$ (substituindo os valores fixos como a largura do traço de 4mm e a voltagem nominal da bateria de 9v)

$$\varepsilon = 0,0036 \cdot C \cdot i$$

↙
↙
↘

[nm]
[cm]
[μA]

Instruções a serem repassadas *aos alunos* por meio do material impresso a ser fornecido a cada grupo de estudantes:

- a) Em uma folha de papel milimetrado, o estudante deve desenhar uma caixa retangular com 20 cm de comprimento e 4,0 mm de largura com um quadrado de 1 cm de lado no final. O aluno deve usar o lápis 3B fornecido para preencher a caixa retangular e o quadrado, esse preenchimento deve ser um preto denso e uniforme. Veja a imagem abaixo:

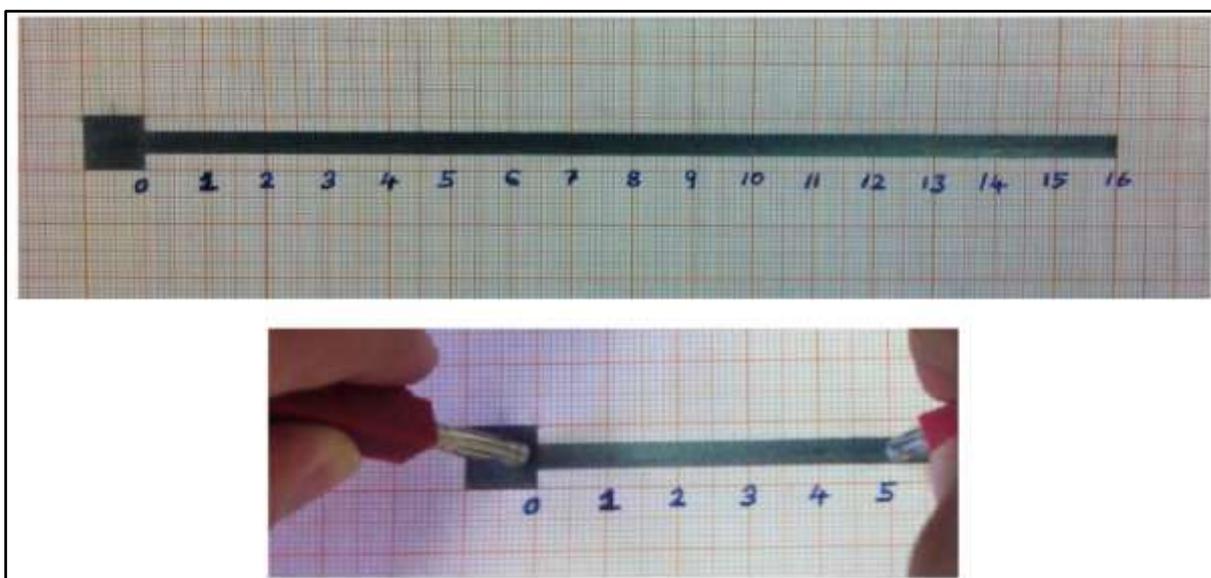


Figura 27 - exemplo de preenchimento que os estudantes devem buscar.

Para a realização das medidas, é necessário mais de um aluno. Instrua aos alunos que sigam o roteiro a seguir e as ilustrações abaixo para alcançar a correta execução da experiência.

- b) Um estudante deve posicionar o grafite do fundo do lápis⁷ na marcação zero da caixa desenhada no papel milimetrado e outro aluno deve colocar a sonda vermelha no polo positivo (+) da bateria e a sonda preta irá posicionar nas sucessivas marcações de 20 cm, 16 cm, 12 cm, 8 cm e 4 cm. Para cada uma dessas posições eles devem anotar os valores da corrente exibidas no visor do multímetro com a chave na posição 2000μ

⁷ Observe que este lápis visto a esquerda na figura 22 está ligado ao polo da bateria por meio de um arame, pode usar qualquer fio condutor. O grafite do lápis funciona como uma sonda fixa na posição zero das marcações feitas no papel milimetrado.

DCA. Na folha de roteiro há uma tabela para anotar os valores medidos, a fórmula e as instruções para se chegar aos resultados.

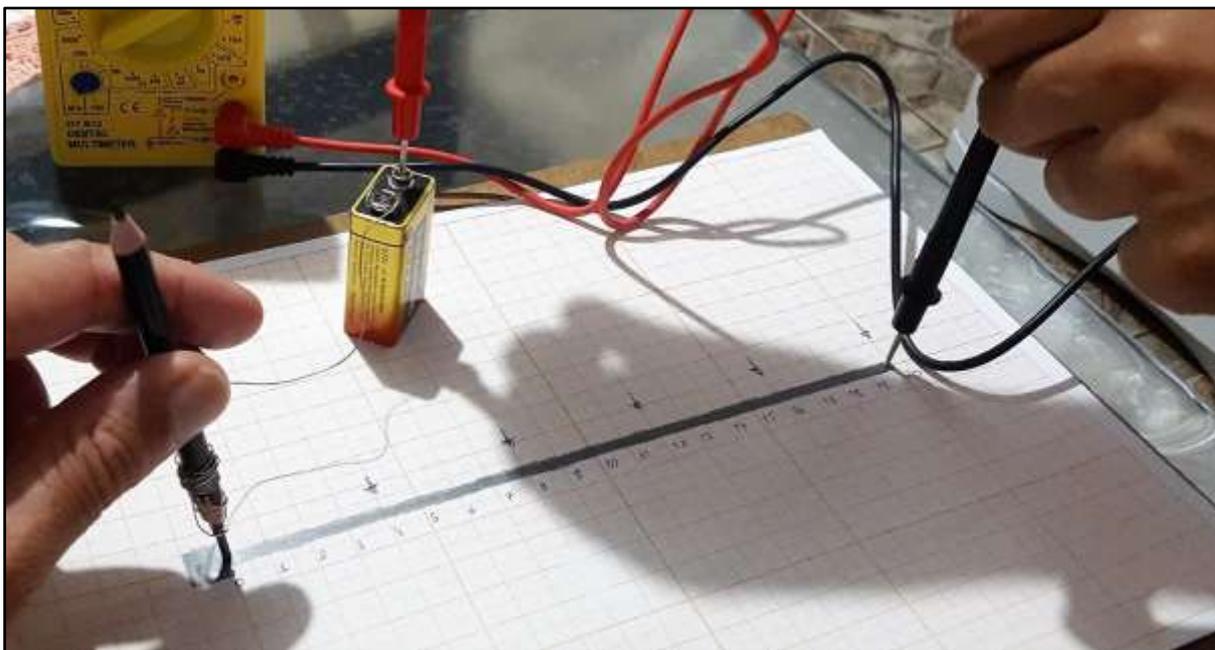


Figura 28 - elementos do circuito: bateria, multímetro, grafite do lápis como sonda, traço do grafite e arame.



Figura 29 - execução da experiência com o suporte de 3 alunos.

Para acelerar a tarefa de execução desta experiência é bom que você, professor, providencie no mínimo duas bancadas experimentais.

3ª atividade:

Esta é uma atividade melhor executada com o uso de um só aparato experimental no propósito de evitar que os alunos cometam excessos em brincadeiras que possam trazer algum desconforto à sala de aula na manipulação das substâncias envolvidas. A observação pode ser feita por toda a turma simultaneamente e as medidas e os cálculos podem ser feita por equipe. Esta atividade envolve a observação do rearranjo espontâneo de uma gota de óleo sobre a superfície da água após aspensão da primeira substância sobre a segunda. Na sugestão de Schulz

é também abordado nesse experimento o conceito de autoarranjo do óleo, o qual possui relevância para os estudos dos fenômenos envolvendo materiais de dimensões manométricas, todavia, deixamos a exploração do conceito do autoarranjo para uma versão futura desta sequência de ensino, extraindo dessa atividade somente a questão da medida indireta da camada de óleo depositada na superfície da água.

Instruções dessa atividade devem ser repassadas *aos alunos* por meio do material impresso a ser fornecido a cada grupo de estudantes.

Diga aos estudantes que a observação do fenômeno envolvido nessa atividade é coletiva sendo necessário que todos estejam em volta da bancada para a devida observação. Peça a algum estudante que busque água antes da execução da atividade. Peça que um aluno leia o roteiro enquanto no máximo outros dois alunos manipulem as substâncias. É importante que esses alunos escolhidos para manipularem as substâncias venham ensaiar a experiência antecipadamente.

Seguindo as instruções do roteiro os estudantes irão executar os seguintes passos:

1. colocar água numa bacia ou recipiente similar;
2. aguardar que a água fique em repouso (sem qualquer agitação);
3. polvilhar o pó de talco⁸ sobre toda a superfície da água (evite excesso, quanto mais fina a camada de talco melhor);
4. aguardar que a água fique em repouso;
5. utilizar o conta-gotas e deixar uma gota de óleo cair de uma altura próxima a superfície da água;
6. Observar o autoarranjo do óleo. Se não ocorrer em algumas tentativas substitua o óleo por detergente, pois ambos são hidrofóbicos.
7. Medir o diâmetro médio da cobertura de óleo espalhada;
8. Fazer o cálculo da espessura da camada de óleo com ajuda da fórmula encontrada no roteiro.

Esta é mais uma atividade que envolve medidas cujo valores estão dentro da escala manométrica. A dedução da fórmula também usa a lei da conservação das massas, veja:

$$m_i = m_f \quad (\text{massa inicial igual a massa final})$$

$$\rightarrow V_i = V_f \quad (\text{volume inicial igual a volume final})$$

⁸ O pó de talco pode ser substituído por pó de canela, pimenta do reino qualquer pó fino.

$\frac{4}{3}\pi \frac{d^3}{8} = \pi \frac{D^2}{4} \cdot \varepsilon$ (volume da gota de diâmetro d aproximado para o volume da esfera é igual a área da superfície espalhada de diâmetro D vezes a espessura da camada de óleo).

$$\frac{2}{3}d^3 = D^2 \cdot \varepsilon \quad (\text{resolvendo para } \varepsilon)$$

$$\varepsilon = \frac{2 d^3}{3 D^2}$$

$$\varepsilon = \frac{2 d^3}{3 D^2} \cdot 10^{-5}m$$

(com d em milímetro e D em centímetros)



Figura 30 - estudantes fazendo a atividade do auto-arranjo do talco.

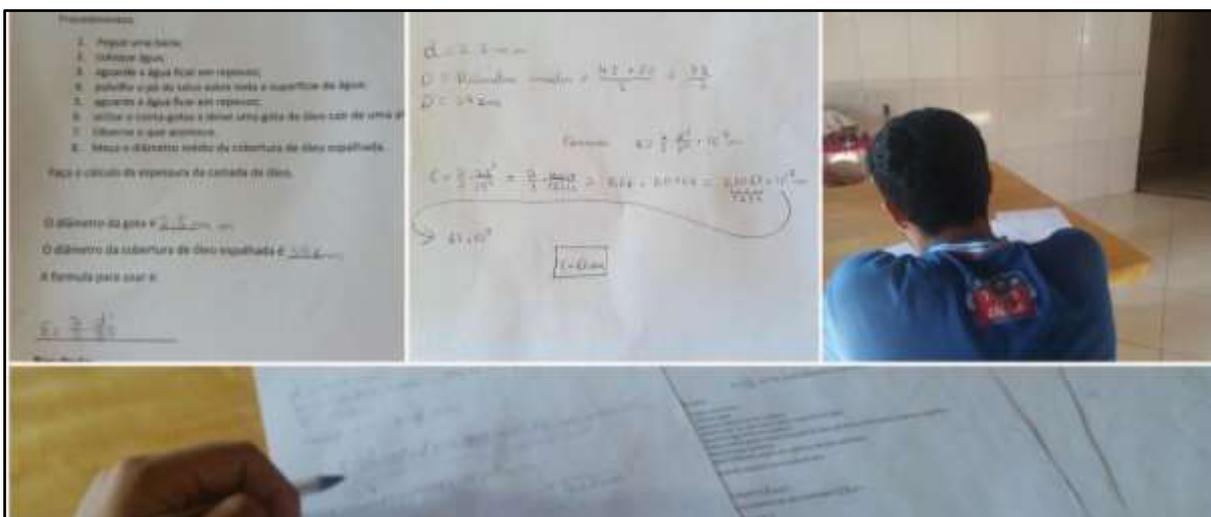


Figura 31 - estudante fez o cálculo e encontrou uma espessura de 67nm.

Uma outra atividade proposta do Schulz é a comparação entre a agulha de vitrola e a sonda do microscópio de força atômica. Há recortes de vídeos disponíveis na seção de links a respeito dos princípios de funcionamento do microscópio de força atômica e do toca-discos de vinil que você, professor, pode baixá-los e reproduzi-los nos instantes iniciais deste encontro, servindo como mini organizador prévio. Se você adquirir uma agulha de vitrola e trazer para a sala facilitará essa comparação. Esta comparação pode ser deslocada para os encontros dos estágios 3 e 4 sem nenhum prejuízo caso o professor considere mais conveniente.

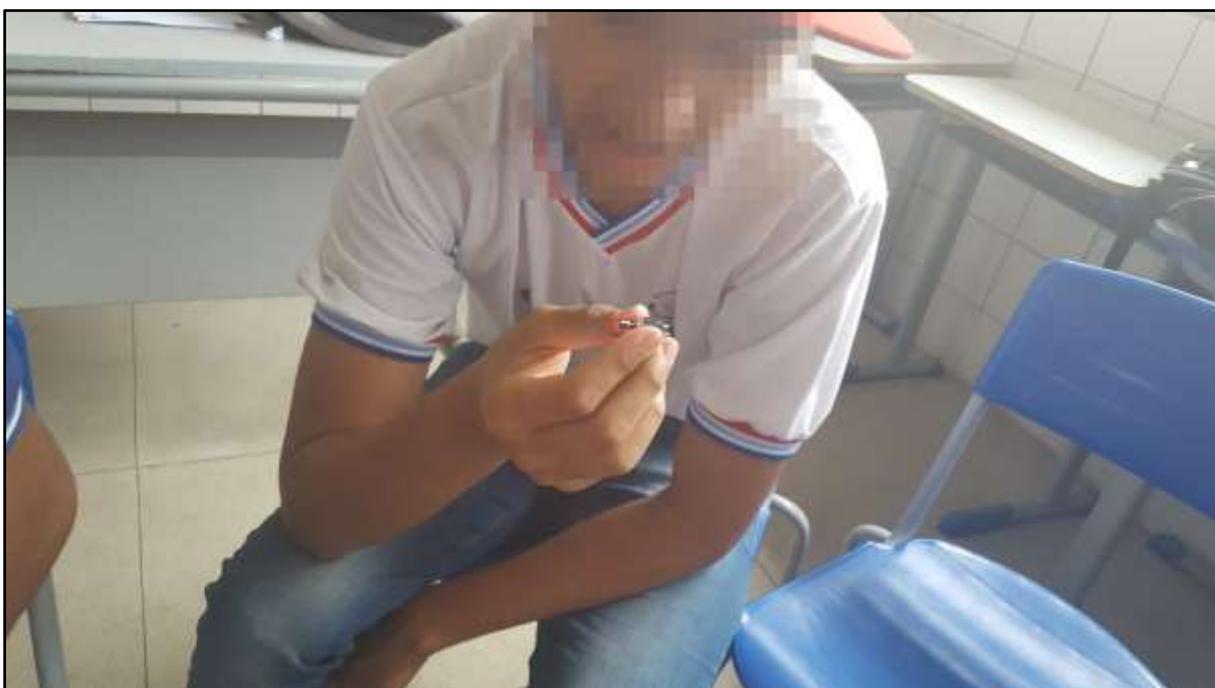


Figura 32 - estudante observando uma agulha de vitrola/toca-discos.

Antes de encerrar este encontro distribua os textos para a oficina do telejornalismo com textos de divulgação científica para serem usados no próximo encontro. Instrua aos alunos que leiam com atenção, faça o resumo - uma introdução daquilo que seria uma reportagem telejornalística - e uma manchete para dar o título a reportagem. Esta preparação para o estágio 4 é destinada para ser feita em casa, e trazer pronto no encontro seguinte.

Estágio 3

Introdução

A disponibilidade de uma estratégia que leve o estudante a se envolver na busca do conhecimento através da leitura é útil para o desenvolvimento e aprofundamento do tema. Textos de divulgação científica são bons, pois são facilitados para o público não acadêmico e ainda trazem os temas e avanços científicos numa linguagem atrativa que podem conquistar a atenção do leitor. A vantagem de aprofundar no tema com esses textos de divulgação científica é que através de uma única atividade vários subtemas podem ser abordados e uma visão panorâmica deste tema pode ser alcançada pelos estudantes. Propomos para esta sequência uma oficina de interpretação de papéis em um cenário telejornalístico, envolvendo o apresentador (âncora) e o repórter. A fonte da notícia a ser dada pelos estudantes é exatamente aquilo que eles extraíram da leitura dos textos de divulgação científica.

Objetivos

- Revelar o caráter multidisciplinar intrínseco do campo de estudo da nanociência/nanotecnologia, pois abrange a Física, Química, Biologia, as engenharias de novos materiais e ciências médicas.
- Destacar os avanços tecnológicos que este tema tem trazido.
- Vislumbrar as possibilidades das aplicações futuras.

Recursos a serem usados:

- Materiais impressos em papel sulfite tamanho A4;
- Envelopes com os materiais impressos;
- Qualquer espécie de câmera para filmagem.

Dicas de preparação:

- Disponibilizar e esclarecer os termos de captura e uso de imagens. Informar que o registro no formato de vídeo não será divulgado, e que os registros no formato de fotos podem ser usados em matérias publicados, contudo os mesmos serão tratados para que as identidades dos estudantes não sejam reveladas.

Procedimentos

Distribua os termos de permissão para captura e uso de imagem caso seja necessário em algum momento na futura divulgação do projeto. Depois de todos assinarem, inicie a oficina do jornalismo. A dinâmica é a seguinte: um estudante de cada grupo *representa* o âncora do jornal que faz a declaração da manchete e a chamada para o repórter e um outro faz o papel deste repórter expondo a introdução da reportagem. O professor pode optar por deixar um estudante

para ser o âncora fixo, e este faz a chamada dos repórteres de cada grupo. Esta apresentação se efetiva por meio de representações de papeis e, portanto, deve levar em conta a leitura, interpretação do texto, capacidade de síntese; a representação do papel propriamente dita, por fim o cumprimento da tarefa de produção da manchete telejornalística com introdução da reportagem.



Figura 33 - uma aluna interpretando a âncora do telejornal e outros estudantes interpretando o papel de repórter fazendo a leitura de texto de divulgação científica.

Estágio 4

Introdução

A ciência pode ser usada para dominar a natureza e permitir o domínio do homem pelo homem. Sendo inconcebível dissociar da ciência seus efeitos e aplicações, por isso a importância do cidadão ser alfabetizado em ciência e tecnologia para que ele seja ativo e crítico em suas decisões. “O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos” (DOS SANTOS, MORTIMER, 2000).

O uso da argumentação é útil para libertar da prática de ciência que somente prioriza o estudo de fenômenos. Esta argumentação pode ser explorada através das interações discursivas

das quais “podem surgir durante a exposição oral de uma ideia por aluno ou por professor; durante a leitura de texto escrito; a elaboração de uma atividade escrita; o trabalho com gráficos e imagens; o uso de recursos audiovisuais, entre outros” (SASSERON, PESSOA DE CARVALHO, 2011).

Com estas justificativas acima propomos para o quarto estágio uma oficina de debate e interações discursivas que envolverá todo conhecimento trabalhado nos estágios anteriores em especial os relacionando com a aplicação, o desenvolvimento econômico - desigualdade social, ética e meio ambiente.

Objetivos

- Promover uma discussão sobre os impactos e transformações advindas pela tecnologia, em especial a nanotecnologia.
- Questionar os limites éticos sobre as aplicações da nanotecnologia.
- Avaliar as relações e interesses políticos, econômicos e as preocupações com o meio ambiente.
- Evidenciar o potencial de influência dos estudantes no exercício da cidadania com ética e valores humanos no trato da ciência e suas aplicações.

Recursos a serem usados:

- Materiais impressos em papel de foto tamanho A4;
- Envelopes com os materiais impressos;
- Qualquer espécie de gravador de áudio.

Procedimentos

Após a oficina telejornalística, você, professor, deve iniciar a oficina do debate, onde todos sentam nas suas cadeiras organizadas em círculos, quando então, você usará imagens impressas em papel de foto relativas ao tema incluindo charges, com esse auxílio você levantará questões a respeito das imagens e buscará a participação e interação dos alunos. As imagens selecionadas podem envolver os vários aspectos do tema. A nossa seleção - com arquivo disponível pelo link no índice de recursos da nuvem - inclui imagens de fulereno, nanotubos, nanomáquinas, charges que questionam o termo nano, imagens de microscópio de varredura, imagens que exploram o conceito de miniaturização, etc. Fica a seu critério professor, de usar a nossa seleção ou criar a sua própria de acordo com o que você queira extrair do debate. Você pode se dar por satisfeito com a execução dessa oficina quando os estudantes estabelecerem relações e questionamentos sobre o tema usando as imagens como gatilho para as discussões. O professor pode ainda, levantar questões sobre o uso da nanotecnologia para além do uso das

imagens já citadas, por exemplo, abordar a ética no uso da tecnologia, nanotecnologia versus meio ambiente, armamento nanotecnológico, nanotecnologia na medicina, etc.



Figura 34 - uso das imagens impressas durante a oficina de debate.

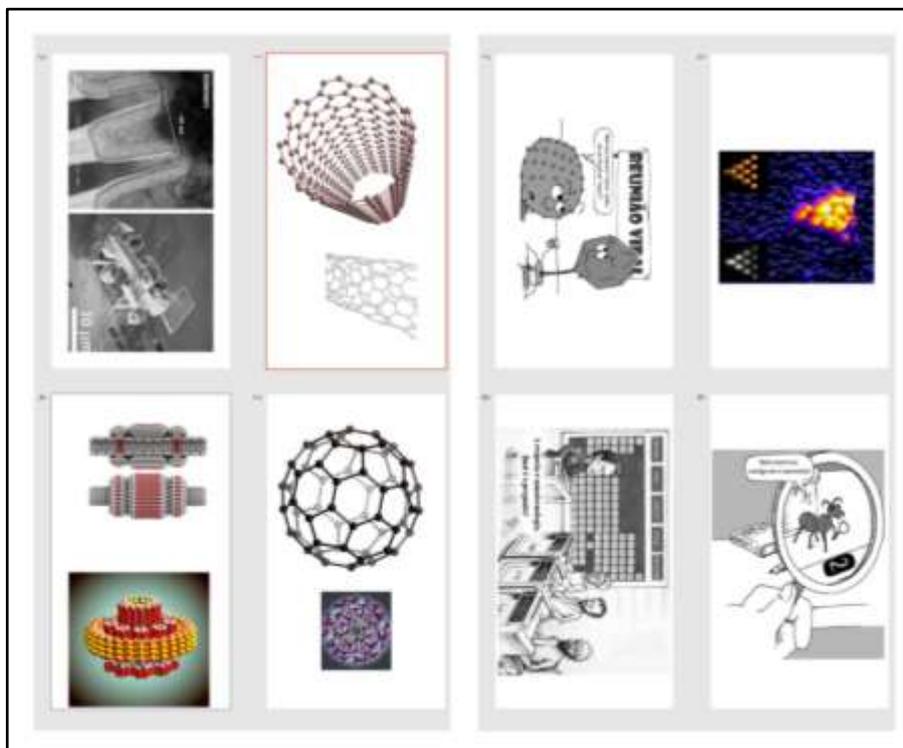


Figura 35 - captura de tela dos slides contendo as imagens usadas na oficina de debate. As fontes das imagens estão no próprio arquivo.



Figura 36 - fixação das imagens no quadro branco após o término da oficina.

Estágio 5

Introdução

Neste estágio você terá a oportunidade de proporcionar um momento de resultados e discussões incluindo a avaliação na forma de produção de conteúdo em vídeo protagonizado pelos próprios estudantes com a exposição de seus conhecimentos com liberdade de produção. Nesta proposta você conduzirá os alunos para um momento com o qual eles gravarão um vídeo sem exigências de rigor técnico, onde o principal objetivo seja o registro do conhecimento de uma forma que contorne o estilo rotineiro de avaliação que os estudantes estão acostumados. Contudo, caso na execução da sequência didática houver uma extrapolação de carga horária de

tal modo que os estudantes não preparem satisfatoriamente a exposição do conhecimento aprendido e trabalhado, então este registro em vídeo pode ser simplificado para uma forma de relato e depoimento da ocorrência da aprendizagem pelos estudantes.

Objetivos:

- Permitir um momento de criatividade por meio da criação do conteúdo audiovisual.
- Resgatar os conhecimentos estabelecidos nos estágios anteriores.
- Produzir um material de registro com caráter tecnológico.
- Celebrar o cumprimento de uma unidade de ensino.

Recursos a serem usados:

- Qualquer espécie de câmera para filmagem.

Dicas de preparação:

- Procure um local que seja silencioso o suficiente e que seja confortável para que não haja estresse durante as gravações.

Procedimentos

Peça aos estudantes que dentro da sua equipe elabore um roteiro de vídeo expondo aquilo que eles aprenderam do conteúdo em forma de uma pequena videoaula, além disso que eles venham expor o que eles já sabiam do tema antes da aplicação da sequência de ensino e aprendizagem, também aquilo que eles ainda não conheciam, se a forma de condução dada pelo professor em forma de sequência de ensino contribuiu para aprendizagem, etc. Grave uma equipe por vez, e a mantenha a parte do restante da turma para que não haja barulho o suficiente a prejudicar a gravação. Caso você opte pela forma simplificada do registro visual, peça aos estudantes que façam o relato dos mesmos pontos citados acima, contundo, sem precisar expor o conteúdo aprendido, mas apenas fazendo o relato e depoimento do que foi aprendido, além disso como se desenvolveu esse aprendizado em sala de aula. O importante é que eles deixem o registro oral daquilo que eles aprenderam (o que vem a memória deles no momento da gravação). A exemplo: se foi proveitoso o período que você esteve com eles aplicando a sequência de ensino; se a condução e a forma do trabalho foram mais efetivas para o aprendizado deles se comparado a aulas tradicionais; o que eles aprenderam durante a sequência didática com qual eles não possuíam nenhum conhecimento prévio; e por fim, aquilo que eles conseguiram aprimorar apesar da existência de conhecimento prévio. Tendo pelo menos um registro de cada equipe você já terá um material que servirá de captura dos resultados além disso você poderá fazer uma avaliação mais rica da aplicação desta sequência de ensino e aprendizagem.

ATIVIDADES ESCRITAS APLICADAS NA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM QUE COMPOEM O PRODUTO EDUCACIONAL

ESTÁGIO 1 – ENCONTRO 1

O ORGANIZADOR PRÉVIO

Ciência em Escala: uma proposta de inserção do tema nanociência/nanotecnologia no Ensino Médio por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem

José Willia Santos Prado

Local: Colégio Estadual Dária Viana de Queiroz – Barra do Choça – BA

Equipe N^o _____

2º ano turma: _____

Data: ____/____/_____

Estudantes:

1- _____

2- _____

3- _____

4- _____

5- _____

6- _____

7- _____

**ATIVIDADE PÓS APLICAÇÃO DO PRIMEIRO ENCONTRO DO
ESTÁGIO 1**

1- Preencha a tabela com o nome do prefixo e com seu respectivo símbolo

Potência de 10	Prefixo	Símbolo	Em decimal
10^{-12}			
10^{-9}			
10^{-6}			
10^{-3}			
10^{-2}			
10^3			
10^6			
10^9			
10^{12}			

ESTÁGIO 1 - ENCONTRO 2

O ORGANIZADOR PRÉVIO E APROFUNDAMENTO DO TEMA

Ciência em Escala: uma proposta de inserção do tema nanociência/nanotecnologia no

Ensino Médio por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem

José Willia Santos Prado

Local: Colégio Estadual Dária Viana de Queiroz – Barra do Choça – BA

Equipe Nº _____

2º ano turma: **A**

Data: ____/____/_____

Estudantes:

1- _____

2- _____

3- _____

4- _____

5- _____

6- _____

7- _____

8- _____

9- _____

QUESTIONÁRIO - O QUE VOCE JÁ SABE

2. O que vocês sabem sobre nanotecnologia?

2. Vocês já ouviram a respeito de nanociência? Tem alguma ideia do que possa ser?

BRINQUE COM O QUE VOCE JÁ SABE

O que podemos ver...
DOMINÓ

COM EXEMPLO		A OLHO NU	
COM UM MICROSCÓPIO ÓPTICO		COM UM TELESCÓPIO	
COM UM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO		COM UM MICROSCÓPIO DE TUNELAMENTO E DE FORÇA ATÔMICA	
	Anéis de Saturno		As células
	Os vírus		Moléculas e átomos
	Fio de cabelo		O jeito certo de fazer

ATIVIDADE DO ESTÁGIO 1 – ENCONTRO 2, PÓS APLICAÇÃO DO ENCONTRO 1

2- Agora que seu conhecimento sobre a palavra nano está mais rico, diga aí tudo que vem a sua cabeça sobre a palavra nano.

ESTÁGIO 2 – 1º ENCONTRO

EXPERIMENTAÇÃO

Ciência em Escala: uma proposta de inserção do tema nanociência/nanotecnologia no Ensino Médio por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem

José Willia Santos Prado

Local: Colégio Estadual Dária Viana de Queiroz – Barra do Choça – BA

Equipe Nº _____

2º ano turma: **A**

Data: ____/____/_____

Estudantes:

1- _____

2- _____

3- _____

4- _____

5- _____

6- _____

7- _____

8- _____

9- _____

Desafio 1

Tire a medida de uma espessura de um papel sulfite tamanho A4.

O instrumento de medida a ser usado tem o seu menor espaçamento como sendo o mililitro, como a percepção humana permite identificar a metade do espaço entre duas marcações, então a precisão máxima que podemos alcançar com o uso da régua é de 0,5mm. Esta precisão é ainda muito maior que a espessura de uma folha de papel. Uma vez que é impossível medir uma única folha de papel de forma direta, **então crie uma estratégia para medir o tamanho da folha de papel sulfite de forma indireta.**

O valor aproximado da espessura de uma folha de papel sulfite é _____

Desafio 2

Estime a largura de uma trilha de um disco de vinil (LP) – esta trilha procurada aqui é a cava por onde a agulha da vitrola passa. Ao fazer a varredura da rugosidade da superfície da cava, a agulha “lê” as modulações contidas nestas irregularidades, com isso, a vitrola é capaz de fazer a reprodução sonora do registro gravado.

Para fazer a estimativa, utilize-se dos seguintes dados:

- Um lado do disco tem uma capacidade total de 30 min de gravação.
- Os números de rotações (voltas) por minuto do disco é 33,33RPM.
- As trilhas são gravadas em forma de espiral de dentro para a fora.

Dica. Use a régua para fazer uma medida sobre o disco.

Cálculo:

Solução:

- Número total de voltas ao longo de todo um lado que equivale a 30 minutos é _____.
- A largura de uma trilha de disco de vinil no formato LP é aproximadamente _____.

Desafio 3

Estime a largura de uma trilha da qual o raio laser de um CD PLAYER faz a leitura dos furos já gravados de um CD (Compact Disc) utilizando-se dos seguintes dados:

- O disco tem uma capacidade total de 80 min de gravação.
- O número de rotações (voltas) por minuto do disco varia de 540 RPM na parte mais interna do disco a 180 RPM na parte mais externa do disco.
- As trilhas são gravadas em forma de espiral de dentro para a fora.

Dicas.

1. Use a régua para fazer uma medida sobre o disco.
2. Utilize um valor médio da velocidade de rotação.

Cálculo:

Solução:

- Número total de voltas que equivale a 80 minutos _____.
- A largura de uma trilha de disco de CD é aproximadamente _____.

ESTÁGIO 2 - 2º ENCONTRO

EXPERIMENTAÇÃO

Ciência em Escala: uma proposta de inserção do tema nanociência/nanotecnologia no

Ensino Médio por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem

José Willia Santos Prado

Local: Colégio Estadual Dária Viana de Queiroz – Barra do Choça – BA

Equipe Nº _____

2º ano turma: **A**

Data: ____/____/____

Estudantes:

1- _____

2- _____

3- _____

4- _____

5- _____

6- _____

7- _____

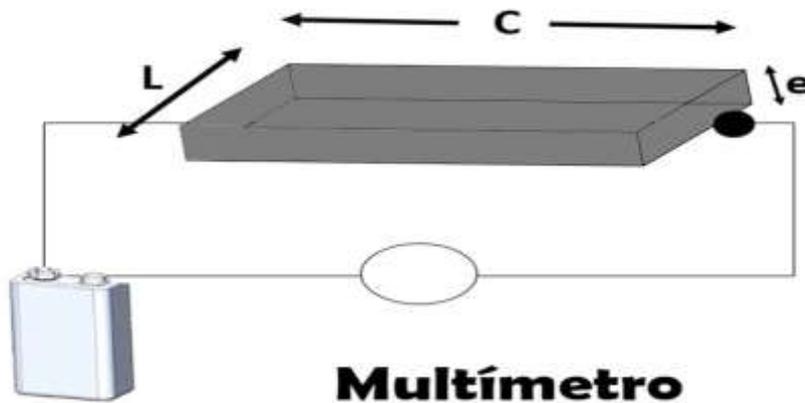
8- _____

9- _____

Desafio 1

MEDIDA DA ESPESSURA DA CAMADA DE GRAFITE DEPOSITADA POR UM LÁPIS EM UMA FOLHA DE PAPEL

ESQUEMA:



Nesta experiência você irá:

- investigar como a resistência (R) varia ao longo do comprimento (C) de um traço largo de lápis;
- usar seus resultados para calcular um valor para a espessura, ϵ , deste traço de lápis e o número de átomos na espessura do traço de lápis.

A medição da espessura de uma amostra tão fina geralmente é feita pelo uso de um método indireto. Um destes métodos é descrito abaixo. A resistência, R , de um condutor é dado por:

$$R = \rho \cdot \frac{C}{A} \quad \text{e} \quad R = \frac{V}{i}$$

$$R = \rho \cdot \frac{C}{A} = \frac{V}{i} = R$$

$$\rho \cdot \frac{C}{L\epsilon} = \frac{V}{i}$$

Onde

ρ é a resistividade do material (no caso o grafite):

$$\rho = 1,3 \cdot 10^{-5} \Omega m$$

$$\rho = 1,3 \cdot 10^{-10} V \cdot m \cdot mm/cm \cdot \mu A$$

C é o comprimento do traço (em cm).

L é a largura do traço (em mm)

ϵ é a espessura do traço (querer em nm)

V é a voltagem bateria (em V - Volts)

i é a corrente elétrica (em μA – microampères)

$$\epsilon \cdot \frac{V}{i} = \rho \cdot \frac{C}{L}$$

$$\epsilon = \frac{C \cdot i}{L \cdot V} \cdot 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ (em m)}$$

$$\epsilon = 0,13 \cdot \frac{C \cdot i}{L \cdot V} \text{ (em nm)}$$

$$\varepsilon = 0,13 \frac{C \cdot i}{4 \cdot 9}$$
 (substituindo os valores fixos como a largura do traço de 4mm e a voltagem

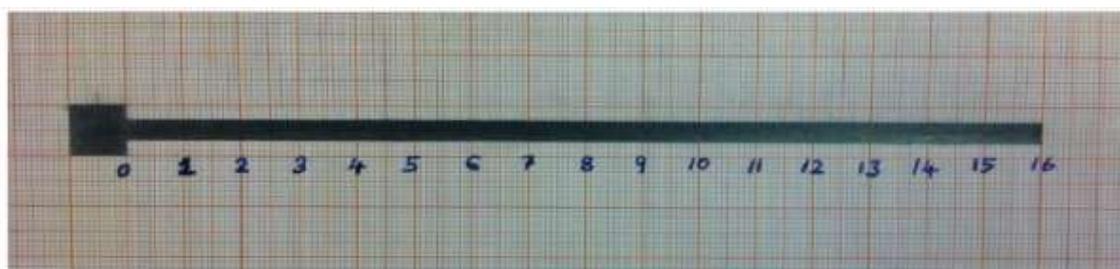
nominal da bateria de 9v)

$$\varepsilon = 0,0036 \cdot C \cdot i$$

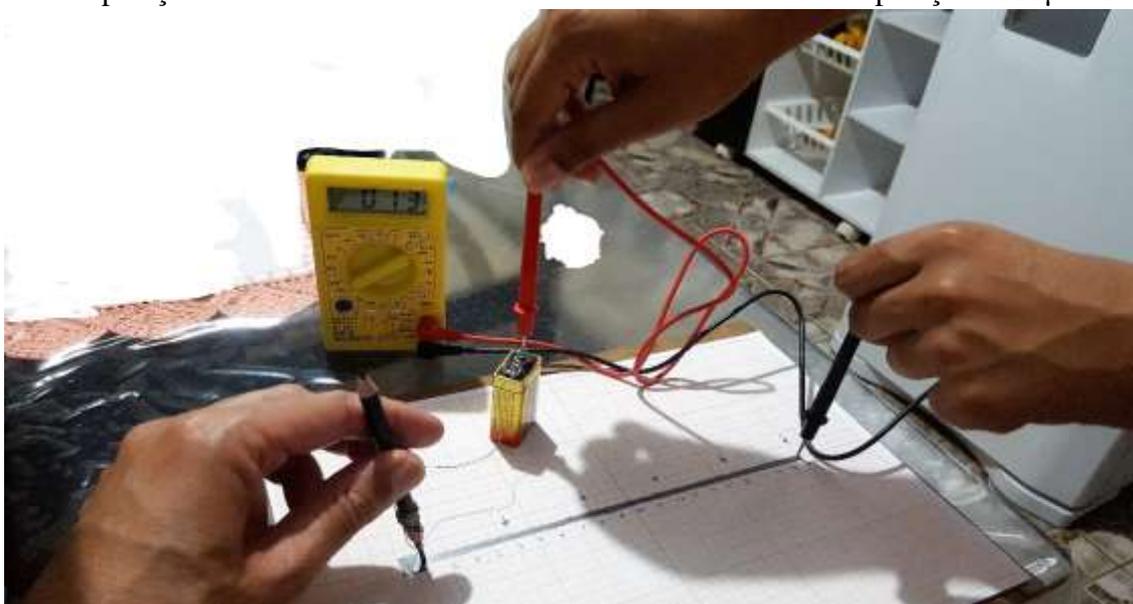
[nm] [cm] [μA]

PROCEDIMENTOS

- c) Em uma folha de papel milimetrado, desenhe uma caixa retangular com 20 cm e 4,0 mm de largura com um quadrado de 1 cm de lado no final. Use o lápis 3B fornecido para sombrear fortemente (um preto denso). Você deve tentar garantir que o sombreamento seja o mais uniforme possível...



- d) Um colega posicione o grafite do fundo do lápis na marcação zero e outro colega coloque a sonda vermelha no polo + da bateria e a sonda preta irá posicionar em sequência nas marcações 20 cm, 16 cm, 12 cm, 8 cm e 4 cm. Para cada uma dessas posições anote os valores da corrente lido no multímetro na posição 2000μ DCA.



- e) Após todas as medidas, posicione novamente a sonda preta em qualquer umas das marcações anteriores e com o uso de outro multímetro meça a voltagem da bateria em funcionamento na posição 20 DCV.

Largura fixa $L = 4 \text{ mm}$

Comprimento (cm)	20 cm	16 cm	12 cm	8 cm	4 cm
Corrente (μA)					

Voltagem da bateria em funcionamento $V = \text{___} \text{ V}$

- f) Use a fórmula $\epsilon = 0,0036 \cdot C \cdot i$ para calcular a espessura e preencha a tabela abaixo com o valor da espessura para cada uma das medidas feitas

Comprimento (cm)	20 cm	16 cm	12 cm	8 cm	4 cm
Espessura (10^{-10} m)					

- g) Tire a média das cinco medidas.

O valor obtido para a espessura é aproximadamente: _____ nm

- h) Supondo que o tamanho de um átomo de carbono a lápis seja de $2 \times 10^{-10} \text{ m}$, estime quantos átomos podem ser colocados uns sobre os outros para compor a espessura do traço de lápis. Dicas: use sua resposta sem o prefixo nano e deslocando a vírgula uma casa decimal para direita para que apareça a potência de 10^{-10} . Pode usar uma regra de três.

O número de camadas de átomo de carbono é _____.

Desafio 2 - COLETIVO

Experimento coletivo

- Observar o rearranjo espontâneo do óleo sobre a água com ajuda de pó de talco.
- Medir indiretamente a espessura da camada de óleo sobre a água.

$$m_i = m_f \quad (\text{massa inicial igual a massa final})$$

$$\rightarrow V_i = V_f \quad (\text{volume inicial igual a volume final})$$

$$\frac{4}{3}\pi \frac{d^3}{8} = \pi \frac{D^2}{4} \cdot \varepsilon \quad (\text{volume da gota de diâmetro } d \text{ aproximado para o volume da esfera } \varepsilon$$

igual a área da superfície espalhada de diâmetro } D \text{ vezes a espessura da camada de óleo}).

$$\frac{2}{3}d^3 = D^2 \cdot \varepsilon \quad (\text{simplificando})$$

$$\varepsilon = \frac{2 d^3}{3 D^2}$$

$$\varepsilon = \frac{2 d^3}{3 D^2} \cdot 10^{-5} m \quad (d \text{ em milímetro e } D \text{ em centímetros})$$

Procedimentos:

9. Pegue uma bacia;
10. coloque água;
11. aguarde a água ficar em repouso;
12. polvilhe o pó de talco sobre toda a superfície da água;
13. aguarde a água ficar em repouso;
14. utilize o conta-gotas e deixe uma gota de óleo cair de uma altura bem próxima a superfície.
15. Observe o que acontece.
16. Meça o diâmetro médio da cobertura de óleo espalhada.

Faça o cálculo da espessura da camada de óleo.

O diâmetro da gota é _____

O diâmetro da cobertura de óleo espalhada é _____

A fórmula para usar é:

Resultado:

A espessura da camada de óleo é: _____.

APÊNDICE 3

Diários de bordo

Apresentação

Nos dias finais da preparação do projeto realizei alguns ajustes para melhoria do mesmo.

O estágio 1 se caracteriza principalmente por ser um organizador prévio, obviamente das atividades subsequentes da sequência de ensino e aprendizagem. As ideias iniciais para o estágio 1 foram de criar uma compilação de recortes de vídeos do YouTube e de filmes como também de criar uma apresentação de slides com imagens e questões. Estas ideias colocadas em prática cumprem muito bem o papel de estabelecer um organizador prévio. Contudo, eu resolvi disponibilizar estas mesmas ideias nos demais estágios caso houvesse a necessidade de retomar o conhecimento âncora. Com esse cuidado de retomar o conhecimento no período de introdução do estágio em aplicação constituirá novamente em organizador prévio. O organizador prévio alocado prioritariamente no estágio 1 servirá para desenvolver o conteúdo e expandir o conhecimento do aluno, além disso, servirá de preparação do conteúdo temático para as aplicações das atividades práticas que ocorrerão nos estágios 2, 3, 4 e 5. Então, eu reservei recursos que não eram tão inclusivos para serem usados no primeiro estágio (Teoria da aprendizagem significativa) e as ideias mais inclusivas para serem usados nos demais estágios em momentos mais curtos.

Diário de bordo do primeiro dia 1:

Hoje eu cheguei no colégio as 7h:20min para minimizar as possíveis falhas devido aos fatores surpresa. Então, imediatamente verifiquei a disponibilidade da sala de vídeo e a conexão com a internet no notebook a ser usado para exibição dos slides, a disponibilidade de todos os cabos e se a imagem proveniente do notebook era exibida na TV da sala de vídeo.

A turma escolhida era relativamente grande, com aproximadamente 40 alunos segundo informações de alguns alunos da turma e posteriormente confirmada pela frequência dos alunos. O projeto foi realizado na sala de vídeo, uma sala pequena ao lado do corredor, esses fatores contribuíram para aumento de barulho de origem interna e externa.

Instantes após tocar o sinal para o início do quarto horário na escola, eu me dirigi para a sala de vídeo. Eu cheguei antes do que qualquer aluno na sala, devido ao fato que os estudantes teriam que buscar seus materiais na sua sala de origem. Aos poucos os alunos foram chegando, com isso foi gerado um atraso de aproximadamente 10 min. Com a presença da maioria dos

alunos foi necessário esclarecer algumas dúvidas dos estudantes, como por exemplo, o porquê a turma deles foi escolhida, quantos dias seria o projeto, como se desenvolveria o projeto ao longo dos dias. Então, eu aproveitei e expliquei o que aconteceria ao longo dos 5 dias previstos. Aconteceu que cerca de cinco alunos chegaram atrasados, pois estavam praticando uma modalidade esportiva durante o intervalo, sendo então necessário que eu repetisse algumas das explicações sobre o andamento do projeto que foram dadas anteriormente.

Ao dar início a aplicação, eu entreguei um envelope com questionários para captar o conhecimento prévios dos integrantes das equipes sobre a palavra *nano*. Eles tiveram um tempo para responder o questionário que se estendeu mais do que eu imaginava, também foi necessário aguardar o término de todos os grupos.

Transcrevo logo abaixo as respostas por equipe da questão levantada pelo texto tirado do envelope a respeito da palavra *nano* que indagava qual era o conhecimento deles sobre esta palavra. Eles escreveram:

Equipe 1: “Um organismo ou objeto minúsculo. Exemplo, nanochip, nanotecnologia. Sistema Internacional de Unidades (n); divide-se em mil milhões. Ex.: ($\times 10^{-9}$)”.

Equipe 2: “Nano, tem algo semelhante a alguma coisa pequena. Nano tem a ver com tecnologia de chip, biochip. Nanomecânica tem a ver com robótica. Nanociência tem a ver com células.”

Equipe 3: “Quando pensamos na palavra 'nano', pensamos em coisas pequenas, exemplo: chips.”

Equipe 4: “A própria palavra é um prefixo que indica uma ordem de grandeza potencial. Sendo uma potência negativa do número 10, comparando-se por exemplo ao decímetro, centímetro ou milissegundos. Nano \rightarrow pequeno. Em um contexto mais próximo à nossa realidade podemos encontrar: 'nanotecnologia, nano robôs”.

Equipe 5: “Nano é uma palavra usada nos meios tecnológico para representar algo muito pequeno. E é representado por expressões exponenciais. É utilizada em chips, máquinas robóticas, celulares, computadores, etc.”

Após a conclusão desta parte avançamos para apresentação de slides, sendo que no primeiro slide de questionamento indagava qual era o significado do verbo *medir* dentro do escopo de conhecimento deles. Algumas respostas foram as seguintes:

Calcular altura;

1. Calcular área;
2. Descobrir e especificar tamanho;

3. Dar valores;
4. Dimensionar.

Após esse slide veio outro que indagava qual era o conhecimento deles a respeito do conceito de escala, algumas respostas foram:

1. Tabela
2. Gráfico
3. A ordem (organização de eventos)
4. Escala de violão
5. Planilhas
6. Desenho planejado (que são feitos em escala)

Após isso, veio os slides abordando prefixos mais usados, porém dispostos em ordem aleatória de propósito. Nesse momento, eu peço aos alunos que retirem a próxima folha do envelope, e neste possui um exercício para pôr os prefixos em ordem do maior para o menor. Esse exercício tem o propósito de capturar o conhecimento prévio de cada grupo de alunos. Foram nove prefixos apontados, e os estudantes tentaram organizá-los em ordem decrescente, como consequência a diferenciação dos prefixos maiores que a unidade e os menores que a unidade, alguns resultados:

1. Equipe 1: Colocou todos os nove prefixos em ordem do maior para o menor, automaticamente distinguiu os grupos dos prefixos maior que a unidade daqueles que são menores que a unidade;
2. Equipe 2: teve o mesmo resultado exitoso da equipe 1;
3. Equipe 3: apresentou um grupo de dois prefixos em sequência correta e mais outro grupo de três prefixos em sequência correta. Não foram capazes de agrupar os prefixos em maiores e em menores que a unidade;
4. Equipe 4: colocou sete prefixos em sequência correta, porém errou os dois últimos ao colocar *pico* antes de *nano*. Esta equipe foi capaz de agrupar os prefixos maiores e menores que a unidade;
5. Equipe 5: Conseguiu colocar quatro prefixos em sequência correta. O grupo teve sucesso em distinguir os grupos dos prefixos maiores e menores que a unidade.

Após aplicação desta última atividade para coleta de informações sobre os conhecimentos prévios de prefixos, eu avancei nos slides explicando sobre potências de 10 e suas associações com os prefixos. Como o horário já estava avançando resolvi deixar os próximos slides para o dia seguinte que já corrobora com a ideia no início deste texto sobre a necessidade de ter um

momento inicial com slides em cada estágio servindo de organizador prévio para o próprio estágio e de aprofundamento no tema. Para concluir as atividades deste dia, pedi para os estudantes que tirem a próxima folha do envelope contendo um exercício sobre potências de 10 e prefixos. Resultados:

1. Equipe 1: acertou todo o exercício (100%). Deu o nome correto a cada potência. Colocou o símbolo correto a cada prefixo. E escreveu o número decimal extenso a cada potência de 10 de maneira correta.
2. Equipe 2: acertou aproximadamente 80% da atividade.
3. Equipe 3. acertou aproximadamente 95% da atividade.
4. Equipe 4. dentro do tempo da aula a equipe só conseguiu concluir 75% da atividade, porém contando somente o que foi feito, a equipe acertou 95%.
5. Equipe 5: acertou 100% da atividade.

Os alunos foram dispensados instantes antes de toque do sinal. Assim, eu concluo o diário relativo ao primeiro encontro do primeiro estágio.

Diário de bordo 2º dia

No segundo encontro eu comecei as instruções sobre a abertura dos envelopes com atividades iniciais as 9:40, com 10 min após o início. Nessas instruções incluí a atividade do dominó. Após a abertura do envelope três grupos pediram detalhes de como preencher a atividade do dominó que consistia em verificação sobre os domínios dos microscópio e olho humano,

As 09:45 chegaram os alunos do mesmo grupo que chegou atrasado no último encontro.

As 09:50 duas equipes já tinham terminado a atividade, porém ainda havia três equipes por fazer, incluindo o grupo dos rapazes que chegaram atrasados.

As 09:50 todas as equipes já tinham terminado a atividade.

As 10:00 iniciou a segunda parte da apresentação de slides do estágio 1, porém com atraso de cinco minutos devido a bateria do notebook ter descarregado por motivo que tomada que estava com problemas.

As 10:02 os alunos responderam as minhas indagações sobre ser ou não possível ao olho sem uso de instrumentos ter acesso a toda vastidão da escala de comprimento, devido à questão levantada pelo primeiro slide da aula, a resposta dos estudantes foi unânime em dizer que era impossível.

Os vídeos foram destinados para os slides finais, e quando apresentação chegou neles ocorreu o problema alguns vídeos não abrirem no notebook da escola, talvez por falta de instalação de alguns *codecs*. Esses vídeos ficaram para serem exibidos no momento introdutório do dia seguinte, passando, assim, a compor o organizador prévio para conhecimentos de maior inclusividade.

Sobre minha avaliação do segundo dia, concluí que foi desgastante devido ao barulho que os alunos agrupados faziam e ao atraso de outros alunos para entrada na sala de aula.

Diário de bordo do terceiro dia

Entre a segunda aplicação e a terceira eu refleti que todas as atividades propostas estavam demandando muito mais tempo do que o previsto, o estágio 1 que seria para ser aplicado em um dia (2h) ficou em (4h) então eu resolvi antecipar as experiências do quarto dia para o terceiro, desta forma o projeto sofreu modificações para já incluir o tempo extra, passando de um encontro para dois encontros a carga horário do estágio 2. Nesse segundo estágio, eu levei as três primeiras experiências propostas no planejamento:

- 1° - medida da espessura de uma folha de papel sulfite;
- 2° - medida da largura de uma trilha de disco LP de vinil;
- 3° - medida da largura de uma trilha de um CD.

Nessas atividades as medidas vão indo do milímetro para o micrometro.,

A decisão foi sábia pois 4 dos 5 grupos concluíram todas as três atividades, porém um grupo ficou para concluir a última atividade em casa.

1ª atividade:

A primeira atividade exigia que o aluno raciocinasse como medir uma folha de papel sulfite, uma vez que só é possível de forma indireta. Os alunos ainda tentaram muitas medidas diretas com uma régua, eu os ajudava a compreenderem que não era possível, pois a medida é menor que as marcações da régua. Depois de alguns minutos uma aluna raciocinou de forma diferente e concluiu que era necessário medir o conjunto de 100 folhas e depois dividir por 100. Após o sucesso desse grupo os outros grupos não mais demoraram para chegar na mesma estratégia.

Resultados da medida:

Todas as equipes chegaram ao mesmo resultado espessura (e) = 0,01 cm.

2ª atividade:

A segunda atividade exigia que o aluno raciocinasse como medir a largura da trilha de um disco de vinil, usando para isso a velocidade de rotação, o comprimento do seguimento radial da parte gravada e o tempo total de gravação permitido para um lado de um disco. Nessa atividade há dicas que revelam a necessidade de calcular o número total de trilhas ao longo do seguimento radial do disco. Eu reforcei essa ideia para ajuda-los a chegarem na solução. Todos os grupos tiveram sucesso com leve flutuações nas medidas devidos a maneira que cada grupo fez a medida.

As medidas:

Equipe 1: 81 micrômetros;

Equipe 2: 85 micrômetros;

Equipe 3; 81 micrômetros;

Equipe 4: 83 micrômetros;

Equipe 5: 83 micrômetros;

3ª atividade:

A atividade 3 é semelhante a atividade dois, agora, porém procura-se a medida da largura da trilha de um CD, favorecida pela experiência da atividade anterior, esta atividade ficou mais fácil. As diferenças devem-se a velocidade variável de rotação do CD player exigindo um cálculo de média; outra diferença apresentada foi o tempo total de gravação que no caso do CD é de 80 min.

Os resultados são:

Equipe 1: 1,46 micrômetro;

Equipe 2: não concluiu a atividade;

Equipe 3: 1,28 micrômetro;

Equipe 4: 1,39 micrômetro;

Equipe 5: 1,38 micrômetro.

O tempo foi o suficiente somente para essas três atividades.

Diário de bordo do quarto dia

Neste dia eu fui para o colégio levando dois aparatos para realização de experimentos. O primeiro deles continha folhas de papel milimetrado, réguas, baterias de 9v, lápis tipo 3B, multímetros e fios para serem usados no cálculo da medida da espessura do traço de grafite sobre o papel através da medida da Resistência elétrica imposta pelo traço. O segundo deles continha uma bacia de alumínio, talco, óleo e conta-gotas para serem usados na atividade de

medida da espessura de uma cobertura de óleo espalhada espontaneamente sobre a água e visualizado por meio do contraste da região com talco para a região sem o talco (região que possui o óleo). O cálculo da espessura deve-se a conservação do volume da gota de óleo devido a lei da conservação das massas. Essa segunda atividade experimental foi um risco, pois em casa houve duas tentativas, uma bem-sucedida e outra malsucedida.

O período de aula começou com a explicação para os alunos que tinham aceitado o desafio de fazer a atividade para casa: o cálculo da espessura do traço de grafite do papel por meio da medida do comprimento traçado e do comprimento do grafite consumido do bastão, para essa atividade também usa a lei da conservação das massas por meio da medida do volume do grafite gasto no bastão com o grafite depositado no papel em forma do traço. Fizemos os cálculos das espessuras utilizando os dados de cada equipe que eles trouxeram de casa. Vale ressaltar que foi gasto um tempo razoável para a explicação da fórmula.

Após a conclusão desta última atividade, então iniciei as atividades a serem executadas neste dia. Uma coisa que eu percebi sobre o meu comportamento é que eu esqueço de detalhar e disponibilizar todas as informações para os procedimentos que poderia ajudar os alunos a começarem a atividade mais rápido por estar comprometido com as várias situações da sala de aula. Por exemplo, eu distribuí as folhas com o roteiro, mas esqueci de falar que eu tinha o material extra para entregar como o lápis 3b e a régua, porém não demorou muito, um aluno perguntou se eu tinha o material citado no roteiro para distribuir.

No geral as atividades foram bastante envolventes, os alunos desenharam o traço no papel que seria usado no fechamento do circuito. Havia duas bancadas para a realização das medidas elétricas. Alguns grupos estavam mais adiantados do que outros, pois houve uma equipe que rasurou e outra que estava com problema em decidir qual era a melhor maneira de fazer o traço. Essa atividade durou bastante tempo, de tal maneira que quando faltavam quinze minutos para o término da aula, eu permiti que os três grupos que já haviam terminado a atividade pudessem começar a fazer a terceira atividade que era uma atividade coletiva devido a sua maior dificuldade para a execução.

A segunda experiência foi feita em duas tentativas pelos alunos e não funcionou em nenhuma delas. O principal motivo para isso foi a falta de controle de variáveis desconhecidas que interferiam no resultado, talvez um preparo antecipado para a construção desse aparato gerasse uma maior intimidade com as variantes de materiais que mais contribuíssem para o sucesso do experimento.

A preparação desse aparato ocorreu na noite anterior, quando eu pedi a minha sobrinha que tentasse executar essa experiência. Com o uso da tampa de balde grande como um recipiente, minha sobrinha não teve sucesso, ela fez o teste com óleo mineral, depois substitui para o azeite e por fim com óleo de cozinha, e em nenhuma dessas tentativas não houve sucesso. Mais tarde, peguei uma bacia de alumínio e fiz uma nova tentativa com o uso do óleo de cozinha e dessa vez a experiência foi bem-sucedida. Com a utilização desses mesmos itens do qual tive sucesso, a experiência falhou quando foi executada no colégio, ficando como um desafio para eu testar e descobrir as melhores condições para o sucesso da experiência.

Resultados da espessura do traço do grafite a partir da medida da resistência elétrica:

Equipe 1 -> $e = 0,3$ nm;

Equipe 2 -> $e = 3,3$ nm;

Equipe 3 -> $e = 0,5$ nm;

Equipe 4 -> $e = 5,4$ nm;

Equipe 5 -> $e = 0,8$ nm.

Diário de bordo do quinto dia

Sexta-feira com o bolo e salgados para o “encerramento”.

Devido as mudanças na execução a oficina do jornalismo baseada nos textos de divulgação científica e a oficina do debate/argumentação ficou para esse dia.

O fator de última semana de aula do calendário letivo do colégio influenciou muito no comportamento dos estudantes no que se refere a conversas paralelas e barulho. Logo após a minha chegada na sala, percebi que os alunos estavam no intervalo cumprindo uma atividade de outra disciplina para entregar urgentemente, com isso eles protelaram a entrada na sala de aula, principalmente os meninos que recorrentemente já estavam chegando atrasados nos últimos horários. Outra dificuldade eventual foi que a sala de vídeo estava agendada, com isso tivemos que organizar o *kit multimídia* na sala da turma. Após a preparação do kit eu distribuir os termos de permissão para captura e uso de imagem caso seja necessário em algum momento na futura divulgação do projeto. Com esse período de distribuição e assinaturas dos termos gerou assim para mais um atraso para o início das atividades próprias da sequência didática. Depois de todos assinarem, eu iniciei a oficina do jornalismo, porém duas equipes não fizeram antecipadamente a introdução da reportagem, uma responsabilidade designada para se fazer em casa, essas equipes fizeram somente a manchete antecipadamente. Novamente tivemos que esperar para que pudéssemos dar início aos trabalhos. Uma vez iniciada a oficina, sua duração

foi aproximadamente de 7 minutos. Após essa oficina, começamos a oficina do debate, onde todos sentaram em círculos, quando usei imagens relativas ao tema incluindo charges impressas em papel de foto, com esse auxílio eu promovia questões a respeito das imagens e buscava que os alunos participassem, apesar da pouca duração devido ao esgotamento da participação dos alunos, a oficina teve seu propósito alcançado, o qual era estabelecer relações e questionamentos sobre o tema.

Após a conclusão dessa oficina, o horário já faltava bastante avançado, faltando aproximadamente 40 minutos para o fim da manhã letiva. Então era necessário preparar a sala de vídeo que nessa altura já estava disponível para comemoração de encerramento da semana de projeto. Essa comemoração ocorreu antes do último estágio, devido ao agendamento da encomenda do bolo e salgados feito anteriormente à expansão da carga horária para um dia de encontro a mais. Então foi assim com muita alegria e satisfação que todos participaram da comemoração com bolo e salgados.

Diário de bordo do sexto dia.

O dia de quarta-feira da segunda semana após o início da sequência didática, um dia da semana destinada às avaliações de fim de unidade, eu fui ao colégio para fazer o registro audiovisual de avaliação e depoimento de aprendizado dos alunos. Este registro foi originalmente planejado para ser no quinto encontro, porém devidos as demandas a mais de carga horária, esta última atividade ficou como o sexto encontro presencial com os estudantes. Esse encontro foi atípico, pois não mais havia horário e sala disponíveis para ter um encontro extra com a turma. Desde a sexta-feira eu já tinha me conscientizado que não seria possível cumprir todo o projeto naquela semana (a última semana de aula normal do colégio), então eu deixei o último encontro para a semana de prova (semana seguinte). Para viabilizar o encontro, eu convidei aos alunos interessados em gravar o vídeo de registro de avaliação e depoimento da sequência didática, e avisei que eu voltaria na quarta-feira para fazer as gravações. Assim eu fiz, voltei na quarta-feira e me dirigi a porta da sala de aula da turma, ainda cedo o suficiente para encontrar todos na sala antes que eles começassem a sair depois que terminassem a prova. Ao chegar na sala de aula eu avisei que estaria na sala da diretoria esperando os alunos que fossem gravar. Tive que aguardar um número de alunos suficiente para dar início as gravações. Assim que apareceram cinco alunos eu comecei a fazer as gravações. Eles deixaram o registro oral daquilo que eles aprenderam (o que veio a memória deles no momento da gravação). A exemplo do que eu buscava extrair deles por meio desse registro seria: se foi proveitoso o

período que eu estive com eles aplicando a sequência de ensino; se a condução e a forma do trabalho foram mais efetivas para o aprendizado deles se comparado a aulas tradicionais; o que eles aprenderam durante a sequência didática com qual eles não possuíam nenhum conhecimento prévio; e por fim, aquilo que eles conseguiram aprimorar apesar da existência de conhecimento prévio. Assim gravamos em média 2 minutos por aluno. Após essas gravações eu declarei encerrada a sequência didática.

APÊNDICE 4

Tópicos de nanociência e nanotecnologia

O prefixo nano

Tendo em vista a estrutura da matéria, uma tentativa de estabelecer um razoável exemplo do que é a dimensão do nano seria afirmar que em um nanômetro poderíamos colecionar 10 átomos em sequência (LIMA, ALMEIDA, 2012).

A nanotecnologia e a inauguração Nanociência

A nanociência é o campo de conhecimentos científico inaugurado pela nanotecnologia cujos conhecimentos prévios da ciência (mecânica quântica e química) ainda não foram aprofundados suficientemente para explicar os fenômenos próprios da escala do nanômetro. A nanotecnologia inaugura a nanociência, que por sua vez provê novos conhecimentos para a expansão da nanotecnologia. O ponto de partida dessa tecnologia foi com a invenção do microscópio de tunelamento, “essa tecnologia ascendente de construção átomo a átomo, possível graças ao microscópio de tunelamento, chama-se ‘nanotecnologia’”. O termo ascendente diz respeito que na nanotecnologia a construção é do elementar para o complexo, amplo e extenso, ou seja, uma construção átomo a átomo, isso só foi viabilizado a partir da invenção do microscópio de tunelamento que além de permitir a observação do átomo, foi capaz de deslocá-lo (JOACHIM, PLÉVERT, 2009).

A ordem do surgimento da nanotecnologia e nanociência é invertida em relação ao que é esperado, pois nesse conjunto a tecnologia veio antes da ciência, porquanto a primeira proveu as condições para a conquista de uma nova escala não somente por meio do acesso, quanto também por meio da manipulação desta dimensão. Silva ilustra essa ordem anômala:

A chama da física moderna, que se iniciou no começo do século XX, pôde acontecer porque uma nova tecnologia de vácuo permitiu a produção de tubos dos chamados raios catódicos que levou ao descobrimento do elétron e dos raios X (SILVA, 2007).

Essas novas tecnologias oportunizaram novos experimentos que por sua vez inauguraram a nanociência e permitiu o seu desenvolvimento da nanociência, Silva continua e coloca a simulação computacional como uma tecnologia teórica:

Podemos dizer que a nanociência está acontecendo devido basicamente a três técnicas experimentais, a saber, o microscópio eletrônico de transmissão de alta resolução (HRTEM), o microscópio de tunelamento (STM) e o microscópio de força atômica (AFM), e, do ponto de vista teórico, às simulações computacionais (SILVA, 2007).

Nanociência e nanotecnologia são inseparáveis, porém, são distintas. A nanotecnologia surgiu como *'start'* para nanociência e a partir de então se desenvolve como consequência da nanociência:

Desde a última década do século XX a imprensa mundial tem apresentado muitos temas ligados a um novo tipo de ciência, a nanociência, e junto com ela uma promessa ou até mesmo uma esperança, a tecnologia que pode vir como sua consequência; a nanotecnologia (SILVA, 2007).

A nanociência como área de pesquisa desde seu início é uma ciência real, no entanto a nanotecnologia que surge como consequência da nanociência foi no início uma promessa ou uma esperança de uma nova revolução. Entre a ciência e a tecnologia há uma distância: na primeira o conhecimento é a principal motivação, na segunda por sua vez é a aplicação. A ciência já tem sua garantia assegurada, afinal o conhecimento sempre será a finalidade, mas se tratando da aplicação não há esta mesma garantia, por isso essa esperança é questionável (SILVA, 2007). E ainda vale dizer que

É importante distinguir a nanociência que se faz agora, um campo em extremo desenvolvimento, da nanotecnologia, que está apenas em sua infância. Poderíamos dizer que a nanotecnologia é um ramo emergente da engenharia, que usa métodos das nanociências para desenvolver produtos (SILVA, 2007).

Nanociência/nanotecnologia segundo dos ANJOS e Vieira é o projeto de manipular, produzir e montar no nível atômico e molecular, na escala do bilionésimo do metro. Nas técnicas há uma exigência da integração da física, Química, Biologia e modelagem computacional. (Dos ANJOS, VIEIRA, 2008).

Miniaturização versus monumentalização

Outro equívoco histórico foi a não diferenciação conceitual de miniaturização e monumentalização. Miniaturizar é construir com peças recortadas de porções macroscópicas, enquanto a "monumentalização" é construir átomo a átomo até constituir uma estrutura útil, ferramenta ou máquina.

O microscópio de tunelamento também está transformando nossa relação com a matéria. Com esse microscópio como ferramenta, surgiu uma abordagem tecnológica diferente, que consiste em construir, átomo a átomo, estruturas cada vez maiores, em "monumentalizá-los" até que cada qual constitua uma máquina minúscula capaz de funcionar como uma grande máquina. Esta é uma abordagem ascendente da construção de um dispositivo, que está na contracorrente da miniaturização (JOACHIM, PLÉVERT, 2009).

Definição não original

A Royal Society define a nanotecnologia em um espectro amplo com isso atende as mais diversas reivindicações incluindo a do mercado financeiro: “A nanotecnologia consiste na produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas controlando a forma e o tamanho na escala nanométrica” (JOACHIM, PLÉVERT, p. 24 2009).

A nanotecnologia vai além existência do objeto

Tem que levar em conta a busca de propriedades exclusivas dessa escala e a manipulação em busca desse objetivo

Essa manipulação controlada na escala nanométrica busca propriedades e características que não poderiam ser obtidas de outra forma. Esse aspecto é o que busca validar a nanotecnologia como uma área do conhecimento para além da definição pura do objeto a partir de suas dimensões (SCHULZ, 2013).

Caracterização

Para Valadares, Chaves e Alves é a implementação de técnicas que permitem visualizar e manipular a matéria da escala atômica e a pesquisa sobre o comportamento particular da matéria nessa escala (LEONEL, SOUZA, 2009)

Nanopartículas na antiguidade

É fascinante como o uso de nano partículas é tão antigo. Bem antes da era cristã, a combinação da reflexão da transmissão da luz produzindo cores diferentes chamou atenção e foi usado na confecção de um artefato novo, um cálice:

Nanopartículas metálicas eram usada para produzir efeitos coloridos a vidros e cerâmicas, como, por exemplo, aqueles gerados pela combinação de nanopartículas de ouro e prata que conferem ao vidro do famosos Cálice de Licurgo (Lycurgus Cup), confeccionado na Roma do século IV A.C., a cor esverdeada quando visualizado por reflexão e avermelhada quando observado por transmissão da luz (MELO JR, SANTOS, GONÇALVES, NOGUEIRA, 2012).

Nanomateriais diferente de nanotecnologia

“Os nanomateriais constituem um imenso campo de pesquisa, que sozinho justifica um livro inteiro. Mas não se trata de nanotecnologia” (JOACHIM, PLÉVERT, p. 101, 2009).

“A nanotecnologia é uma nova etapa na longa epopeia da ciência da matéria, não na da ciência dos materiais” (JOACHIM, PLÉVERT, p. 56, 2009).

“A escala nanométrica é a menor escala útil para a ciência de materiais” (SILVA, 2007).

Exemplo das propriedades termodinâmicas que mudam com as dimensões das partículas

Propriedades física e química que dependem de uma estatística para uma amostra macroscópica perdem o sentido ou mesmo mudam quando estão na escala manométrica (SILVA, 2007). Veja que Silva diz a respeito com o exemplo do ouro que foi usado desde a antiguidade como nanopartículas que imprimiam as cores nos vidros decorativos:

Quando chegamos à nanoescala, supondo que temos maneiras de continuar dividindo o bloco de ouro, tudo muda, a cor do ouro, seu ponto de fusão, suas propriedades químicas. A razão para isso é que as interações entre os átomos, que sofrem uma média e desaparecem no ouro volumétrico, aqui têm um papel importante (SILVA, 2007).

O funcionamento do microscópio de tunelamento

A nanociência começa, de fato, com a invenção do microscópio de varredura por tunelamento (scanning tunneling microscope – STM) por Gerald Binnig e Heinrich Rohrer, em 1981, no laboratório da IBM em Zurique. Esse equipamento é capaz de sondar a superfície de matérias com resolução atômica (figura 2). O equipamento usa uma ponta em forma de agulha, muito fina, com apenas alguns átomos. O sistema é um circuito elétrico entre a ponta e a superfície, uma corrente de tunelamento de elétrons passa a fluir. Essa corrente cresce exponencialmente com a aproximação da ponta. Varrendo com a ponta a região de interesse, é possível obter informações topográficas da superfície com resolução atômica (SILVA, 2007).

Limite da miniaturização

Esse limite está no surgimento do fenômeno quântico do tunelamento do elétron, assim as barreiras isolantes estão se afinando vão dando oportunidade ao elétron de superar essa barreira e ser capturado no condutor vizinho (SILVA, 2007).

Para os químicos

Dispersão e reatividade são propriedades mais úteis para os Químicos (REBELLO, ARGYROS, LEITE, SANTOS, BARROS, SANTOS, SILVA, 2012).

Nanopoluição

Um novo tipo de poluição surge com a nanotecnologia, a nanopoluição, que se caracteriza com o aumento da concentração das nanopartículas no meio ambiente por meio da atividade humana, a saber, dejetos da produção industrial e das emissões dos escapamentos de veículos, entre outros; ou pela produção de nanopartículas para determinado fim, tais como nanotubos, nanofios e nanofibras (REBELLO, ARGYROS, LEITE, SANTOS, BARROS, SANTOS, SILVA, 2012).

Experimentos de nanofísica

São aqueles que buscam estudar os fenômenos físicos na menor amostragem de matéria possível, onde o limite fazer experiência com um único átomo ou uma única molécula, para tanto, são os instrumentos de medidas que devem se adaptar a essa escala (JOACHIM, PLÉVERT, p. 78,79, 2009).

Aplicações

É filosoficamente vantajoso falar das aplicações da nanociência e nanotecnologia em um espectro mais abrangente e nobre como segurança, bem-estar e liberdade individual do que falar de desenvolvimentos de aparelhos para a manutenção saúde, equipamentos de segurança, e instrumentos de assistência individual. Uma vez que falando em termos abrangentes facilita o questionamento se estas aplicações serão ou não declaradas como direito humano, e, portanto, torná-la universal e acessível, caso contrário os maiores beneficiados com isso seria a parcela da população mais privilegiada economicamente. A apropriação de ciências e tecnologia somente pelos privilegiados economicamente aumenta a desigualdade social e econômica. A grande preocupação da aplicação da nanotecnologia é na corrida armamentista, sua aplicação militar como uma ameaça as soberanias já instituídas. O maior temor do uso da nanotecnologia está na produção de armas mais poderosas do que as nucleares. Segundo Kosal ainda é possível regulamentar seus usos por meio do direito internacional. Por tanto há grande interesse nas conquistas científicas, logo não é neutra e nem uma fonte garantida de segurança, por isso questões filosóficas, ideológicas e de direito não podem ser afastadas quando se fala do avanço científico e suas aplicações (LIMA, ALMEIDA, 2012).

A multidisciplinaridade na nanociência

“Nanociência é uma grande área que congrega física, química, biologia, ciências médicas e engenharia de novos materiais. Existe pesquisa intensa em todas essas áreas e a interrelação entre elas é cada vez maior” (SILVA, 2007).

A multidisciplinaridade do campo de estudo da nanotecnologia é algo intrínseco, e abrange a Física, Química, Biologia e as engenharias. “A multidisciplinaridade do de estuda nanociência e a nanotecnologia tem grande abrangência em áreas como a física, a química, a biologia e as engenharias. Mas os investimentos para aplicações nesse campo tecnológico estão praticamente em todos os setores de atividade humana” (LIMA, ALMEIDA, 2012).

É importante mencionar que a nanotecnologia é uma entre outras das novas subáreas das ciências anteriores ou até uma combinação de duas ou mais delas que sugerem nas recentes

décadas. Essas áreas são novas o suficiente para trazer desafio a sociedade, a educação e as preocupações com o ambiente (SCHULZ, 2013).

A multidisciplinaridade do Ensino de nanociência é uma questão relevante, a exemplo da Química, ela introduz “novos conceitos, muitos deles não vistos em sala de aula, como o efeito de confinamento quântico e a ressonância de plasmons de superfície” (MELO JR, SANTOS, GONÇALVES, NOGUEIRA, 2012).

Ensino *versus* visão de laboratórios inacessíveis

“A percepção da Nanociência está muitas vezes associada à imagem de uma atividade desenvolvida em laboratórios sofisticados e caros e isto pode criar barreiras por parte do público na curiosidade por investigar o tema” (ELLWANGER, ROSSATO, GRANADA, BORTOLUZZI e FAGAN, 2012).

Escassez de experimentação em nanociência

Além de toda problemática sobre o ensino de FMC no EM há ainda uma questão de escassez de laboratórios de ensino no Brasil e também de uma formação de professores que desse conta de superar essas dificuldades (PAULINI DE JESUS, HIGA, 2014).

Nosso conhecimento indireto da escala microscópica

Como o nosso conhecimento é indireto, temos um mapa mental baseado em interpretação das informações, analogias e experimentações, então claramente podemos ter uma percepção distorcida ou diferente daquilo que seria suposto termos (SCHULZ, 2007).

ANEXO ÚNICO

GLOSSÁRIO DE CONCEITOS USADOS POR MOREIRA⁹

Aprendizagem significativa: aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento adquirido a novas situações; resulta da interação cognitiva não-arbitrária e não-literal entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos; depende fundamentalmente de conhecimentos prévios que permitam ao aprendiz captar significados (em uma perspectiva interacionista, dialética, progressiva) dos novos conhecimentos e, também, de sua intencionalidade para essa captação.

Aprendizagem significativa crítica: é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. É através dessa aprendizagem que o indivíduo poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dela que poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela. Por meio dela poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças. (Moreira, 2005).

Aprendizagem mecânica: é a memorização, sem significado, de informações a serem reproduzidas a curto prazo; aprender mecanicamente é simplesmente decorar. Do ponto de vista cognitivo, as informações são internalizadas praticamente sem interação com conhecimentos prévios. No cotidiano escolar, é a “decoreba”.

Atividade colaborativa: resolução de tarefas (problemas, mapas conceituais, construção de um modelo, realização de uma experiência de laboratório, etc.) em pequenos grupos (dois a quatro participantes), com participação de todos integrantes e apresentação, ao grande grupo, do resultado, do produto, obtido; esse resultado deve ser alcançado como um consenso do pequeno grupo a ser apreciado criticamente pelo grande grupo.

Avaliação formativa: é aquela que avalia o progresso do aluno ao longo de uma fase de sua aprendizagem; a que contribui para a regulação da aprendizagem, em andamento, no

⁹ Recorte do material chamado *Subsídios Didáticos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências* que é uma compilação de vários artigos de Marco Antônio Moreira e colaboradores disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios3.pdf>

progressivo domínio de um campo conceitual; é uma avaliação contínua e ocupada com os significados apresentados e em processo de captação pelo aluno.

Captção de significados: os conhecimentos (conceitos, proposições, construtos, ...) de uma determinada matéria de ensino têm significados que são aceitos no contexto dessa matéria, que são compartilhados por uma comunidade de usuários; para aprender significativamente essa matéria, o aluno tem que, primeiramente, captar esses significados para, então, decidir se quer incorporá-los a sua estrutura cognitiva de maneira substantiva e não-arbitrária; para Gowin(1981), a captação de significados é anterior, e condição, à aprendizagem significativa.

Conhecimento prévio: conceitos subsunçores, representações, esquemas, modelos, construtos pessoais, concepções alternativas, invariantes operatórios, enfim, cognições já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Consolidação: é um dos princípios programáticos ausubelianos da matéria de ensino (juntamente com a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a organização sequencial) segundo o qual é preciso insistir no domínio ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, buscando assegurar contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada. Contudo, este princípio deve ser compatibilizado com a progressividade da aprendizagem significativa e com a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Diagrama V: é um instrumento heurístico, criado por D.B. Gowin (1981), para facilitar a compreensão do processo de construção do conhecimento; por isso mesmo, é também chamado de Vê epistemológico. No centro do V está a questão-chave, a pergunta básica de um processo de produção de conhecimento; no lado esquerdo está o domínio conceitual (conceitos, princípios, teorias, filosofias) e no direito o domínio metodológico (registros, dados, transformações metodológicas, respostas tentativas à questão-básica). Em termos simples, pode-se dizer que o lado esquerdo do V corresponde ao pensar e o lado direito ao fazer; a produção de conhecimentos resulta da interação entre um domínio conceitual (pensar) e um domínio metodológico (fazer). Na ponta do Vê está o evento ou o objeto de estudo do qual são feitos registros que transformados metodologicamente geram asserções de conhecimento (respostas) sobre as quais são feitas asserções de valor.

Diferenciação progressiva: como princípio programático da matéria de ensino, significa que ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início do ensino e, progressivamente, diferenciados, ao longo do processo, em termos de detalhes e especificidades. Do ponto de vista cognitivo, é o que ocorre com determinado subsunção à medida que serve de ancoradouro para novos conhecimentos em um processo interativo e dialético.

Mapa conceitual: é um diagrama hierárquico de conceitos e relações entre conceitos; hierárquico significa que nesse diagrama, de alguma forma, se percebe que alguns conceitos são mais relevantes, mais abrangentes, mais estruturantes, do que outros; essa hierarquia não é necessariamente vertical, de cima para baixo, embora seja muito usada. No mapa conceitual as relações entre os conceitos são indicadas por linhas que os unem; sobre essas linhas colocam-se palavras que ajudam a explicitar a natureza da relação; essas palavras, que muitas vezes são verbos, são chamadas de conectores, conectivos, palavras de enlace. A ideia é que os dois conceitos mais o conectivo formem uma proposição em linguagem sintética. O mapa conceitual procura refletir a estrutura conceitual do conteúdo que está sendo diagramado. É importante não confundir-lo com diagrama de fluxo, quadro sinótico, mapa mental e outros tipos de diagramas.

Mapa mental: é uma função natural da mente humana – é o pensamento “irradiado” livremente a partir de uma imagem central, ou de uma palavra-chave, como se fossem ramificações (branches); tópicos menos importantes também são representados como ramificações ligadas a outras de mais alto nível; as ramificações formam uma estrutura nodal conectada (Buzan e Buzan, 1994; Ontoria et al., 2004). No mapa mental as associações são completamente livres, enquanto que no mapa conceitual são aquelas aceitas no contexto da matéria de ensino.

Material potencialmente significativo: o significado está nas pessoas, não nas coisas. Então, não há, por exemplo, livro significativo ou aula significativa; no entanto, livros, aulas, materiais instrucionais de um modo geral, podem ser potencialmente significativos e para isso devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem aprendíveis) e os sujeitos devem ter conhecimentos prévios adequados para dar significado aos conhecimentos veiculados por esses materiais.

Modelo mental: é um análogo estrutural de um estado de coisas do mundo que o sujeito constrói em sua memória de trabalho. Frente a uma nova situação, os esquemas de assimilação do sujeito não funcionam; então, para dar conta dela, constrói mentalmente um modelo funcional, recursivo, dessa situação, com uma estrutura análoga a ela. Faz, então, inferências e, dependendo da eficácia dessas inferências, modifica o modelo recursivamente, podendo, inclusive descartá-lo. Dependendo do sucessivo encontro com situações da mesma classe, o modelo mental pode estabilizar-se ou evoluir para esquema de assimilação.

Negociação de significados: na verdade não é bem uma negociação; é mais uma troca, uma externalização de significados: o professor que já domina os significados aceitos no contexto da matéria de ensino os apresenta ao aluno. Este deve externalizar ao professor como está captando esses significados. Caso essa captação não corresponda aos significados contextualmente aceitos na matéria de ensino, o professor deve apresentá-los outra vez, de outra forma, e o aluno deve externalizá-los novamente. Isso pode ocorrer várias vezes até que o aprendiz venha a compartilhar os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. É isso que se entende por negociação de significados. Pode ser um longo processo em que o professor media a captação de significados por parte do estudante.

Organizador prévio: material instrucional introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, em si, em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade; segundo Ausubel (1968, 2000), sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido significativamente. Na prática, organizadores prévios funcionam melhor quando explicitam a relacionabilidade entre novos conhecimentos e aqueles existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Muitas vezes o aprendiz tem o conhecimento prévio mas não percebe que está relacionado com aquele que lhe está sendo apresentado.

Reconciliação integrativa: do ponto de vista instrucional, é um princípio programático da matéria de ensino segundo o qual o ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos, proposições e apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. Em termos cognitivos, no curso de novas aprendizagens, conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva podem ser reconhecidos como relacionados, reorganizarem-se e adquirir novos significados. Esta recombinação de elementos previamente

existentes na estrutura cognitiva é a reconciliação integrativa na óptica da organização cognitiva.

Sentido: segundo Vygotsky (1987), sentido é a soma dos eventos psicológicos que a palavra, ou a situação, evoca na consciência; é um todo fluido e dinâmico, com zonas de estabilidade variável, das quais a mais estável e precisa é o significado. Significado é uma construção social, de origem convencional, relativamente estável, mas mutável e contextual. Sentido é pessoal, significado é social.

Situação-problema: significa tarefa, não necessariamente problema de fim de capítulo; pode ser a explicação de um fenômeno, de uma aparente contradição, a construção de um diagrama, as possibilidades são muitas, mas, independente de qual for a tarefa, é essencial que o aprendiz a perceba como um problema. Por exemplo, não adianta propor um “problema” que o aluno perceba apenas como um exercício de aplicação de fórmula. Situações-problema e conceitualização guardam entre si uma relação dialética: são as situações que dão sentido aos conceitos, mas à medida que o sujeito vai construindo conceitos mais capaz ele fica de dar conta de novas situações, cada vez mais complexas. No ensino, as situações devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade, mas é importante um certo domínio de um determinado nível de complexidade antes de passar ao próximo. Em tudo isso está implícito o conceito de campo conceitual proposto por Vergnaud (1990) como um campo de situações-problema, cujo domínio é progressivo, lento, com rupturas e continuidades.

Subsunção: corresponde, em português, ao que Ausubel chamava de subsumer, ou seja, um conhecimento prévio capaz de subsumir um novo conhecimento; subsumir significa “tomar”, “acolher”, “aceitar”. Subsunção é a operação de subsumir. Observe-se que na aprendizagem significativa a subsunção é um processo interativo, i.e., tanto o subsunção como o subsumido se modificam em termos de significado.