

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



DESMISTIFICANDO A NEUTRALIDADE DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA: UMA PROPOSTA SOBRE NANOCIÊNCIA

Francisca Vania Pereira Rodrigues

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

Orientadora:
Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

Brasília-DF
Dezembro/2019

DESMISTIFICANDO A NEUTRALIDADE DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA:
UMA PROPOSTA SOBRE NANOCIÊNCIA

Francisca Vania Pereira Rodrigues

Orientadora:
Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

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

Aprovada por:

Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Prof. Dr. Franciscarlos Gomes da Silva

Brasília-DF
Dezembro/2019

PS586pd Pereira Rodrigues, Francisca Vania

Desmistificando a neutralidade da ciência e da tecnologia: uma proposta sobre Nanociência / Francisca Vania Pereira Rodrigues - Brasília: UnB / IF, 2019.

128 p.

Orientador: Roseline Beatriz Strieder

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, 2019.

1. Ensino de Física, Não Neutralidade, Educação CTS. I. Beatriz Strieder, Roseline. II. Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Desmistificando a neutralidade da ciência e da tecnologia: uma proposta sobre Nanociência.

Dedico esta dissertação aos meus pais, Judite Pereira e Manoel Rodrigues, pelos ensinamentos e pela educação que me proporcionaram, aos meus irmãos pelo apoio, aos meus filhos Gabriel e Yohana pelo companheirismo e compreensão e aos meus alunos da escola CED Vale do Amanhecer.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, pela força e energia em todas as etapas.

Aos meus pais, pelo cuidado e ajuda em todos os momentos.

Aos meus filhos, pela paciência, compreensão e por tentarem aprender Mecânica Quântica para poderem me ajudar.

Aos meus irmãos, Vagner, Sávio, pelo apoio, em especial ao Fábio e ao Evandro, que sempre me ouviram e ajudaram nas fases mais difíceis.

A minha orientadora, Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder, pelos ensinamentos, orientações, dicas, pelo cuidado e atenção sobre as minhas dúvidas e pela paciência astronômica comigo.

Aos meus amigos e companheiros de turma (xuxus!), Wellington Sampaio, pelo apoio incondicional em todos os momentos. Giovanni Ribeiro, pelo companheirismo e ensinamentos e a Kitéria Karoline pela parceria.

A minha amiga Maria Celeste de Sousa Santos, a quem sou grata por todo o apoio nesta etapa.

A minha amiga Corrinha pela parceria em todos os momentos.

Ao João Paulo Martins, pela paciência, ajuda, companheirismo e sugestões.

Ao Prof. Dr. Olavo Leopoldino, pelas contribuições e pelos ensinamentos de como escrever uma dissertação.

Ao Prof. Dr. Fábio M.S. Lima, pela paciência, pelos ensinamentos e suas contribuições sobre História da Ciência cada visita a sua sala.

Aos colegas e amigos da escola (grupo dos desorientados), Ronice, Juresmar Barbosa, Daniel Oliveira, Jean Fernando, Clésio, Thiago, Eliene, em especial a Pâmella Rosa e Eduardo Viveiros pelo apoio, pelas conversas e pelos momentos de descontração.

Aos meus alunos do 3º A e 3º B da escola CED Vale do Amanhecer, sem vocês eu não teria conseguido.

Aos gestores da escola, Marlene de Souza e Wellington de Oliveira, pelo apoio e parceria no desenvolvimento do projeto.

Ao Prof. Dr. Marcello Ferreira pelas sugestões, contribuições e apoio durante o Curso.

A equipe de pesquisadores do Laboratório de Fluidos Complexos (LFC) da Universidade de Brasília pelas por nos receber e pelas atividades desenvolvidas.

Ao Prof. Dr. Franciscarlos Gomes da Silva e ao Prof. Dr. Marcello Ferreira pelas contribuições enriquecedoras durante a defesa e por terem aceitado o convite para compor a banca.

A todos os professores do Curso MNPEF da Universidade de Brasília.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Muito obrigada a todos vocês!!!

RESUMO

DESMISTIFICANDO A NEUTRALIDADE DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA: UMA PROPOSTA SOBRE NANOCIÊNCIA

Francisca Vania Pereira Rodrigues

Orientadora:
Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

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

Com o intuito de contribuir para desmistificar a neutralidade da ciência e da tecnologia, neste trabalho, apresentamos a elaboração e o desenvolvimento de uma proposta de ensino de Física, fundamentada na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) e centrada no tema Nano. Esta proposta abarca aspectos históricos, políticos, econômicos e incertos associados aos avanços científicos-tecnológicos na área em questão, além de conteúdos de eletromagnetismo, suas propriedades e aplicações na escala nanométrica. Durante sua implementação, junto a alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de Brasília/DF, foram realizadas atividades no contexto escolar, nas aulas de Física, e uma visita ao Laboratório de Fluidos Complexos (LFC) da Universidade de Brasília. As reflexões em torno desse processo foram construídas por meio da análise dos registros elaborados pela professora e das produções dos alunos. Disso, constatamos o potencial da proposta para engajar os alunos e para que eles compreendessem os seguintes pontos associados ao tema abordado: características da matéria, métodos/técnicas de observação, aplicações e usos, implicações e preocupações. Além disso, alguns estudantes demonstraram ter superado a perspectiva salvacionista e neutra da ciência e tecnologia, indicando que ações desta natureza podem ser interessantes para esse fim.

Palavras-chave: Ensino de Física, Não Neutralidade, Educação CTS.

Brasília-DF
Dezembro/2019

ABSTRACT

DEMISIFYING THE NEUTRALITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY: A NANOSCIENCE PROPOSAL

Francisca Vania Pereira Rodrigues

Supervisor:

Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

Master's dissertation submitted to the Graduate Program of the Institute of Physics of the University of Brasília, in the Professional Master's Degree in Physics Education (MNPEF), as part of the necessary requirements to obtain the title of Master in Physics Teaching.

In order to contribute to demystifying the neutrality of science and technology, in this paper, we present the elaboration and development of a physics teaching proposal, based on the Science, Technology, Society (STS) perspective and focused on the Nano theme. This proposal covers historical, political, economic and uncertain aspects associated with scientific-technological advances in the area in question, as well as electromagnetism contents, their properties and applications on the nanometer scale. During its implementation, along with third year high school students from a public school in Brasília / DF, activities were carried out in the school context, in physics classes, and a visit to the Complex Fluid Laboratory (LFC) of the University of Brasilia. The reflections around this process were built by analyzing the records prepared by the teacher and the students' productions. From this, we see the potential of the proposal to motivate students and to understand the following points associated with the theme: subject characteristics, observation methods / techniques, applications and uses, implications and concerns. In addition, some students have shown that they have overcome the salvationist and neutral perspective of science and technology, indicating that actions of this nature may be of interest to this end.

Keywords: Physics Teaching, Non-neutrality, STS education.

Brasília-DF
December/2019

Sumário

Capítulo 1 Referencial Teórico.....	3
1.1 Nanociência no ensino de Física: uma breve revisão	3
1.2 Contexto histórico do movimento CTS e suas características.....	8
1.3 Objetivos da Educação CTS dentro da perspectiva do compromisso social....	14
1.4 Neutralidade da ciência e o mito da salvação tecnológica: fatores ocultos.....	15
1.5 Teses da não neutralidade na produção científico-tecnológica	19
1.6 Ensino de Física – cultura e ciência – uma abordagem necessária aplicando a narrativa como uma ferramenta pedagógica.....	21
Capítulo 2: Nanociência e Nanotecnologia: magnetismo e suas peculiaridades na escala nanométrica	23
2.1 Uma viagem rumo à miniaturização.....	23
2.2 As nanopartículas magnéticas	24
2.3 Conceitos básicos de magnetismo e eletromagnetismo.....	25
2.4 Materiais magnéticos e suas peculiaridades na escala nano.....	29
2.5 Técnicas de sintetização das nanopartículas magnéticas.....	31
2.6 Técnicas e observação da matéria: instrumentos para nanoestruturas	33
Capítulo 3: Caracterização do produto educacional	40
3.1 Aula 01 - Nanociência e nanotecnologia – implicações e aplicações na sociedade	40
3.2 Aula 02 - Introdução dos conceitos de magnetismo.....	44
3.3 Aula 03 - Aproximar os alunos a ciência e a tecnologia por meio de narrativas	45
3.4 Aula 04 - Peculiaridades do nanomagnetismo	45
3.5 Aula 05 - Como ocorre o desenvolvimento científico tecnológico? Há ou não neutralidade?.....	46
3.6 Aula 6 e 7 – Visitar um laboratório de pesquisas em Nanociência e Nanotecnologia.....	51
3.7 Aula 08 – Avaliação - Física e cultura: Construção de uma história em quadrinhos numa abordagem em CTS	51
Capítulo 4: Descrição da intervenção realizada	53
4.1 Contexto educacional.....	53
4.2 Implementação da proposta: aplicação do produto educacional	54
4.3 Coleta e análise de dados.....	66
Capítulo 5: Análises e resultados: reflexões e aprofundamentos da pesquisa.....	70
5.1 A - Características da matéria.....	71
5.2 B - Métodos/técnicas de observação da matéria.....	77
5.3 C - Aplicações e usos	81
5.4 D – Implicações e preocupação com o desconhecido	86
5.5 E - visão salvacionista	90
5.6 F- CT neutras	96
Considerações finais	99
Referências	101
Apêndice A: Produto Educacional	104
Apêndice B: Termo de consentimento e autorização	128

Lista de figuras

Figura 1.....	11
Figura 2.....	26
Figura 3.....	27
Figura 4.....	28
Figura 5.....	29
Figura 6.....	29
Figura 7.....	31
Figura 8.....	33
Figura 9.....	34
Figura 10.....	37
Figura 11.....	38
Figura 12.....	48
Figura 13.....	49
Figura 14.....	49
Figura 15.....	67
Figura 16.....	68
Figura 17.....	74
Figura 18.....	75
Figura 19.....	79
Figura 20.....	80
Figura 21.....	81
Figura 22.....	84
Figura 23.....	89
Figura 24.....	94

Listas de tabelas

Tabela 1	4
Tabela 2	7
Tabela 3	12
Tabela 4	73
Tabela 5	78
Tabela 6	83
Tabela 7	88
Tabela 8	93
Tabela 9	98

Introdução

Diante do grande desenvolvimento tecnológico e dos avanços significativos da ciência na sociedade contemporânea, há a necessidade de repensar o papel da educação científica frente a esse novo cenário. É preciso que o ensino de Ciências estimule a leitura crítica do mundo e para isso faz-se necessário um outro olhar sobre os conteúdos que serão abordados na escola e a forma como serão trabalhados. É imprescindível discutir o contexto histórico desse desenvolvimento, abordar que a ciência e a tecnologia não são neutras, trazendo discussões sobre seus antecedentes e suas consequências para a sociedade e o meio ambiente. Além disso, é preciso estimular o engajamento sociopolítico dos alunos, incentivando seu interesse por temáticas relacionadas aos rumos da ciência e da tecnologia.

Nessa linha, Auler (2002), referenciando Paulo Freire, entende a Educação como uma forma de conscientizar o aluno sobre sua realidade, ou seja, de contribuir para que ele construa um conhecimento crítico dessa realidade. Isso é o que Freire chama de “leitura de mundo”. A partir disso, Auler (2002) apresenta, em seu trabalho, uma preocupação com a não neutralidade da ciência e da tecnologia. Para ele, para desenvolvermos uma compreensão crítica da realidade, precisamos superar o mito da neutralidade da ciência e da tecnologia.

Outro fator determinante, segundo Auler, para um ensino crítico de ciências, é o conteúdo a ser trabalhado. O autor traz como referência o ensino de Física, em que os livros didáticos não adequam o conteúdo à realidade do aluno. Essa não adaptação cria uma barreira na aprendizagem, pois o autor, fazendo alusão a Freire e Snyders, diz que os conteúdos não devem ser simplesmente repassados aos discentes sem haver uma problematização da realidade local.

Essas ações irão proporcionar aos educandos uma educação não apenas conteudista, mas uma Alfabetização Científico-Tecnológica (ACT). Segundo Auler, a ACT pode ser dividida em dois sentidos, o sentido reducionista e o sentido ampliado. O primeiro traz a prática pedagógica tradicional, tratando a ciência como algo neutro, ou seja, este ensino oculta os mitos referentes tanto a não neutralidade da ciência como também ao determinismo tecnológico. Isso implica em trazer uma abordagem mais conceitual e uma aprendizagem não crítica em relação a Ciência-Tecnologia-Sociedade.

Auler citando Rosa e outros autores, aponta que esse sentido é baseado em três aspectos: a falta de conhecimento científico e tecnológico do público; os benefícios e

privilégios oferecidos pela ciência; e a visão positivista da ciência como algo que é neutro. Ou seja, este modelo de educação, também chamado de déficit cognitivo, busca resgatar a legitimação da ciência, deixando oculta as devidas problematizações, ignorando as relações existentes entre Ciência-Tecnologia-Sociedade.

Em contrapartida, a educação em ACT numa perspectiva ampliada, preocupa-se com as interações existentes entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, estabelecendo entre elas uma intersecção, que desvende os mitos existentes na visão positivista da Ciência como a salvadora de todos os problemas e o desenvolvimento tecnológico como um fator que irá equacionar as desigualdades sociais. Nesse caso, deve-se abordar os conteúdos juntamente com temas importantes para a comunidade, discutindo os objetivos reais do campo científico-tecnológico, realizando um ensino reflexivo e uma prática problematizadora.

Perante os fatores mencionados, este trabalho tem como foco principal elaborar e desenvolver uma sequência didática centrada no tema nanociência e nanotecnologia, com ênfase em conteúdos de Física e fundamentada nos pressupostos da Educação CTS. Com isso busca-se desmistificar a visão de ciência e tecnologia neutras, trazendo um novo olhar para os nossos alunos sobre o desenvolvimento científico-tecnológico juntamente com a responsabilidade e o bom senso de suas aplicações e implicações para a humanidade.

Para contemplar os aspectos mencionados esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No capítulo 1 apresentamos uma revisão bibliográfica e o referencial teórico deste trabalho. No capítulo 2 trazemos conceitos, técnicas e usos da nanociência e da nanotecnologia e as peculiaridades de materiais magnéticos na escala nanométrica. No capítulo 3, apresentamos a caracterização do produto educacional. No capítulo 4 descrevemos a intervenção realizada - as aulas e o contexto em que foram desenvolvidas - e a metodologia empregada na coleta e análise dos dados. Já o capítulo 5 traz os resultados constituídos com base nas reflexões e aprofundamentos da pesquisa por meio da análise de dados. E por fim, na conclusão apresentamos as nossas considerações finais sobre a aplicação do produto e o desenvolvimento do trabalho.

Capítulo 1

Referencial Teórico

Neste capítulo apresentamos uma breve revisão sobre Nano no ensino de Física e o referencial teórico que fundamenta esta dissertação. Assim, faz parte deste capítulo uma breve contextualização histórica do movimento CTS e da educação CTS, além de uma reflexão sobre a neutralidade da ciência e o mito da salvação tecnológica. Também, apresentamos estratégias que nos ajudam a alcançar os pressupostos defendidos.

1.1 Nanociência no ensino de Física: uma breve revisão

Considerando que este trabalho tem como meta a elaboração e o desenvolvimento de uma proposta sobre nanociência e nanotecnologia em aulas de Física do Ensino Médio, realizamos uma breve revisão das publicações sobre o assunto. Buscamos artigos que abordam esse assunto em revistas da área de Ensino. Desse levantamento, destacamos os trabalhos a seguir por terem nos ajudado a definir melhor os próximos passos deste estudo.

Autores (as)		Título do trabalho	Ano da produção
1	Fagan e Menegat	O uso de textos de divulgação científica para abordagens de tópicos de nanociências em aulas de física	2009
2	Leonel e Souza	Nanociência e nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica	2009

3	LEITE, Ilaiáli Souza et al	Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia	2013
4	Londero e Santos	Uma Discussão sobre Nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica	2015
5	Prado	MEDIÇÕES EM NANO- ESCALA: Uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio	2018

Tabela 1: Revisão de trabalhos que abordam Nanociência no ensino de Física

Fonte: elaborada pela autora

Para compor a tabela 1, foi feito um levantamento nas atas de ventos e revistas na área de ensino de Física, nessa pesquisa buscou-se pela palavra nano.

Na produção 1, as autoras trouxeram o uso de texto de divulgação científica (TDC) e neles a abordagem da Nanociência e as implicações e aplicações da nanotecnologia. Para tratar disso estabeleceram uma metodologia baseada em estratégias que despertassem nos alunos o prazer pela leitura a partir de assuntos científicos atuais e atividades didáticas de Resolução de Problemas, dividida nas etapas a seguir:

1. Escolha de um TDC e elaboração de uma situação-problema;
2. Organização da turma em pequenos grupos;
3. Estabelecimento de parâmetros relevantes e possibilidades de resolução;
4. Utilização do TDC para solucionar a situação -problema;
5. Discussão das soluções formuladas e síntese conclusiva;
6. Extrapolação das ideias encontradas nos TDC

Segundo as autoras, o uso de materiais textuais favorece a compreensão dos conteúdos curriculares, despertam o interesse e a curiosidade dos alunos e os envolvem nas atividades propostas. Tais atividades tinham o objetivo de fazer com que os estudantes tivessem mais intimidade e compreensão das expressões do conhecimento científico através dos riscos e benefícios da nanotecnologia. Envolvendo os diversos períodos do desenvolvimento científico, as situações socioculturais incluídas neste processo, de forma a mostrar que a ciência é construída permanentemente. Junto disso promover a participação ativa dos alunos, a evolução de suas aprendizagens e a aplicação dos conhecimentos adquiridos na sua vivência diária.

O segundo trabalho traz uma análise das potencialidades de se abordar Nanociência e nanotecnologia no ensino médio na introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC), na perspectiva de buscar uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT). Para almejar isso, os autores dividiram esta investigação em duas etapas e com dois públicos, mas apenas um alvo: o ensino médio.

A primeira etapa foi voltada aos alunos do ensino médio, um seminário organizado a partir do tema: “Nanotecnologia: sua ciência, tecnologia e implicações sociais” para duas turmas da terceira série do ensino médio. Os autores pediram aos professores destes alunos que os orientassem a fazer uma pesquisa (cerca de uma semana antes) sobre o tema e levassem suas dúvidas, questionamentos para o dia da apresentação. Com o propósito de proporcionar um cenário interativo e guiar o debate a partir dos questionamentos dos alunos.

A segunda etapa foi a elaboração de um mini-curso com o mesmo tema do seminário, só que voltado aos professores do ensino médio, principalmente de Física, Química e Biologia. O mini-curso teve dois objetivos expor uma proposta interdisciplinar para abordar tópicos da ciência contemporânea em sala de aula por meio da Nanociência e Nanotecnologia, despertar o interesse dos mesmos e ainda encorajá-los a abordar em suas aulas a Física do séculos XX e XXI, incitando-os para os fenômenos que ocorrem no mundo atômico e nanométrico. O segundo Objetivo foi coletar dados para análise do tema.

Ao final das duas atividades, foi entregue um questionário para os participantes a cerca dos títulos abordados nas apresentações. Todo esse material de investigação durante as atividades têm um objetivo maior. Os autores pretendem montar uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR) para ensinar FMC no ensino médio, baseada em

Fourez et al (1997), na tentativa de promover uma ACT, ou seja, organizar uma estratégia pedagógica epistemológica para lidar com o ensino.

De acordo os autores, o Ensino de Física não está cumprindo seu papel em acompanhar os avanços científicos e tecnológicos e isso distancia nossos alunos das aulas, é preciso prover meio de fazer os conceitos ensinados em sala terem significados em seus cotidianos.

No terceiro trabalho a proposta foi fundamentada na realização de um minicurso montado na temática Nanociência e Nanotecnologia (N & N), jogos envolvendo nanoarte e um artigo de divulgação científica. Estas atividades foram distribuídas em uma sequência de quatro aulas, com cinquenta minutos cada uma. Segundo os autores, as atividades citadas têm o objetivo de abordar conceitos e aplicações que envolvam N & N. Além disso, esta temática é capaz de promover o fator motivacional nas aulas de Física, pois trazem o tema de forma clara e interdisciplinar, de modo a mostrar a influência desses novos conhecimentos e aplicações em toda a sociedade, indo desde a nanoeletrônica ao uso em cosméticos.

O quarto trabalho fez uma investigação sobre as compreensões dos significados atribuídos a Nanociência e Nanotecnologia pelos alunos do ensino médio, após a intervenção de uma sequência de cinco aulas (com 50 minutos cada uma) acerca do tema citado. Para isso, os autores partiram das seguintes indagações:

- 1) Como alunos do ensino médio se posicionam em relação a Nanociência e Nanotecnologia?
- 2) Quais conhecimentos eles manifestam, em suas produções escritas, ao final da implementação de um episódio de ensino que versa sobre o assunto? Em que medida os alunos consideram importante os estudos realizados sobre a nanotecnologia para a nossa sociedade?

Para responder às questões acima, que fundamentam o trabalho dos autores, eles montaram um conjunto de aulas, conforme a tabela abaixo:

Número de aulas	Conteúdos	Recursos/ estratégias/Atividades
01	Exposição geral sobre Nanociência	Levantamento de concepções
02	Apresentação dos conceitos de nanotecnologia e nanomateriais	Apresentação de aplicações cotidianas, projeção de vídeos e elaboração de produções escritas
03	Contribuições futuras da Nanotecnologia	Leitura do texto “Saiba o que é Nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro” e produção escrita
04	Evolução dos Materiais	Uso de imagens, utilização da lousa e elaboração de produções escritas
05	Discussão final e fechamento do assunto	Avaliação final por meio de produções escritas dos alunos

Tabela 2: Conjunto de aulas da intervenção

Fonte: SANTOS e LONDERO (2015, p. 5)

Os autores consideraram a implementação do tema como uma importante ferramenta para apresentar as novas tecnologias aos alunos, as aplicações e áreas de atuação da nanotecnologia. Além de promover a aproximação desses assuntos com seus cotidianos, buscaram também incentivá-los a ingressar em carreiras que envolvam ciência e tecnologia.

E para finalizarmos, a quinta proposta trouxe a introdução do ensino de Nanociência e nanotecnologia para o ensino médio por meio de medições em nano-escala. O autor fez uma evocação a responsabilidade de todos os envolvidos na tarefa de ensinar e aprender, e ressaltou a importância de conscientizar que a Ciência é um processo evolutivo do conhecimento. Ou seja, mostrar ao nosso aluno que a ciência já saiu de uma visão positivista e que já existe o reconhecimento de que a ciência não é neutra, visto que ela é feita por indivíduos (dotado de anseios e ideais) dentro de um contexto espacial e temporal.

O autor propôs uma sequência de ensino e aprendizagem como estratégia educacional juntamente da análise interpretativa da pesquisa qualitativa, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira. Esta sequência buscou aproximar a Nanociência dos estudantes e aprofundar as compreensões dos mesmos para além da dimensão conteudista, isto é, que percebessem que existem fatores envolvidos na produção do conhecimento científico, como a política, a economia, o meio ambiente e a ética, de forma a mostrar que a ciência também é um produto humano.

Para desenvolver o tema, o autor dividiu a sequência em 5 estágios (conjunto de estágios programáticos interligados e sequenciais) realizados em 6 encontros.

1. No primeiro estágio foi tratado dos organizadores prévios, tratando dos conceitos de medidas, escalas, unidades e das dimensões “micro” e “macro”, além dos instrumentos de observações para cada área de atuação de de cada escala.
2. No segundo estágio deu-se continuidade as atividades iniciadas no estágio anterior. O autor trabalhou medidas do milímetro ao micrômetro e do micrômetro ao nanômetro. E o uso das atividades experimentais com um material de baixo custo, com o roteiro retirado do artigo “ Nanociência de baixo custo em casa e na escola” do autor Schulz (2007).
3. Neste estágio foi realizada uma oficina com textos de divulgação científica.
4. Dando continuidade a atividade anterior, houve uma oficina de debates e interações discursivas, envolvendo os 3 estágios anteriores. Esta atividade foi pautada nos objetivos da educação CTS para o ensino médio, de forma a desenvolver uma alfabetização científica e tecnológica, referenciando Santos e Mortimer (2000).
5. Foi realizado um relato (depoimento) sobre a aprendizagem e avaliação da sequência didática, por amostragem de cinco alunos.

Conforme foi apresentado nos trabalhos acima, existe uma preocupação por parte de pesquisadores e professores em trabalhar a temática de Nanociência e Nanotecnologia no ensino médio, tanto para motivar os alunos como para ampliar seus conhecimentos sobre as ramificações da Física em diversas áreas do conhecimento. Pensando nisso, mas indo um pouco mais além, resolvemos desenvolver uma proposta com esta temática, com o intuito de evidenciar as aplicações das nanopartículas, mas também discutir e promover reflexões sobre os fatores que influenciam os avanços científicos e tecnológicos, com atividades que busquem contribuir para compreensões sobre a não neutralidade ciência e da tecnologia fundamentada na perspectiva da Educação CTS. Entendemos que essa compreensão é imprescindível para uma leitura crítica da realidade, que, por sua vez, é um objetivo da educação científica.

1.2 Contexto histórico do movimento CTS e suas características

Em 1945, uma nuvem de preocupação começa a rondar a mente de Rachel Carson, uma importante bióloga e escritora de ciências, nos Estados Unidos, sobre os males e

danos que seriam perpetuados pelo planeta com o uso do DDT (diclorodifeniltricloreto), um produto químico sintético com consequências catastróficas para todo o bioma terrestre, pois foi disseminado na atmosfera, nos rios e nos oceanos, na fauna selvagem e em nós, seres humanos. Esse pesticida estava sendo encontrado no fígado de aves e peixes em todas as ilhas oceânicas do planeta e no leite de todas mães (CARSON, 2010).

Para Carson a ciência e a tecnologia haviam se tornado escravas do poder e do lucro almejado pela indústria química na corrida de controle pelos mercados. De acordo com ela, os inseticidas à base de hidrocarbonetos clorados e fósforo orgânico alteravam os processos celulares das plantas, animais e, por consequência, os seres humanos, tendo em conta que nosso corpo é permeável e que estas substâncias se acumulam nos tecidos com alto potencial de alterar a estrutura genética dos organismos. Essa bioacumulação nas células, resultante da mistura de produtos químicos altamente tóxicos, impactou na saúde humana.

Essas modificações na natureza geraram uma inquieta pergunta em sua mente: até que ponto nossos corpos possuem fronteira ou limite para ser capaz de assimilar e deixar o veneno inofensivo?

Para o Governo americano, a resposta era positiva e Carson era simplesmente uma mulher histórica, com ideias apocalípticas a respeito das consequências drásticas sobre o uso do DDT. Em 1962, tentaram silenciá-la. Ela foi bombardeada pela indústria química multimilionária, gerando a eles (empresários) 250 mil dólares para destruírem a sua imagem e suas pesquisas.

Mas, apesar de todas as adversidades, ela lutou pela segurança da vida e suas contribuições, suas ideias e seu conhecimento sobre a natureza, ajudaram o Congresso dos Estados Unidos a aprovar uma lei de Política Nacional Ambiental, criando assim, a Agência de proteção Ambiental como um amortecedor contra as consequências e maus usos dos avanços tecnológicos. Ela incitou ao mundo que somos vulneráveis aos pesticidas. E que estas substâncias químicas eram potencialmente danosas à saúde de todo o biota a longo prazo.

Escolhemos esta célebre autora para iniciarmos estas discussões devido a sua obra *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) ter sido um marco importante para o movimento CTS.

Junto ao uso do DDT, tivemos outros agravos e desastres mundiais envolvendo o desenvolvimento tecnológico e científico, como: guerra do Vietnã; guerra fria; armas

químicas e biológicas; catástrofes ambientais; armas nucleares. Isso fez surgir uma preocupação por parte de muitos intelectuais e também militantes com as consequências dessas produções para o meio ambiente e para a sociedade. Eles começam a questionar e perceber que tais avanços não estão ligados ao bem-estar social e à melhoria da qualidade de vida de todas as pessoas. Alguns acontecimentos, como a destruição causada pela bomba atômica em Hiroshima e Nagasaki, e a degradação ambiental resultante dessas ações, fizeram despertar o interesse do mundo sobre os efeitos colaterais da ciência e da tecnologia. Como aponta Strieder (2012):

Cabe lembrar que desde a era romântica de fins do século XVIII havia críticas em relação ao progresso e aos efeitos totalmente benéficos da tecnologia. Contudo, apenas em meados de século XX – influenciados pelos acontecimentos em Hiroshima e Nagasaki, pelo conhecimento do poder de destruição da bomba atômica e da bomba de hidrogênio, pela consciência de que a poluição industrial e sua degradação no meio ambiente eram um problema importante – surgiu uma onda de interesse sobre as implicações (em especial, os efeitos colaterais negativos) da tecnologia (STRIEDER, 2012, p. 100).

Os questionamentos que se intensificaram nessa época envolveram não apenas os intelectuais, mas também os ativistas e ambientalistas que irão compor o movimento CTS. Tal movimento surge como resposta aos desastres científicos e tecnológicos. No final da década de 1960 e início de 1970, os estudos em ciência, tecnologia e sociedade (ECTS) começam a ganhar força e um novo rumo frente ao descontentamento causado pelos avanços tecnológicos e o fracasso da hegemonia científica, que não estava contribuindo com a qualidade de vida de toda a sociedade.

Os ECTS, desde sua origem, estão divididos em três importantes direções: no campo da pesquisa acadêmica, no campo das políticas públicas e no campo da educação. Essas três linhas foram influenciadas pelas tradições dos Estados Unidos da América e da Europa. As tradições europeias são voltadas a pesquisas acadêmicas envolvendo as mudanças sofridas pela Ciência e Tecnologia, em que o desenvolvimento de ambas é determinada por alguns aspectos relevantes, como aspectos culturais, políticos, econômicos e pelo contexto real. Enquanto a influência norte-americana está ligada às consequências sociais e ambientais resultantes das mudanças científico-tecnológica e seus agravantes na sociedade (LINSINGEN, 2007). Os ECTS se subdividiram em três frentes, conforme a figura a seguir:

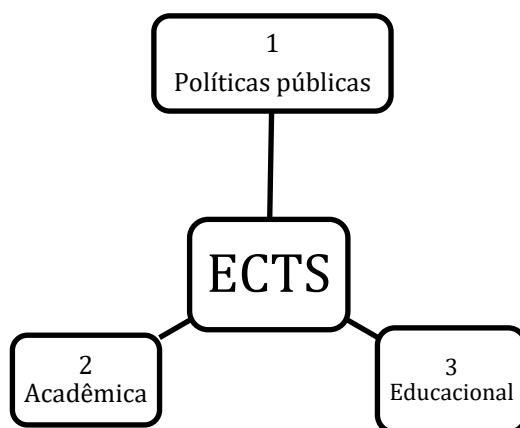


Figura 1: Subdivisão dos ECTS

Fonte: elaborada pela autora

De acordo com o autor citado, a primeira traz uma preocupação quanto a normalização social de ciência e tecnologia (CT), defende a criação de mecanismos democráticos que facilitem o acesso aos processos de tomada de decisão acerca das questões de políticas científico-tecnológicas. A segunda surge como um embate a visão acadêmica tradicional, ou seja, vem promover um novo olhar sobre a atividade científica, agora, inserida no contexto social e não-essencialista. E, por fim, a terceira, que iniciou a inclusão de programas e disciplinas CTS no ensino médio e universitário com uma nova imagem sobre CT.

Frente a essa problemática começam a surgir os currículos com ênfase em uma educação voltada à formação científica e tecnológica, abordando os aspectos políticos, econômicos e éticos, não mais apenas os conteúdos, como no ensino tradicional. Surgindo primeiro nos países industrializados, como Europa e Estados Unidos, locais onde se desenvolveu primeiro o movimento CTS (MORTIMER; SANTOS, 2000).

No Brasil, este movimento começa a se manifestar no período de 1970-1980 na busca de um novo paradigma para o ensino de Ciências, explorar novas estratégias de ensino, gerar a oportunidade da participação e opinião dos professores nos projetos, e principalmente a insatisfação do modelo experimental. Isso provocou um redirecionamento da pesquisa sobre os currículos de ciências, que agora começariam a inserir objetivos com base no contexto político, econômico e social do país. Levando em consideração a necessidade de buscar novas fontes de dados que se não se

circunscrevessem à mera coleta e análise de resultados dos exames feitos pelos alunos apenas com base em métodos científicos (KRASILCHIK, 1987).

Ainda sobre a origem no Brasil, Santos e Mortimer (2000) trazem os principais trabalhos que contribuíram para a perspectiva CTS. Com os dados fornecidos por estes autores, montamos a tabela abaixo:

Materiais didáticos e projetos curriculares brasileiros elaborados na perspectiva CTS	Período	Autor
Projeto Unidades Modulares de Química	1987	AMBROGI <i>et al</i>
As propostas pedagógicas de LUTFI	1988 e 1992	LUTFI
A coleção de livros do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química da USP	1993, 1995, 1998	GEPEQ – USP
A coleção de livros de física do GREF	1990,1991, 1993	GREF
O livro Química na Sociedade	2000	MÓL e SANTOS
O livro Química, Energia e Ambiente	1999	MORTIMER, MACHADO e ROMANELLI
Proposta Curricular de Ensino de Química da CENP/SE do Estado de São Paulo	1988	CENP/SE do Estado de São Paulo
As recomendações para o currículo do magistério de CISCATO e BELTRAN	1991	CISCATO e BELTRAN
A Proposta Curricular de Química para o Ensino Médio do Estado de Minas	1998	MORTIMER, MACHADO e ROMANELLI

Tabela 3: Produções CTS – Origem no Brasil

Fonte: elaborada pela autora

Todos estes trabalhos e intervenções foram cruciais para uma reformulação do currículo do ensino de ciências no Brasil. Mesmo sem estarem fundamentados na perspectiva CTS, provocaram mudanças na forma de ensinar e aprender ao abordar os conteúdos a partir de fenômenos e situações do cotidiano, de problemas sociais, de aparatos tecnológicos e/ou do cenário político e econômico da época. Ou seja, não apresentavam meramente um conhecimento técnico sem aplicação na vivência do nosso aluno.

Portanto, ainda que de forma embrionária e pouco explícita, esse movimento passou a integrar o currículo universitário, o ensino básico e fundamental. No entanto, não há um consenso sobre como trabalhar as relações CTS nos currículos de ensino, ou seja, o movimento não tem objetivos, nem metodologias ou conteúdos bem definidos. Pode-se abordar as interações CTS como tema principal, ou inserir dentro do conteúdo como algo motivacional ou ainda como conteúdo primário, deixando em segundo plano os conteúdos científicos. Por isso é preciso buscar práticas mais aprofundadas e críticas em termos de concepções curriculares para sinalizar a necessidade de outros conhecimentos e valores que devem ser contemplados na educação (AULER; ROSO, 2016).

Segundo Linsingen (2007), os ECTS no campo da educação têm como ferramenta principal promover uma imagem da Ciência e Tecnologia voltada à renovação educativa, tanto em conteúdos curriculares quanto metodologias e técnicas didáticas. Para o autor, educar numa perspectiva CTS é proporcionar uma formação para maior inserção social das pessoas e torná-las aptas e capazes de participar dos processos de tomadas de decisões e negociações a respeito dos assuntos que envolvem Ciência e Tecnologia, de forma consciente.

Uma vez implementada essa formação na educação básica, teremos um grande impacto também na formação universitária, de modo a provocar a emergência de questões sociotécnicas que não são explicitamente apresentadas na formação universitária. Desenvolver essa mentalidade crítica gradualmente também influenciará no papel político dos especialistas na sociedade contemporânea (LINSINGEN, 2007). Essas ações de forma contínua e temporal, inseridas com estratégias e de forma interdisciplinar no ensino irão proporcionar uma educação transformadora com estudantes, profissionais e cidadãos que irão contribuir para uma sociedade melhor.

1.3 Objetivos da Educação CTS dentro da perspectiva do compromisso social

Apesar da abrangência e diversidade dos objetivos almejados quando se trabalha com um currículo pautado na educação CTS, optamos por tratar aqui da perspectiva dos compromissos sociais. Conforme foi citado no item anterior, o ensino sob esta óptica deve proporcionar a participação da sociedade na tomada de decisões sobre ciência e tecnologia de forma a incentivar em nossos educandos o exercício da cidadania e isso está relacionado ao propósito dos compromissos sociais (STRIEDER, 2012).

Sobre esse posicionamento, Strieder (2012) traz em sua tese as articulações entre o enfoque CTS e a educação proposta por Paulo Freire. Nesse texto, autora destaca que os objetivos da Educação CTS estão associados a propiciar uma base formativa para a compreensão crítica sobre o desenvolvimento em CT e a intervenção social de modo a resgatar a dimensão política do movimento CTS, na busca da igualdade social por meio da educação. Ou seja, nesta perspectiva não trabalhar apenas os conteúdos de forma “bancária” como diz Freire, mas de forma contextualizada.

Para a autora essa base formativa deve transcender as discussões realizadas em sala de aula, embora envolvam as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, só isso não basta para gerar a iniciativa de tomada de decisões de forma democrática, é necessário que haja uma intervenção na realidade (STRIEDER, 2012).

A cultura do nosso país não está enraizada na democracia, a população não participa de forma crítica das mudanças ao seu redor, assim afirma Freire,

Daí não ser possível compreender nem a transição mesma, com seus avanços e seus recuos, nem entender o seu sentido anunciador, sem uma visão de ontem. Sem a apreensão, em suas raízes, no caso brasileiro, de uma de suas mais fortes marcas, sempre presente e sempre disposta a florescer, nas idas e vindas do processo: *a nossa inexperiência democrática*. (FREIRE, 1967, P. 66)

Trazendo esta fala de Freire para o contexto atual, dentro da nossa educação brasileira, enxergamos a necessidade de intervir na formação dos nossos educandos, não apenas no campo do saber científico, mas quanto a sua formação crítica cidadã, sejam capazes, ao sair do ensino médio de tomar e participar dos acontecimentos que envolvam as relações CTS.

Para isso, é preciso discutir questões relacionadas à não neutralidade da ciência e do desenvolvimento tecnológico, a fim de proporcionar espaços participativos e a

percepção da necessidade de desenvolver compromissos sociais frente aos avanços em CT e as suas implicações na sociedade.

1.4 Neutralidade da ciência e o mito da salvação tecnológica: fatores ocultos

A ciência e a tecnologia muitas vezes são confundidas pelos alunos e pela comunidade como sinônimos, estabelecendo uma relação de parceria entre elas que servem para ocultar a sua não neutralidade. Ambas são postas pela mídia, pela indústria e pelo comércio como as redentoras de todos os problemas da humanidade. Essa visão acaba criando uma utopia na mente da maioria das pessoas.

Rosa (2014), citando Oliveira (2008), faz referências quanto aos fatores que contribuem para a ideia de neutralidade científica, destacando uma visão em que a ciência não sofre influências externas se o desenvolvimento científico ocorrer em um ambiente isolado, ou seja, se ele estiver preservado por uma barreira de proteção. Segundo a autora essa “barreira invisível” evitaria que o desenvolvimento científico fosse contaminado pelos fatores sociais econômicos, políticos ambientais dentre outros. Segundo a autora, tal barreira seria o limite que permitiria que a ciência e a tecnologia fossem desenvolvidas tomando por base, somente, decisões tecnocráticas.

Strieder (2012), baseada nos trabalhos de Robert Merton (Programa Forte), nos trabalhos de Pierre Bourdieu, de Loet Leydesdorff e Henry Etzkowitz e Terry Shinn e Pascal Ragouet traz, em sua tese, os entrelaços do desenvolvimento dos estudos da sociologia do conhecimento científico, com a atenção voltada às influências sociais que perpassam a produção do conhecimento científico, com os principais fatos que influenciavam essa visão da ciência como algo puro.

Segundo a autora, entre estes fatos, havia normas que deveriam ser praticadas pela comunidade científica, como o universalismo, o ceticismo, o comunismo e o desinteresse dos cientistas. Ou seja, os cientistas não expressavam opiniões próprias e abstinham de seus interesses, tal fato deixaria a ciência livre da influência social (seria um subsistema, quase autônomo) e tornaria a produção científica acessível a toda a comunidade, pois seria um produto de colaboração social.

Frente a essa concepção, é preciso compreender o verdadeiro papel da ciência e tecnologia (CT) e as suas interações. A óptica da unicidade entre CT transcendeu ao senso comum, também teve forte aceitação no campo científico. Segundo Auler (2002), Azanha

(1992) acredita na ideia de que existem influências recíprocas entre ciência e tecnologia e não uma sobreposição de uma pela outra.

Para Auler (2002), é possível comprovar a não neutralidade da ciência e da tecnologia a partir de quatro fatores:

- I. O direcionamento dado à atividade científico-tecnológica;
- II. A apropriação do conhecimento científico-tecnológico;
- III. O conhecimento científico produzido;
- IV. O produto tecnológico e suas relações com a sociedade.

O primeiro fator é determinado por decisões políticas, como por exemplo, usar o conhecimento da ciência para a obtenção de lucros privados, ou para o uso dos governos em enfrentamento de guerras e uma pequena contribuição para a melhoria da sociedade. O motivo dessa disparidade quando o assunto é benefício social é o quesito econômico, pois a área que terá maior avanço será a que está ligada diretamente a produção de lucros privados. Auler citando Hobsbawn (1996), aborda, em suas discussões, uma análise a respeito do quanto as decisões dos cientistas são determinadas e influenciadas pelos financiamentos externos a ciência e as demandas de mercado. Isso acaba por tirar a autonomia e por aumentar os limites e critérios para o avanço científico, levando a maior benefício aquele que tiver a maior quantidade de dinheiro envolvido.

O segundo fator está ligado à produção do conhecimento científico-tecnológico, em que tal produto não ocorre de maneira igualitária, pois a sua utilização é definida pelo sistema político. Pode-se, a partir dessa produção, identificar as evidências da não neutralidade da CT, principalmente no ramo da tecnologia.

O terceiro fator faz uma discussão sobre a produção do conhecimento científico, e o paradoxo da ciência absoluta x ciência não neutra. Alguns autores, como Merton, referenciado por Auler, acreditavam que a ciência não sofria influência dos fatores externos a ela; isto é, que o pesquisador estaria isento, pois havia um conjunto de normas, os chamados “imperativos da ciência”, que garantiam isso. Como também o método científico, seria outro aspecto determinante para deixar tal conhecimento neutro, absoluto.

Entretanto, é improvável a existência de um conhecimento puramente intelectual, visto que quem o produz é um ser humano, que possui valores, crenças, convecções, ideologias. Não apenas isso, mas também há as questões políticas, financeiras, o contexto histórico e social em que essas pesquisas estão sendo realizadas, tudo isso trará influência a esta produção. Auler cita dois autores que trazem essas ideias da ciência como algo que

não é absoluta; partindo dessa ideia, Dagnino e Kuhn defendem que a ciência sofre interferências das necessidades humanas e que, por isso, é impossível que seja neutra.

Segundo Auler, a ideia da neutralidade tecnológica surge com a finalidade do uso de determinada tecnologia, em que essa aplicação poderá ser usada tanto para o bem quanto para o mal. Traz dois exemplos que justificam esse argumento, a energia nuclear e as armas de fogo. Ou seja, no primeiro exemplo tem-se o uso pacífico e o uso militar, no segundo pode-se perceber a defesa e o ataque, mas tudo é uma questão de ponto de vista. Ambas as produções podem ter aspectos positivos e negativos ao mesmo tempo, apenas será mudado o referencial de análise.

Sendo que a produção científico-tecnológica é orientada a partir dos projetos humanos, sua criação se dá de acordo com as necessidades de determinados materiais, objetos ou ferramentas ligadas a determinada parcela da sociedade em determinado período. Logo, não podem ser neutros, visto que são influenciados e determinados por aspectos sociais desde seu planejamento.

É preciso que haja uma conscientização social das aplicações dos produtos tecnológicos, em que seja possível também perceber suas implicações e as mudanças geradas a partir de seu uso tanto no meio ambiente, quanto na sociedade. Assim, afirma que:

Possivelmente a adoção seletiva, em função de um projeto de sociedade, de uma PCT, definidos com uma crescente participação da sociedade, discutindo possíveis configurações sociais decorrentes da adoção desta ou daquela tecnologia, seja o melhor caminho (AULER, 2002, p. 88).

É importante conhecer as funções da CT e entender as suas diferenças e semelhanças, para assim poder opinar e compreender o papel de cada uma. De acordo com Auler, a principal diferença entre ciência e tecnologia, estabelecida por Fourez (1999), está relacionada ao local de sua aplicação. Para ele a ciência tem como seu lugar o laboratório, enquanto a tecnologia tem a sociedade como seu local de aplicação.

Nos entrelaços da história da ciência e da tecnologia, Trigueiro (2009) nos diz que a teoria da ciência foi desenvolvida com fortes marcas do positivismo, manifestada por um saber autodeterminado e autoexplicativo e com lacunas sobre críticas à cerca desta forma de se fazer ciência, como a forma singular do fazer científico. Ao passo que a teoria científica ganhava autonomia, a história omitia uma teoria sobre a tecnologia. A história deixava o pensamento filosófico silenciar à cerca da tecnologia, esta secundariedade seria resultado das características da história intelectual moderna.

Este paradoxo no mundo do conhecimento, segundo o autor, se manifesta desde Platão, no sentido de que a base da filosofia completa o conceito e a forma como entidades abstratas, hierarquicamente superiores, em que os fenômenos e os seus usos concretos ficariam em nível inferior na escala da inteligência humana. E, com isso, estabelecer para as relações entre ciência e tecnologia a mais simples das analogias: mente e corpo. Em que a mente (ciência) se sobrepõe ao corpo (tecnologia). De forma semelhante, as abordagens de Platão em o “Mito da caverna”. Portanto, a mente seria a forma pura do fenômeno e o corpo, a matéria, a aplicação, ou seja, apenas uma funcionalidade. (TRIGUEIRO, 2009).

Ainda nessa linha, mas agora numa discussão mais atual, Trigueiro (2009) traz uma nova abordagem sobre a natureza, o lugar e o papel da ciência e da tecnologia no contexto contemporâneo fundamentada na percepção da “Racionalização Democrática” de Feenberg (2006b). Nessa mesma concepção, Feenberg constrói fortes argumentos contra as ideias que dominavam a Sociologia da Ciência e a Teoria de Max Weber sobre a racionalização do mundo moderno (ciência livre de responsabilidade), apresenta evidências que mostram que a ciência e a tecnologia não estão isentas de valores, de influências do contexto de sua produção. Sendo assim,

É inegável que ciência e tecnologia cumprem importante papel no desenvolvimento histórico-social e no avanço das forças produtivas. Entretanto, assim como a ciência e a tecnologia possuem um poder expresso por sua capacidade de controlar forças físicas e sociais, a sociedade, por sua vez, exerce sobre elas outro poder, que se origina, tanto da infraestrutura econômica, como da sociedade política ou da sociedade civil (TRIGUEIRO, 2009, p. 190).

Por fim, podemos concluir que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia gerou diversas mudanças sociais devido as suas funções e aplicabilidades, e em contra partida a sociedade também interferiu nesse processo. O tempo e o espaço onde surgiram novas teorias científicas ou produções tecnológicas influenciaram estes avanços, ou seja, não há neutralidade nessa evolução.

1.5 Teses da não neutralidade na produção científico-tecnológica

A ciência, assim como a tecnologia são áreas do conhecimento produzidas por pessoas, ou seja, seres com valores, culturas, convicções, crenças e que fazem “algo” pensando em aplicar esse “algo”. Então, como “algo” feito por um humano poderia ser neutro, puro ou absoluto, sem nenhuma influência do produtor e do meio em que foi produzido?

Diante dessa interrogação, começa-se a reflexão sobre os fatores determinantes da não neutralidade científico-tecnológica, como a política, a economia, a religião, a cultura e as demandas sociais como um todo. Tem-se, por exemplo, a produção das máquinas térmicas, que tiveram sua criação com o objetivo de diminuir o trabalho manual, reduzir tempo, gasto, mão de obra, aumento de produção. Para tal feito, tem-se as leis da ciência aplicada a uma tecnologia para um uso social.

Tem-se aí um conjunto influenciado e determinado por fatores externos, em que se pode destacar as mudanças nas políticas públicas, com a transição do campo para a cidade, a economia que antes era familiar, para a empresarial, alteração na logística de saúde pública, e a evolução dos aparatos tecnológicos e as mudanças que estes causaram na vida das pessoas e no meio ambiente.

Há também os fatores internos, estes contribuem para a visão de ciência neutra; como apresenta Silva (2003), existe uma “dicotomia entre internalismo/externalismo”. Podemos dizer que os fatores internos existentes na produção do conhecimento científico são: a razão, a verdade pura e a autonomia. Segundo a autora, o que justifica isso é que a razão científica é pautada nos aspectos cognitivos e isto a deixa livre de valores e dotada de autonomia. Temos aqui um equívoco, como um conhecimento que é produto da mente de alguém, construído a partir de ideias, poderá ser livre e autônomo?

Essas discussões nos mostram que esses fatores, tanto interno, quanto externo nos trazem evidências da não neutralidade científico-tecnológica.

A autora (SILVA, 2003), cita um dos principais defensores dessa tese, o Langdon Winner. Para ele, a relação entre CT é um dispositivo político em que associações humanas fazem acordos de poder e autoridade. Essas relações se dão de duas maneiras, a primeira ocorre de forma bem particular, ou seja, determinado desenho, invenção ou instrumento só se aplica a uma comunidade específica, trazendo como exemplo a ponte de Long Island, que servia como separação de classes sociais, pois dificultava o acesso de pessoas de baixa renda, visto que não podia tramitar ônibus, apenas carro particular.

Estabelecendo o desenvolvimento CT como uma construção social, possuindo aspectos positivos e negativos.

A segunda maneira relaciona política e CT como algo intrínseco, ou seja, o aspecto político está intimamente relacionado com as atividades científico-tecnológicas e estas dependem diretamente das condições materiais e sociais.

Portanto, a importância de Winner na construção da percepção da não-neutralidade, endossando à *tese fraca*, está na apreensão de que os sistemas técnicos incorporam as relações políticas fazendo com que a organização física, por exemplo, da produção industrial, da indústria da guerra, das comunicações e de outros sistemas trouxessem as marcas de tais relações. Para ele, existem muitos motivos que colaboram para explicitar o conteúdo político da C&T, propõem, portanto, uma teoria política da C&T. A distribuição de espaços escolares, prisões, hospitais, historicamente, demonstram bons exemplos para esta percepção política da C&T, segundo ele. Para exemplificar a aceitação de que existem certas tecnologias cuja adoção requer um conjunto particular de políticas, utiliza o caso da energia nuclear. Para este autor, a energia nuclear se relaciona ao modelo político industrial e militar de uma elite tecnocientífica, refletindo-o. (SILVA, 2003, p. 48).

Segundo Silva (2003), Bourdieu também contribuiu significativamente para a teoria da tese fraca sobre a não neutralidade da ciência. Para ele, o campo científico é fundamentalmente um campo social. É um espaço no qual ocorrem diversas competições em busca de monopolizar a autoridade científica; isso implica que as relações na comunidade científica são heterogêneas, pois confronta a ideia da ciência como algo puro e cheio de consentimentos. Defende também a existência de várias formas de interesses particulares, específicos que norteiam esse meio, como o lucro, materiais, símbolos, prestígio, reconhecimento e outros aspectos que perpassam o campo social.

A tese forte, de acordo com Silva, descreve a não neutralidade com base na produção científico-tecnológica e o contexto de uma determinada sociedade. Esta tese engloba a tese fraca e aprofunda nos questionamentos das relações entre CT e sociedade. Ou seja, a ciência e a tecnologia desenvolvida em um determinado espaço são voltadas para os objetivos daquele local e de sua população, isto é, criada para manter aquele contexto.

Essa característica mostrada nessa tese traz a produção CT como um fator determinante para as mudanças sociais, tornando cada produção como algo único e singular, isto é, não se pode aplica-la em outra sociedade, visto que não funcionaria devido aos fatores políticos, sociais, culturais e econômicos envolvidos serem diferentes.

Tal desenvolvimento serve de forma particular para manter e reproduzir determinado sistema, a autora traz como exemplo o sistema capitalista.

Ainda sobre os aspectos que evidenciam a não neutralidade da ciência e da tecnologia, temos as contribuições de Renato Dagnino, com a sua obra: *Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico* que traz reflexões e apontamentos históricos e correntes filosóficas sobre os fatos da não neutralidade em CT.

Dagnino (2008) traz em sua obra, neutralidade da ciência e determinismo tecnológico, uma análise do desenvolvimento da CT em 2 (duas) linhas, em uma a sociedade participa desse desenvolvimento, influenciando o processo de forma “fraca” - o conhecimento científico-tecnológico é gerado em função das características armazenadas do contexto em que esse conhecimento é produzido - e de forma “forte” – a produção do conhecimento científico-tecnológico é direcionado em função de uma determinada estrutura social. E na outra tem-se algo técnico e universal, visão gerada pela concepção da não neutralidade científica, ou seja, não sofre influência do meio em que é produzida; como também o determinismo tecnológico, fator que determina e conduz a organização social.

Sendo assim, podemos destacar a importância de conhecer o processo histórico do desenvolvimento da ciência e da tecnologia para poder reconhecer os valores que motivaram e geraram este processo e com isso poder compreender as relações existentes entre ciência-tecnologia e sociedade.

1.6 Ensino de Física – cultura e ciência – uma abordagem necessária aplicando a narrativa como uma ferramenta pedagógica

Diante da não neutralidade da ciência e da tecnologia, e reconhecendo os vários fatores que provam isso, faz-se necessário destacar um deles, o fator cultural. No ensino de ciências, que neste trabalho, o foco é o ensino de Física, uma ferramenta importante a ser utilizada nas aulas são as relações entre cultura e os conteúdos de Física. Ou seja, explorar o porquê daquele conhecimento ter sido desenvolvido, o período em que surgiu, qual as raízes e as aplicações de tal conhecimento para uma determinada sociedade. Como por exemplo, a criação do rádio, um marco na história da comunicação. Uma forma de se trabalhar ondas eletromagnéticas, partindo do aspecto cultural.

A criação de vínculos entre o aluno e a disciplina diminui o desinteresse pelo conteúdo e permite um maior envolvimento durante as atividades pedagógicas de ensino e um melhor resultado na aprendizagem dos estudantes. Por isso, é importante começar as discussões a partir dos aspectos culturais dos conteúdos a serem trabalhados em sala, pois cada pessoa possui uma forma cultural de interpretar e se agrupar a partir das interpretações semelhantes. O pensamento nada mais é do que uma forma de expressão cultural (GURGEL; WATANABE, 2017).

Segundo os autores, o processo cultural é dinâmico e variável a partir da contribuição individual de cada pessoa, pois ela faz parte da criação do meio social, interferindo na formação desse meio. Com base nessa prerrogativa, este trabalho abordará durante as aulas de Física, atividades que desenvolvam o aspecto cognitivo do aluno, envolvendo a nanociência e a nanotecnologia e as suas implicações na sociedade, e para isso será usado a construção de narrativas como uma ferramenta pedagógica.

A construção de uma narrativa, de acordo com os autores, deve envolver dois elementos primordiais, são eles o “ler” e o “escrever”. Estes se distribuem entre os sujeitos envolvidos e nas etapas construídas, ou seja, o professor entra como mediador para conduzir as leituras sobre o tema abordado nas aulas. Além dos textos científicos, deve os orientar a realizar pesquisas sobre o tema citado. Isso vai fomentar reflexões e debates em sala acerca do assunto. Estas atividades vão envolver os estudantes e ainda promover mais percepções e significados para poderem escrever as narrativas, estas deverão ter uma linguagem criativa, mais próxima deles e que expressem suas compreensões sobre os conceitos de ciência envolvidos.

Capítulo 2

"There's Plenty of Room at the Bottom "
(*Há muito espaço lá em baixo*)

Richard Phillips Feynman

Nanociência e Nanotecnologia: magnetismo e suas peculiaridades na escala nanométrica

Neste capítulo, apresentamos uma abordagem sobre os conceitos de física relacionados ao nanomagnetismo. Optamos por organizar este capítulo na perspectiva de uma revisão/orientação para os professores que forem aplicar o produto elaborado nesta dissertação, que trata sobre uma proposta de ensino sobre a temática citada, fundamentada pela educação CTS.

2.1 Uma viagem rumo à miniaturização

A curiosidade humana é uma característica que nos faz buscar conhecer aquilo que nos intriga, a expandir o que já sabemos e a buscar novos conhecimentos. Acreditamos que isto seja um dos muitos fatores que influenciam as pesquisas dos cientistas na busca por conhecer o mundo microscópico e macroscópico com as suas peculiaridades. Nessa busca, surge o estudo em uma escala além do micro, uma escala de dimensões ínfimas, a escala nanométrica, e com ela conhecimentos e produtos capazes de manipular o invisível.

A nano está presente na humanidade e na natureza há muito tempo. Os chineses, por exemplo, aplicavam nanopartículas de carvão em solução aquosa para a confecção da tinta nanquim. Outra aplicação são os vitrais coloridos das igrejas medievais, fabricados pelos artesões com nanopartículas de ouro (FERREIRA; RANGEL, 2009). Também, as asas das borboletas possuem nanoestruturas que modificam a polarização da luz.

Apesar disso, é em meados de 1980 que os estudos envolvendo a manipulação da matéria nessa escala, ganham destaque. Esses, trouxeram muitas esperanças para o futuro do planeta, com a possibilidade de desenvolver todas as máquinas com a menor quantidade possível de matéria e energia.

Entre o seu início, em 1980, até 1992, os interesses por essa nova linha de pesquisa voltavam-se às suas contribuições para a ecologia e o desenvolvimento sustentável. Nessa vertente um nome ganhou destaque, o de Eric Drexler. Esse autor defendia em seu livro

Engines of Creation (1986) a possibilidade de criar máquinas moleculares futuristas, com a capacidade de reciclar dejetos e produzir água pura e energia. Essas pretensões associadas às ideias de Richard Feynman durante seus discursos sobre o uso da escala nanométrica foram o bastante para convencer a comissão de senadores americanos a investir em pesquisas na área.

No entanto, com o passar dos anos, as pretensões das pesquisas começam a mudar para o campo da indústria química, farmacêutica e da microeletrônica (CHRISTIAN, 2009).

Um dos divisores dessa ruptura das pretensões da nano, se deu após o lançamento da NNI (National Nanotechnology Initiative), em junho de 1999, nos Estados Unidos, com a figura de Richard Smalley (Nobel em Química em 1996). A partir de então, a nano começa a se expandir pela Europa também englobando as biotecnologias, e voltada para a economia mundial (CHRISTIAN, 2009).

2.2 As nanopartículas magnéticas

Nano é um prefixo, com origem no idioma grego, usado para descrever uma ordem de grandeza e representa a bilionésima parte de alguma coisa. Neste caso, esta “coisa” é o metro. Assim, unindo esta unidade ao prefixo nano, obtemos o nanômetro, um bilionésimo do metro. Portanto, podemos definir que nanociência ou nanotecnologia são ciência-tecnologia que ocorrem ou são feitas nessa escala de comprimento, envolvendo fenômenos que não acontecem em outras dimensões. No entanto, não têm apenas o intuito de reduzir os tamanhos das coisas, mas alcançar novas propriedades da matéria de forma controlável e reproduzível (SCHULZ, 2005).

Ao reduzir o tamanho de um sólido em uma ou mais dimensões, as propriedades físicas, magnéticas, elétricas e óticas destes materiais podem ser modificadas de forma drástica. Essas novas propriedades podem ser alcançadas ou ajustadas pelo controle de sua forma e tamanho em escala nanométrica. A causa disso é que em uma nanoestrutura a razão superfície/volume é muito maior do que nos sólidos comuns (KITTEL, 2013). Por esse motivo surge o grande interesse científico e tecnológico pelas nanoestruturas.

Os materiais que contêm partículas, filmes e outras estruturas em escala nanoscópica são classificados como materiais nanoestruturados (GUIMARÃES, 2006). Dentre esses, neste trabalho, daremos ênfase às nanopartículas magnéticas.

As nanopartículas magnéticas, de acordo com Guimarães (2006) apoiado nos trabalhos de Evans e Heller (2003) e Wiltschko e Wiltschko (1995), são importantes para

compreendermos e ampliarmos nossos conhecimentos sobre diversos fenômenos da natureza, pois estão presentes desde as rochas até os seres vivos.

Estas partículas fazem parte da composição de várias rochas, e tem o alinhamento dos seus momentos magnéticos sob a influência do campo geomagnético, característica que possibilita a datação dessas rochas e assim estudar a evolução do magnetismo da Terra. Nos seres vivos, as nanopartículas magnéticas foram identificadas nas bactérias magnetotáticas, nos insetos, pássaros, etc.

No campo tecnológico, várias são as aplicações dos materiais magnéticos. Com a evolução das pesquisas e descobertas das nanopartículas magnéticas e das estruturas artificiais de filmes finos, o interesse sobre elas têm aumentado, em decorrência de apresentarem um comportamento superparamagnético, explicado a partir da teoria superparamagnética, proposta por Bean e Livingston em 1959, que trata sobre os momentos magnéticos atômicos no interior de uma partícula. Além disso, outros motivos deste interesse se dão sobre o tamanho que elas podem apresentar. Tamanho este em dimensões comparáveis às dos vírus (20-50 nm), proteínas (5-50 nm) ou ao dos genes (2nm de espessura e 10-100 nm de comprimento) (HANNICKEL, 2011).

Outro fator, citado pela autora acima, são suas propriedades magnéticas, que podem ser concentradas em um local específico quando submetidas a um campo magnético externo e magnetizadas facilmente. À medida que este campo magnético é retirado, elas são redispersas. Suas aplicações também são importantes por apresentarem uma vasta superfície que pode ser transformada e assim anexada a agentes biológicos.

Para melhor compreendermos suas características, contribuições e limitações, precisamos de conhecimentos de eletromagnetismo, os quais serão apresentados a seguir.

2.3 Conceitos básicos de eletromagnetismo

O eletromagnetismo é a área da Física que relaciona os conceitos de eletricidade e magnetismo, de forma a nos mostrar que há uma conexão intrínseca entre ambos.

Quanto aos aspectos magnéticos, os ímãs permanentes são materiais que merecem destaque, pois ao entrarem em contato com fragmentos de ferro podemos perceber que há uma forte atração entre esses materiais. Os ímãs apresentam polos magnéticos, regiões em que as ações magnéticas são mais intensas (BISCUOLA et al., 2014).

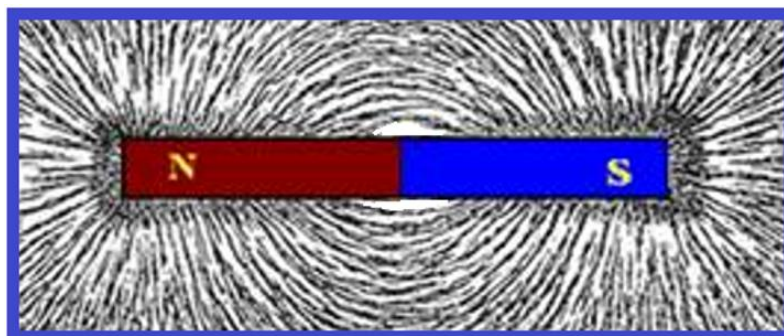


Figura 2: Polos de um ímã

Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/eletricidade/eletromagnetismo/imas-e-campo-magnetico>

Segundo Biscuola et al. (2014), a região existente em torno de um ímã tem influências significativas tanto em outros ímãs como em determinados materiais, como o níquel, o cobalto e o ferro. Essa região é chamada de campo magnético e representada vetorialmente pelo símbolo \vec{B} . As linhas representadas na figura 2 são denominadas de linhas de indução do campo magnético do ímã e orientam-se do polo norte para o polo sul.

A Terra, assim como um ímã, apresenta um campo magnético ao seu redor. Em 1600 o médico e cientista inglês William Gilbert (1544-1603) publicou seu livro *De magnete*, no qual afirma que o planeta Terra é um grande ímã, partindo da explicação de como as bússolas se orientam (TORRES et al., 2013).

Podemos fazer uma associação da Terra à um ímã gigante, evidenciando que os polos magnéticos terrestres não coincidem com seus polos geográficos, ou seja, o polo sul magnético se aproxima do norte geográfico assim como o polo norte magnético se aproxima do sul geográfico, assim como mostra a figura 3, a seguir.

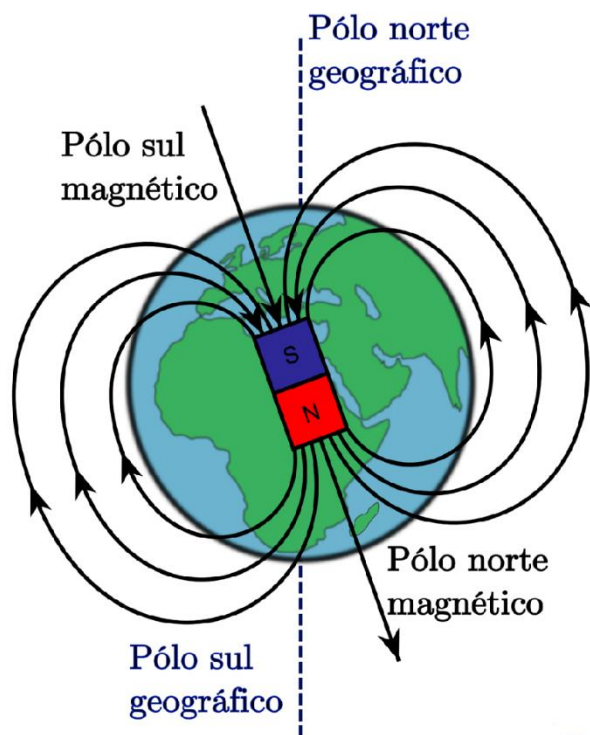


Figura 3: Representação esquemática do campo magnético terrestre
Fonte: <https://brainly.com.br>

O campo magnético tem várias aplicações, e também podem ser gerados por meio de uma corrente elétrica, como exemplo disso temos o eletroímã.

Os eletroímãs são formados quando uma barra de ferro é enrolada por um condutor. Ao passar corrente pelo condutor, ela produzirá um campo magnético; como a barra de ferro fica imersa em um campo magnético, ocorre a imantação. É possível reconhecer o polo norte aplicando a regra do saca-rolhas¹. A figura 4 a seguir mostra a representação de um eletroímã.

¹ Essas informações foram retiradas da página do CEPA - Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada da USP (2019).

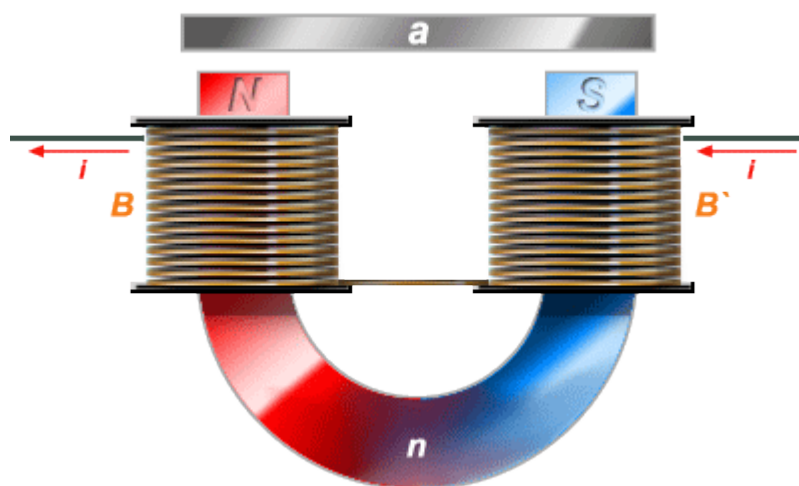


Figura 4: Representação de um eletroímã.
 Fonte: <http://cepa.if.usp.br/e-fisica>

Segundo o CEPA- USP (2019), o uso de eletroímãs oferece várias vantagens:

- 1^a) se quisermos inverter os polos, basta invertermos o sentido da corrente;
- 2^a) é somente a imantação por corrente elétrica que nos fornece ímãs muito possantes;
- 3^a) podemos usar uma barra de ferro doce (ferro puro), que tem a propriedade de só se imantar enquanto estiver passando a corrente; e se neutraliza logo que a corrente é desligada. Assim, temos um ímã que só funciona quando queremos. (Nota: o aço, ao contrário, permanece imantado mesmo quando cessa a causa da imantação).
- 4^a) Os eletroímãs têm inúmeras aplicações, desde em instalações delicadas, como telégrafos, telefones e campainhas, até em grandes instalações industriais.

No campo das aplicações, um dos ramos da Física que merece destaque é a propagação do campo eletromagnético no espaço. Isso expandiu o rumo da comunicação, com a criação do telégrafo sem fio, do rádio, da televisão, do telefone celular, dentre outras. Essa expansão só foi possível graças às contribuições de James Clerk Maxwell (1831-1879), que unificou as teorias da eletricidade e magnetismo para explicar que ambos compõem um único fenômeno, o das ondas eletromagnéticas.

De acordo Artuso e Wrublewski (2013), as ondas eletromagnéticas podem ser definidas como propagações de campos elétricos e magnéticos variáveis e acoplados, possuindo todas as características de um movimento ondulatório.

A figura 5 a seguir retrata algumas grandezas desse fenômeno ondulatório e suas respectivas equações.

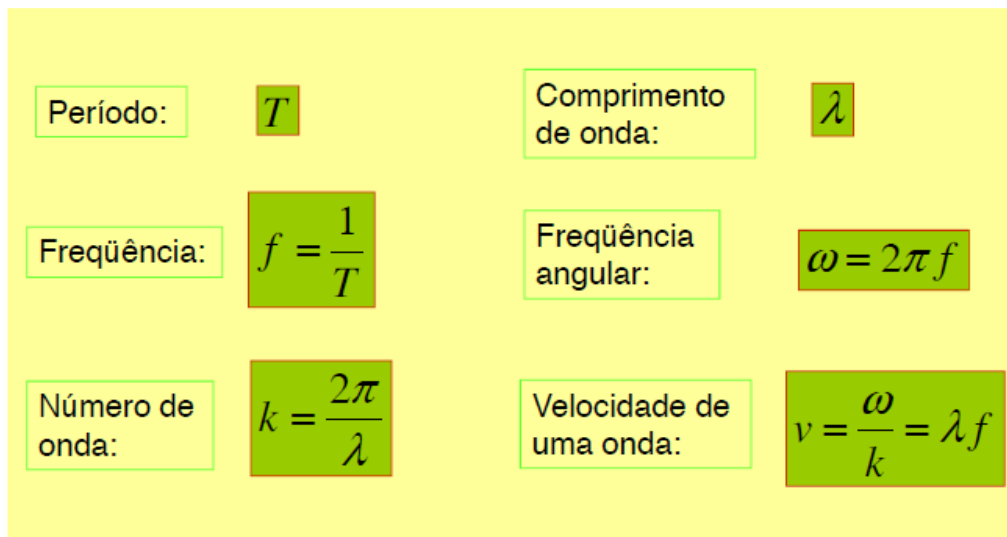


Figura 5: Principais grandezas e equações das ondas eletromagnéticas
 Fonte: <https://www.ggte.unicamp.br>

As ondas eletromagnéticas também podem ser chamadas de radiação eletromagnética e classificadas conforme seu comprimento de onda, ou sua frequência, constituindo o espectro eletromagnético. Dentre as frequências que compõe o espectro eletromagnético podemos citar: a luz visível, as micro-ondas, as ondas de rádio, raios ultravioletas, os raios X e os raios gama. Quanto a suas energias podem ser classificadas em radiações ionizantes e radiações não ionizantes. As ionizantes são capazes de causar danos em nossas células e afetar o nosso DNA, de forma a causar doenças graves, como o câncer (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013).

2.4 Materiais magnéticos e suas peculiaridades na escala nano

Os materiais existentes na natureza podem ser classificados em dois grupos:

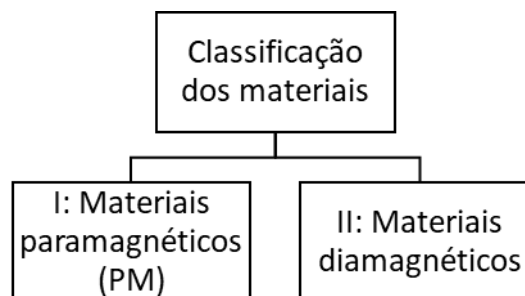


Figura 6: Classificação dos materiais existentes na natureza
 Fonte: elaborada pela autora

No grupo I podemos inserir os materiais paramagnéticos com casual ordenamento ferromagnético (FM) dos dipolos, ordenamento antiferromagnético (AFM) ou ordenamento ferrimagnético (FIM), estes têm momento magnético atômico finito (μ_{at}). No Grupo II estão os materiais não magnéticos, apresentam seu momento magnético atômico nulo, ou seja, $\mu_{at}=0$.

A origem do momento de dipolo magnético (conhecido também como momento magnético de Spin, ou somente Spin do átomo) está no momento angular orbital (L) e no momento angular de Spin (S), então podemos dizer que o momento angular total se dá com S+L e resulta da estrutura eletrônica de cada átomo. Aqui, é importante lembrar que, nos metais de transição o momento angular orbital é nulo. (FRANCISQUINE, SCHOENMAKER, SOUZA, 2014).

O comportamento que os materiais magnéticos apresentam perante um campo magnético externo vai ser definido a partir da origem de seus dipolos e de como interagem. Essa relação pode ser demonstrada, pela equação abaixo:

$$B = \mu_0 (H + M), \quad (1)$$

onde H representa o campo magnético externo, μ_0 é a permeabilidade magnética no vácuo e B campo magnético induzido resultante, M é a magnetização.

A magnetização M pode ser definida como a densidade de momento de dipolo magnético atômico (μ_{at}) por unidade de volume (V), assim como mostra a equação abaixo:

$$M = \frac{1}{V} \sum_i^N \mu_{at}, \quad (2)$$

com N representando o número de átomos. Outra forma de calcular a resposta magnética de um material quando submetido a um campo magnético é através da suscetibilidade magnética (χ), conforme ilustra a equação abaixo:

$$M = \chi \cdot H \quad (3)$$

Na escala nanométrica essas propriedades são bem peculiares e despertam um vasto interesse nestes estudos, com destaque para os estudos das ferritas na dimensão nano, principalmente para as de óxidos de ferro, por conta de suas características magnéticas.

A magnetita (Fe_3O_4), ainda sobre os autores citados acima, apresenta um ordenamento magnético que gera uma magnetização espontânea, nesse material. Abaixo de T_c (temperatura de Curie, ocorre quando há uma transição de fase de PM para FM),

isto é, na temperatura ambiente o material já está magnetizado. E diversas possibilidades de aplicações em diferentes áreas são propiciadas por esse comportamento.

2.5 Técnicas de sintetização das nanopartículas magnéticas

Devido a importância das nanopartículas magnéticas (NPMs), foram criadas algumas técnicas para sintetizar nanopartículas magnéticas, ilustradas no esquema a seguir.

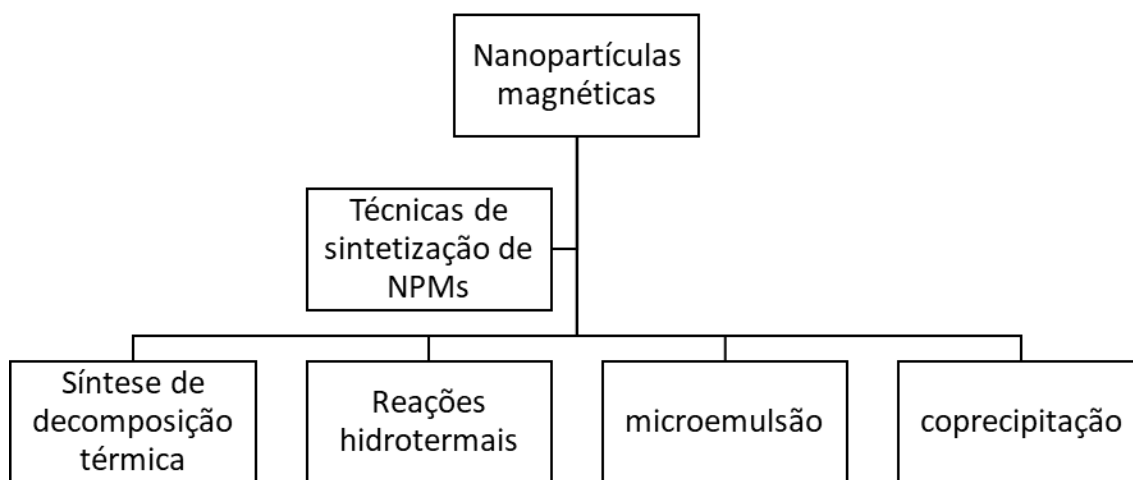


Figura 7: Técnicas de sintetização das NPMs

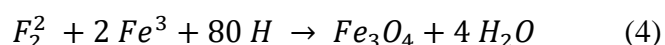
Fonte: elaborada pela autora

A técnica de síntese de decomposição térmica consiste em manipular as NPMs com tamanhos menores e monodispersos. Estas partículas serão sintetizadas, basicamente, por meio da decomposição térmica de compostos organometálicos com alto ponto de ebulição de solventes orgânicos que contêm estabilizantes e/ou surfactantes. É o melhor método para controlar o tamanho e a morfologia das nanopartículas (FRANCISQUINE; SCHOENMAKER; SOUZA, 2014).

A síntese hidrotérmica proporciona a formação de partículas ínfimas. Este processo acontece em um meio aquoso, em reatores ou autoclaves com o intuito de atingir altos valores de pressão e temperatura. Nessas reações, a formação de partículas ocorre de duas formas principais: hidrólise e oxidação ou neutralização dos hidróxidos de metais mistos. Na síntese hidrotérmica o controle do tamanho da partícula na cristalização é feito pela taxa de crescimento e nucleação das partículas.

A técnica de microemulsão pode ser usada como uma alternativa para sintetizar nanopartículas monodispersas com morfologias diferentes, mas necessita de maior quantidade de solvente. Também é conhecida como método micelar, ocorre por meio da dispersão termodinamicamente estável dos líquidos dos imiscíveis, neste procedimento o microdomínio de um ou de ambos os líquidos é estabilizado por uma película interfacial de moléculas surfactantes.

O caminho químico mais simples, de acordo com Francisquine, Schoenmaker, Souza (2014) e eficiente para se obter partículas magnéticas é por meio da técnica de coprecipitação. Este método, na maioria das vezes, consiste na preparação dos óxidos de ferro (Fe_3O_4 ou $\gamma-Fe_2O_3$) por uma mistura estequiométrica de sais ferrosos e férricos em um meio aquoso e acrescentada uma base em atmosfera inerte à temperatura ambiente ou altas temperaturas. As características das NPMs (tamanho, forma) e a sua composição resultam do tipo de sais utilizados (cloretos, sulfatos etc.), da razão entre os sais, da temperatura, do valor do pH e ainda da força iônica dos meios. Portanto, podemos em termos químicos, dizer que o Fe_3O_4 é formado pela equação abaixo:



Com o aperfeiçoamento das técnicas de síntese, chegamos à produção de ferrofluidos, a pupila das descobertas com partículas magnéticas.

O ferro fluido é um fluido magnetizável e pode ser manipulado com a aplicação de campos magnéticos. Quando uma NPM é submetida a um gradiente de campo magnético sofre uma força de translação e rotação. Com isso, um ferrofluido pode sofrer conformação ou deslocamentos induzidos por gradientes de campo. Estas partículas possuem várias aplicações como fluidos selantes, lubrificantes, sistemas com amortecimentos ajustáveis que podem ser usados na indústria automobilística, armazenamentos de dados e ainda alto-falantes. Suas propriedades podem ser combinadas com outras, como por exemplo, alta condutividade térmica e viscosidade variável, conforme o campo magnético aplicado. (FRANCISQUINE; SCHOENMAKER; SOUZA, 2014).

Na medicina, segundo esses autores, os ferrofluidos podem ser funcionalizados com epirubicin (fármaco indicado para tumores sólidos) e usado no tratamento do câncer. Este procedimento vem sendo testado em humanos desde 1997 e obteve sucesso, no entanto esta técnica não pode ser expandida devido a alguns aspectos, como:

1. o comportamento das NPMs dentro do corpo humano;
2. o campo magnético aplicado;

3. a natureza de ligação com o elemento biológico;
4. o tamanho destes elementos (moléculas, organelas e células);
5. o tamanho das NPMs;
6. a intensidade do fluxo sanguíneo;
7. a concentração do ferrofluido;
8. tempo de circulação no organismo.

Outro fator limitante é que o quadro pode ser alterado por processos de endocitose, ou seja, escolher a NPM funcionalizada à célula desejada ainda não é o suficiente. (FRANCISQUINE; SCHOENMAKER; SOUZA, 2014). A figura a baixo mostra uma nanopartícula magnética funcionalizada para aplicações biomédicas.

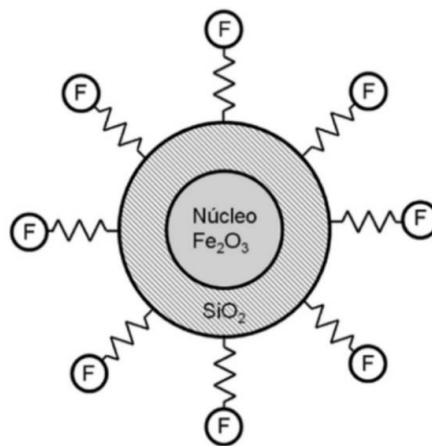


Figura 8: Diagrama esquemático de uma nanopartícula magnética com estrutura core/shell funcionalizada para aplicações biomédicas. Os elementos com a letra F indicam os grupos funcionais.

Fonte: Francisquine; Schoenmaker; Souza (2014, p. 287)

2.6 Técnicas e observação da matéria: instrumentos para nanoestruturas

Ao passo que fomos diminuindo as dimensões dos materiais em busca de alcançar propriedades nunca vistas antes, ou até mesmo inimagináveis, foi percebido que os instrumentos convencionais usados nos laboratórios de pesquisa e as técnicas de observação da matéria estavam obsoletas, era o momento de também evoluir nesta área.

A partir desta limitação foram criados os seguintes instrumentos e técnicas² de observação de nanoestruturas:

Apresentamos na figura a seguir a evolução das principais técnicas de observação de nanoestruturas:

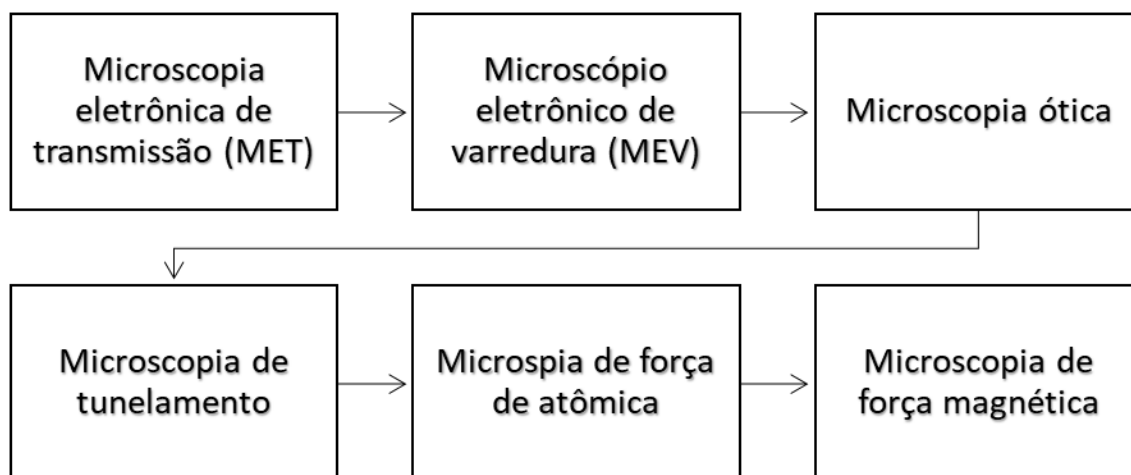


Figura 9: Evolução das técnicas de observação de nanoestruturas

Fonte: elaborada pela autora

Na microscopia eletrônica é lançado sobre a amostra a ser investigada um feixe colimado e acelerado de elétrons com altas tensões e focalizado por uma série de lentes eletrostáticas ou magnéticas. Nesta técnica temos o uso de dois instrumentos, o **microscópio eletrônico de Transmissão (MET)** e o **microscópio eletrônica de varredura (MEV)**.

Com o MET, a obtenção de imagens das nanoestruturas se dá quando um feixe de elétrons atravessa a amostra e é focalizado em uma placa detectora, semelhante ao modo como a luz é focalizada na ocular de um microscópio ótico. A resolução máxima neste procedimento é dada pela equação abaixo:

$$d = \frac{\lambda}{2\beta} \cong \frac{0,6 \text{ nm}}{(\beta\sqrt{V})} \quad (5)$$

² As técnicas mencionadas neste tópico têm como referência o livro Introdução à Física do estado sólido, 8ª edição, do autor Charles Kittel (2013).

onde λ é o comprimento de onda dos elétrons, V é a tensão de aceleração destas partículas e β é a abertura numérica. Na teoria, para uma tensão de aceleração típica de 100 keV já teríamos uma resolução subatômica. Contudo alguns fatores, dentre eles, as imperfeições das lentes, fazem com que não atinja este limite. Por outro lado, tensões de aceleração em torno de 300 keV fazem a técnica alcançar valores da ordem de 0,1 nm.

No caso dos microscópios de varredura a amostra é sondada por um feixe fino de elétrons de alta energia (100 V a 100 kV). A quantidade de elétrons espalhados (elétrons secundários) oriundos da amostra depende da composição e topografia local da amostra. A imagem é formada quando esses elétrons são recebidos por um detector, onde este detector produz um sinal que é traçado em função da posição do feixe. Tal técnica serve para estudar diversas amostras, apresentando uma resolução de 1 nm, ou seja, dimensões superiores às fornecidas pelo MET. Uma das funções deste aparelho é a técnica de **litografia por feixe de elétrons** usada, em sua maioria, para pesquisas, preparação de máscaras óticas e fabricação de protótipos.

O **microscópio ótico** é um instrumento que utiliza a luz visível e uma abertura numérica alta ($\beta \approx 1$). Para ampliar os estudos em nanoestruturas, foi preciso adaptar várias técnicas de espectroscopias óticas, dentre elas o espalhamento elástico da luz, a absorção, a luminescência e o espalhamento Raman; usadas para se obter imagens nanométricas. Outra aplicação dos sistemas óticos focais é na fabricação de microcircuitos. Com o uso do comprimento de onda na faixa do ultravioleta profundo é possível fabricar comercialmente dispositivos com tamanhos na ordem de 100 nm.

O **microscópio de tunelamento** (STM) revolucionou o campo da nanociência. É o instrumento de varredura mais famoso, nele uma agulha de metal de ponta superfina (preferencialmente com apenas um átomo na extremidade). A agulha é colocada a 1nm de distância da amostra condutora que será investigada. Materiais piezelétricos controlam a posição da agulha na precisão de picômetros, estes materiais são contraídos e expandidos em resposta a sinais elétricos. É aplicado sobre a amostra uma tensão de polarização V e depois medida a corrente de tunelamento I que é gerada entre a agulha e a amostra.

No espaço vazio entre a agulha e a amostra é medida a probabilidade de tunelamento \mathfrak{T} que varia exponencialmente com a distância entre ambas. A probabilidade é proporcional a corrente gerada. Seu cálculo é realizado usando o método de aproximação WKB, conforme mostra a equação abaixo:

$$\Psi \propto \exp(-2\sqrt{2m\phi/\hbar^2} z),$$

onde Z é a medida entre a agulha e a mostra e ϕ é a barreira de potencial.

Com o STM dá para realizar um mapa topográfico da superfície com uma resolução da ordem de 1pm, com ele é possível obter imagem de nanotubos de carbono, material de difícil observação em microscópios de transmissão e varredura eletrônica. O STM também é capaz de manipular átomos em uma superfície.

Após a criação do STM, tivemos a invenção do **microscópio de força atômica** (MFA). Este instrumento usa uma técnica bem mais flexível que o STM. Com ele é possível estudar tanto amostras condutoras como amostras isolantes, mas há um fator desfavorável, nesta técnica a resolução é inferior à do STM.

No MFA há um suporte que se comporta como um oscilador harmônico simples.

O MFA mede a força F entre a agulha e a amostra, conforme ilustra a equação abaixo:

$$F = C \cdot \Delta z \quad (6),$$

onde C é a constante de força do suporte ($C= 1N/m$) e Δz é o deslocamento do suporte.

Os critérios que configuram a oscilação do suporte são sensíveis às forças entre a agulha e a amostra. Tais forças podem ser de Van der Waals, eletrostáticas, magnéticas ou de outra natureza. Na figura abaixo temos a representação do STM:

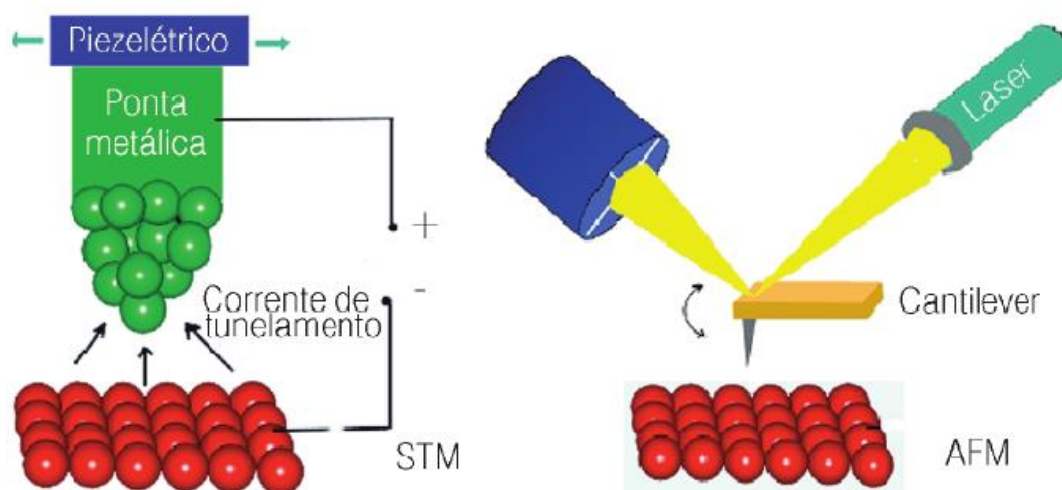


Figura 10: Representação didática dos microscópios de varredura de tunelamento (STM) e de força atômica (AFM).

Fonte: <http://qnint.s bq.org.br>

E por fim, a técnica de **microscopia de força magnética** (MFM), neste processo a agulha é revestida com um material magnético de modo a possuir um momento magnético μ perpendicular à superfície da amostra. Com isso a agulha se expõe a uma força, que atua em conjunto com variações do campo magnético produzida pela amostra. Seu módulo é dado pela equação a seguir:

$$F(z_0 + \Delta_z) = F(z_0) + \left. \frac{\partial F}{\partial z} \right|_{z=z_0} \Delta_z + \mu \left. \left(\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial z} \right) \right|_{z=z_0} + \mu \left. \left(\frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial z^2} \right) \right|_{z=z_0} \Delta_z \quad (07)$$

Onde,

- z_0 é a posição de equilíbrio da agulha;
- Δ_z é o deslocamento da agulha durante a oscilação;
- $\mu \left(\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial z} \right)$ é responsável por causar uma deflexão estática do suporte, porém não altera a frequência de oscilação;
- $\mu \left(\frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial z^2} \right) \Delta_z$ tem a forma de uma variação da constante δC , altera a frequência de ressonância do suporte.

A produção da imagem é realizada usando a variação da frequência de ressonância em função da posição da agulha. O esquema abaixo mostra uma representação do Microscópio de Força de Atômica:

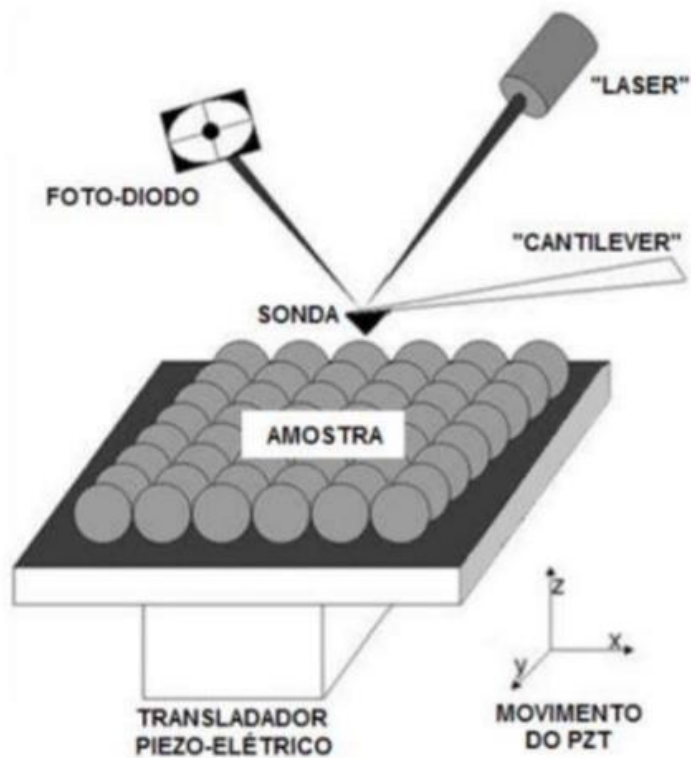


Figura 11: Esquema do Microscópio de Força de Atômica (AFM).

Fonte: Baldevi (2015, p. 31)

Uma das aplicações atuais do AFM, no campo de pesquisa da saúde, segundo a Balvedi (2015), é o seu uso para estudar estrutura, da especificidade de macromoléculas biológicas como DNA e na descrição da superfície do biossensor de DNA (genossensor).

Conforme foi mostrado neste capítulo várias são as potencialidades e avanços conseguidos e ainda almejados no campo da nanociência e da nanotecnologia, mas com todos esses aparatos vêm também dúvidas e incertezas quanto às suas transformações na sociedade e no meio ambiente, assim como demonstrado na fala de Peixoto (2013):

O potencial e capacidade da nanotecnologia em transformar diferentes aspectos da sociedade levantam também diversas preocupações em relação aos riscos potenciais que ela traz consigo. Nesse sentido, não apenas os benefícios devem ser levados em consideração, mas também as preocupações éticas, ambientais e de segurança que fazem parte do desenvolvimento das nanotecnologias (PEIXOTO, 2013, p. 99).

Foi pensando sob esta ótica que este trabalho foi desenvolvido, não apenas evidenciar os avanços científicos e tecnológicos alcançados pelos processos e técnicas de miniaturização, mas também promover discussões e reflexões sobre a interação dos

materiais em escala nanométrica com o corpo humano, os riscos à saúde de quem manipula tais materiais e ainda a preservação ambiental, quanto ao controle e redução do lixo tecnológico.

Capítulo 3

Caracterização do produto educacional

Neste capítulo, apresenta-se a caracterização do produto educacional, com a sequência de atividades desenvolvidas em cada aula, as estratégias e as orientações para aplicá-las. Destacamos que este produto educacional foi elaborado para ser implementado em uma sequência de 8 (oito) aulas consecutivas, com intervalos de 50 (cinquenta) minutos cada uma. Segue a descrição de cada uma dessas aulas.

3.1 Aula 01 - Nanociência e nanotecnologia – implicações e aplicações na sociedade

A primeira aula está dividida em dois momentos e tem o objetivo de introduzir os termos Nanociência e nanotecnologia e as suas aplicações. O conteúdo curricular a ser trabalhado é, principalmente, o eletromagnetismo.

Para iniciar o primeiro momento da aula, formado a partir das discussões acerca do tema, apresenta-se a seguir algumas sugestões para orientar o professor a realizar as atividades.

1. Deve-se iniciar a aula com a pergunta: **Nanociência e Nanotecnologia, uma nova revolução?**
2. Esta frase deve ser colocada no quadro para dar início a problematização da aula.
3. O professor fará as anotações no quadro sobre os conhecimentos iniciais apresentados pelos alunos em resposta à pergunta.

Nesta etapa, o professor deve auxiliar a turma quanto o rumo das discussões, ou seja, guia-los ao tema central e investigação se conhecem algum produto que tenha sido fabricado na escala nano, se já viram alguma reportagem sobre pesquisas nessa área ou ainda suas curiosidades e anseios sobre essas novas tecnologias.

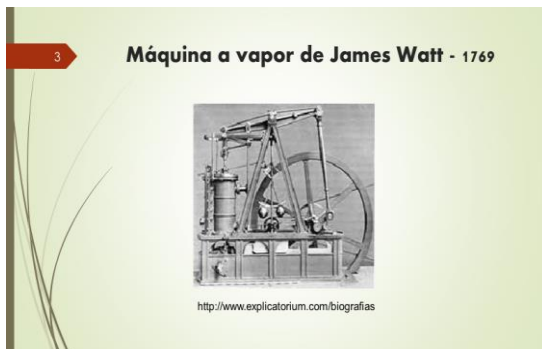
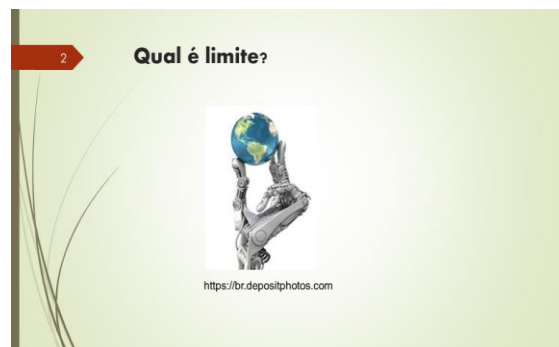
Feita a apresentação, o segundo momento poderá ser iniciado com o intuito de promover uma reflexão histórica sobre o desenvolvimento da ciência e dos aparatos tecnológicos. Para isso, foi montada uma espécie de linha do tempo formada a partir de

imagens em slides (apresentada a seguir), com as principais aplicações e desenvolvimento tecnológico até chegar na nanotecnologia.

Para realizar as discussões e reflexões sobre a linha do tempo, alguns aspectos devem ser considerados:

7. Questionar o contexto social e histórico envolvido em cada imagem;
8. Incitar os fatores motivadores do conhecimento envolvido nesta tecnologia.
9. E ainda promover o questionamento sobre a não neutralidade envolvida neste processo. Evidenciar que é uma evolução desse desenvolvimento e não uma simples descoberta ao acaso.

Sugestão para a linha do tempo



7 **Telefone- 1950**



<https://www1.folha.uol.com.br/asmals>

8 **Primeiro modelo de Celular do Brasil - 1990**



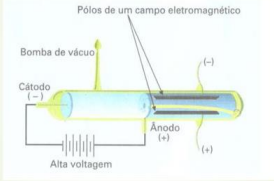
<https://www1.folha.uol.com.br/asmals>

9 **Celular - 2018**



<https://www.gazinatacado.com.br/p/celular-samsung>

10 **Thomson – 1897 – descoberta do elétron**



<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente>

11 **Nano escala**

Escala nanométrica



<https://betaeq.com.br/index.php/2015/09/29/a-origem-da-nanotecnologia>

12 **Nanopartículas magnéticas**

BACTÉRIAS MAGNÉTICAS



<https://www.magtek.com.br/blog/bacterias>

13 **Nanotecnologia e o fim do chulé**



<https://www.diarior.com.br/site/noticias/saude>

14 **ELA está entre NÓS!**




<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia>

15 **ELA está entre NÓS!**



<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia>

16 **Nanomedicina e fármacos**



<https://medicinaysaludpublica.com/nanomedicina>

<https://www.boletimambiental.com.br/noticia>



Após a apresentação das imagens, recomenda-se retomar a imagem 11 (que trata sobre a escala nanométrica) para fazer uma breve revisão sobre as grandezas físicas, notação científica e o uso dos prefixos e suas dimensões.

Feito isso, o professor deverá entregar o questionário I aos alunos (apresentado a seguir), que o responderão a partir de uma pesquisa, atividade proposta como tarefa para casa.

Questionário I

- 01) É possível a manipulação da matéria átomo a átomo?
- 02) Trabalhando com uma escala nanométrica, as propriedades da matéria serão modificadas? Justifique sua resposta citando exemplos.
- 03) Quais conceitos ou áreas da Física podem ser relacionadas a escala nanométrica? Justifique sua resposta.
- 04) Quais as principais pesquisas que estão sendo desenvolvidas usando a nanotecnologia?
- 05) Sabe-se que as nanopartículas podem penetrar em órgãos e tecidos. Quais as consequências disso?
- 06) Como essas nanopartículas agem na água, no solo e na atmosfera?

- 07) Diante dos fatos discutidos e apresentados até aqui, qual o verdadeiro papel da ciência e da tecnologia? Você acha que elas são afetadas pelas vontades do cientista? Ou pela busca da sociedade? Ou que por serem ciências são neutras, imparciais de fatores culturais?

3.2 Aula 02 - Introdução dos conceitos de magnetismo

Esta aula tem o objetivo de introduzir os conceitos de magnetismo, para tanto, tem-se as seguintes recomendações:

1. Organizar as cadeiras em formato de U, para facilitar a visualização dos componentes da turma e facilitar a participação nas falas.
2. Reservar os 10 minutos iniciais para as discussões sobre o resultado da pesquisa que deverão ocorrer na forma de um debate com base nas respostas dos alunos fundamentadas na pesquisa solicitada no questionário I.
3. Durante as discussões o professor deverá intervir, de modo a comentar sobre as mudanças que ocorrem nas propriedades da matéria (propriedades elétricas/magnéticas dos materiais) quando manipulados em escala nano. Assim como explorar sobre suas esperanças, medos e curiosidades a respeito do tema.
4. Retomar a linha do tempo com as imagens dos meios de comunicação e inserir o conceito de ondas eletromagnéticas.

Após o debate é aconselhável que o professor faça uma revisão e/ou uma orientação dos principais tópicos que devem revisar, como ordem de grandeza, transformações de unidade e uso adequado dos prefixos, visto que estes pré-requisitos são fundamentais para a compreensão da proposta.

Depois disso, recomenda-se usar a imagem 12 (linha do tempo), que trata d evoluções em ciência e tecnologia, para a discorrer sobre as aplicações do magnetismo na nanotecnologia. Abordar o assunto das nanopartículas magnéticas, suas propriedades, características até chegar em ferrofluido e sua influência na área da saúde, propriedades magnéticas na aplicação industrial, automóveis, autofalantes. Com esta abordagem é

possível introduzir os conceitos físicos acerca dos ímãs e suas propriedades. O professor deverá escrever a seguinte frase no quadro:

Será a Terra um grande ímã?

Juntamente desta pergunta deve-se usar uma imagem do planeta terra, pode ser uma imagem grande no quadro ou um desenho com o giz/pincel de quadro branco. Os conceitos a serem trabalhados são: as contribuições de William Gilbert, o que são ímãs, suas propriedades magnéticas e o contexto histórico sobre os estudos desta aérea, dos polos magnéticos e também campo magnético.

3.3 Aula 03 - Aproximar os alunos a ciência e a tecnologia por meio de narrativas

Nesta aula os alunos deverão ser reunidos em duplas para desenvolverem uma atividade por escrito. Esta atividade consta da elaboração de uma narrativa sobre o tema abordado na aula 1, ou seja, **nanociência e nanotecnologia e seus impactos na sociedade**. O texto será como uma previsão ficcionista, com base nas discussões realizadas em sala e nas pesquisas realizadas pelos estudantes.

O texto deverá abordar os seguintes aspectos, considerando o tempo, o espaço e os personagens ou narrador.

- A opinião dos discentes sobre o que são essas ciências.
- Onde a nanociência e a nanotecnologia são aplicadas.
- Quais os benefícios dessas práticas?
- Quais os riscos de manipular a matéria numa escala tão pequena?
- Como os conteúdos estudados nas aulas de Física afetam o seu cotidiano?

Com esta atividade espera-se que os alunos reconheçam as relações existentes entre ciência-tecnologia-sociedade, e dentro desta perspectiva estabeleçam conexões críticas acerca do tema proposto.

3.4 Aula 04 - Peculiaridades do nanomagnetismo

Esta aula deverá ser expositiva, com o objetivo de estabelecer a relação entre nanociência e o magnetismo, com uma visão geral sobre as propriedades magnéticas dos

materiais na escala nanométrica e também a relação entre as ondas eletromagnéticas. Para esta abordagem são apresentadas algumas orientações/estratégias a seguir que deverão ser adotadas pelo professor:

1. retomar as imagens usadas na primeira aula, optar pelas que tenham relação com comunicação e nanomedicina;
2. usar a revisão de ordem de grandeza e notação científica realizada na aula 1 e 2 para inserir o estudo do espectro eletromagnético;
3. No campo da comunicação opta por tratar primeiro das ondas de rádio. E para a inserção da nanomedicina iniciar pelos raios X e raios γ e explicar o porquê de serem classificados como radiação ionizante e as suas relações com as células cancerígenas,
4. Falar sobre a capacidade que possuem de interagir com as moléculas presentes nas células de tecidos vivos e terem a capacidade de destruir as células cancerosas ou estimular esta doença.

Realizadas estas discussões dentro da linha da evolução dos avanços científicos-tecnológicos. O professor deverá inserir noções básicas sobre as nanopartículas magnéticas e as suas aplicações na medicina, poderá falar também sobre a atuação como agentes de contraste em imagens de ressonância magnética nuclear, na separação magnética de células e ainda na terapêutica do câncer por magnetohipertermia.

Aqui o professor deverá estabelecer um paralelo das aplicações das nanopartículas magnéticas na medicina e suas consequências, consequências como é inflamação, destruição de células cerebrais e lesões pré-cancerígenas, devido à suas dimensões se assemelharem as das proteínas e do DNA.

É importante nesta aula ajudar o aluno a desenvolver o senso crítico acerca dos aspectos positivos e negativos das aplicações em nanomedicina, assim como todo conhecimento produzido/envolvido no desenvolvimento de uma nova ciência ou nova tecnologia. É crucial evidenciar que este processo não é neutro.

3.5 Aula 05 - Como ocorre o desenvolvimento científico tecnológico? Há ou não neutralidade?

Esta aula deverá ser realizada no laboratório de ciências, com o objetivo de problematizar as questões abaixo:

- Como ocorre o desenvolvimento científico tecnológico?

- Há ou não neutralidade?

Após essa problematização inicial o professor irá apresentar 3 experimentos, de modo que os 2 primeiros sejam expositivos e o terceiro seja com a participação da turma. Recomenda-se dividi-la em 6 grupos.

O professor deverá pedir que eles se coloquem em duas posições, a primeira será pensar como um cientista, a segunda pensar como alguém que recebe o trabalho do cientista. Esta atividade tem o propósito de destacar se há ou não influência nas atividades realizadas. Para ajudar neste processo, sugere-se algumas indagações ao longo das experiências, apresentadas abaixo:

- O que motiva um cientista, ou pesquisador de uma empresa a criar algo?
- Esta escolha é livre?
- É neutra de todos os aspectos a sua volta?
- O que há por trás do desenvolvimento em CT?

As atividades propostas têm o foco de incitar as reflexões acima, assim como também trabalhar os conceitos físicos de forma prática, com três atividades demonstrativas: a primeira: propriedades dos ímãs, a segunda: campo magnético e a terceira: ondas eletromagnéticas, através de meios alternativos com materiais mais acessíveis.

Atividade 1: Propriedades dos ímãs

Para esta atividade são necessários 2 ímãs de tamanhos diferentes. O professor poderá pedir que os estudantes aproximem um de cada vez em diversos materiais: borracha, papel, madeira, ferro, moedas, agulha. Depois pedir que façam um breve relato do que eles perceberam na interação desses materiais e se o tamanho dos ímãs influenciava ou não. No final discutir por que a necessidade de os produzir em diferentes tamanhos e formatos.



Figura 12: Propriedades dos ímãs

Fonte: elaborada pela autora

Atividade 2: Mini bobina de Tesla

O intuito desta atividade é demonstrar a existência de um campo magnético e sua variação. E que este campo magnético induz uma corrente elétrica na bobina capaz de gerar energia suficiente para acender uma lâmpada.

Durante a apresentação o professor deverá apresentar os seguintes comentários com a turma:

1. Qual a importância da interação entre a lâmpada e a bobina?
2. Por que não há contato entre ambos?
3. O que será que Tesla estava pensando ao criar este mecanismo?
4. Transmitir energia a longas distâncias?
5. O que isto mudaria na forma de nos comunicar?
6. Será que suas contribuições influenciaram no estudo das ondas eletromagnéticas?

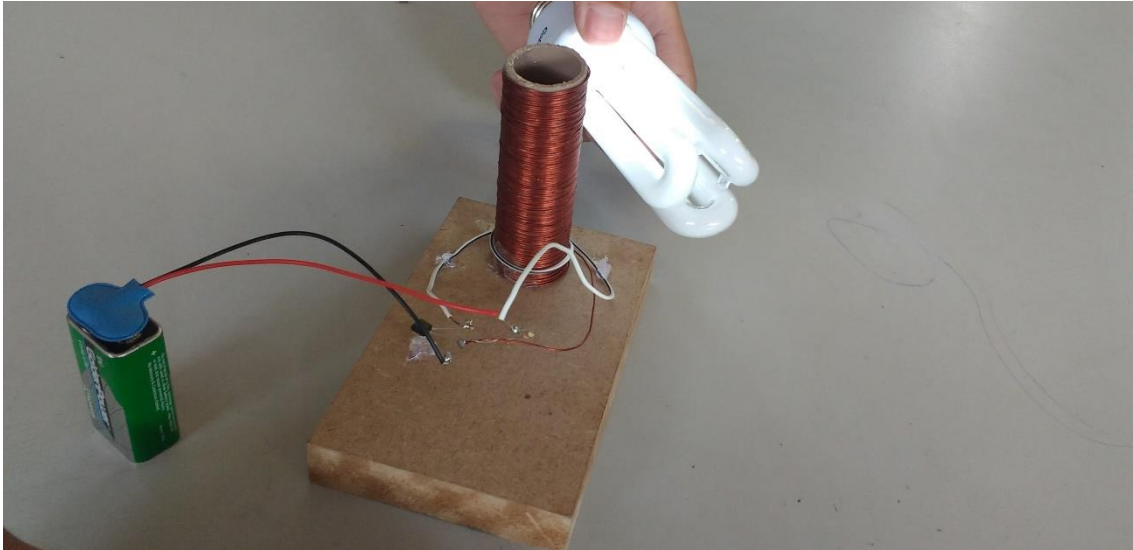


Figura 13: Mini bobina de Tesla

Fonte: elaborada pelo autor

Atividade 3: "Blindando" um celular

A terceira atividade foi retirada do portal do MEC para o professor, e deverá ser realizada em grupo pelos alunos. Os materiais são de fácil acesso, simples de manusear e uma compreensão simples da função das ondas eletromagnéticas e suas propriedades nos materiais.



Figura 14: Blindagem de um celular

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>

Materiais necessários

- Dois celulares que possam realizar e receber ligações;
- Caixa de sapatos;
- Sacola plástica (com tamanho suficiente para que a caixa de sapatos caiba dentro);
- Plástico para embalar alimentos (aproximadamente 20 x 30 cm);
- Papel alumínio (aproximadamente 20 x 30 cm).

Procedimentos e tarefas

1. Com os dois aparelhos celulares sobre a mesa, ligue de um para o outro verificando se eles estão funcionando.
2. Depois disto ser verificado, coloque um dos aparelhos dentro da caixa de sapato e, com o outro aparelho, ligue para o que está dentro da caixa de sapato. Anote se que aconteceu (o aparelho celular recebeu a ligação quando estava dentro da caixa de sapatos?).
3. Agora coloque a caixa de sapatos dentro da sacola plástica e repita o procedimento anterior anotando novamente o que aconteceu.
4. Retire o aparelho de dentro da caixa de sapatos e embale com o plástico para alimentos. Ligue novamente para o celular e anote o que aconteceu.
5. Por último, enrole o celular no papel alumínio. É importante que ele fique completamente embalado (sem nenhuma parte exposta). Agora realize a ligação e verifique o que aconteceu. Anote o resultado.
6. O que aconteceu com o sinal? Qual a importância das ondas eletromagnéticas para a comunicação? De que forma estes estudos contribuíram ou modificaram a forma das relações humanas?

3.6 Aula 6 e 7 – Visitar um laboratório de pesquisas em Nanociência e Nanotecnologia

Esta aula requer um planejamento maior por que envolve uma saída de campo, agendamento com a equipe do laboratório, autorização dos pais e do núcleo gestor escolar, além da orientação e preparo dos discentes para a visita.

Para isso é necessário seguir um roteiro:

1. Elaborar um termo de consentimento e autorização de para responsáveis pelos alunos assinarem; conforme mostramos no apêndice B
2. Agendar a visita;
3. Organizar o transporte;
4. Organizar a alimentação;
5. Orientar a turma (ou turmas) a pesquisar mais sobre o tema abordado para poderem questionar e interagirem mais com os cientistas e pesquisadores durante a visita.

Outra recomendação importante é a organização tanto do espaço, como do tempo. Uma estratégia indicada é dividir a turma, ou turmas, em grupos, de forma a fazer um rodízio entre as atividades.

Feito todos os procedimentos, há uma sugestão de se fazer esta visita guiada e dividida em dois momentos: o primeiro para tratar dos aspectos mais teóricos, como o que são essas tecnologias, suas aplicações, as pesquisas que estão sendo desenvolvidas na área, poderá ser pensado na forma de uma palestra. O segundo momento poderá ser formado por conhecer os materiais e experimentos realizados no laboratório e conhecer o trabalho dos cientistas.

3.7 Aula 08 – Avaliação - Física e cultura: Construção de uma história em quadrinhos numa abordagem em CTS

Esta é a última aula da sequência formada por uma avaliação final que deverá ser de cunho qualitativa. O objetivo desta a avaliação é criar uma história em quadrinhos baseada na narrativa inicial (produção dos alunos), nas pesquisas realizadas, nas aulas assistidas e na visita ao laboratório de Nanociência e Nanotecnologia.

O enredo deverá ser formado a partir da pergunta a seguir:

Como você imagina o planeta Terra daqui a 50 anos e a vida dos seres humanos a partir do uso da nanociência e nanotecnologia?

O professor dará as seguintes orientações a turma:

1. Que se organizem em grupos;
2. Distribuam as tarefas: quem vai desenhar, fazer a capa, escrever o drama, criar os personagens e o tema da história.
3. Criar um contraste com o pensamento crítico desenvolvido a partir das aulas de Física e expor as relações da produção científico-tecnológica em nano escala com a sociedade e o meio ambiente.

Com esta atividade espera-se que os alunos reflitam sobre os métodos de pesquisa, como elas são definidas pelos pesquisadores, e a influência dos aspectos valorativos econômicos-culturais neste processo.

Capítulo 4

Descrição da intervenção realizada

Neste capítulo, descrevemos a intervenção realizada: o contexto educacional em que foi desenvolvida, a sequência de aulas, a visita realizada na universidade, os dados coletados e o procedimento empregado para a análise desses dados.

4.1 Contexto educacional

Este trabalho foi realizado em uma escola pública, de ensino fundamental e médio, do Distrito Federal (DF), localizada na região administrativa de Planaltina, no período de maio a julho de 2018. As atividades pedagógicas foram desenvolvidas com duas turmas de 3º ano do ensino médio no turno matutino.

A escola apresenta uma boa infraestrutura quanto ao espaço físico, organização das salas de aulas, áreas de recreação, biblioteca, quadras esportivas, uma sala de mecanografia e um modesto laboratório de ciências. As salas do ensino médio contam com entradas HDMI para uso do Datashow, caixinhas de som e todas dispõem de quadro branco.

O público da escola está inserido em uma comunidade da periferia de Planaltina, com famílias de baixa renda. Esta comunidade é dotada de uma cultura diferenciada, oriunda das tradições do Vale do Amanhecer, e com valores que fizeram o diferencial durante a aplicação do produto.

Quanto ao período mencionado para a aplicação da proposta pedagógica, foi feita uma condensação das aulas e atividades devido a forma de organização escolar adotada pela secretaria de educação do DF, no regime da semestralidade. Com isso a disciplina de Física teve todo o conteúdo anual trabalhado entre os meses de fevereiro a julho de 2018.

Esta organização contribuiu para motivar nossos alunos a aprender Física de uma forma mais contextualizada, reflexiva e participativa, pois agora, ao invés de 2 aulas semanais, tivemos 4 aulas por semana. Isso nos leva a repensar a nossa prática e reestruturar a dinâmica do nosso planejamento e disposição das aulas.

Outro fator que influenciou a autora da dissertação a optar por implementar a proposta e fazer a intervenção com uso da Educação CTS nas aulas de Física, a partir da temática de Nanociência, foi conhecer a escola, a comunidade e os alunos, pois era

professora regente da turma e já os conhecia desde o 1º do ensino médio. Já havia uma afinidade entre ambos.

Na escola existe a tradição do 3º ano poder escolher o chamado “professor conselheiro”, é a única turma que pode fazer a escolha livre, as demais têm o conselheiro escolhido por o corpo docente e núcleo gestor. E as turmas de 3ºA e 3º B votaram por terem a professora de Física como madrinha de turma.

Ao planejarmos uma proposta de ensino é importante considerar dois aspectos, tanto o contexto onde a escola está inserida como a dimensão afetiva, são fatores relevantes no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Segundo Mahoney e Almeida (2005), embasados nas contribuições de Henri Wallon, o contexto nos traz os conhecimentos, os valores e as concepções do nosso público e a afetividade permite ao professor confiar nas contribuições cognitivas e afetivas do nosso aluno. Sobre isso, os autores nos dizem que:

O processo ensino-aprendizagem só pode ser analisado como uma unidade, pois ensino e aprendizagem são faces de uma mesma moeda; nessa unidade, a relação interpessoal professor-aluno é um fator determinante. Esses atores são concretos, históricos, trazendo a bagagem que o meio lhes ofereceu até então; estão em desenvolvimento, processo que é aberto e permanente. (p.12)

Uma boa relação entre professor e estudante contribui para um ambiente favorável de aprendizagem e ensino, tanto o professor se sente mais motivado a buscar novas estratégias de ensino como seus alunos se empenham mais em aprender e participar das aulas. Foi possível averiguar isso na nossa última aula da sequência, apresentada no tópico a seguir.

4.2 Implementação da proposta: aplicação do produto educacional

O produto elaborado nesta dissertação foi uma proposta de ensino fundamentada na perspectiva de uma Educação com enfoque CTS juntamente com o uso da temática Nanociência aplicado à área do magnetismo, um dos conteúdos curriculares que mais chamam a tenção dos nossos estudantes de 3º ano do ensino médio.

E para gerar curiosidades e mais envolvimento com este ramo da Física, resolvemos dar um destaque para as propriedades magnéticas na escala nano métrica, de forma a trabalhar as propriedades magnéticas dos ímãs, abordar o campo magnético terrestre e suas influências em diversos fenômenos, o campo magnético, sua

aplicabilidade, mostrar a importância da dimensão das equações na Física quando trabalhamos com pesquisas e aplicações nesta escala.

Também buscamos promover discussões acerca dos avanços na ciência e as aplicações destes conhecimentos para desenvolver novas tecnologias e o que isto interfere em nossas vidas, perpassando diversas áreas do conhecimento, no nosso dia a dia e ainda como os nossos estudantes podem intervir neste processo e abrir novos horizontes quanto a escolha acadêmica que podem fazer.

Aqui queremos destacar que durante a aplicação da proposta, fizemos algumas alterações sobre o planejamento inicial, devido a sugestões dos alunos e seus interesses em participar e propor atividades.

Pensando nisso desenvolvemos uma sequência de aulas, com intervalos de 50 min cada uma, conforme a estrutura mostrada a seguir:

Aula 01 - Nanociência e nanotecnologia – implicações e aplicações na sociedade

O conteúdo do currículo trabalhado foi **eletromagnetismo** e alguns conceitos de **Física moderna** devido à abordagem em nanociência e nanotecnologia, com destaque para as propriedades elétricas/magnéticas dos materiais e ondas eletromagnéticas. Focando desenvolver um olhar crítico nos alunos sobre a não neutralidade dessas ciências, tanto do ponto de vista ambientalista, como da evolução e benefícios resultantes do Desenvolvimento Científico Tecnológico.

Para desenvolvermos estes conteúdos fizemos a relação deles no contexto histórico e social ao longo da história.

Iniciamos esta aula com a problematização a partir do tema: **Nanociência e Nanotecnologia, uma nova revolução?** Esta frase foi colocada no quadro e a professora foi abrindo as discussões sobre o tema com os alunos, fazendo as anotações no quadro sobre os conhecimentos prévios. Isso foi feito com o objetivo de fazer uma investigação sobre o que eles sabem a respeito do tema, se conhecem alguma aplicação, algum produto que tenha sido produzido nessa minúscula escala. Neste momento a professora auxiliou os estudantes norteando a discussão para o tema central.

No segundo momento, houve uma reflexão histórica sobre o desenvolvimento da ciência, formando uma espécie de linha do tempo, com as principais aplicações e

desenvolvimento tecnológico até chegar na nanotecnologia. (Imagens no Apêndice A – Produto Educacional)

A linha do tempo foi importante para a inserção das grandezas físicas e uma revisão do uso dos prefixos e suas dimensões. Há ainda uma grande dificuldade em reconhecer ou enxergar, pois é muito subjetivo imaginar essas dimensões que fogem a nossa realidade do dia a dia. E ainda a conversão para notação científica e ordem de grandeza.

Feito isso, a professora entregou o questionário I aos alunos (apresentado a seguir), que o responderam a partir de uma pesquisa, atividade proposta como tarefa para casa.

Questionário I

- 01) É possível a manipulação da matéria átomo a átomo?
- 02) Trabalhando com uma escala nanométrica, as propriedades da matéria serão modificadas? Justifique sua resposta citando exemplos.
- 03) Quais conceitos ou áreas da Física podem ser relacionadas a escala nanométrica? Justifique sua resposta.
- 04) Quais as principais pesquisas que estão sendo desenvolvidas usando a nanotecnologia?
- 05) Sabe-se que as nanopartículas podem penetrar em órgãos e tecidos. Quais as consequências disso?
- 06) Como essas nanopartículas agem na água, no solo e na atmosfera?
- 07) Diante dos fatos discutidos e apresentados até aqui, qual o verdadeiro papel da ciência e da tecnologia? Você acha que elas são afetadas pelas vontades do cientista? Ou pela busca da sociedade? Ou que por serem ciências são neutras, imparciais de fatores culturais?

Aula 02 – Introdução dos conceitos de magnetismo

Iniciamos a aula com as discussões sobre o resultado da pesquisa na forma de um debate, deixamos um tempo (10 min) para as discussões. Para facilitar a visualização dos componentes da turma e facilitar a participação nas falas, mexemos na organização das cadeiras. Colocamos as cadeiras em formato de U.

As discussões foram realizadas com base nas respostas dos alunos, por meio de um debate com base no questionário I. Cada aluno falou sobre suas esperanças, medos e curiosidades a respeito do tema. Muitos mostraram incertezas quanto à manipulação na

escala nano, devido a mudança nas propriedades da matéria. Como podemos perceber pela pergunta feita por um aluno durante o debate do item 5.

Aluno A: “Como faremos se essas partículas entrarem na nossa pele? Nos tornaremos mutantes?”

Aluno B: “O que é feito com os materiais restantes das experiências?”

Aluno C: “Vamos ficar livres do câncer! Obaaa!”

Aluno D: “É da hora poder controlar os átomos, dominar o invisível”

Nesse momento retomamos a revisão de ordem de grandeza, transformações de unidade e uso adequado dos prefixos; discussões iniciadas na aula anterior. Estes conhecimentos são cruciais para a compreensão da escala nanométrica.

Durante as discussões sobre avanços nas pesquisas e aplicações fomos introduzindo os conceitos de campo magnético e suas propriedades, intercalando com as discussões de nanociência e nanotecnologia.

Chegamos ao ponto das evoluções científicas, ou seja, o quanto de inovações e novos aparatos haviam sido criados até o ano de 2018. Alguns alunos trouxeram pesquisas sobre o ferrofluido e sua influência na área da saúde, propriedades magnéticas na aplicação industrial, automóveis, autôfalantes. Isso nos possibilitou um gancho para inserir os conceitos de magnetismo.

Com isso, iniciamos a introdução dos conceitos físicos. Começamos pelos ímãs, suas propriedades magnéticas e o contexto histórico sobre os estudos desta área.

Com base nas contribuições de William Gilbert, trouxemos a interrogação abaixo:

Será a Terra um grande ímã?

Um dos alunos (boas habilidades em desenho) foi ao quadro e desenhou o planeta Terra, com isso iniciamos as discussões acerca dos polos magnéticos e também campo magnético.

Aula 03 - Aproximando os alunos da ciência e da tecnologia por meio de narrativas

Nesta aula os alunos foram reunidos em duplas para desenvolverem uma atividade por escrito. Esta atividade foi a elaboração de uma narrativa sobre o tema abordado na aula 1, ou seja, **nanociência e nanotecnologia e seus impactos na sociedade**. O texto

foi escrito com uma previsão ficcionista, com base nas discussões em sala e nas pesquisas realizadas pelos estudantes.

O texto deveria abordar uma linguagem criativa com os seguintes aspectos, considerando o tempo, o espaço e os personagens ou narrador:

- Sua opinião sobre o que são essas ciências.
- Onde a nanociência e a nanotecnologia são aplicadas.
- Quais os benefícios dessas práticas?
- Quais os riscos de manipular a matéria numa escala tão pequena?
- Como os conteúdos estudados nas aulas de Física afetam o seu cotidiano?

Aula 04 – Peculiaridades do nanomagnetismo

Nesta aula (aula expositiva) trouxemos a relação entre nanociência e o magnetismo, com uma visão geral sobre as propriedades magnéticas dos materiais na escala nanométrica e também a relação entre as ondas eletromagnéticas.

Para falarmos sobre ondas eletromagnéticas e suas características recorreremos as imagens, usadas na primeira aula. Além dos conceitos físicos abordados também foram discutidos o aspecto social deste fenômeno eletromagnético, na aplicação das comunicações e nanomedicina. Novamente usamos a revisão de ordem de grandeza e notação científica realizada na aula 1 e 2.

Como tivemos uma abordagem no campo da comunicação, optamos por tratar primeiro das ondas de rádio. E para a inserção da nanomedicina, resolvemos começar pelos raios X e raios γ e explicar o porquê de serem classificados como radiação ionizante e as suas relações com as células cancerígenas, da capacidade que possuem de interagir com as moléculas presentes nas células de tecidos vivos e terem a capacidade de destruir as células cancerosas ou estimular esta doença.

Após estas discussões, ainda na linha da evolução dos avanços científico-tecnológicos, inserimos noções básicas sobre as nanopartículas magnéticas e as suas aplicações na medicina, pois podem atuar como agentes de contraste em imagens de ressonância magnética nuclear, na separação magnética de células e ainda na terapêutica do câncer por magnetohipertermia.

Os assuntos da área da saúde foram os que mais envolveram nossos alunos, os motivaram a pesquisar, estudar e formular dúvidas e questionamentos para levarem até os (as) pesquisadores(as) do Laboratório de Fluidos Complexos na UnB.

Por isso após a apresentação das aplicações das nanopartículas magnéticas na medicina, é fundamental também destacar as suas possíveis consequências como é inflamação, destruição de células cerebrais e lesões pré-cancerígenas, devido à suas dimensões se assemelharem as das proteínas e do DNA.

Aula 5 – Como ocorre o desenvolvimento científico tecnológico? Há ou não neutralidade?

Esta aula foi realizada no laboratório de ciências, com o objetivo de responder a interrogação inicial feita pela professora: Como ocorre o desenvolvimento científico tecnológico? Há ou não neutralidade?

Para ajudá-los a responder estas perguntas, foi planejada a realização de 3 experimentos. Os 2 primeiros expositivos e o terceiro com a participação deles, em grupo.

A professora explicou que durante a apresentação dos experimentos, eles se colocassem em duas posições, a primeira era pensar como um cientista, a segunda como alguém que recebe o trabalho do cientista. Com o propósito de destacar se há ou não influência nas atividades realizadas.

Estas influências podem ser de natureza política, social ou econômica. Ou seja, o que motiva um cientista, ou pesquisador de uma empresa a criar algo? Esta escolha é livre? É neutra de todos os aspectos a sua volta? O que há por trás do desenvolvimento em CT?

Além de incitarmos as reflexões acima, também trabalhamos os conceitos físicos de forma prática, com três atividades demonstrativas: a primeira: propriedades dos ímãs, a segunda: campo magnético e terceira: ondas eletromagnéticas.

Como não temos materiais disponíveis na escola, resolvemos buscar meios alternativos com materiais mais acessíveis.

Esta atividade prática foi planejada a pedido da turma que queria muito uma aula prática, principalmente sobre o magnetismo na escala nanométrica. Como não poderíamos realizar este pedido na escola, realizamos estes experimentos mais simples e fizemos uma parceria com a Universidade de Brasília. Esta etapa será discriminada as aulas 6 e 7.

Segue abaixo os experimentos realizados na escola.

Atividade 1: Propriedades dos ímãs

Trouxemos 2 ímãs de tamanhos diferentes para que eles aproximassem um de cada vez em diversos materiais: borracha, papel, madeira, ferro, moedas, agulha. Depois fizemos um breve relato do que eles perceberam na interação desses e se o tamanho dos ímãs influenciava ou não. Discutimos por que a necessidade os produzir em diferentes tamanhos e formatos.



Figura 12: Propriedades dos ímãs.

Fonte: elaborada pela autora

Atividade 2: Mini bobina de Tesla

O intuito desta atividade foi demonstrar a existência de um campo magnético e sua variação. E que este campo magnético induz uma corrente elétrica na bobina capaz de gerar energia suficiente para acender uma lâmpada.

Qual a importância da interação entre a lâmpada e a bobina? Por que não há contato entre ambos? O que será que Tesla estava pensando ao criar este mecanismo? Transmitir energia a longas distâncias? O que isto mudaria na forma de nos comunicar? Será que suas contribuições influenciaram no estudo das ondas eletromagnéticas?

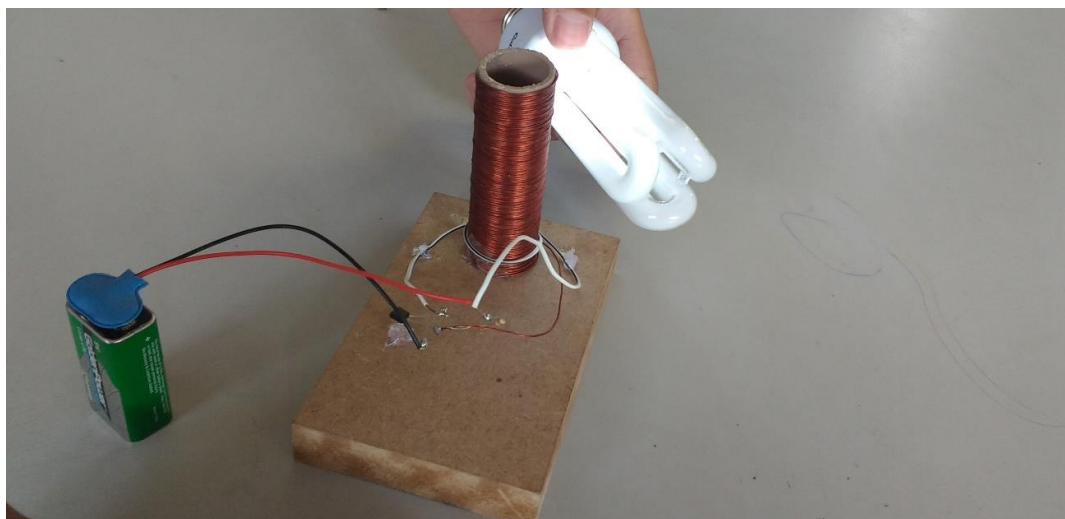


Figura 13: Mini bobina de Tesla.

Fonte: elaborada pela autora

Atividade 3: "Blindando" um celular

A terceira atividade foi retirada do portal do MEC para o professor, e foi realizada em grupo pelos alunos. Os materiais eram de fácil acesso, simples de manusear e uma compreensão simples da função das ondas eletromagnéticas e suas propriedades nos materiais.



Figura 14: Preparação do experimento: blindagem de um celular.

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>

Materiais utilizados

- Dois celulares que possam realizar e receber ligações;
- Caixa de sapatos;
- Sacola plástica (com tamanho suficiente para que a caixa de sapatos caiba dentro);
- Plástico para embalar alimentos (aproximadamente 20 x 30 cm);
- Papel alumínio (aproximadamente 20 x 30 cm).

Procedimentos e tarefas

1. Com os dois aparelhos celulares sobre a mesa, ligue de um para o outro verificando se eles estão funcionando.
2. Depois disto ser verificado, coloque um dos aparelhos dentro da caixa de sapato e, com o outro aparelho, ligue para o que está dentro da caixa de sapato. Anote se que aconteceu (o aparelho celular recebeu a ligação quando estava dentro da caixa de sapatos?).
3. Agora coloque a caixa de sapatos dentro da sacola plástica e repita o procedimento anterior anotando novamente o que aconteceu.
4. Retire o aparelho de dentro da caixa de sapatos e embale com o plástico para alimentos. Ligue novamente para o celular e anote o que aconteceu.
5. Por último, enrole o celular no papel alumínio. É importante que ele fique completamente embalado (sem nenhuma parte exposta). Agora realize a ligação e verifique o que aconteceu. Anote o resultado.
6. O que aconteceu com o sinal? Qual a importância das ondas eletromagnéticas para a comunicação? De que forma estes estudos contribuíram ou modificaram a forma das relações humanas?

Aula 6 e 7 – Visita ao laboratório na UnB

Esta etapa foi a mais esperada pelos alunos, pois no primeiro dia de aula foi avisado que eles iriam visitar o laboratório de pesquisa em nanociência da Universidade de Brasília (UnB), com o intuito de visualizar e interagir com os fenômenos discutidos

com a física de nanopartículas, assim como também conversar com os cientistas e se inteirar sobre as pesquisas nestas aéreas.

Elaboramos um termo de consentimento e autorização para que os pais assinassem e pudéssemos organizar o transporte e agendar a visitar, conforme mostramos no apêndice A.

Além de providenciar a organização do transporte, outro aspecto a ser considerado neste tipo de atividade é a alimentação. Organizamos o lanche para antes das atividades.

A visita foi realizada no período matutino e dividida em duas etapas.

A primeira foi assistir a uma palestra, realizada pelos pesquisadores do Laboratório de Fluidos Complexos (LFC), com o intuito de apresentar os fenômenos, as técnicas e aplicações na escala nanométrica das partículas magnéticas, dentre os assuntos abordados podemos destacar:

- a evolução dos nanomateriais (dos pós finos de Ouro usados nos vitrais das igrejas, as aplicações atuais de nanociência no campo de armazenamento de informação até o diagnóstico e tratamento de enfermidades);
- as características físicas diferenciadas dos nanomateriais, ou seja, o que muda da forma como conhecemos no cotidiano até a dimensão nano. Como funcionam suas propriedades magnéticas, óticas e químicas nesses materiais.
- os métodos de observação dos nanomateriais (Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) e a Difração de Raios X (DRX).
- as aplicações de nanopartículas tanto em sistemas biológicos, quanto na remoção de corantes de efluentes hídricos.

A segunda parte da visita consistiu em conhecer o Laboratório de Fluidos Complexos (LFC), cujo foco principal está na investigação da aplicação das nanopartículas magnéticas, com destaque para o ferrofluido. Foi uma visita guiada pelos pesquisadores para mostrar os equipamentos, as principais linhas de pesquisa e a realização de experimentos simples, mas que permitiram aos nossos alunos conhecer as características dos materiais investigados. Dentre elas foram apresentadas: pesquisas em síntese química de nanomateriais, espalhamento de raios X em baixo ângulo, propriedades magnéticas, propriedades óticas e remoção de contaminantes.

Nesta segunda etapa, dividimos as turmas em 5 grupos, de forma a fazermos um rodízio entre as atividades, um grupo foi conhecer os equipamentos, outro para área de aplicação de nanopartículas em sistemas biológicos, outro para o setor de espalhamento de raios X, experimentos e o quinto para a sala de discussões sobre os financiamentos das pesquisas.

Esta organização foi extremamente estratégica para garantir uma organização tanto no espaço e no tempo, assim como também permitir que eles tivessem um maior proveito da visita. O item sobre o financiamento foi inserido devido à necessidade dos nossos alunos conhecerem de onde vêm os recursos para o desenvolvimento das pesquisas, com destaque para o Brasil. Durante as nossas discussões em sala havia surgido esta curiosidade, então foi importante esclarecer que o financiamento das pesquisas no laboratório é realizado, em sua maioria, pelo governo brasileiro.

Sobre a visita, o que mais chamou a atenção dos nossos alunos foi a aplicação na área da saúde, a parte de apresentação da magnetohipertermia (MHT). Foi mostrado que quando é inserido a ação de um campo magnético variável sobre uma célula associado ao aumento da temperatura local poderá ocorrer a morte celular programada, e com isso aumentarmos a eficiência nos tratamentos por quimioterapia e/ou radioterapia devido a permeabilização forçada das membranas. Isso os envolveu tanto, que no retorno para casa, foi o principal assunto discutido no ônibus e também ganhou destaque na realização da última atividade, descrita na aula a seguir.

Aula 08 – Avaliação - Física e cultura: Construção de uma história em quadrinhos numa abordagem em CTS

A avaliação final foi a confecção de uma história em quadrinhos baseada na narrativa inicial (produção dos alunos), nas pesquisas realizadas, nas aulas assistidas e na visita ao laboratório da UnB.

Os estudantes fizeram esta última etapa na nossa semana de recuperação (primeira semana de julho). Neste período eles não eram obrigados a vir pra aula, apenas se estivessem com débito em uma determinada disciplina, no entanto, toda a turma, tanto do 3 A, como do 3 B, foi na aula de Física para a confecção das histórias em quadrinhos. Estavam motivados após a visita a UnB e isso os fez prezar o compromisso de ir finalizar o projeto.

Se empenharam a escrever, desenhar, rascunhar, pesquisar e o mais importante, quiseram dar o seu melhor nessas produções. Sentiram-se privilegiados com a recepção dos pesquisadores, da minha orientadora e de toda a equipe. Terem “toda a universidade” (assim como eles falaram) parada só para eles, deram a motivação necessária para escrever e produzirem bons trabalhos.

Nós como professores, pesquisadores, pessoas atuantes na educação e na transformação de vidas, principalmente na fase e em uma das etapas mais importantes da vida humana, a adolescência, momento de escolhas e decisões que podem influenciar toda uma vida, é imprescindível que tralhemos em nossas aulas, nas nossas falas e ações: a motivação! Este sentimento é o que nos leva a fazer qualquer coisa. Transmitir, tocar o nosso aluno com isso, fará com que ele possa acreditar que é capaz, se esforçar e ir muito mais além do que a família dele foi, do que a sociedade impõe, devido a condição social e financeira.

Discutir esses aspectos é uma forma de expandir o senso crítico dos discentes, e trabalhar com a educação pautada na perspectiva CTS nos permite fazer as conexões necessárias para isso juntamente com um olhar voltado aos conceitos científicos, as aplicações tecnológicas e seu retorno para a sociedade. E o mais importante, fazer com que o nosso aluno enxergue que ele está dentro deste processo e que se faz necessário intervir nessas transformações, opinar, pesquisar e também produzir. Incentivá-los a estudar ciência, tecnologia e saber também aplicar os conceitos estudados nas aulas de Física nas situações da sua vivência diária, e responder de forma prática a pergunta feita no primeiro dia de aula: “professora onde eu vou usar isso?”

Fazer um exame de raio X e compreender as aplicações das ondas eletromagnéticas, saber a função da corrente elétrica e da DDP no aparelho. Assistir ao noticiário na TV ou ler uma notícia na Internet sobre os nano robôs, ou pesquisas em nano sobre a cura do câncer e poder opinar sobre elas. Compreender que nossa ciência não está limitada, e que novas descobertas estão sempre surgindo e que com elas uma gama de fatores envolvidos, estes que podem ser de natureza política, econômica, um anseio da sociedade, e muitos outros. Perceber que todas as produções e o desenvolvimento não são neutros, mas enraizados por uma motivação.

Na nossa escola, atividade onde foi desenvolvida o projeto, uma comunidade humilde de Planaltina, mas muito unida, dotada de uma cultura muito acolhedora. Nossos alunos ali nos mostram o quanto é importante a união nos espaços de convivência. Um momento ímpar foi vivido por nós nesta experiência.

A visita, a palestra, as pesquisas em nano tiveram bastante impacto sobre esses alunos, todas as histórias em quadrinhos, chamaremos de HQ a partir de agora, falaram sobre o aspecto saúde. Eles mostram uma grande preocupação da ciência, tecnologia e suas implicações para nossa saúde. Fizemos diagramas com as categorias em análise e as HQs que se enquadram dentro destas. Estes diagramas se encontram na análise de dados e resultados.

Nesta atividade os alunos envolveram a produção científica e tecnológica numa perspectiva futurista a partir da nanociência e nanotecnologia, contrastando com o pensamento crítico desenvolvido a partir das aulas de Física, expondo as relações dessa produção com a sociedade e o meio ambiente. Fizeram o enredo dos quadrinhos a partir da pergunta abaixo:

Como você imagina o planeta Terra daqui a 50 anos e a vida dos seres humanos a partir do uso da nanociência e nanotecnologia?

Optamos por essa visão de longo prazo para vermos como eles estabeleceram as relações entre a tríade CTS, a partir de tudo que eles viram sobre Nanociência, nanotecnologia e como os conceitos de Física e seus fenômenos contribuem para o desenvolvimento dessas pesquisas.

Assim como também compreender e conhecer um pouco do papel dos cientistas em nossa sociedade e perceber que eles também podem participar e devem intervir neste processo. E que a educação tem a função de promover isso a eles.

4.3 Coleta e análise de dados

Esta pesquisa é de cunho qualitativo, e devido a tal característica adotamos um referencial metodológico que se fundamenta na Análise Textual Discursiva (Galiazzi; Moraes, 2011). A análise foi baseada nos seguintes dados: produção textual dos discentes, escritas a partir de discussões em sala e de pesquisas de casa; nos registros elaborados a partir da visita ao laboratório da Universidade de Brasília (UnB) com pesquisas em Nanotecnologia e Nanociência e das histórias em quadrinhos que os alunos elaboraram ao final da visita.

O alicerce da Análise Textual Discursiva é o processo de auto-organização da construção dos argumentos, em que estes nos trazem novas compreensões acerca dos fenômenos estudados, que de acordo com Galiazzi e Moraes (2011), surgem a partir de três (3) componentes, na seguinte sequência:

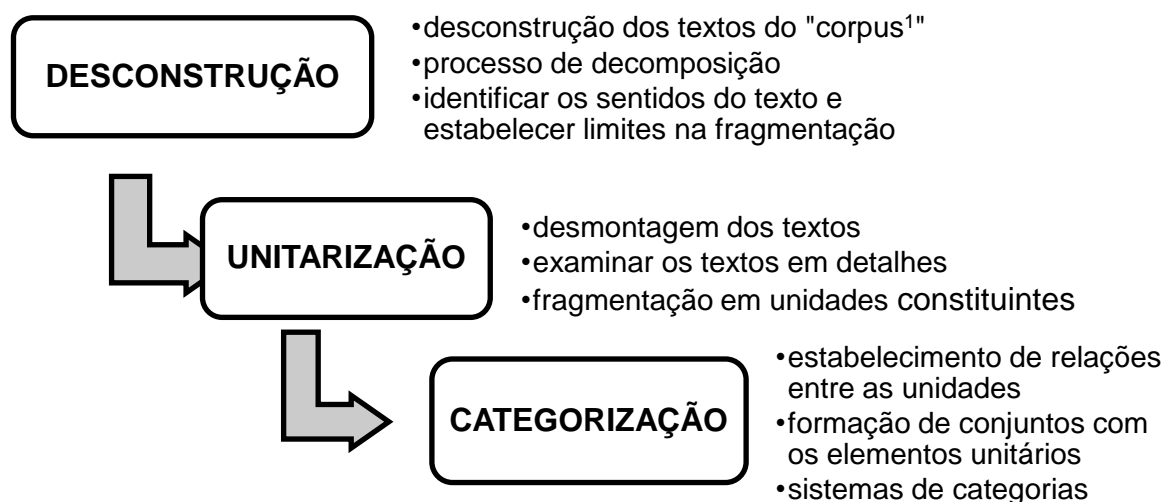


Figura 15: processo de auto-organização da construção dos argumentos.

Fonte: elaborada pela autora

O processo de análise é iniciado em dois momentos que se interligam pela dissociação das partes do texto, ou seja, a desconstrução e a unitarização. Nessa primeira etapa o pesquisador vai desmembrá-lo dando destaque aos detalhes, e unificar os elementos integrantes a fim de formar as unidades de sentido (unidades de significado). Para essa formação, os autores Galiazzi e Moraes (2011) indicam o uso de códigos que podem ser números ou letras da escolha do pesquisador, para classificar e ordenar os critérios do “corpus” analisado. Com isso estabelecer os critérios, que podem ser pragmáticos ou semânticos, para compor as categorias (tema), definidas previamente, durante ou construídas a partir da análise de acordo com a finalidade da pesquisa.

Ao desconstruir o texto é preciso que o pesquisador se envolva na leitura de forma mais profunda, pontuando os mínimos detalhes dessa produção, pois é esse engajamento que vai viabilizar um maior alcance e compreensões novas a partir dessa desorganização.

Essa desordem possibilitará uma exploração mais ampla de significados e vai gerar novas formulações a partir de unidades ordenadas, isso é feito de forma gradativa e de acordo com o entendimento do pesquisador.

Segundo Galiazzi e Moraes (2011, p.19), o processo de unitarização acontece de três formas distintas:

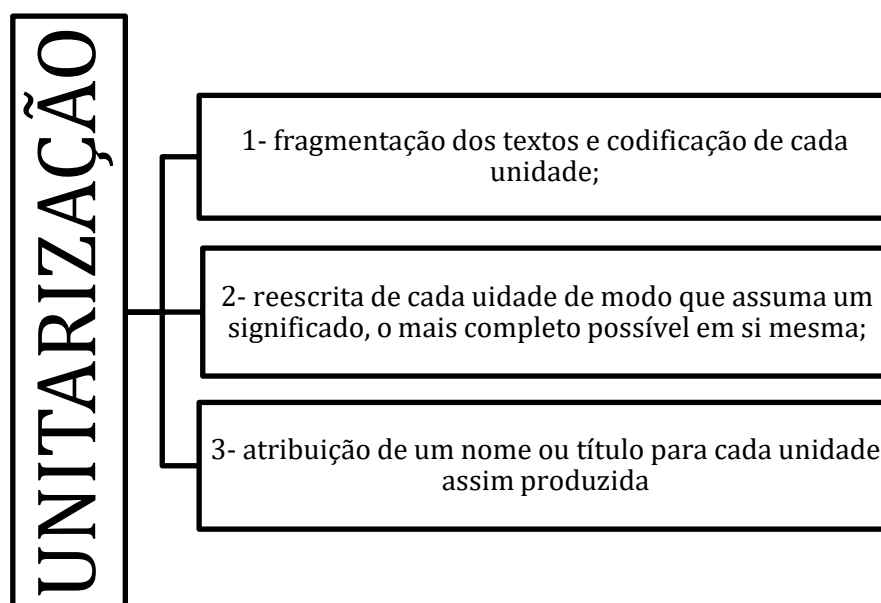


Figura 16: processo de unitarização.

Fonte: elaborada pela autora

A terceira fase da análise é constituída pelo processo de categorização. Nesta etapa é feito o agrupamento dos elementos semelhantes de cada unidade pelo método de comparação dos assuntos e significados para nomeá-las e defini-las à medida que serão construídas de forma mais precisa e gradativa.

De acordo com Galiazzi e Moraes (2011), o conjunto dessas categorias irá compor o metatexto, escrito sob novas compreensões do fenômeno analisado. Pode-se produzir a categorização a partir de vários métodos, o dedutivo, o indutivo e também o intuitivo.

As categorias produzidas com base no método dedutivo são criadas antes de examinar o “corpus”, fundamentam-se nas teorias que orientam a pesquisa. Já as que usam o método indutivo são construídas desde o desmembramento do “corpus”, no qual as unidades são confrontadas e comparadas, de forma a organizá-las do particular ao mais abrangente, chamadas também de categorias emergentes. E por fim, o método intuitivo, em que ocorre uma auto-organização capaz de gerar um conjunto de categorias pela intuição, em que o pesquisador analisa o fenômeno como um todo e vai além da racionalidade, baseando-se na em sua intimidade com o fenômeno em questão.

Um texto produzido com base nos resultados de uma análise textual discursiva é composto a partir de três elementos principais: **descrição**, **interpretação** e **argumentação integradora**. Esses componentes formam a teorização da pesquisa e são desenvolvidos de forma independente ao longo do texto (GALIAZZI e MORAES, 2011).

Diante destas características da Análise Textual Discursiva e considerando os aspectos envolvidos nas três etapas apresentadas, entende-se que esta metodologia é a mais adequada para esta discussão.

Capítulo 5

“Eu ouço e esqueço. Eu vejo e me lembro. Eu faço e entendo.”

Confúcio

Análises e resultados: reflexões e aprofundamentos da pesquisa

A partir da metodologia utilizada, dos referenciais teóricos com ênfase em CTS, em Nanociência e Nanotecnologia e a fim de facilitar a análise dos dados e construir os meta-textos estabelecemos seis categorias classificadas de A até F. Foram intituladas de acordo com a ideia central de cada uma, resultantes da interpretação dos dados. Nomeadas a seguir:

- A - Características da matéria
- B- Métodos/técnicas de observação da matéria
- C- Aplicações e usos
- D - Implicações e preocupação com o desconhecido
- E - Visão salvacionista
- F - CT neutras

Através do processo de desconstrução e desmontagem dos textos foi realizada uma leitura detalhada para definir as unidades de significados e codificá-las de acordo com as seis (06) categorias definidas a partir do referencial teórico e das atividades realizadas no período de aplicação da sequência didática. O método usado nesta etapa foi o **indutivo**, ou seja, antes de estabelecermos as categorias foi feita a leitura texto a texto, para assim definirmos as categorias conforme a escrita dos discentes.

O desmembramento foi realizado em cada parágrafo, levamos em conta a ideia central de cada um. A partir disso, escrevermos de forma crítica durante todo o processo de análise, pois Galiazzi e Moraes (2011) recomendam a produção de pequenos textos para cada subcategorias ou categorias, quando a pesquisa se fundamenta nos resultados em análises textuais discursivas. De acordo com eles é mais fácil construir um texto a

partir da análise de cada parágrafo, pois isso estabelece uma maior clareza e compreensão dos argumentos, criando assim um processo gradual e à medida que a escrita avançar teremos uma ideia mais precisa até compor o texto de forma integral.

Tais textos foram produzidos com base nas primeiras aulas da sequência, ou seja, antes da visita aos laboratórios da Universidade e também da palestra com os pesquisadores. Tiveram como base os conceitos trabalhados em sala e as pesquisas realizadas em casa.

Após este processo estabelecemos a relação entre as unidades por meio da formação dos conjuntos a seguir, criando uma comunicação entre os resultados e também a possibilidade de surgir novas aprendizagens e compreensões dos fenômenos analisados.

Os resultados da análise das produções textuais e das histórias em quadrinhos foram unificados e organizados de acordo com as categorias abaixo:

5.1 A - Características da matéria

Ao desenvolver cada categoria usamos os três elementos essenciais que compõem a análise textual discursiva, a **descrição**, **interpretação** e **argumentação**. Nesta categoria temos em evidência o aspecto descritivo voltado mais a parte conceitual de Física e suas aplicações na Nanotecnologia e na Nanociência e as suas capacidades de interferirem na matéria.

Nesta categoria tivemos seis unidades dentro dos 23 textos produzidos. Tais fragmentos se configuram em torno de pesquisas e desenvolvimento por meio da modificação das propriedades da matéria, é o que podemos observar nos fragmentos a seguir. Trazem um entusiasmo com os trabalhos realizados a partir da manipulação da matéria na escala nano e demonstram conhecimento de Física das partículas e a importância de aplicá-las. Como demonstra a produção textual 1 da dupla 1 (PT1 – D1):

“Em alguns anos atrás, Poh! Descobriram a nova, a famosa Nanotecnologia! Oh! O que é nanotecnologia? São ações de pesquisas, desenvolvimento que se baseiam nas propriedades especiais que a matéria exhibe, quando organizado a partir de estruturas com dimensões na escala nano. (PT1 – D1)

Na fala da terceira dupla, podemos perceber uma compreensão sobre o quanto que a matéria pode ser modificada quando explorada em dimensões menores que o átomo. Durante o desenvolvimento da proposta tivemos um momento só para tratarmos sobre ordem de grandeza, com o tema: uma viagem rumo à miniaturização, indo do macro ao

nano, para possibilitar uma noção aos alunos do que seria algo na ordem de 10^{-9} . É difícil para eles (e acreditamos que para a maioria das pessoas também) compreender algo dessa dimensão.

Eles ficaram bem envolvidos com a ideia de poder dominar o invisível, e logo associaram esse conhecimento às tecnologias apresentadas nos filmes de ficção científica. Como por exemplo: o filme do Harry Potter, onde o ator principal, Harry tem o manto da invisibilidade, esse acessório seria graças à nanotecnologia e o filme do homem de ferro, onde o empresário bilionário Tony Stark constrói uma armadura com superpoderes e capacidade de voar por meio da Nanotecnologia (campo magnético no interior da armadura). Podemos perceber a ênfase da dupla em uma questão futurística e fictícia quando trazem em sua escrita a palavra “telecineticamente”. A ficção científica foi um fator que eles associaram aos conhecimentos de Física e da Nanotecnologia.

“Sua manipulação na matéria tem a capacidade de controlar, transformar a matéria em si. Podendo a controlar telecineticamente ou manipular as moléculas ou nanopartículas atômicas de toda e qualquer matéria. (PT1 – D3)

Trabalhar com os avanços científicos-tecnológicos desperta o interesse e a curiosidade do aluno, explorar as aplicações juntamente com os fenômenos físicos envolvidos na escala nanométrica permitiu-lhes ver o quanto que a Física e a Ciência estão em constantes evoluções e que ainda há muito para ser explorado. No entanto é preciso estabelecer um paralelo entre os avanços e a história envolvida por trás de todo e qualquer desenvolvimento. E com a Nano não foi diferente.

A Física das partículas teve seu grande marco com a descoberta do elétron, em 1898, pelo físico britânico Joseph John Thomson, por meio do tubo de Crookes (adaptado). Tal descoberta deu origem a eletrônica, no século XX, e a miniaturização deu origem à microeletrônica. Pois a miniaturização faz parte do progresso científico, bem mais do que o aprimoramento de técnicas (JOACHIM e PLÉVERT, 2009).

Aqui é importante ressaltar que o elétron foi a resposta aos estudos sobre as magníficas descargas elétricas (os raios), que deixou por muito tempo a “pulga atrás da orelha” de vários cientistas: radiação ou partícula!? Eis a questão. Nesse momento é crucial despertar o lado crítico dos nossos discentes, guiar as discussões para a curiosidade pelos fenômenos, a busca por dominar a natureza, por melhoria da qualidade de vida, desenvolver ferramentas cada vez mais precisas fizeram vários cientistas irem aperfeiçoando novos conhecimentos e buscando novas técnicas.

Categoria A	Fragmentos da produção textual
Dupla 08	“Em meados do século XX, Richard P. Feynman, ganhador do Prêmio Nobel de Física, numa palestra, hipotetizou sobre uma possível manipulação da matéria e seu cerne, o átomo. A partir dessa ideia, inacreditável na época, surge as nanociências, com objetivo de revolucionar a ciência e tecnologia”.
Dupla 10	“Nanociência e nanotecnologia é a ciência que estuda a matéria em pequenas partículas, consegue dividir o átomo, em várias partes, conseguindo assim trabalhar com os princípios da Física Moderna”.
Dupla 17	“Essas áreas tem despertado grande interesse por ser de fonte renováveis, para obtenção de novas propriedades dos materiais modificados em dimensão nano, mas muitas vezes ocorre de essas matérias não serem de total biocompatibilidade com organismo humano ou até mesmo com a natureza.”
Dupla 18	“Comparadas com os estudos da Física no ano de 2018, houve grande revolução nos campos magnéticos na energia elétrica, assim rompendo barreiras que achavam que não alcançaria. Mesmo em meios a tantos riscos essa ciência veio para mudar totalmente as nossas vidas.”

Tabela 4: Produções textuais 1 contempladas na categoria A.

Fonte: elaborada pela autora

Podemos perceber nas partições citadas acima, a menção a conceitos físicos aplicados em tecnologia, em ciência, a partir da matéria em nanoescala.

Essa categoria foi contemplada em cinco HQs. A figura a seguir resume as HQs que mencionaram aspectos de natureza conceitual.

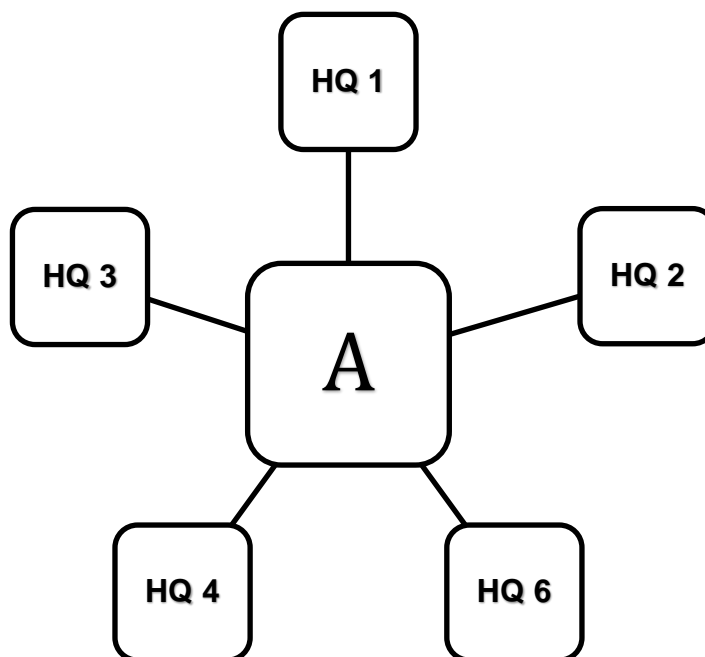


Figura 17: HQs contempladas na categoria A.

Fonte: elaborada pela autora

A HQ 1 traz como título: **A descoberta do tecido inteligente**, retrata colegas que buscam ajuda de uma cientista para encontrar roupas que não deixam transpirar. Um dos colegas tem uma irmã que trabalha com em um laboratório com nanotecnologia.

Aqui, eles falam sobre a propriedade da matéria na escala nano, como a estrutura é modificada e suas novas funções depois desta modificação no tamanho.

Personagem 1: “..., na verdade eu vim aqui por esse motivo. Gostaríamos de saber se você conhece algum produto ou algo do tipo que não deixe as nossas blusas absorverem tanto suor?”

Personagem 2: “Para a sorte de vocês eu conheço sim, são as roupas feitas com tecidos inteligentes.

Personagem 1: “Nunca nem vi. Como esse tecido funciona?”

Personagem 2: “Então, esse tecido é feito com a mais pura nanotecnologia, que é o controle da matéria em nanoescala, tanto na escala atômica quanto na escala molecular. O objetivo é elaborar estruturas estáveis e melhores do que a forma do objeto...”

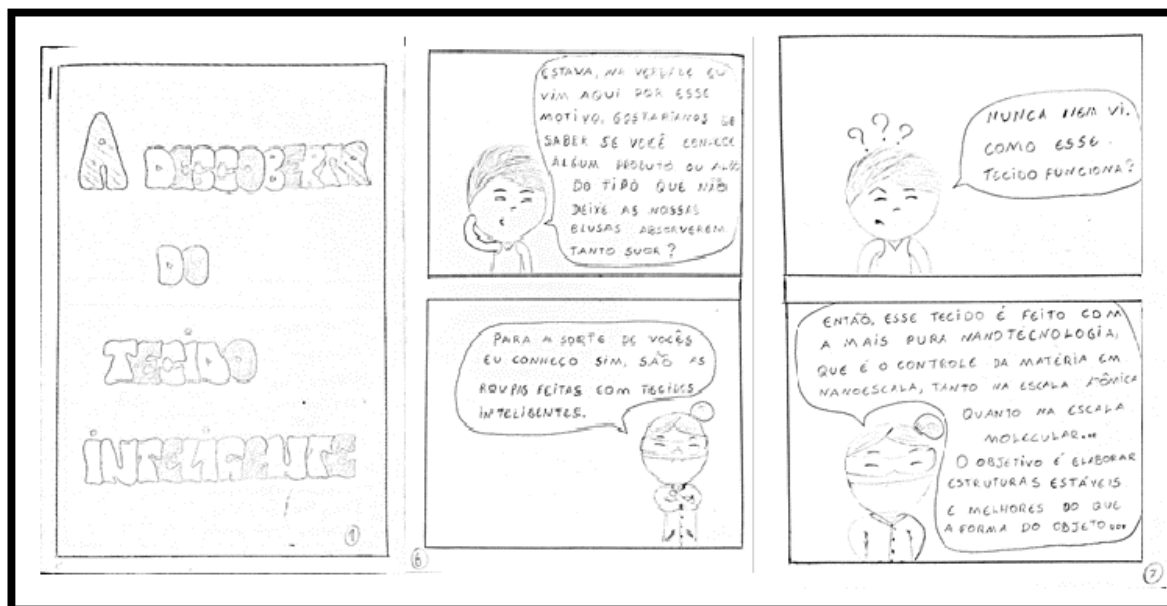


Figura 18: HQ 1- A descoberta do tecido inteligente – matéria em nano escala.

Fonte: Produção dos alunos (as) do 3º A e 3º B

Já na HQ 2, que tem como título **Nanociência e nanotecnologia: Batata e seu chulé**, esta categoria foi mais detalhada, desde a parte histórica do surgimento da ideia das nanopartículas, quanto a definição da escala nanométrica e suas aplicações em escalas diminutas. O enredo foi baseado em um dos problemas que aterroriza muita gente, principalmente, os adolescentes, o tão temido chulé.

Explicaram de forma mais lúdica que as propriedades dos materiais variam quando saem do mundo macro para o mundo micro, que as moléculas interagem de forma mais precisa, há uma ligação mais intensa e que por isso podemos alcançar resultados maiores e eficazes quando se trabalha com a manipulação em uma escala nano.

É o que podemos perceber nas falas dos personagens logo abaixo:

Personagem 2: “Nossa batata que chulezinho!”

Personagem 3: “Não fique triste batata, eu irei te ajudar, acharemos uma solução!”

Personagem 4: “Como vamos tentar?”

Personagem 3: “Então batata, lembro que ano passado fui em um passeio para a UnB com a minha professora de física. E lá aprendemos algo muito importante!”

Personagem 4: “O que é tão importante?”

Personagem 3: “A nanotecnologia e nanociência! É algo novo, a nanotecnologia, está relacionada aos “designs”, as caracterizações, as produções e aplicações de estruturas, dispositivos e sistemas que controlam formas e tamanhos na escala manométrica.”

Personagem 3: “A nanociência é voltada para a o estudo dos fenômenos e das manipulações de matérias em escala atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades diferem significativamente daquelas em escala maior.”

A HQ 3, **UNB em conhecendo a nanociência e nanotecnologia**, faz uma abordagem sobre a estrutura da matéria a partir da definição de molécula e átomos. Traz a ideia de controlar a matéria na dimensão do nanômetro e assim alcançar propriedades e avanços jamais vistos antes pelos cientistas. Trouxeram também um ramo importante da Física quando se manipula estas estruturas, o ferro fluido e o campo magnético.

Dos experimentos apresentados nos laboratórios de nanotecnologia o que mais chamou a atenção dos nossos alunos foi o de ferro fluido, devido suas aplicações e também a visualização do fenômeno. Os meninos fotografaram, perguntaram, ficaram maravilhados e isso “bombou” em suas redes sociais, naquela semana. Mostramos abaixo alguns trechos dessa HQ:

Narrador: “Molécula...pequenos agrupamentos de sequências variadas que compõe a estrutura da matéria...e sua composição...”

Narrador: “...átomos, centenas de bilhões de átomos. A menor coisa do mundo estando em escala nano. Parecendo algo inalcançável pelos cientistas...”

Personagem 1 (pref^o. André): “A nanotecnologia é o controle da matéria em nanoescala, escala atômica e molecular. Ativa no desenvolvimento de matéria e componentes para diversas pesquisas como medicina, eletrônica, ciências, ciência da computação e engenharia dos materiais.”

Personagem 1 (pref^o. André): “O ferro fluido é um composto líquido feito de nanopartículas de ferro misturado a um óleo e outras substâncias surfactantes que reage a campos magnéticos.

A HQ 4, **Nanorobótica**, neste trabalho os alunos fizeram uma comparação dos tamanhos em escala e nano escala e suas aplicações na dimensão do nanômetro aplicada a tecnologia dos robôs com sua capacidade de penetrar na matéria humana. Como

podemos notar neste: “um nano-robô terá proporções microscópica, com o tamanho seis vezes menor que um glóbulo vermelho, isto é, robôs menores que uma bactéria.”

Na HQ 6, **Pedrinho em a camisa mágica**, faz uma inserção da matéria em escala atômica de uma forma bem simples, numa linguagem bem acessível, é uma interpretação da nanotecnologia aplicada ao cotidiano, principalmente dos jovens e crianças.

Comparando as duas análises, podemos destacar que houve um aprimoramento quanto as definições, aplicações e termos técnicos sobre Nanociência e Nanotecnologia. Há também o reconhecimento sobre a mudança que ocorre nas propriedades dos materiais quando manipulados na dimensão do nanômetro. Outro fator em destaque aqui é o entusiasmo e a expectativa sobre o que se pode esperar dessas novas tecnologias e isso aumentou após a visita ao LFC da UnB. Mas dentro dessa euforia pelo futuro das aplicações em nano, se manifesta uma modesta preocupação com isso, é o que eles chamaram de “incompatibilidade” com os seres humanos e a natureza, ou seja, como será que essas novas estruturas irão interagir a longo prazo com o nosso organismo e com o meio ambiente?!

5.2 B - Métodos/técnicas de observação da matéria

Com o aprimoramento da ciência e da tecnologia foi possível a criação de instrumentos e ferramentas de pesquisa e, com isso, a invenção do microscópio de tunelamento com varredura (*scanning tunneling microscope - STM*) e do microscópio de força atômica (*atomic force microscope - AFM*). E, a partir desses dispositivos, poder controlar, manipular e explorar os materiais em uma nova dimensão, a nanoescala. Com isso o desenvolvimento de técnicas capazes de permitir a investigação de novas propriedades físicas e alcançar caminhos até então desconhecidos pelos pesquisadores, como a técnica litografia dippen (SHINN e MARCOVICH, 2009).

A partir dos fragmentos a seguir, é possível observar o uso dos termos sobre os métodos e observação da matéria e as novas propriedades na escala nano:

Categoria B	Fragmentos da produção textual
Dupla 01	“A Nanociência e a Nanotecnologia podem trazer vários benefícios como, pequenas mudanças na estrutura da matéria que pode gerar várias mudanças significativas em suas características físicas e químicas e permite o desenvolvimento de novos materiais e técnicas mais eficientes.”
Dupla 02	“A ciência e a tecnologia estão sempre evoluindo facilitando e ajudando com as pesquisas. É possível obter imagens de átomos e moléculas na superfície de uma tecnologia utilizando microscópios.”
Dupla 05	“Por fim, podemos citar o fato da existência de um campo de Nanociência na natureza em processos que funcionam de micro para nano escala produzindo nanodispositivos e nanomateriais.”

Tabela 5: Produções textuais 1 contempladas na categoria B.

Fonte: elaborada pela autora

Este tema, nano, é bastante interdisciplinar, pois perpassa várias disciplinas curriculares, devido a essa amplitude trouxe vários ganchos que nos permitiram planejar as aulas, estabelecendo ligações também com os conceitos de física trabalhado em séries anteriores, como por exemplo, origem de grandeza, os prefixos e suas aplicabilidades nas ciências, os instrumentos ópticos, como os microscópios, agora com um outro olhar, voltado a física moderna.

Compreender que à medida que se diminui a dimensão de um material, ou seja, que o tamanho é reduzido a dezenas ou menos de nanômetros, começam a surgir os efeitos quânticos e estes são capazes de mudar substancialmente as propriedades óticas, magnéticas ou elétricas dos matérias e assim começam a exercer uma nova função (PEIXOTO, 2013).

Tercer essa rede de comentários, principalmente na terceira série do ensino médio, é ajudar o nosso aluno a expandir sua visão, de forma a interligar os assuntos estudados e começar a fazer isso em outras áreas de sua vida também. De forma a romper os preconceitos estabelecidos, ou criados ao longo da jornada estudantil, de que a física é difícil, não é entendível, e que o trabalho dos cientistas e pesquisadores está muito longe de sua compreensão.

Uma das nossas missões como professores de ciências, em especial de física, é romper paradigmas.

Essa categoria foi contemplada em três HQs. A figura a seguir resume as HQs que mencionaram métodos/técnicas de observação da matéria.

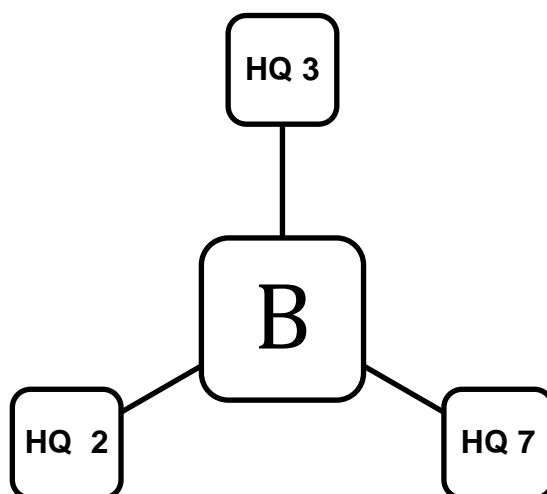


Figura 19: HQs contempladas na categoria B.

Fonte: elaborada pela autora

A HQ 2, **Nanociência e nanotecnologia: Batata e seu chulé**, tem alguns fragmentos de textos que se enquadram na categoria B, quanto a observação das propriedades da matéria. Ao citarem as nanopartículas nos quadrinhos, estes termos estão associados a um cientista.

Está implícito no texto o reconhecimento de profissionais e aparelhos para a observação e aplicação destes matérias. Assim como também a interação das nanopartículas com as bactérias que causam o chulé.

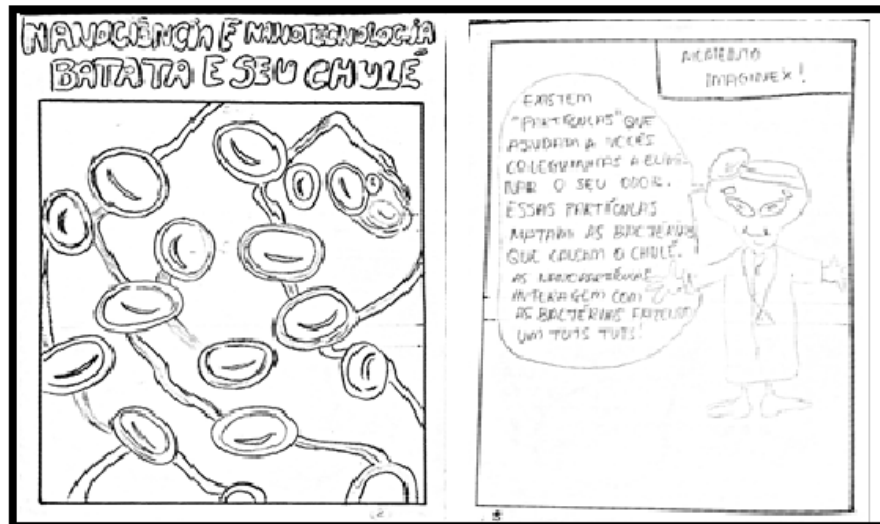


Figura 20: HQ 2- Nanociência e nanotecnologia: Batata e seu chulé

Fonte: Produção dos alunos (as) do 3º A e 3º B

A HQ 3, **UnB em conhecendo a nanociência e nanotecnologia**, apresenta a importância do uso do microscópio de varredura por tunelamento para se trabalhar em escala nanométrica. Com destaque para a tecnologia dos nanorobôs.

Personagem 1 (prof. André): “...mas como fazemos para enxergar algo tão pequeno?”

Personagem 1 (prof. André): “Com o uso do microscópio de varredura por tunelamento podemos ver até a escala nanométrica...com ele podemos conseguir desenvolver os tão sonhados nanorobôs...”

Na HQ 7, **A busca pela cura**, retratam o uso do microscópio eletrônico e a aplicação dos nanorobôs em um tratamento contra o câncer. Nanorobôs feitos de nanopartículas de magnetita serão inseridos dentro do corpo do paciente. Onde estes robôs diminutos irão superaquecer as células cancerígenas e assim destruí-las.

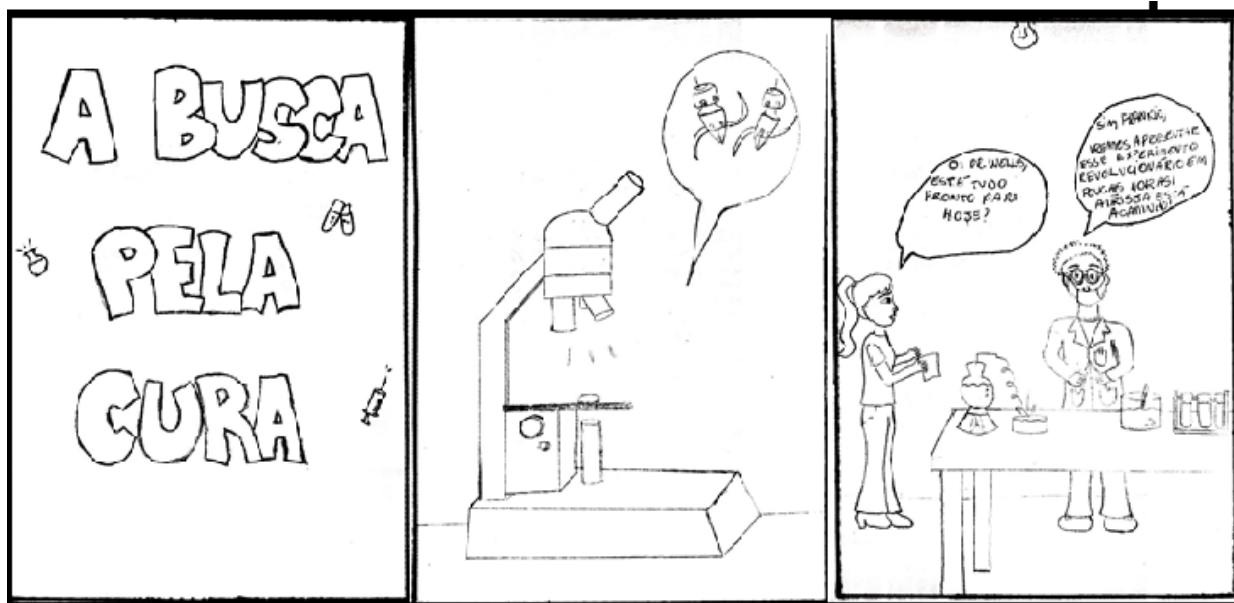


Figura 21: HQ 7- A busca pela cura

Fonte: Produção dos alunos (as) do 3º A e 3º B

Tanto nas produções textuais como na construção das HQs nossos alunos reconhecem a necessidade de novos instrumentos e novas técnicas para podermos visualizar, estudar ou trabalhar com materiais em tamanhos nanométricos. E que quando estão nessa dimensão suas propriedades físicas e químicas exercem uma nova função. Na produção 2, ou seja, nas HQs há uma aproximação (podemos até ousar em dizer, uma intimidade) com o trabalho realizado por cientistas e pesquisadores e ainda a especificação no tipo de microscópio utilizado quando citam em seus trabalhos o microscópio eletrônico de varredura. Quanto aos aspectos científicos-tecnológicos, ainda há evidências em suas falas de que a ciência e tecnologia são criadas com a função de nos ajudar, mas já conseguem reconhecer que ambas são um processo e que estão em constantes transformações.

5.3 C - Aplicações e usos

As teorias nos mostram e as pesquisas comprovam as inúmeras aplicações e usos da nanotecnologia. Trazem para a humanidade as novas propriedades dos materiais quando manipulados átomo por átomo, na busca incansável pelo processo de miniaturização, na tentativa de encontrar as mesmas funções da matéria numa escala diminuta.

Esta aplicabilidade se dá nas diversas áreas do conhecimento. Áreas de eletrônicas, optoeletrônicas, tecnologias de informação e comunicação (TICs), dimensões rigorosas à cerca do tamanho, na exploração de novas tecnologias em busca de benefícios econômicos e maior desempenho. A bionanotecnologia e a nanomedicina, usam máquinas complexas e funcionais em nano escala para controlar e regular os sistemas biológicos. Envolvendo as ciências químicas, físicas e biológicas, por meio de técnicas e processos de nanofabricação de autoagrupamento molecular, produz materiais e dispositivos como tecidos e armações celulares, motores moleculares, transporte de medicamentos, aplicações mecânicas e ainda biomoléculas para sensores (PEIXOTO, 2013). Podemos ver, através dos fragmentos de textos a seguir, que estas aplicações chamam a atenção dos nossos alunos.

Categoria C	Fragmentos da produção textual
Dupla 01	“A Nanociência é de grande importância, pois ela vem contribuindo em várias áreas, como medicina, educação, no consumo humano. A Nanociência e a Nanotecnologia vêm se tornando cada vez mais frequentes na comunicação, seja em meios eletrônicos, digital e escrito.”
Dupla 03	“Podem ser aplicadas em diversas áreas, Física, Química, Física Quântica. Numa escala nanométrica, as propriedades das matérias são modificadas. A nanopartícula está sendo desenvolvida na medicina, e em ferramentas e aparelhos como band-aid e a palmilha do tênis e também nas camisinhas para o combate das doenças sexualmente transmissíveis.”
Dupla 05	“Os feitos dos ambos estão ligados ao nosso dia a dia, existem muitos objetos que usam os compostos produzidos em escala nanométrica, sendo uma boa parte encontrada em casa, no creme dental, no band-aid, talco para os pés e outros”
Dupla 06	“A Nanociência e a Nanotecnologia é uma ciência que está evoluindo com o passar dos anos. Elas estão no nosso cotidiano, como no setor alimentar até nos maquinários. Não sei muito, mas na aula de Física aprendi que ela está no nosso cotidiano, assim como no band-aid, na camisinha, no carro e eu não sabia, aprendi nas aulas de Física.”

Dupla 10	“Podendo assim atuar em várias áreas como saúde, tecnologia, nas produções industriais. Já temos Nanotecnologia em vários preservativos, curativos, motores, máquinas, etc... Esses conteúdos nos trazem conhecimento de pesquisas feitas por todo o planeta, são conhecimentos importantes que abrange vários aspectos tanto na evolução das indústrias quanto na saúde”.
----------	--

Tabela 6: Produções textuais 1 contempladas na categoria C.

Fonte: elaborada pela autora

Esta categoria, engloba quase todas as produções textuais, a aplicabilidade das pesquisas em nano foi um dos aspectos que mais envolveu nossos educandos nesta sequência de aulas. Principalmente no uso em coisas simples que temos em casa, como o creme dental, o curativo “band aid”, que é bem popular no uso doméstico, nos tênis, nos cosméticos, maquiagem, dentre outros. O mais bacana é a expressão nos rostos deles, “é sério professora?”. A sensação da descoberta é uma das melhores que podemos despertar em nossos alunos.

Podemos perceber o reconhecimento desses aspectos na fala abaixo retirada da narrativa da dupla 17, tanto no que diz respeito as nanopesquisas quanto as leis da física.

“Hoje em dia temos a ideia de que a Nanotecnologia e a Nanociência são aplicadas em várias áreas, como: nos filmes, chips, cápsulas de remédio, lentes de contato, transporte, entre outros. Podemos citar vários benefícios dessas ciências, um exemplo disso é a medicina que vem evoluindo bastante na cura de doenças como câncer, AIDS, dengue, febre amarela, entre outros. O controle remoto de televisão é outra grande evolução na parte da Nanotecnologia, antigamente nós tínhamos que se levantar para ligar, trocar de canal e aumentar o volume, já agora não precisamos nem se levantar do sofá. Os conteúdos estudados nas aulas nos fazem refletir sobre algumas coisas como o simples fato de ligarmos o micro-ondas e a comida já sai quente, isso acontece por causa das ondas eletromagnéticas...” (PT1 – D17)

Um cálculo, uma equação, ou análise de gráfico, muitas vezes não fazem sentido algum para eles, no entanto vê e reconhecer a aplicação de uma lei física, ou fenômeno que acabaram de estudar, traz aquela sensação que tínhamos lá no jardim de infância, “a da descoberta”, pois é algo que os motiva a querer aprender mais, pois verificam a nossa fala quanto educadores, que a física e suas leis estão presentes em tudo ao nosso redor.

Essa categoria foi contemplada nas sete HQs. A figura a seguir mostra que todas as HQs mencionaram as aplicações e usos da Nanociência e Nanotecnologia.

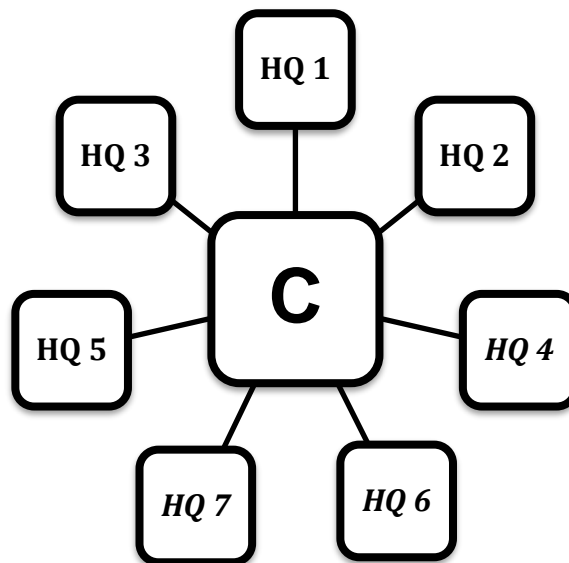


Figura 22: HQs contempladas na categoria C.

Fonte: elaborada pela autora

Todas as HQs contemplaram a categoria C sobre as aplicações e usos da nanotecnologia. A HQ 1 trouxe a aplicabilidade da nanotecnologia nos tecidos das roupas, retratando a interação das nanopartículas com os micro-organismos e proteção contra o suor.

A HQ 2 traz a aplicação da nanotecnologia voltada também a saúde e bem-estar, a partir da utilização das nanopartículas no combate ao chulé.

Personagem 4: “Quando surgiu? como isso é relacionado? Como vai me beneficiar?”

Momento imaginex!

Personagem 5: “Existem “partículas” que ajudam a vocês coleguinhas a eliminar o seu odor. Essas partículas matam as bactérias que causam o chulé. As nanopartículas interagem com as bactérias fazendo tuts tuts!”

Personagem 3: “Surgiram em meados do século XX. Elas estão relacionadas a diversas áreas do conhecimento humano (engenharia, física, química, biologia, eletrônica, computação e medicina).”

Personagem 3: “Os benefícios são diversos, pois estão entre nós. Renda- se! Ela está nos preservativos, remédios, comunicação e outros!”

A HQ 3, cita uma aplicação do ferro fluido na medicina, no contraste em exames de ressonância magnética, em motores, em esculturas como a da japonesa Sachiko Kodama.

A HQ 4 faz uma abordagem da nanorrobótica, traz a grandeza do nanômetro aplicada as máquinas, em especial aos robôs. Esta aplicabilidade, nesta produção textual, foi voltada aos tratamentos com o intuito de combater os vírus e as bactérias e ainda serão capazes de interagir e interferir nos nossos neurônios, por intermédio dos nanosensores.

Na mesma linha da nanomedicina, a HQ 5 fez uma referência a nanotecnologia no tratamento de pessoas paraplégicas, onde fios metálicos se conectam com o corpo humano, reagem com o nosso organismo, e façam uma conexão entre o corpo humano e uma prótese, de forma que os membros inferiores respondam a esta ligação e a pessoa volte a andar normalmente, assim como como mostra a fala da personagem “essas próteses utilizavam-se de nanotecnologia para funcionar, já que os fios que conectavam-se diretamente ao meu sistema nervoso, funcionam como uma extensão do meu corpo.”

A HQ 6 citou as aplicações gerais da nano nos cosméticos, filmes, nos eletrônicos, fez uma inferência sobre a aplicabilidade no tratamento de doenças e, de forma semelhante a HQ 1 trouxe o uso dos tecidos inteligentes, uma blusa que permanece sempre limpa, pois as partículas que a constitui são resistentes e impermeáveis e assim os personagens da história podem brincar eternamente sem se preocupar em sujar a roupa. A HQ tem como título: **Pedrinho em a camisa mágica.**

E na HQ 7 a turma frisou uma possível cura do câncer por meio do tratamento com nanorrobôs que superaquecem as células cancerígenas utilizando nanopartículas de magnetita em altas temperaturas.

Ao compararmos as duas produções nesta categoria notamos que a produção inicial trouxe as aplicações e usos de uma forma geral, abrangendo todas as áreas do conhecimento e o reconhecimento de algumas em seu cotidiano, ou até mesmo uso diário, como o creme dental, o curativo “band aid”, os cosméticos, dentre outros. E que após a visita e conversa com os pesquisadores e cientistas, a produção final (HQs) foi voltada a aplicações específicas, com predominância a área da saúde, como uso destes novos conhecimentos e técnicas para combater o suor, o chulé e o câncer.

5.4 D – Implicações e preocupação com o desconhecido

Sabemos que o progresso científico-tecnológico é indispensável para o desenvolvimento humano, que seus benefícios na facilitação por meio dos eletrodomésticos, transportes, combustíveis, meios de comunicação, fármacos e procedimentos médicos são necessários para melhorar a qualidade de vida e as nossas condições de trabalho com o auxílio das máquinas. Em contrapartida deve haver um equilíbrio entre esses avanços, técnicas e suas implicações nos seres humanos, no meio ambiente, envolvendo aí a fauna e flora e nossa fonte principal de vida, a água, quando nos deparamos com o uso do desconhecido ainda por nós, neste caso os limites da nanotecnologia.

Assim como agora temos a Nanotecnologia, já tivemos o DDT e suas consequências desconhecidas a priori, com sequelas que perduram até hoje, Rachel Carson, traz em seu livro *Primavera Silenciosa* um relato com comprovações em pesquisas sobre as consequências e as transformações no meio ambiente ocasionadas com o uso exagerado desse inseticida.

Segundo a autora em 1930, nos Estados Unidos, uma doença conhecida como grafiose do ulmeiro, gerada por um fungo, que envenena a árvore, entupindo os vasos de forma que os galhos machucam até a planta morrer. A doença se alastrou de árvore em árvore por intermédio de besouros. Então para controlar a doença iniciou-se, em 1954, um processo intensivo de pulverização com inseticidas no combate do inseto hospedeiro e depois a outros insetos como a mariposa-cigana, mosquitos, dentre outros, espalhando uma chuva de produtos químicos.

Com o passar do tempo, foi observado que as aves estavam morrendo, os pássaros que chegavam na região também morriam, até que estavam praticamente extintos todos os pintarrosos (pássaro típico da região) e todas as aves sofrendo com os mesmos sintomas: perda de equilíbrio, seguida de tremores, convulsões e morte. Mas em 1958 o mistério foi desvendado pelo dr. Barker em sua tese de doutorado. Ele conseguiu provar que o motivo da “primavera está silenciosa” foi o envenenamento das aves pela pulverização com o inseticida DDT. Isso matou não só as aves, mas as aranhas e até os insetos polinizadores, alterando o bioma natural (CARSON, 2010).

O uso deste pesticida, que como diria a bióloga Carson, deveria ser chamado de biocida trouxe malefícios para todo o planeta, pois o período de sua contaminação não foi

analisado. Sobre as implicações e preocupações com o lado desconhecido da ciência e de suas aplicações tecnológicas, apresentamos os fragmentos textuais que apresentam manifestos nessa perspectiva.

Categoria D	Fragmentos da produção textual
Dupla 08	“ Porém, não se sabe quais as consequências do uso descontrolado das Nanociências, podendo causar danos irreparáveis à natureza e, até mesmo, ao DNA humano”.
Dupla 09	“Por volta de 2030 prof. Xavier estava em seu laboratório desenvolvendo uma Ciência que mudaria a sociedade, mas o inesperado aconteceu, houve uma grande explosão por conta da má utilização de uma nova tecnologia”.
Dupla 14	“Após a evolução da Nanotecnologia, que é uma ciência que trabalha com a manipulação da matéria em escalas atômicas e moleculares, nós humanos perdemos o controle, criamos máquinas e dispositivos tão pequenos que em certo momento não fomos capazes de controlá-los. Fazendo com que houvesse transformações no DNA da população, multiplicando células e assim grande parte da população desenvolveu diversos tipos de cânceres.”
Dupla 20	“Nos estudos sobre o transplante da cabeça de John, os cientistas detectaram grandes riscos, pois o corpo hospedeiro pode não se adaptar com cérebro ou o cérebro não adaptar ao corpo, e também as Nano partículas interferiria nas células do cérebro levando em uma morte repentina.”
Dupla 21	“Todas essas mudanças ao longo dos anos, acarretaram visíveis melhorias na condição e na expectativa de vida do ser humano, porém ao alimentar a tecnologia, a natureza chora pedindo socorro! O ser humano busca cada dia novas experiências, novos projetos, querem incansavelmente um lugar que se possa chamar de Jardim do Éden. Mas, estão transformando o nosso lar em um planeta feito de máquina, e se continuar assim, um dia não haverá vida humana, a tecnologia será a nova forma de vida.”

Dupla 23	“Nascido em 2073, eu descobri que havia desenvolvido uma doença genética aos 20 anos de idade, no começo foi difícil, mas não me deixei levar por esse duro destino. Anos se passaram, depois de tantas análises e consultas foi descoberto que eu estava infectado com lixo tecnológico mais especificamente da Nanotecnologia. Fazia todo sentido, pois eu era apaixonado por Física e tecnologia. Estava trabalhando em um projeto que a envolvia, mas não sabia do que ela era capaz.”
----------	--

Tabela 7: Produções textuais 1 contempladas na categoria D.

Fonte: elaborada pela autora

As narrativas foram escritas sob uma perspectiva futurista, em que poderiam usar uma previsão ficcionista, sendo fundamentadas nas discussões em sala, nas pesquisas realizadas pelos estudantes e também nos conteúdos de física. Por isso vemos datas futuras nos fragmentos de texto acima.

Analisando esta unidade, na tabela 8, verificamos uma convergência entre as duplas sobre a preocupação com a saúde, a possível modificação genética e o controle das máquinas interferindo nas relações humanas.

Na fala da dupla 15, há o argumento do distanciamento humano por conta do uso da tecnologia, vendo sob a ótica social, isto também mostra um dos desabafos durante os debates em sala. As discussões e posicionamentos se deram sobre o uso descontrolado das redes sociais, que mantêm contato com pessoas desconhecidas e distanciam as pessoas mais próximas, promovendo a comunicação virtual e fragilizando a comunicação pessoal (interação física).

“Nunca imaginei que o mundo pudesse ser assim, carros voadores, pessoas que não mais se comunicam boca a boca, um mundo sem sentimentos, a Nanotecnologia dominou tudo, uma construção que antes demorava 5 anos, agora pode ser feita em 5 dias. Não existem doenças sem cura aqui, mas mesmo assim as pessoas morrem antes dos 80, talvez essa Nanociência não seja tão boa assim.” (PT1 – D15)

Usando aqui o método da análise textual discursiva, faremos uso de um dos elementos essenciais durante o processo de análise, a interpretação. Partindo deste pressuposto podemos inferir que houve uma associação com base no que eles conhecem e vêm sobre uma aplicação tecnológica bem presente em suas vidas, que é o uso da

internet e a redes de comunicação social. Foi estabelecido uma associação ao futuro desenvolvimento da nanotecnologia e suas possíveis implicações na vida humana.

Outro aspecto relevante que foi observado aqui, a preocupação geral sobre a saúde e com destaque para um tipo de doença, o câncer. Nos fragmentos mencionados na tabela acima há uma intersecção sobre a reação das partículas nano, resultantes dos experimentos, do descarte do lixo, materiais no nosso convívio e a reação das células do corpo humano. Fica uma pergunta entre as entre linhas dos textos dos nossos alunos: haverá realmente mutações genéticas no organismo humano? Como serão estas anomalias?

Essa categoria foi contemplada em duas HQs. A figura a seguir mostra as HQs que trazem implicações e preocupações quanto as possíveis consequências do uso da Nanociência e nanotecnologia.

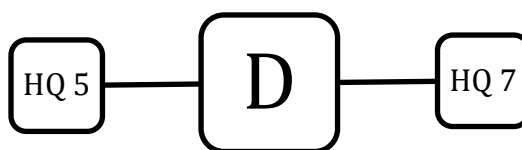


Figura 23: HQs contempladas na categoria D.

Fonte: elaborada pela autora

A HQ 5 trouxe uma preocupação com as aplicações das novas tecnologias por meio da nano e as suas possíveis consequências, quando essas estruturas interagem diretamente no tecido humano.

O enredo trata sobre uma jovem que perdeu as pernas em um acidente de carro e topa participar de um programa que se propõe a ajudar pessoas por meio de tratamentos novos com nano, no entanto, ela descobre que era uma cobaia nas mãos dos cientistas. E que os materiais usados no seu corpo deixaram sequelas irreversíveis. A turma retratou a revolta da personagem sobre o uso de técnicas e materiais desconhecidos em humanos sem saber as consequências.

A HQ 7 tem uma interpretação dramática quanto a preocupação das possíveis falhas da nanomedicina. O enredo traz a história de uma jovem de 17 anos que tem câncer no estômago e encontra um cientista que promete curá-la por meio da nanotecnologia aplicada à medicina.

No entanto, os procedimentos têm efeitos colaterais quando os nano partículas (os nanorrobôs) constituídas de magnetita entram em contato com as células infectadas. A personagem, Íris, sofre uma mutação genética, tem seus olhos, pés, e mãos modificados, enquanto o seu corpo perde massa e muito líquido.

O quadrinho retrata as incertezas dos estudantes quanto a interação das nanopartículas com o corpo humano. Existe uma preocupação de como a equipe dos cientistas, governo irão tratar com os resultados das experiências e suas implicações futuras.

As duas produções são semelhantes quanto a preocupação sobre a interação das nanopartículas com o organismo humano, devido a suas dimensões se aproximarem da molécula do nosso DNA, especificamente com as doenças do conjunto do câncer . Estão voltadas as implicações na área da saúde e do meio ambiente, e as consequências para as relações sociais quanto o uso intensivo das máquinas a longo prazo.

5.5 E - visão salvacionista

Os avanços na ciência e o desenvolvimento da tecnologia nos proporcionaram melhorias nas técnicas de produção, na integração global, como a revolução industrial e um marco da física, as máquinas térmicas, que impulsionaram um novo modo de vida e transformou os meios de transportes, porém com estas novas produções vieram os aglomerados urbanos, monopólio do poder, submoradias, aumento de doenças e ainda a poluição do ar.

Embora estes paralelos existam, a maioria da população ainda tem a ideia de que no desenvolvimento científico-tecnológico esteja a solução de todos os problemas sociais. Por isso estabelecer esses conflitos de ideias durante as aulas de ciências é imprescindível para criar e fortalecer um pensamento crítico e reflexivo em nossos alunos.

Assim como a mistura heterogênea (água e óleo) a ciência e a tecnologia, de acordo com Dagnino, são percebidas como algo adverso do contexto sociopolítico. De forma a se desenvolverem linearmente em busca da verdade, que se reproduz sem a influência de fatores externos, de modo universal e inexorável. Em que somente existe

uma espécie de diferenciação de tecnologia, como uma substituição de uma tecnologia obsoleta por uma superior, mais moderna, como diz o autor um “darwinismo tecnológico” onde sobreviverá a tecnologia mais eficiente (DAGNINO, 2008).

Sob esta perspectiva colocamos na tabela abaixo os principais fragmentos do texto que compõe o corpus:

Categoria E	Fragmentos da produção textual
Dupla 03	“Por exemplo: sabemos que os computadores ficarão cada vez mais rápidos e os materiais mais fortes e que a medicina vai curar mais doenças”
Dupla 07	<p>“No meu ponto de vista os cientistas estão criando uma nova tecnologia mais avançada para evolução do mundo, e resolver os seus problemas com mais facilidades e mais eficaz para as pessoas”.</p> <p>“Estimula a pessoa querer aprender mais sobre a Física e também a Nanotecnologia, porque as tecnologias boas e avançadas por exemplo da medicina de fazer cirurgias com robôs para ficar mais práticas para os pacientes e mais chance de vida e mais pessoas irão querer fazer mais esses procedimentos”.</p>
Dupla 08	“Recebendo grande atenção no século XXI, será de enorme importância para as futuras décadas. Através delas, será possível o aprimoramento de técnicas em diversas áreas. Por exemplo, a cura do câncer, materiais mais resistentes.”
Dupla 09	“Após anos houve o desenvolvimento da pesquisa de prof. Xavier, onde foi efetivada a conquista da cura. Com ela inserida na sociedade, os casos de doenças foram diminuindo e prof. Xavier junto dos cientistas ficaram conhecidos por terem descoberto a cura, então ganharam o Prêmio Nobel, e o mundo ficou agradecido”.
Dupla 10	“A Nanociência e Nanotecnologia estão nos quatro cantos do mundo, esses conhecimentos evoluem com o tempo e cada vez mais descobrimos benefícios trazidos por eles.”

Dupla 11	<p>“Há um ano atrás, em 2017 Joao, um cientista preocupado com a saúde de sua filha, descobriu uma nova tecnologia chamada de e Nanotecnologia. Ele aprofundou sua pesquisa e descobriu que a Nanociência está desenvolvendo novos métodos para combater doenças sem cura, exemplo, o câncer e DST. E a Nanotecnologia são equipamentos super avançados.</p>
Dupla 13	<p>“Hoje no ano de 2300 a Nanociência foi bem útil para o mundo, ajudou, no desenvolvimento intelectual, sem a ciência jamais a gente iria evoluir.”</p> <p>“A Nanotecnologia hoje ajuda contra várias doenças, hoje no futuro com a Nanotecnologia conseguiu desenvolver o tratamento contra o câncer, e hoje salvam muitas vidas.</p> <p>“E essa ciência afeta nosso cotidiano com remédios, com celular, com a luz, com os transportes, e hoje em 2300 a vida está bem melhor do que os anos 2000 graças a ciência.”</p>
Dupla 14	<p>“É possível notar que o desenvolvimento dessas ciências e da Física em geral, trouxe-nos benefícios, como a eletricidade em todos os lugares do mundo, logo, facilitando os meios de comunicação entre as pessoas e nações; a blindagem eletrostática nos carros que nos protegem dos raios, entre várias outras. Mas, eu Elza, sou a prova viva de que para tudo deve se ter um controle, um limite, pois agora já é tarde demais, a humanidade será extinta em breve.</p>
Dupla 18	<p>“Hoje no ano de 2100, a Nanociência e a Nanotecnologia estão sendo usadas em diversos meios para beneficiar a vida e facilitar o dia-a-dia das pessoas como no trabalho, saúde, com criações de máquinas e curas de doenças como AIDS e o câncer.”</p>
Dupla 19	<p>“Apesar de todos os pontos negativos, a ciência traz muitos benefícios para as nossas vidas, e nos ajudam a desenvolver novos conhecimentos.”</p>

Dupla 20	<p>“De acordo com os cientistas, no ano de 2045, será possível o transplante de partes do nosso corpo que atualmente é impossível fazer, como por exemplo o transplante de cabeça. John Patrick de 20 anos que possui seu corpo paralisado do pescoço abaixo, será o primeiro a receber esse transplante.”</p> <p>“Esses estudos a respeito da Nanotecnologia afetam de maneira positiva o meu cotidiano, pois a cada dia que se passa estamos dependendo cada vez mais da Nanotecnologia e do conhecimento dessa área.”</p>
----------	--

Tabela 8: Produções textuais 1 contempladas na categoria E.

Fonte: elaborada pela autora

Podemos notar, com base nos dados acima, que a visão do determinismo CT permanece sob a óptica do salvacionismo, são depositadas nos avanços científico-tecnológicos a crença e a fé sobre a solução de todos os problemas da humanidade, que a medida que evoluímos nesse aspecto, teremos materiais com melhor qualidade (fortes e resistentes), conquistas inimagináveis na medicina, como a cura da AIDS, a cura do câncer e o transplantes de todos os órgãos do corpo humano.

Toda esta unidade traz uma visão positivista sobre a evolução do mundo a partir do crescimento das nanopesquisas, uma comunicação mais eficiente, máquinas super potentes e robôs que conseguem captar os enigmas do corpo humano, exceto as duplas, 14 e 19 que ampliam esse olhar para a construção de um confronto entre os pontos positivos e negativos da difusão destes novos conhecimentos.

Essa categoria foi contemplada em três HQs. A figura a seguir mostra as HQs que trazem uma visão salvacionista sobre o desenvolvimento científico-tecnológico.

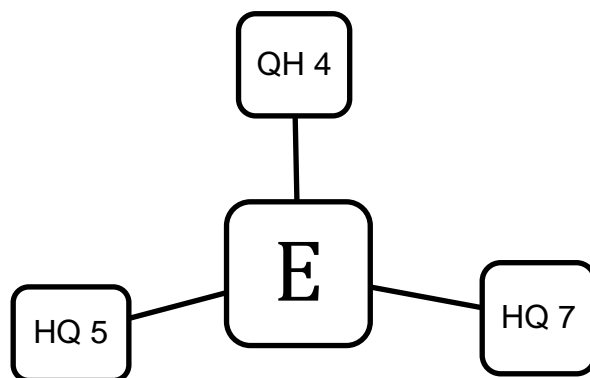


Figura 24: HQs contempladas na categoria E.

Fonte: elaborada pela autora

Mesmo após os esclarecimentos, as discussões, e os debates realizados, ainda tivemos 3 grupos que acreditam na ciência como salvadora da humanidade. Vêm a C.T como uma espécie de capitã Marvel. Depositam suas esperanças nas ideias e invenções científicas, em que nestas estará a cura de todas as doenças e que só com isso teremos um mundo melhor e mais saudável.

Essa visão salvacionista está ligada a duas concepções sobre ciência-tecnologia, primeiro a ideia de progresso e a segunda é as soluções para os problemas (presentes e futuros) da humanidade, de forma a facilitar a vida. Tais mitos se configuram no modelo tradicional e linear sobre CT associada ao bem-estar social das pessoas. E isso acaba deixando em segundo plano as relações sociais, que na maioria das vezes são as responsáveis pelo processo de privatização dos benefícios de determinadas tecnologias e ainda difundir os aspectos negativos (AULER, 2002).

Na HQ 4 acredita-se que os nanorrobôs serão capazes de exterminar os vírus e bactérias dos nanosensores. E que esta interação com as nanopartículas irão nos deixar mais inteligentes, pois modificará nossos neurônios e que com o fim das doenças iremos nos tornar imortais.

Narrador: “Com o avanço da nanorrobótica será possível grandes melhorias para a sociedade.”

Narrador: “Existirão nanorrobôs capazes de: destruir vírus e bactérias; desobstruir artérias e interferir nos neurônios.”

Narrador: “Com o uso de nanorrobôs espalhados por todo o nosso corpo, com diferentes especialidades, as pessoas serão praticamente imortais.”

Na HQ 5, que tem como título: **A nanotecnologia mudou a minha vida**, traz a esperança das pessoas paraplégicas e com deficiência depositadas na nanomedicina.

Personagem: “Essas próteses utilizavam-se de nanotecnologia para funcionar, já que os fios que se conectavam diretamente ao meu sistema nervoso, funcionando como uma extensão metálica do meu corpo.”

Personagem: “O autor dessa maravilha era Tiago Newton, filho de Isaac Newton, aquele que devolveu minhas pernas e minha vontade de viver.”

A HQ 7 expressa a fé e a esperança das pessoas nas novas invenções científicas, a cada nova ideia, reportagem, descoberta são depositadas crenças, esperanças para uma sociedade melhor.

Personagem (Íris): “Meu nome é Íris, tenho 17 anos, tenho câncer no estômago desde quando era mais nova sentia muitas dores. Em uma semana estou bem e em outras mal. Estou muito confiante no experimento do dr. Wells e sinto uma nova esperança.”

As grandes empresas e a maioria dos cientistas usam-se desse alibi para justificar as experiências realizadas com animais, ou para convencer a população em massa e também o governo a transferir recursos para tais pesquisas usando as doenças que afligem a população ou algo assunto que seja do interesse comum para ganhar a confiança do público. Esta produção textual retrata exatamente isso, a credibilidade depositada nessas novas tecnologias.

Personagem (dr. Wells): “A pedido de todos hoje vou explicar sobre a experiência que venho estudando a anos. Microrrobôs feitos de nanopartículas de magnetita será introduzida em Íris. Esses robôs irão superaquecer as células cancerígenas.

Personagem (dr. Wells): “Descobrimos que elas não suportam o calor. Se tudo der certo, iremos destruir essa doença que assombra a sociedade há anos!”

A visão salvacionista esteve presente nas duas produções, principalmente nos aspectos voltados a cura de doenças, como AIDS e o câncer e o desenvolvimento de novas

técnicas para superarmos os limites da medicina, como o transplante de cérebro. Isso demonstra que a crença nos avanços CT é uma esperança para uma sociedade melhor.

Por isso é importante estabelecermos conflitos e cabe a nós, como educadores, problematizar discussões, reflexões que contradigam esta questão mitológica da CT, mostrar evidências que esses desenvolvimentos em sua maioria estão atrelados a desconstrução e não somente aos benefícios, de acordo com Auler (2002), na década de 70, em torno de 400 a 500 mil cientistas e engenheiros trabalhavam para desenvolver a indústria militar, ou seja, o foco era construir materiais destrutivos e não suprir as carências da humanidade.

5.6 F- CT neutras

O conhecimento científico teve sua origem embasada na neutralidade, pois nasce para se contrapor ao conhecimento religioso (este, de fato tinha a função de intervir na vida social dos fiéis). Seria um conhecimento baseado na razão, justificados por estruturas, processos e leis livres de influências ou valores, a ciência busca e traz as verdades dos fatos (DAGNINO, 2008).

A bem da verdade sabemos que não é assim, que a medida que o conhecimento evolui, os materiais são modificados, as técnicas aprimoradas ou máquina criadas, existiu uma motivação inicial, algo que os impulsionou, seja pelo lado financeiro, político, social, fama ou poder. Por estes motivos é imprescindível uma intervenção no ensino de Física baseada nos objetivos da educação CTS.

A educação CTS tem como objetivo formar cidadãos críticos e com capacidade de se posicionar diante do desenvolvimento científico e tecnológico, com mais informações e alfabetizados em ciência e tecnologia, de modo a enfrentar e solucionar as implicações resultantes deste processo, quando necessário (STRIEDER, 2008).

Nos relatos abaixo é possível perceber uma tomada de consciência sobre a não neutralidade científico-tecnológica a partir de alguns posicionamentos que se encontram na tabela abaixo:

Categoria F	Fragmentos da produção textual
Dupla 03	“As pessoas são afetadas pela sociedade tanto quanto pela ciência. São afetadas em ambos os lados, essa tecnologia é uma verdadeira evolução.”

Dupla 04	<p>“Porém, muitos líderes usam tecnologia como uma arma pelo poder, manipular coisas tão pequenas facilitando a criação de armas químicas ou piores. É uma área não explorada, que não podemos ter um controle completo.”</p> <p>“Nanotecnologia mesmo sendo uma ciência nova, vários países investem milhões em pesquisas, onde inicialmente foi uma ideia para ajudar o mundo, foi deixada de lado e transformada em uma ideia de crescimento e corrida tecnológica para seu próprio benefício, e muitas vezes forçando a matéria de forma errada para manter esse poder.”</p>
Dupla 06	<p>“Maria, tem vários benefícios para nós, como evoluções de soluções para doenças que até então são incuráveis, mas também tem consequências, pois é uma tecnologia que não temos controle e pode causar sérios danos.”</p>
Dupla 08	<p>“Diante dessa situação, eu, como um simples espectador, creio que devemos cautela a respeito do uso das Nanociências, pois algo que surgiu com um nobre objetivo pode facilmente ser manipulado para se tornar algo destrutivo”.</p>
Dupla 09	<p>“Por conta dessa exploração, sua genética foi modificada. Então levado a outro laboratório, foi submetido a experiências com nanorobôs. Os cientistas afirmaram que a sua nova ciência tecnológica afetaria a sociedade, porém traria investimentos para a ciência e economia para o governo. Após alguns dias, diagnosticado com uma doença, foi descoberto que a sua pesquisa era voltada para a cura.”</p>
Dupla 10	<p>“No começo era uma ideia ecológica e fugiu do objetivo e pode descontrola-se novamente por uma ciência grandiosa e afetar o ser humano.”</p>
Dupla 12	<p>“Mas sempre tem o lado ruim da história, existem pessoas que usam disso para prejudicar o próximo, como a criação da bomba de hidrogênio, apesar de ela nunca ter sido usada. E a humanidade não sabe as consequências disso em larga escala”.</p>
Dupla 18	<p>“Apesar dos benefícios ainda são encontrados vários riscos com a manipulação da matéria, como crianças estão sendo prejudicadas por</p>

	conta da mudança do DNA, estão nascendo mais evoluídas e também os riscos para o meio ambiente.”
Dupla 22	<p>“Porém temos que lembrar que tudo que traz benefícios pode trazer riscos, pois a manipulação da matéria em escala pequena pode ocasionar problemas em muitos aspectos, pois não há onde armazenar o lixo tecnológico e a partir disso o meio ambiente fica bastante poluído afetando principalmente a saúde das pessoas.”</p> <p>“É importante os cientistas sempre obterem controle do que estão criando.”</p>

Tabela 9: Produções textuais 1 contempladas na categoria F.

Fonte: elaborada pela autora

Nos fragmentos do texto 4, podemos perceber o posicionamento dos alunos quanto a não neutralidade da Ciência e da Tecnologia, em que evidenciam a busca por poder através do desenvolvimento tecnológico e crescimento da ciência, mostram também o desvio da ideia inicial da Nanotecnologia sobre a sustentabilidade do planeta para o lucro empresarial.

Na análise dos fragmentos nas categorias C e D, notamos uma preocupação mais voltada para o uso e as causas; fica implícito o reconhecimento dos fatores por trás da produção em CT. Por isso, optamos em acrescentar a categoria F, justamente com o propósito de evidenciar a abordagem da não neutralidade científico-tecnológica.

Nas QHs, essa questão está implícita em todas as produções, pois há em cada enredo uma motivação inicial para a aplicação das nanopartículas.

Considerações finais

A implementação desta proposta pedagógica teve como foco principal a superação da perspectiva da ciência e da tecnologia como algo neutro. Diante desse enfoque foi elaborada a sequência didática apresenta, com atividades voltadas a um olhar crítico no intuito dos nossos alunos enxergarem os fatores ocultos ao desenvolvimento científico tecnológico, o que Rosa (2014) define como o silenciamento da origem e das concepções de CT para mascarar o determinismo da ciência e tecnologia.

Segundo a autora, esse silenciamento é resultante da omissão da participação da sociedade na produção e pós-produção nos projetos científicos-tecnológicos. Em que esse processo é tratado como isento de valores sociais, como se não dependessem dos fatores externos a eles. Sendo esse desenvolvimento independente de valores, cuja a participação da sociedade é limitada.

E no âmbito educacional desenvolver uma cultura de participação nos temas que envolvem ciência e tecnologia é fundamental para formarmos pessoas críticas e conscientes quanto as inovações em CT e suas consequências para a sociedade, de modo a incentivá-los a participar e intervir neste processo. Trabalhar esses temas nas aulas de Física é uma ferramenta que nos permite melhorar o ensino e aprendizagem do nosso aluno, além de aproximar os conceitos físicos do seu cotidiano.

Foi possível perceber também o quanto os nossos alunos têm interesses nas novas tecnologias e curiosidades sobre o que elas são e podem fazer por nós. Demonstraram entusiasmo quanto as aplicações das nanopartículas no campo da saúde e da ciência e isso refletiu não só nos enredos das produções nas HQs, mas também na opção de cursos ao se inscreverem no vestibular e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

A visão salvacionista ainda é evidente e pudemos comprovar isto nas produções das histórias em quadrinhos; há ainda uma confiança nos avanços científicos para uma sociedade sem doenças, com aparatos tecnológicos que nos deixaram livres de problemas e aborrecimentos, ou seja, o desenvolvimento em CT é o caminho para um mundo de pessoas mais felizes.

Ao lado disso, também tivemos pequenos avanços, alguns grupos demonstraram preocupações, dúvidas e incertezas sobre o mal-uso das novas tecnologias, sobre o descarte deste tipo de lixo e as possíveis consequências destas nanopartículas ao interagirem no nosso corpo e sua interação a longo prazo no meio ambiente.

Quanto ao ensino e aprendizagem dos conceitos de Física desenvolvidos sobre eletromagnetismo, física moderna com a abordagem em nanociência tivemos um bom desempenho, influenciado pelo nosso fator principal neste trabalho: a mobilização dos alunos. Ao nosso ver, esta mobilização foi alcançada devido às sugestões acolhidas na elaboração das atividades, pelas ações desenvolvidas, os debates e pela visita ao laboratório LFC. Sentiram-se importantes com a recepção pelos cientistas e pesquisadores e por verem de perto as pesquisas e os experimentos que haviam estudado na sala de forma teórica.

Acreditamos em novas estratégias para melhorar o ensino de Física, e preencher a lacuna que nos deixaram no primeiro dia de aula: “professora onde eu vou usar isso?”. Promover novas atividades e buscar novas estratégias é a nossa função como educadores, para assim garantir ou pelo menos proporcionar aos nossos alunos conhecer os processos históricos, sociais, econômicos por detrás dos conhecimentos que estão aprendendo. Reconhecer que nada é criado por acaso, que existe uma motivação para tudo e ver que não há neutralidade no campo científico-tecnológico, assim como em nossas ações.

Referências

APLICAÇÕES DO 1º FENÔMENO ELETROMAGNÉTICO. **Efísica - Ensino de Física On-line - CEPA-USP**, 2019. Disponível em: http://cepa.if.usp.br/e-fisica/eletricidade/basico/cap14/cap14_14.php. Acesso em: dezembro 2019.

ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI M. **Física**. Curitiba: Positivo, 2013.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. 2002. 248 f. Dissertação de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/82610>. Acesso em: novembro 2017.

BALVEDI, R. P. A. **Biossensores para detecção do vírus Epstein-Barr: diagnóstico de fisiopatologias**. 2015. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15757>. Acesso em: abril 2018.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Tópicos de Física**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf. Acesso em: março de 2019.

CARSON, R.L. **Primavera Silenciosa**. Traduzido por Claudia Sant'Ana Martins. Gaia. São Paulo, 2010.

DAGNINO, R. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico: um debate sobre a tecnociência**. Unicamp, 2008.

DOS SANTOS, W. L.P.; MORTIMER, E.F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Ensaio Pesquisa em educação em ciências, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.

FERRARO N. G.; SOARES P. A. T.; PENTEADO P. C. M.; TORRES. C. M.A. **Física, Ciência e Tecnologia**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2013.

FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. **Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise**. Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009.

FRANCISQUINE, E.; SCHOENMAKER, J.; SOUZA, J. A. Nanopartículas magnéticas e suas aplicações. **Química Supramolecular e Nanotecnologia**, p. 269, 2014.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Editora Paz e Terra, 1967.

GURGEL, I.; WATANABE, G. **A Elaboração de Narrativas em Aulas de Física: A Aprendizagem em Ciências como Manifestação Cultural**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

HANNICKEL, A. **Estudo de nanopartículas de magnetita obtidas pelos métodos de coprecipitação, biossíntese e moagem**. 2011. Tese de Doutorado. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro. Disponível em http://www.ime.eb.mil.br/arquivos/teses/se4/cm/dissert_adriana.pdf. Acesso em: abril 2018.

JOACHIM, C., PLÉVERT, L., **Nanociências – A Revolução do Invisível**. Zahar, 2009.

KITTEL, C. **Introdução à Física do Estado Sólido**. 8. ed. Grupo Gen-LTC. 2000.

KNOBEL, M. Partículas finas: superparamagnetismo e magnetoresistência gigante. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, 2000.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EDUSP, 1987.

LEITE, I. S.; LOURENÇO, A. B.; LICIO J. G.; HERNANDES, A. C. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, 2013.

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 Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**. Florianópolis, 2009.

MAHONEY, A. A.; ALMEIDA, L. R. Afetividade e processo ensino-aprendizagem: contribuições de Henri Wallon. **Psicologia da educação**, n. 20, p. 11-30, 2005.

MENEGA, T. M. C.; FAGAN, S. B. O uso de textos de divulgação científica para abordagens de tópicos de nanociências em aulas de física. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 18, 2009, Vitória. Anais. Vitória: 2009. p. 1-10. Disponível em: http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_ousodetextosdedivulgacao. Acesso em: 20 mar. 2018.

PEIXOTO, F. J. M. **Nanotecnologia e Sistemas de inovação: Implicações para Política de inovação no Brasil**. 2013. 380f. Tese de Doutorado. Instituto de Economia Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PRADO, J. W. S. **Medições em nano-escala: uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio**. 2018. 121 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. Disponível em: http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_jose_willia.pdf. Acesso em: agosto 2019.

ROSA, S. E. **Não neutralidade da Ciência-Tecnologia: problematizando silenciamentos em práticas educativas relacionadas a CTS**. 2014. 123 f. Tese de

Doutorado. Dissertação (Mestrado em Educação), Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ROSO, C. C.; AULER, D. A participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento CTS. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, n. 2, p. 371-389, 2016.

SANTOS, D. M.; LONDERO, L. Uma Discussão sobre Nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 21, 2015, Uberlândia. Anais... Uberlândia: 2015. p. 1-8.

SHINN, T.; MARCOVICH, A. Padrões sociointelectuais da pesquisa em nanoescala: laureados com o Prêmio Feynman de Nanotecnologia, 1993-2007. **Scientiae Studia**, v. 7, n. 1, p. 11-39, 2009. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167831662009000100002&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: abril 2018.

SILVA, L.F. **Ciência e tecnologia como Barbacã do capitalismo: um ensaio sobre a não-neutralidade**. Dissertação de Mestrado, Campinas: DPCT/IG/UNICAMP, 2003.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS e Ensino Médio: espaços de articulação**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Faculdade de Educação, Instituto de Física. Universidade de São Paulo, 2008.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. Tese (Doutorado em Ensino de Física). Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, 2012.

VON LINSINGEN, Irlan. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino** (ISSN 1980-8631), v. 1, 2007.



Apêndice A

Produto Educacional

DESMISTIFICANDO A NEUTRALIDADE DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA:
UMA PROPOSTA SOBRE NANOCIÊNCIA

Francisca Vania Pereira Rodrigues

Orientadora
Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

Brasília-DF
Dezembro de 2019

Apresentação

Prezados colegas, professor, professora,

Este produto educacional foi desenvolvido no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UnB, e tem como objetivo apresentar uma abordagem fundamentada na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), para os conteúdos de Física do terceiro ano do ensino médio. Com isso, pretendemos contribuir para o desenvolvimento de questionamentos em torno dessa temática e para a atribuição de sentido ao conhecimento científico escolar, ajudando a responder a famosa pergunta dos estudantes: “professora, onde eu vou usar isso?”

Escolhemos uma temática contemporânea, repleta de incertezas, a Nanociência e Nanotecnologia, por entendermos que é importante que a sociedade compreenda e participe das discussões relacionadas a ela. Ela permite muitas discussões e reflexões sobre a tríade CTS, e, além disso, possibilita a contextualização dos conceitos de Física. O conteúdo curricular aqui escolhido foi o eletromagnetismo. Primeiramente, devido às suas relações com a temática em questão; também, porque a sua abrangência de conceitos e seus fenômenos despertarem a curiosidade dos estudantes, mas com tudo isso as suas equações e conceitos abstratos ainda os assustam. Daí a importância de um ensino contextualizado desse conteúdo, com exemplos que facilitem a aprendizagem dos nossos discentes.

Esperamos que este material ajude a enriquecer as suas aulas e possa contribuir para um ensino de Física comprometido com a formação cidadã dos alunos.

Bom trabalho!

Educação CTS e a superação da visão de ciência e tecnologia neutras

Na primeira metade do século passado, tivemos vários agravos e desastres mundiais envolvendo o desenvolvimento tecnológico e científico, como: guerra do Vietnã; guerra fria; armas químicas e biológicas; catástrofes ambientais; armas nucleares. Isso potencializou a preocupação de muitos intelectuais e também militantes com as consequências dessas produções para o meio ambiente e para a sociedade. Eles passam a questionar de forma mais intensa e a perceber que tais avanços não estão ligados, de forma linear, ao bem-estar social e à melhoria da qualidade de vida de todas as pessoas. (STRIEDER, 2012).

Os questionamentos que se intensificaram nessa época, envolveram não apenas os intelectuais, mas também os ativistas e ambientalistas que irão compor o movimento CTS. Portanto, no final da década de 1960 e início de 1970, os estudos em ciência, tecnologia e sociedade (**ECTS**) começam a ganhar força e um novo rumo frente ao descontentamento causado pelos avanços tecnológicos e o fracasso da hegemonia científica, que não estava contribuindo com a qualidade de vida de toda a sociedade.

Os ECTS, desde sua origem, estão divididos em três importantes direções: no campo da pesquisa acadêmica, no campo das políticas públicas e no campo da educação. Essas três linhas foram influenciadas pelas tradições dos Estados Unidos da América e da Europa. As tradições europeias estavam voltadas para as pesquisas acadêmicas que enfatizavam, dentre outros fatores que a ciência e a tecnologia eram determinadas por aspectos culturais, políticos, econômicos e pelo contexto social. Enquanto a influência norte-americana estava ligada às consequências sociais e ambientais resultantes das mudanças científico-tecnológica e seus agravantes na sociedade (LINSINGEN, 2007).

Frente a essa problemática começam a surgir os currículos com ênfase em uma educação voltada à formação científica e tecnológica, abordando os aspectos políticos, econômicos e éticos, não mais apenas os conteúdos, como no ensino tradicional. Surgindo primeiro nos países industrializados, como Europa e Estados Unidos, locais onde se desenvolveu primeiro o movimento CTS (MORTIMER; SANTOS, 2000).

No Brasil, este movimento começa a se manifestar no período de 1970-1980 na busca de um novo paradigma para o ensino de Ciências, que visava explorar novas estratégias de ensino, gerar a oportunidade da participação e opinião dos professores nos

projetos, e principalmente a insatisfação do modelo experimental. Isso provocou um redirecionamento da pesquisa sobre os currículos de ciências, que começaram a inserir objetivos com base no contexto político, econômico e social do país. Levando em consideração a necessidade de buscar novas fontes de dados que se não se circunscrevessem à mera coleta e análise de resultados dos exames feitos pelos alunos apenas com base em métodos científicos (KRASILCHIK, 1987).

Ainda sobre a origem no Brasil, Santos e Mortimer (2000) trazem os principais trabalhos que contribuíram para a perspectiva CTS. Com os dados fornecidos por estes autores, montamos a tabela abaixo:

Materiais didáticos e projetos curriculares brasileiros elaborados na perspectiva CTS	Período	Autor
Projeto Unidades Modulares de Química	1987	AMBROGI <i>et al</i>
As propostas pedagógicas de LUTFI	1988 e 1992	LUTFI
A coleção de livros do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química da USP	1993, 1995, 1998	GEPEQ – USP
A coleção de livros de física do GREF	1990,1991, 1993	GREF
O livro Química na Sociedade	2000	MÓL e SANTOS
O livro Química, Energia e Ambiente	1999	MORTIMER, MACHADO e ROMANELLI
Proposta Curricular de Ensino de Química da CENP/SE do Estado de São Paulo	1988	CENP/SE do Estado de São Paulo
As recomendações para o currículo do magistério de CISCATO e BELTRAN	1991	CISCATO e BELTRAN
A Proposta Curricular de Química para o Ensino Médio do Estado de Minas	1998	MORTIMER, MACHADO e ROMANELLI

Tabela 1: Produções CTS – Origem no Brasil

Fonte: elaborada pela autora

Todos estes trabalhos e intervenções foram cruciais para uma reformulação do currículo do ensino de ciências no Brasil. Mesmo sem estarem fundamentados na perspectiva CTS, provocaram mudanças na forma de ensinar e aprender ao abordar os conteúdos a partir de fenômenos e situações do cotidiano, de problemas sociais, de aparatos tecnológicos e/ou do cenário político e econômico da época. Ou seja, não apresentavam meramente um conhecimento técnico sem aplicação na vivência do nosso aluno.

Portanto, ainda que de forma embrionária e pouco explícita, esse movimento passou a integrar o currículo universitário, o ensino básico e fundamental. No entanto, não há um consenso sobre como trabalhar as relações CTS nos currículos de ensino, ou seja, o movimento não tem objetivos, nem metodologias ou conteúdos bem definidos. Pode-se abordar as interações CTS como tema principal, ou inserir dentro do conteúdo como algo motivacional ou ainda como conteúdo primário, deixando em segundo plano os conteúdos científicos. Por isso é preciso buscar práticas mais aprofundadas e críticas em termos de concepções curriculares para sinalizar a necessidade de outros conhecimentos e valores que devem ser contemplados na educação (AULER; ROSO, 2016).

Apesar da abrangência e diversidade dos objetivos almejados quando se trabalha com um currículo pautado na educação CTS, optamos por tratar aqui da perspectiva dos compromissos sociais. Pois, acreditamos que o ensino sob esta óptica deve proporcionar a participação da sociedade na tomada de decisões sobre ciência e tecnologia de forma a incentivar em nossos educandos o exercício da cidadania e isso está relacionado ao propósito dos compromissos sociais (STRIEDER, 2012).

Sobre esse posicionamento, Strieder (2012) traz em sua tese as articulações entre o enfoque CTS e a educação proposta por Paulo Freire. Propiciar, segundo a autora, uma base formativa de compreensão crítica sobre o desenvolvimento em CT e a intervenção social, quando necessária. De modo a resgatar a dimensão política do movimento CTS, na busca da igualdade social por meio da educação. Não trabalhar apenas os conteúdos de forma “bancária” como diz Freire, mas de forma contextualizada.

Para a autora essa base formativa deve transcender as discussões realizadas em sala de aula, embora envolvam as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, só

isso não basta para gerar a iniciativa de tomada de decisões de forma democrática, é necessário que haja uma intervenção na realidade (STRIEDER, 2012).

A cultura do nosso país não está enraizada na democracia, a população não participa de forma crítica das mudanças ao seu redor, assim afirma Freire,

Daí não ser possível compreender nem a transição mesma, com seus avanços e seus recuos, nem entender o seu sentido anunciador, sem uma visão de ontem. Sem a apreensão, em suas raízes, no caso brasileiro, de uma de suas mais fortes marcas, sempre presente e sempre disposta a florescer, nas idas e vindas do processo: *a nossa inexperiência democrática*. (FREIRE, 1967, P. 66)

Trazendo esta fala de Freire para o contexto atual, dentro da nossa educação brasileira, enxergamos a necessidade de intervir na formação dos nossos educandos, não apenas no campo do saber científico, mas quanto a sua formação crítica cidadã, sejam capazes, ao sair do ensino médio de tomar e participar dos acontecimentos que envolvam as relações CTS.

Para isso, é preciso discutir questões relacionadas à não neutralidade da ciência e do desenvolvimento tecnológico, a fim de proporcionar espaços participativos e a percepção da necessidade de desenvolver compromissos sociais frente aos avanços em CT e as suas implicações na sociedade.

Teses da não neutralidade na produção científico-tecnológica

A ciência, assim como a tecnologia são áreas do conhecimento produzidas por pessoas, ou seja, seres com valores, culturas, convicções, crenças e que fazem “algo” pensando em aplicar esse “algo”. Então, como “algo” feito por um humano poderá ser neutro, puro ou absoluto, sem nenhuma influência do produtor e do meio em que foi produzido?

Diante dessa interrogação começa-se a reflexão sobre os fatores determinantes da não neutralidade científico-tecnológica, como a política, a economia, a religião, a cultura e as demandas sociais como um todo. Como por exemplo, a produção das máquinas térmicas, que tiveram sua criação com o objetivo de diminuir o trabalho manual, reduzir tempo, gasto, mão de obra, aumento de produção. Para tal feito tem-se as leis da ciência aplicada a uma tecnologia para um uso social.

Tem-se aí um conjunto influenciado e determinado por fatores externos, em que pode-se destacar as mudanças nas políticas públicas, com a transição do campo para a

cidade, a economia que antes era familiar, para a empresarial, alteração na logística de saúde pública, e a evolução dos aparatos tecnológicos e as mudanças que estes causaram na vida das pessoas e no meio ambiente.

Para Auler (2002), é possível comprovar a não neutralidade da ciência e da tecnologia a partir de quatro fatores:

- I. O direcionamento dado à atividade científico-tecnológica;
- II. A apropriação do conhecimento científico-tecnológico;
- III. O conhecimento científico produzido;
- IV. O produto tecnológico e suas relações com a sociedade.

O primeiro fator é determinado por decisões políticas, como por exemplo, usar o conhecimento da ciência para a obtenção de lucros privados, ou para o uso dos governos em enfrentamento de guerras e uma pequena contribuição para a melhoria da sociedade. O motivo dessa disparidade quando o assunto é benefício social é o quesito econômico, pois a área que terá maior avanço será a que está ligada diretamente a produção de lucros privados. Auler citando Hobsbawn (1996), aborda em suas discussões, uma análise a respeito do quanto as decisões dos cientistas são determinadas e influenciadas pelos financiamentos externos a ciência e as demandas de mercado, isso acaba tirando a autonomia e aumentando os limites e critérios para o avanço científico, no qual terá benefício aquele que tiver a maior quantidade de dinheiro envolvido.

O segundo fator está ligado à produção do conhecimento científico-tecnológico, em que tal produto não ocorre de maneira igualitária, pois a sua utilização é definida pelo sistema político. Pode-se a partir dessa produção identificar as evidências da não neutralidade da CT, principalmente no ramo da tecnologia.

O terceiro fator faz uma discussão sobre a produção do conhecimento científico, traz o paradoxo da ciência absoluta x ciência não neutra. Alguns autores como Merton, referenciado por Auler, acreditava que a ciência não sofria influência dos fatores externos a ela, o pesquisador estaria isento, pois havia um conjunto de normas, os chamados “imperativos da ciência” que garantiam isso. Como também o método científico, seria outro aspecto determinante para deixar tal conhecimento neutro, absoluto.

Entretanto é improvável a existência de um conhecimento puramente intelectual, visto que quem produz tal conhecimento é um ser humano, que possui valores, crenças, convicções, ideologias. Não apenas isso, mas também há as questões políticas, financeiras, o contexto histórico e social em que essas pesquisas estão sendo realizadas, tudo isso trará influência a esta produção. Auler, cita dois autores que trazem essas ideias

da ciência como algo que não é absoluta, partindo dessa ideia, Dagnino e Kuhn, eles defendem que a ciência sofre interferências das necessidades humanas e que por isso é impossível que a ciência seja neutra.

Segundo Auler, a ideia da neutralidade tecnológica surge com a finalidade do uso de determinada tecnologia, em que essa aplicação poderá ser usada tanto para o bem quanto para o mal. Traz dois exemplos que justificam esse argumento, a energia nuclear e as armas de fogo. Ou seja, no primeiro exemplo tem-se o uso pacífico e o uso militar, no segundo pode-se perceber a defesa e o ataque, mas tudo é uma questão de ponto de vista. Ambas as produções podem ter aspectos positivos e negativos ao mesmo tempo, apenas será mudado o referencial de análise.

Sendo que a produção científico-tecnológica é orientada a partir dos projetos humanos. Sua criação se dá de acordo com as necessidades de determinados materiais, objetos ou ferramentas ligadas a determinada parcela da sociedade em determinado período. Logo não podem ser neutros, visto que são influenciados e determinados por aspectos sociais desde seu planejamento.

Nanociência e Nanotecnologia: magnetismo e suas peculiaridades na escala nanométrica

Nano é um prefixo, com origem no idioma grego, usado para descrever uma ordem de grandeza e representa a bilionésima parte de alguma coisa. Neste caso, esta “coisa” é o metro. Assim, unindo esta unidade ao prefixo nano, obtemos o nanômetro, um bilionésimo do metro. Portanto, podemos definir que nanociência ou nanotecnologia são ciência-tecnologia que ocorrem ou são feitas nessa escala de comprimento, envolvendo fenômenos que não acontecem em outras dimensões. No entanto, não têm apenas o intuito de reduzir os tamanhos das coisas, mas alcançar novas propriedades da matéria de forma controlável e reproduzível (SCHULZ, 2005).

Em detalhes, ao reduzir o tamanho dos sólidos para uma escala nano, em uma ou mais dimensões, as propriedades físicas (térmicas, magnéticas, elétricas e óticas) destes materiais são modificadas de forma drástica. Isso acontece, pois, a razão superfície/volume de uma nanoestrutura torna-se maior do que nos sólidos comuns. Essa modificação é o principal motivo do grande interesse científico e tecnológico por esses materiais. Em função dela, é possível ajustar e controlar as propriedades citadas acima (KITTEL, 2013).

O conceito de nanoestrutura abarca uma série de materiais, a exemplo dos nanotubos de carbono e das nanopartículas magnéticas. Essas últimas, enfatizadas neste trabalho, são estruturas formadas por átomos magnéticos, a exemplo do ferro, do cobalto e do manganês. Além disso, há interesse nesses materiais em decorrência de apresentarem um comportamento superparamagnético, explicado a partir da teoria superparamagnética, proposta por Bean e Livingston em 1959, que trata sobre os momentos magnéticos atômicos no interior de uma partícula. Além disso, outros motivos deste interesse se dão sobre o tamanho que elas podem apresentar. Tamanho este em dimensões comparáveis às dos vírus (20-50 nm), proteínas (5-50 nm) ou ao dos genes (2nm de espessura e 10-100 nm de comprimento) (HANNICKEL, 2011).

Outro fator, citado pela autora, são suas propriedades magnéticas, que podem ser concentradas em um local específico quando submetidas a um campo magnético externo e magnetizadas facilmente. À medida que este campo magnético é retirado, elas são redispersas. Suas aplicações também são importantes por apresentarem uma vasta superfície que pode ser transformada e assim anexada a agentes biológicos.

Conceitos básicos de eletromagnetismo

O eletromagnetismo é a área da Física que relaciona os conceitos de eletricidade e magnetismo, de forma a nos mostrar que há uma conexão intrínseca entre ambos.

Quanto aos aspectos magnéticos, os ímãs permanentes são materiais que merecem destaque, pois ao entrarem em contato com fragmentos de ferro podemos perceber que há uma forte atração entre esses materiais. Os ímãs apresentam polos magnéticos, regiões em que as ações magnéticas são mais intensas (BISCUOLA et al., 2014).

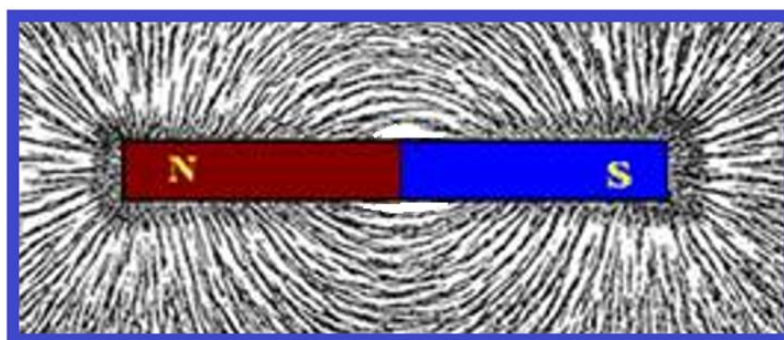


Figura 1: Polos de um ímã

Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/eletricidade/eletromagnetismo/imas-e-campo-magnetico>

Segundo Biscuola et al. (2014), a região existente em torno de um ímã tem influências significativas tanto em outros ímãs como em determinados materiais, como o níquel, o cobalto e o ferro. Essa região é chamada de campo magnético e representada vetorialmente pelo símbolo \vec{B} . As linhas representadas na figura 2 são denominadas de linhas de indução do campo magnético do ímã e orientam-se do polo norte para o polo sul.

A Terra, assim como um ímã, apresenta um campo magnético ao seu redor. Em 1600 o médico e cientista inglês William Gilbert (1544-1603) publicou seu livro *De magnete*, no qual afirma que o planeta Terra é um grande ímã, partindo da explicação de como as bússolas se orientam (TORRES et al., 2013).

Podemos fazer uma associação da Terra a um ímã gigante, evidenciando que os polos magnéticos terrestres não coincidem com seus polos geográficos, ou seja, o polo sul magnético se aproxima do norte geográfico assim como o polo norte magnético se aproxima do sul geográfico, assim como mostra a figura 3, a seguir.

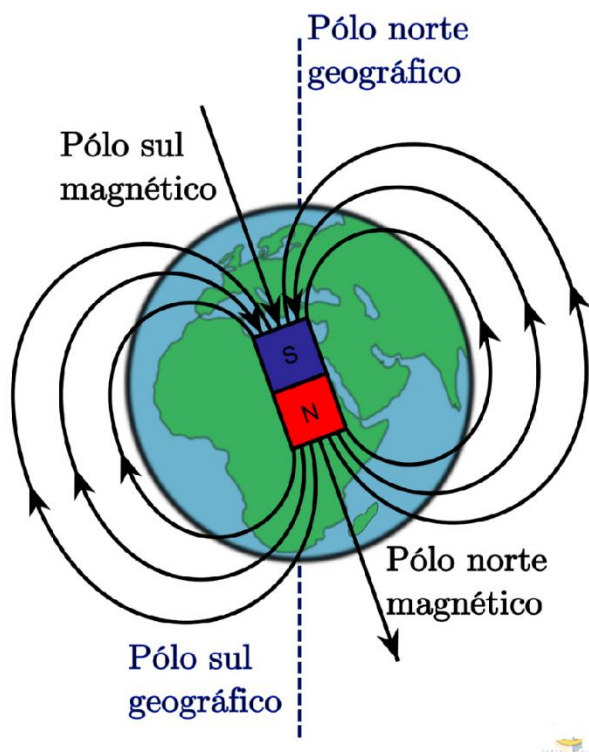


Figura 2: Representação esquemática do campo magnético terrestre

Fonte: <https://brainly.com.br>

O campo magnético tem várias aplicações, e também podem ser gerados por meio de uma corrente elétrica, como exemplo disso temos o eletroímã.

Os eletroímãs são formados quando uma barra de ferro é enrolada por um condutor. Ao passar corrente pelo condutor, ela produzirá um campo magnético; como a barra de ferro fica imersa em um campo magnético, ocorre a imantação. É possível reconhecer o polo norte aplicando a regra do saca-rolhas³. A figura 4 a seguir mostra a representação de um eletroímã.

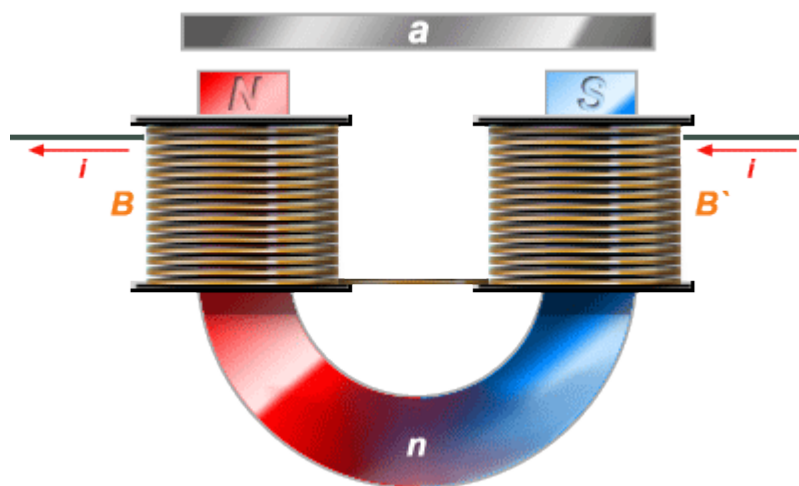


Figura 3: Representação de um eletroímã.

Fonte: <http://cepa.if.usp.br/e-fisica>

Segundo o CEPA- USP (2019), o uso de eletroímãs oferece várias vantagens:

1^a) se quisermos inverter os polos, basta invertermos o sentido da corrente;

2^a) é somente a imantação por corrente elétrica que nos fornece ímãs muito potentes;

3^a) podemos usar uma barra de ferro doce (ferro puro), que tem a propriedade de só se imantar enquanto estiver passando a corrente; e se neutraliza logo que a corrente é desligada. Assim, temos um ímã que só funciona quando queremos. (Nota: o aço, ao contrário, permanece imantado mesmo quando cessa a causa da imantação).

4^a) Os eletroímãs têm inúmeras aplicações, desde em instalações delicadas, como telégrafos, telefones e campainhas, até em grandes instalações industriais.

No campo das aplicações, um dos ramos da Física que merece destaque é a propagação do campo eletromagnético no espaço. Isso expandiu o rumo da comunicação, com a criação do telégrafo sem fio, do rádio, da televisão, do telefone celular, dentre outras. Essa expansão só foi possível graças às contribuições de James Clerk Maxwell

³ Essas informações foram retiradas da página do CEPA - Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada da USP (2019).

(1831-1879), que unificou as teorias da eletricidade e magnetismo para explicar que ambos compõem um único fenômeno, o das ondas eletromagnéticas.

De acordo Artuso e Wrublewski (2013), as ondas eletromagnéticas podem ser definidas como propagações de campos elétricos e magnéticos variáveis e acoplados, possuindo todas as características de um movimento ondulatório.

A figura 5 a seguir retrata algumas grandezas desse fenômeno ondulatório e suas respectivas equações.

Período:	T	Comprimento de onda:	λ
Frequência:	$f = \frac{1}{T}$	Frequência angular:	$\omega = 2\pi f$
Número de onda:	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$	Velocidade de uma onda:	$v = \frac{\omega}{k} = \lambda f$

Figura 4: Principais grandezas e equações das ondas eletromagnéticas

Fonte: <https://www.ggte.unicamp.br>

As ondas eletromagnéticas também podem ser chamadas de radiação eletromagnética e classificadas conforme seu comprimento de onda, ou sua frequência, constituindo o espectro eletromagnético. Dentre as frequências que compõem o espectro eletromagnético podemos citar: a luz visível, as micro-ondas, as ondas de rádio, raios ultravioletas, os raios X e os raios gama. Quanto a suas energias podem ser classificadas em radiações ionizantes e radiações não ionizantes. As ionizantes são capazes de causar danos em nossas células e afetar o nosso DNA, de forma a causar doenças graves, como o câncer (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013).

No campo do armazenamento de informações o resultado do superparamagnetismo é muito útil, pois ao se criar um sistema magnético para guardar informações este efeito é o limite da miniaturização. Esta área da Física ainda é um dos grandes desafios da matéria condensada.

Este produto educacional foi elaborado para ser implementado em uma sequência de 8 (oito) aulas consecutivas, com intervalos de 50 (cinquenta) minutos cada uma.

Aula 01 - Nanociência e nanotecnologia – implicações e aplicações na sociedade

A primeira aula está dividida em dois momentos e tem o objetivo de introduzir os termos Nanociência e nanotecnologia e as suas aplicações. O conteúdo curricular a ser trabalhado é o eletromagnetismo e uma pequena abordagem de física moderna.

Para iniciar o primeiro momento da aula, formado a partir das discussões acerca do tema, apresenta-se a seguir algumas sugestões para orientar o professor a realizar as atividades.

1. Deve-se iniciar a aula com a pergunta: **Nanociência e Nanotecnologia, uma nova revolução?**
2. Esta frase deve ser colocada no quadro para dar início a problematização da aula.
3. O professor fará as anotações no quadro sobre os conhecimentos iniciais apresentados pelos alunos em resposta à pergunta.

Nesta etapa, o professor deve auxiliar a turma quanto o rumo das discussões, ou seja, guia-los ao tema central e investigação se conhecem algum produto que tenha sido fabricado na escala nano, se já viram alguma reportagem sobre pesquisas nessa área ou ainda suas curiosidades e anseios sobre essas novas tecnologias.

Feita a apresentação, o segundo momento poderá ser iniciado com o intuito de promover uma reflexão histórica sobre o desenvolvimento da ciência e dos aparatos tecnológicos. Para isso, foi montada uma espécie de linha do tempo formada a partir de imagens em slides (apresentada a seguir), com as principais aplicações e desenvolvimento tecnológico até chegar na nanotecnologia.

Para realizar as discussões e reflexões sobre a linha do tempo, alguns aspectos devem ser considerados:

1. Questionar o contexto social e histórico envolvido em cada imagem;
2. Incitar os fatores motivadores do conhecimento envolvido nesta tecnologia.
3. E ainda promover o questionamento sobre a não neutralidade envolvida neste processo. Evidenciar que é uma evolução desse desenvolvimento e não uma simples descoberta ao acaso.

Sugestão para a linha do tempo

Uma viagem rumo à miniaturização

2 Qual é limite?



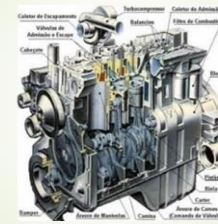
<https://br.depositphotos.com>

3 Máquina a vapor de James Watt - 1769



<http://www.explicatorium.com/biografias>

4 Motor atual – máquina térmica



<https://www.blogdoprofessorcarlaio.com.br>

5 Séc. XVIII e séc. XIX - Telégrafo



<https://www.explicatorium.com/fisica/telegrafo>

6 Telefone - 1904



<https://www1.folha.uol.com.br/asmias>

7 Telefone- 1950



<https://www1.folha.uol.com.br/asmias>

8 Primeiro modelo de Celular do Brasil - 1990



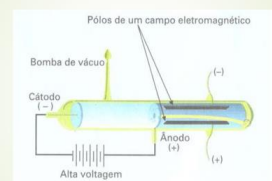
<https://www1.folha.uol.com.br/asmias>

9 Celular - 2018



<https://www.gazinacado.com.br/plc/celular-samsung>

10 Thomson – 1897 – descoberta do elétron



<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente>

11 **Nano escala**

Escala nanométrica

<https://betaeq.com.br/index.php/2015/09/29/a-origem-da-nanotecnologia>

12 **Nanopartículas magnéticas**

■ **BACTÉRIAS MAGNÉTICAS**

<https://www.magtek.com.br/blog/bacterias>

13 **Nanotecnologia e o fim do chulé**

<https://www.diarior.com.br/site/noticias/saude>

14 **ELA está entre NÓS!**

<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia>

15 **ELA está entre NÓS!**

<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia>

16 **Nanomedicina e fármacos**

<https://medicinasaludpublica.com/nanomedicina>

<https://www.bolefinambiental.com.br/noticia>

17 **Nanotecnologia nos cosméticos**

<https://betaeq.com.br/index>

18 **Áreas de atuação**

<http://betaeq.blogspot.com/2014/05/nanotecnologia>

19 **E se perdemos o controle?**

<https://betaeq.com.br/index.php/2015/09/29/a-origem-da-nanotecnologia>

Após a apresentação das imagens, recomenda-se retomar a imagem 11 (que trata sobre a escala nanométrica) para fazer uma breve revisão sobre as grandezas físicas, notação científica e o uso dos prefixos e suas dimensões.

Feito isso, o professor deverá entregar o questionário I aos alunos (apresentado a seguir), que o responderão a partir de uma pesquisa, atividade proposta como tarefa para casa.

Questionário I

- 01) É possível a manipulação da matéria átomo a átomo?
- 02) Trabalhando com uma escala nanométrica, as propriedades da matéria serão modificadas? Justifique sua resposta citando exemplos.
- 03) Quais conceitos ou áreas da Física podem ser relacionadas a escala nanométrica? Justifique sua resposta.
- 04) Quais as principais pesquisas que estão sendo desenvolvidas usando a nanotecnologia?
- 05) Sabe-se que as nanopartículas podem penetrar em órgãos e tecidos. Quais as consequências disso?
- 06) Como essas nanopartículas agem na água, no solo e na atmosfera?

Aula 02 - Introdução dos conceitos de magnetismo

Esta aula tem o objetivo de introduzir os conceitos de magnetismo, para tanto, tem-se as seguintes recomendações:

1. Organizar as cadeiras em formato de U, para facilitar a visualização dos componentes da turma e facilitar a participação nas falas.
2. Reservar os 10 minutos iniciais para as discussões sobre o resultado da pesquisa que deverão ocorrer na forma de um debate com base nas respostas dos alunos fundamentadas na pesquisa solicitada no questionário I.
3. Durante as discussões o professor deverá intervir, de modo a comentar sobre as mudanças que ocorrem nas propriedades da matéria (propriedades elétricas/magnéticas dos materiais) quando manipulados em escala nano. Assim como explorar sobre suas esperanças, medos e curiosidades a respeito do tema.

4. Retomar a linha do tempo com as imagens dos meios de comunicação e inserir o conceito de ondas eletromagnéticas.

Após o debate é aconselhável que o professor faça uma revisão e/ou uma orientação dos principais tópicos que devem revisar, como ordem de grandeza, transformações de unidade e uso adequado dos prefixos, visto que estes pré-requisitos são fundamentais para a compreensão da proposta.

Depois disso, recomenda-se usar a imagem 12 (linha do tempo), que trata das evoluções em ciência e tecnologia, para a discorrer sobre as aplicações do magnetismo na nanotecnologia. Abordar o assunto das nanopartículas magnéticas, suas propriedades, características até chegar em ferrofluido e sua influência na área da saúde, propriedades magnéticas na aplicação industrial, automóveis, autofalantes. Com esta abordagem é possível introduzir os conceitos físicos acerca dos ímãs e suas propriedades. O professor deverá escrever a seguinte frase no quadro:

Será a Terra um grande ímã?

Juntamente desta pergunta deve-se usar uma imagem do planeta terra, pode ser uma imagem grande no quadro ou um desenho com o giz/pincel de quadro branco. Os conceitos a serem trabalhados são: as contribuições de William Gilbert, o que são ímãs, suas propriedades magnéticas e o contexto histórico sobre os estudos desta área, dos polos magnéticos e também campo magnético.

Aula 03 - Aproximar os alunos a ciência e a tecnologia por meio de narrativas

Nesta aula os alunos deverão ser reunidos em duplas para desenvolverem uma atividade por escrito. Esta atividade consta da elaboração de uma narrativa sobre o tema abordado na aula 1, ou seja, **nanociência e nanotecnologia e seus impactos na sociedade**. O texto será como uma previsão ficcionista, com base nas discussões realizadas em sala e nas pesquisas realizadas pelos estudantes.

O texto deverá abordar os seguintes aspectos, considerando o tempo, o espaço e os personagens ou narrador.

- A opinião dos discentes sobre o que são essas ciências.
- Onde a nanociência e a nanotecnologia são aplicadas.

- Quais os benefícios dessas práticas?
- Quais os riscos de manipular a matéria numa escala tão pequena?
- Como os conteúdos estudados nas aulas de Física afetam o seu cotidiano?

Com esta atividade espera-se que os alunos reconheçam as relações existentes entre ciência-tecnologia-sociedade, e dentro desta perspectiva estabeleçam conexões críticas a cerca do tema proposto.

3.5 Aula 04 - Peculiaridades do nanomagnetismo

Esta aula deverá ser expositiva, com o objetivo de estabelecer a relação entre nanociência e o magnetismo, com uma visão geral sobre as propriedades magnéticas dos materiais na escala nanométrica e também a relação entre as ondas eletromagnéticas. Para esta abordagem são apresentadas algumas orientações/estratégias a seguir que deverão ser adotadas pelo professor:

5. retomar as imagens usadas na primeira aula, optar pelas que tenham relação com comunicação e nanomedicina;
6. usar a revisão de ordem de grandeza e notação científica realizada na aula 1 e 2 para inserir o estudo do espectro eletromagnético;
7. No campo da comunicação opta por tratar primeiro das ondas de rádio. E para a inserção da nanomedicina iniciar pelos raios X e raios γ e explicar o porquê de serem classificados como radiação ionizante e as suas relações com as células cancerígenas,
8. Falar sobre a capacidade que possuem de interagir com as moléculas presentes nas células de tecidos vivos e terem a capacidade de destruir as células cancerosas ou estimular esta doença.

Realizadas estas discussões dentro da linha da evolução dos avanços científicos-tecnológicos. O professor deverá inserir noções básicas sobre as nanopartículas magnéticas e as suas aplicações na medicina, poderá falar também sobre a atuação como agentes de contraste em imagens de ressonância magnética nuclear, na separação magnética de células e ainda na terapêutica do câncer por magnetohipertermia.

Aqui o professor deverá estabelecer um paralelo das aplicações das nanopartículas magnéticas na medicina e suas consequências, consequências como é inflamação,

destruição de células cerebrais e lesões pré-cancerígenas, devido à suas dimensões se assemelharem as das proteínas e do DNA.

É importante nesta aula ajudar o aluno a desenvolver o senso crítico acerca dos aspectos positivos e negativos das aplicações em nanomedicina, assim como todo conhecimento produzido/envolvido no desenvolvimento de uma nova ciência ou nova tecnologia. É crucial evidenciar que este processo não é neutro.

3.6 Aula 05 - Como ocorre o desenvolvimento científico tecnológico? Há ou não neutralidade?

Esta aula deverá ser realizada no laboratório de ciências, com o objetivo de problematizar as questões abaixo:

- Como ocorre o desenvolvimento científico tecnológico?
- Há ou não neutralidade?

Após essa problematização inicial o professor irá apresentar 3 experimentos, de modo que os 2 primeiros sejam expositivos e o terceiro seja com a participação da turma. Recomenda-se dividi-la em 6 grupos.

O professor deverá pedir que eles se coloquem em duas posições, a primeira será pensar como um cientista, a segunda pensar como alguém que recebe o trabalho do cientista. Esta atividade tem o propósito de destacar se há ou não influência nas atividades realizadas. Para ajudar neste processo, sugere-se algumas indagações ao longo das experiências, apresentadas abaixo:

- O que motiva um cientista, ou pesquisador de uma empresa a criar algo?
- Esta escolha é livre?
- É neutra de todos os aspectos a sua volta?
- O que há por trás do desenvolvimento em CT?

As atividades propostas têm o foco de incitar as reflexões acima, assim como também trabalhar os conceitos físicos de forma prática, com três atividades demonstrativas: a primeira: propriedades dos ímãs, a segunda: campo magnético e a terceira: ondas eletromagnéticas, através de meios alternativos com materiais mais acessíveis.

Atividade 1: Propriedades dos ímãs

Para esta atividade são necessários 2 ímãs de tamanhos diferentes. O professor poderá pedir que os estudantes aproximem um de cada vez em diversos materiais: borracha, papel, madeira, ferro, moedas, agulha. Depois pedir que façam um breve relato do que eles perceberam na interação desses materiais e se o tamanho dos ímãs influenciava ou não. No final discutir por que a necessidade de os produzir em diferentes tamanhos e formatos.



Figura 5: Propriedades dos ímãs

Fonte: elaborada pela autora

Atividade 2: Mini bobina de Tesla

O intuito desta atividade é demonstrar a existência de um campo magnético e sua variação. E que este campo magnético induz uma corrente elétrica na bobina capaz de gerar energia suficiente para acender uma lâmpada.

Durante a apresentação o professor deverá apresentar os seguintes comentários com a turma:

4. Qual a importância da interação entre a lâmpada e a bobina?
5. Por que não há contato entre ambos?
6. O que será que Tesla estava pensando ao criar este mecanismo?
7. Transmitir energia a longas distâncias?
8. O que isto mudaria na forma de nos comunicar?
9. Será que suas contribuições influenciaram no estudo das ondas eletromagnéticas?

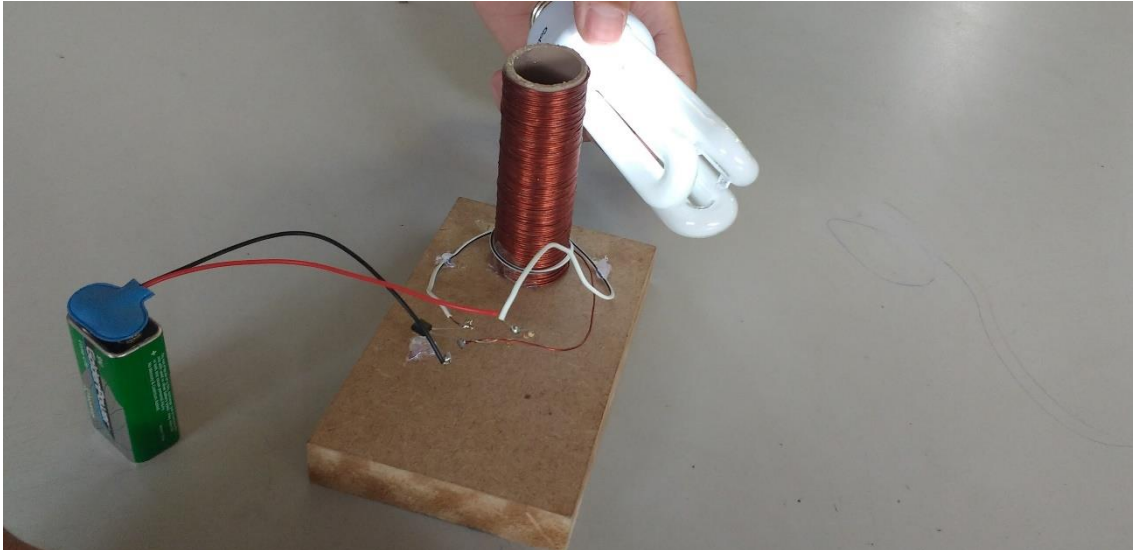


Figura 6: Mini bobina de Tesla

Fonte: elaborada pelo autor

Atividade 3: "Blindando" um celular

A terceira atividade foi retirada do portal do MEC para o professor, e deverá ser realizada em grupo pelos alunos. Os materiais são de fácil acesso, simples de manusear e uma compreensão simples da função das ondas eletromagnéticas e suas propriedades nos materiais.



Figura 7: Blindagem de um celular

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>

Materiais necessários

- Dois celulares que possam realizar e receber ligações;
- Caixa de sapatos;
- Sacola plástica (com tamanho suficiente para que a caixa de sapatos caiba dentro);
- Plástico para embalar alimentos (aproximadamente 20 x 30 cm);
- Papel alumínio (aproximadamente 20 x 30 cm).

Procedimentos e tarefas

7. Com os dois aparelhos celulares sobre a mesa, ligue de um para o outro verificando se eles estão funcionando.
8. Depois disto ser verificado, coloque um dos aparelhos dentro da caixa de sapato e, com o outro aparelho, ligue para o que está dentro da caixa de sapato. Anote se que aconteceu (o aparelho celular recebeu a ligação quando estava dentro da caixa de sapatos?).
9. Agora coloque a caixa de sapatos dentro da sacola plástica e repita o procedimento anterior anotando novamente o que aconteceu.
10. Retire o aparelho de dentro da caixa de sapatos e embale com o plástico para alimentos. Ligue novamente para o celular e anote o que aconteceu.
11. Por último, enrole o celular no papel alumínio. É importante que ele fique completamente embalado (sem nenhuma parte exposta). Agora realize a ligação e verifique o que aconteceu. Anote o resultado.
12. O que aconteceu com o sinal? Qual a importância das ondas eletromagnéticas para a comunicação? De que forma estes estudos contribuíram ou modificaram a forma das relações humanas?

3.7 Aula 6 e 7 – Visitar um laboratório de pesquisas em Nanociência e Nanotecnologia

Esta aula requer um planejamento maior por que envolve uma saída de campo, agendamento com a equipe do laboratório, autorização dos pais e do núcleo gestor escolar, além da orientação e preparo dos discentes para a visita.

Para isso é necessário seguir um roteiro:

6. Elaborar um termo de consentimento e autorização de para responsáveis pelos alunos assinarem; conforme mostramos no apêndice B
7. Agendar a visita;
8. Organizar o transporte;
9. Organizar a alimentação;
10. Orientar a turma (ou turmas) a pesquisar mais sobre o tema abordado para poderem questionar e interagirem mais com os cientistas e pesquisadores durante a visita.

Outra recomendação importante é a organização tanto do espaço, como do tempo. Uma estratégia indicada é dividir a turma, ou turmas, em grupos, de forma a fazer um rodízio entre as atividades.

Feito todos os procedimentos, há uma sugestão de se fazer esta visita guiada e dividida em dois momentos: o primeiro para tratar dos aspectos mais teóricos, como o que são essas tecnologias, suas aplicações, as pesquisas que estão sendo desenvolvidas na área, poderá ser pensado na forma de uma palestra. O segundo momento poderá ser formado por conhecer os materiais e experimentos realizados no laboratório e conhecer o trabalho dos cientistas.

3.8 Aula 08 – Avaliação - Física e cultura: Construção de uma história em quadrinhos numa abordagem em CTS

Esta é a última aula da sequência formada por uma avaliação final que deverá ser de cunho qualitativa. O objetivo desta a avaliação é criar uma história em quadrinhos baseada na narrativa inicial (produção dos alunos), nas pesquisas realizadas, nas aulas assistidas e na visita ao laboratório de Nanociência e Nanotecnologia.

O enredo deverá ser formado a partir da pergunta a seguir:

Como você imagina o planeta Terra daqui a 50 anos e a vida dos seres humanos a partir do uso da nanociência e nanotecnologia?

O professor dará as seguintes orientações a turma:

10. Que se organizem em grupos;
11. Distribuam as tarefas: quem vai desenhar, fazer a capa, escrever o drama, criar os personagens e o tema da história.
12. Criar um contraste com o pensamento crítico desenvolvido a partir das aulas de Física e expor as relações da produção científico-tecnológica em nano escala com a sociedade e o meio ambiente.

Com esta atividade espera-se que os alunos reflitam sobre os métodos de pesquisa, como elas são definidas pelos pesquisadores, e a influência dos aspectos valorativos econômicos-culturais neste processo.

Apêndice B

Termo de consentimento e autorização

Prezados pais ou responsáveis:

No dia 29/06/2018 será realizada uma visita ao laboratório de nanociência e nanotecnologia da Universidade de Brasília com o objetivo de aprofundar os assuntos estudados durante as aulas de Física. Para isso, precisamos que autorize a participação do(a) aluno(a) sob sua responsabilidade, preenchendo e assinando o termo a seguir.

Informamos que essa visita faz parte do projeto "Nanociência e Nanotecnologia em sala de aula", em desenvolvimento no Mestrado da professora Francisca Vânia Pereira Rodrigues. Essa pesquisa tem por objetivo investigar desafios e potencialidades associados ao ensino-aprendizagem desse tema. Sendo assim, aproveitamos para solicitar vosso consentimento para a utilização do material produzido por seu(sua) filho(a) durante a visita e as aulas de Física, como fonte de dados para esse mestrado. Ressaltamos que a privacidade de seu(sua) filho(a) será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado que possa identificá-lo(a) de qualquer forma, será mantido em sigilo.

Dúvidas ou maiores informações podem ser obtidas com a professora Francisca Vânia na escola ou pelo telefone: (61) 98115-1469.

Desde já, agradecemos.

Francisca Vânia Pereira Rodrigues

Direção

TERMO DE CONSENTIMENTO E AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, RG _____, Telefone _____, autorizo o aluno _____, sob minha responsabilidade, a participar da visita à Universidade de Brasília durante a manhã do dia 29 de junho de 2018, organizada pela professora de Física. Além disso, autorizo a utilização do material produzido pelo meu (minha) filho(a) no trabalho de pesquisa acima descrito, bem como a divulgação dos dados obtidos nesse estudo.

Brasília, ____/____/____

Assinatura do Responsável:
