

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS

Edvaldo Vieira Faria Junior

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação 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

Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS

EDVALDO VIEIRA FARIA JUNIOR

Orientadora
Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação 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:

Dra. Roseline Beatriz Strieder
(presidente)

Dr. Antônio Carlos Pedroza
(membro interno)

Dr. Luiz Gonzaga Roversi Genovese
(membro externo)

Brasília-DF
Fevereiro de 2019

Dedico esta dissertação à minha mãe, Maria José, e ao meu pai, Edvaldo (In Memoriam), que me proporcionaram uma boa educação e cuidaram do meu crescimento educacional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu amigo e pai celestial, pela inspiração, proteção e cuidado.

Aos meus pais Edvaldo (In Memoriam) e Maria José, pelos esforços em me dar uma educação integral e pelo amor.

À Paula Caetano, pelo companheirismo, **compreensão**, carinho e ideias.

À Dra. Roseline Beatriz Strieder, pelas enriquecedoras **orientações** e por ampliar meus olhares para o **Ensino de Física**.

Ao Daniel Sampaio, pela parceria, amizade e companhia durante nossas divertidas viagens à **Brasília-DF**.

Ao professor Dr. Luiz Cesar Branquinho, pela **palestra e informações**.

Ao professor Cristianno Rodrigues, pelo importante apoio na escola campo.

Aos professores Dr. Luiz Gonzaga Roversi Genovese e Dr. **Antônio Carlos Pedroza** **pelas contribuições teóricas**.

Ao Marcio Barbosa, pelo **patrocínio dos banners** e pelos incentivos durante toda a vida.

Aos **alunos da 3ª série C da escola campo**, pela participação e engajamento.

À equipe gestora e aos professores do Colégio Estadual de Período Integral Cruzeiro do Sul, pelo espaço e aulas concedidos.

À **Universidade de Brasília**, pelo competente corpo docente e pela estrutura oferecida.

À **Secretaria da Educação, Cultura e Esporte do Estado de Goiás (SEDUCE)** pela importante **licença** para aprimoramento profissional.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pelo apoio financeiro que recebi por meio da bolsa de estudos.

Brasília
Fevereiro de 2019

RESUMO

Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS

EDVALDO VIEIRA FARIA JUNIOR

Orientadora
Professora Dra. Roseline Beatriz Strieder

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação 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.

O presente trabalho centrou-se na elaboração e implementação de uma proposta didática sobre Nanociência e Nanotecnologia inscrita na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, com vistas à promoção da participação pública. Esta proposta foi desenvolvida junto a alunos(as) de Ensino Médio de uma escola pública de Aparecida de Goiânia e envolveu discussões sobre o tema em questão, em especial: conceitos físicos, aplicações, desenvolvimento, riscos, impactos, incertezas, regulação e legislação. Além disso, ao final do processo, foi realizada uma ação de socialização dos conhecimentos construídos pelos alunos(as), por meio de uma exposição de banners no pátio da escola. Análises e reflexões sobre a implementação da proposta indicam que ela contribuiu para o desenvolvimento de percepções e questionamentos relacionados ao tema em questão.

Palavras chave: Ensino de Física, Perspectiva CTS, Nanociência.

**Brasília
Fevereiro de 2019**

ABSTRACT

Nanoscience in High School: Potential of CTS Education

EDVALDO VIEIRA FARIA JUNIOR

Advisor
Professor Dr. Roseline Beatriz Strieder

Master's Dissertation presented to the Graduate Program of the University of **Brasília** in the **Professional Masters Course in Physics Teaching (MNPEF)**, as part of the requisites required to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

The present work was centered in the development and implementation of an educational proposal about Nanoscience and Nanotechnology registered in the STS (Science, Technology, Society) perspective, with sights to the promotion of the public participation. This proposal was developed together with pupils those **of Secondary Education of a public school of Aparecida de Goiânia** and it involved discussions on the theme open to question, in special: physical concepts, applications, development, risks, impacts, uncertainties, regulation and legislation. Besides, to the end of the process, there was carried out an action of socialization of the knowledges built by the pupils, through an exhibition of banners in the schoolyard. Analyses and reflections on the implementation of the proposal indicate that it contributed to the development of insights and questions related to the theme in question.

Keywords: Physics Teaching, STS Perspective, Nanoscience.

Brasília
February 2019

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
Capítulo 1 - O MOVIMENTO CTS	13
1.1 Surgimento e Desenvolvimento Histórico do Movimento CTS	13
1.2 CTS no Contexto Educacional Brasileiro	18
1.3 A Pedagogia de Paulo Freire e a Perspectiva CTS	20
1.4 Cultura de Participação	28
1.5 Abordagens CTS em Nanociência e Nanotecnologia	31
Capítulo 2 - NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA	35
2.1 Materiais Nanoestruturados	42
2.1.1 Nanomateriais de Carbono	43
2.1.2 Nanopartículas Metálicas	46
2.2 Desenvolvimento Histórico	49
2.3 Nanociência e Nanotecnologia no Brasil	52
2.4 Participação Pública em Nanociência e Nanotecnologia	52
Capítulo 3 - CONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO	54
1º encontro: Levantamento de Compreensões e Problematizações Iniciais	56
2º encontro: Aplicações, Impactos e Incertezas	58
3º encontro: Desenvolvimento de Pesquisas e Produtos	60
4º encontro: Sistematização das Discussões Realizadas	62
5º encontro: Perspectivas de Socialização dos Conhecimentos	62
6º encontro: Socialização das Compreensões	65
7º encontro: Avaliação da Implementação	66
Capítulo 4 – ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS	67
4.1 As Percepções e seus Aprofundamentos	68
4.2 O Despertar de novas Percepções e Questionamentos	71
4.2.1 O Despertar de Questionamentos Socioambientais	71
4.2.2 O Despertar de Questionamentos de Políticas Públicas	73
4.3 Indicativos de Compromissos Sociais	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICES	87
1 Planilha de Distribuição de Grupos e Macrotemas	87
2 Banners	93
3 Respostas ao Questionário Final	93
4 Produto Pedagógico	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sumário de uma versão preliminar do material sobre mecânica para o Ensino Médio do GREF.....	23
Figura 2: Ilustração sobre a resposta dos alunos a uma pergunta problematizada sobre eletricidade.....	24
Figura 3: Esquema da práxis de Paulo Freire.....	27
Figura 4: Algumas medidas em escala manométrica.....	36
Figura 5: Imagem de Pó de Níquel/Carbono, gerada por um MEV.....	37
Figura 6: Imagem de STM de grafite HOPG.....	38
Figura 7: Imagens da superfície do polímero P(VDF-TrFE).....	38
Figura 8: Tecido nano estruturado, que repele água, não mancha e impede o odor.....	40
Figura 9: Ilustrações dos principais nanomateriais de carbono.....	44
Figura 10: Imagem de exame de ressonância com uso de contraste à base de nanoimãs.....	48
Figura 11: Fotografia da sala de aula no momento da discussão em pequenos grupos.....	57
Figura 12: Fotografia da sala de aula no momento da palestra com o professor Luiz Cesar Branquinho.....	61
Figura 13: Macrotemas distribuídos nos banners.....	65
Figura 14: Exposição dos banners no pátio da escola campo.....	65
Figura 15: Esquema do resultado da promoção de questionamentos sobre Nanociência e Nanotecnologia sob a perspectiva educacional CTS.....	75

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Configuração dos encontros da implementação.....	55
Quadro 2: Questões para levantamento e problematização das compreensões dos alunos.....	56
Quadro 3: Registros das respostas dos pequenos grupos para análise de conhecimentos prévios.....	57
Quadro 4: Registros das participações na primeira discussão.....	59
Quadro 5: Registros das participações na segunda discussão.....	60
Quadro 6: Perguntas feitas ao professor Dr. Luiz César Branquinho e as respectivas respostas.....	62
Quadro 7: Relação macrotemas e questões relevantes para o conhecimento da sociedade.....	64
Quadro 8: Questionário final.....	66

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o desenvolvimento científico-tecnológico tem trazido diversas facilidades e comodidades em muitas áreas da nossa vida. Da comunicação ao transporte, por exemplo, as dificuldades impostas pela distância foram superadas. Assim, a ciência e a tecnologia (C&T) são comumente associadas ao progresso e bem estar da sociedade.

Porém, os meios de informação nos mostram que, paralelamente aos benefícios das produções científico-tecnológicas, crescem também os problemas socioambientais, como a poluição e o desemprego. Ao mesmo tempo em que podemos contar com comodidade e o conforto dos carros, dos celulares e das redes sociais, nos vemos também aparentemente inertes quanto à solução de diversos dos problemas socioambientais.

Nesse sentido, partimos do pressuposto de que é preciso repensar em que medida essa produção científico-tecnológica alcança a sociedade, beneficiando-a diretamente e, em que medida essa sociedade participa efetivamente e criticamente das tomadas de decisões. Importa, portanto, que o conhecimento em C&T não fique retido no meio da comunidade científico-tecnológica, e sim, alcance o público, tornando-o cidadãos informados, críticos e atuantes na sociedade em que vivem.

Assim, torna-se necessário desenvolver e aplicar propostas educacionais que contribuam para a promoção do pensamento crítico dos alunos, capacitando-os a compreender a organização, a natureza, o alcance e os limites da C&T. Associado a isso, Strieder (2012) entende que o processo de formação dos alunos da Educação Básica deve contribuir para capacitá-los para o enfrentamento de novos problemas e para definição de novos rumos para si mesmo e para a sociedade, na perspectiva da formação para a cidadania.

Dentre as perspectivas teórico-metodológicas que podem orientar trabalhos educacionais direcionados à formação para a cidadania, destacamos a Educação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Para Aikenhead (2003), o enfoque CTS busca promover a consciência dos problemas ambientais gerados pelo sistema socioeconômico, mediante a mudança de entendimento sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade. Assim, o cidadão passará da

condição de sujeito passivo para a condição de sujeito ativo, crítico, consciente e imerso no processo de desenvolvimento da C&T.

Diante disso, é preciso repensar como a C&T se desenvolvem e alcançam a sociedade como um todo. Segundo Auler (2002), **após os anos sessenta os problemas ambientais e a modernidade do aparato bélico presente nas guerras foram fatores motivadores para o surgimento de uma perspectiva educacional que incluísse a participação crítica e participativa da sociedade no desenvolvimento da C&T, oportunizando a discussão democrática sobre as decisões. Isto é, o poder político, social e econômico, associado à C&T, não pode estar centrado somente nas mãos de técnicos, especialistas e cientistas (GARCIA; CERESO e LUJÁN, 1996).** Em outras palavras, a tecnocracia deve dar lugar à democracia.

Associado a isso, Garcia, Cerezo e Luján (1996) chamam a atenção para uma urgente **revisão crítica do paradigma atual sobre C&T**. De acordo com esses autores, a **imagem rechaçada da C&T** como algo estritamente intelectual, aplicado e neutro, desperta a necessidade de um movimento que associe a responsabilidade do desenvolvimento **científico-tecnológico** a fatores sociais.

De acordo com Toma (2004), o estudo, a pesquisa e o desenvolvimento de materiais, dispositivos e equipamentos nano-estruturados **também devem acontecer com olhar crítico social. Isso ocorre no campo da Nanociência e da Nanotecnologia (N&N)**, que utiliza os conceitos da física, da química, matemática, **da computação e das engenharias** para compreender o comportamento dos átomos, das moléculas e das estruturas nanométricas.

De acordo esse autor, novos **compostos e materiais nanométricos** surgem dessa multidisciplinaridade, quando **uma infinidade de aplicações na medicina, na farmacologia, no desenvolvimento de procedimentos diagnósticos e na comunicação passam a fazer parte da vida das pessoas.**

Considerada como uma área promissora para o desenvolvimento de novos dispositivos, a N&N pode modificar o modo de vida das pessoas, o que torna necessário fazer com que o público em geral conheça os conceitos básicos, o desenvolvimento e as aplicações dos nanomateriais/nanoestruturas, bem como, problemas socioambientais e de **políticas públicas**, associados a eles.

É nessa perspectiva que este trabalho se insere e possui como objetivos a elaboração e o desenvolvimento de uma proposta de ensino sobre o tema N&N. Buscamos com isso responder a seguinte pergunta de pesquisa: *“Em que medida a abordagem do tema N&N, fundamentada na perspectiva CTS, pode contribuir para a promoção da participação de alunos do Ensino Médio?”*

Muito embora o público leigo não se concentre apenas nesse ambiente, nos deteremos àquele inserido em uma sala de aula que, de uma forma geral, possui acesso à informação e aos produtos provenientes da nanociência e da nanotecnologia. Assim, buscaremos o contexto do Ensino Médio para dar início às discussões sobre N&N, na perspectiva defendida neste trabalho, orientados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), que sugerem a inserção de assuntos relacionados à tecnologia para que os alunos possam ter uma visão crítica e responsável do mundo onde vivem.

Direcionados por essas perspectivas, a presente pesquisa foi dividida em capítulos compostos por tópicos e subtópicos. No primeiro capítulo realizamos uma revisão bibliográfica sobre os pressupostos teóricos da educação CTS. No segundo capítulo apresentamos algumas considerações relacionadas ao desenvolvimento, à evolução histórica, às aplicações, aos riscos, às incertezas e aos impactos associados à N&N. No terceiro capítulo descrevemos a metodologia da pesquisa, a elaboração e a implementação da proposta de ensino. No quarto capítulo estão contidas nossas percepções e análises das informações levantadas. Encerramos com as devidas considerações finais onde foram descritas as conclusões obtidas a partir da análise desenvolvida no capítulo 4.

Capítulo 1 - O MOVIMENTO CTS

A N&N estão entre as maiores evidências do desenvolvimento da C&T nos dias atuais, com significativa **influência** na vida das pessoas, tanto positivamente quanto negativamente. Diante disso, o **público leigo** precisa conhecer **as implicações e as perspectivas desse avanço**.

A **Educação CTS** tem sido proposta nesse sentido, objetivando a **formação para a cidadania** (SANTOS, 2002).

Assim, neste capítulo são apresentadas **discussões relacionadas à origem do movimento CTS e sua repercussão no contexto educacional, com ênfase nos objetivos formativos almejados pela Educação CTS**.

1.1 Surgimento e Desenvolvimento Histórico do Movimento CTS

A busca da mudança e da reconstrução de modelos estabelecidos ao longo da história do desenvolvimento científico-tecnológico tem origem em meados do século XIX (GARCÍA; CERESO e LUJÁN, 1996), quando ganha força um novo **olhar sobre as concepções tradicionais referentes às implicações políticas, econômicas, sociais e ambientais associadas ao desenvolvimento da C&T. Essas concepções tradicionais vieram da convicção de que o desenvolvimento científico-tecnológico traria somente benefícios e livraria a sociedade dos problemas existentes naquela época**.

Segundo Auler (2002), **entre as décadas de 60 e 70 começaram a ser observados diversos problemas ambientais causados pelas armas nucleares e químicas utilizadas durante a 1ª e 2ª Guerra Mundial e isso incentivou reflexões em torno da C&T**.

García, Cerezo e Luján (1996) resumem o desenvolvimento histórico do movimento CTS em três períodos. O primeiro período foi marcado pelo otimismo fundamentado no poder da C&T, a partir do qual se observou um real apoio da população ao progresso científico-tecnológico. O segundo período foi caracterizado pelo estado de alerta, do qual vieram à luz grandes problemas causados pelo avanço descontrolado da C&T. O último período destaca-se pela reação acadêmica, educacional e política do movimento CTS, no qual emerge a necessidade de uma maior participação da sociedade na discussão sobre C&T.

Em meados da década de 60, a comunidade acadêmica responde à crescente insatisfação com a concepção tradicional da C&T e aos problemas econômicos gerados pelo avanço científico e tecnológico. Essa resposta se desenvolveu com o avanço dos pensamentos europeu e americano em pensar na dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico. Entenda-se dimensão social como sendo um espectro de fatores sociais que contribuem para o desenvolvimento em C&T ou como concepção de que seus produtos influenciam diversos setores da sociedade.

De acordo com García, Cerezo e Luján (1996), o pensamento europeu em CTS começa a se desenvolver no final da década de 1970, na Universidade de Edimburgo e propunha que o conhecimento em C&T era precedido por questões sociais. O pensamento americano em CTS, originado nos EUA, fundamenta-se nas consequências sociais e ambientais que o desenvolvimento científico-tecnológico pode causar.

Independente dessa separação de pensamentos e de abordagens, o objetivo principal de ambos é a superação de concepções tradicionais e positivistas que apresentam a ciência como conhecimento autônomo, sendo a tecnologia como sua aplicação direta. Além disso, os dois pensamentos apresentam o desenvolvimentos científico-tecnológico como um processo social, cujas mudanças produzem significativos efeitos na vida das pessoas.

Também, os estudos e programas CTS se desenvolveram em três direções: no campo da investigação, no campo da educação e no campo da política. No campo da investigação, esse enfoque se desenvolveu como uma nova reflexão, racional e socialmente contextualizada, que se contrapõe à forma tradicional de se pensar em C&T no meio acadêmico. No campo educacional, esse novo olhar para desenvolvimento científico-tecnológico promoveu mudanças nos programas interdisciplinares de ensino médio e superior de diversos países, no sentido de se considerar a dimensão social dos conteúdos de ciências. E no campo da política, essa perspectiva tem se manifestado na promoção e criação de diversos mecanismos de participação pública nas discussões e decisões na gestão da ciência e da tecnologia (GARCÍA; CERESO e LUJÁN, 1996). Muito embora esses campos se completem, as discussões do presente trabalho ocorrerão predominantemente no campo educacional.

A partir dessas concepções em torno do desenvolvimento dos estudos e programas CTS, é necessária uma reflexão sobre *o que é ciência, o que é tecnologia e o que é sociedade* e, mais do que isso, nos interessa compreender como esses conceitos conversam entre si.

Ciência

De acordo com Strieder (2012), a definição de ciência não é simples por se tratar de um fenômeno social e humano bastante complexo. Isso se verifica pela diversidade de pontos de vista sócio filosóficos associados a esse conceito ao longo da história.

Strieder (2012) pontua que a complexidade da atividade da C&T e a diversidade de olhares/questões torna a busca pela definição de ciência um trabalho não muito trivial ou simples, visto que se trata de um fenômeno social e humano, analisado inclusive por sociólogos e filósofos da ciência, sob diferentes olhares. A autora separa esses olhares em dois grupos: olhares para a construção conceitual da ciência e olhares para a produção social da ciência.

No grupo de olhares para a **construção conceitual da ciência**, Strieder (2012) aborda as contribuições de Francis Bacon (1561 - 1626), que definia a ciência como resultado de **observações**; de Karl Popper (1902-1994), que sustentava a ideia da **teoria antes da observação** e de Tomas Kuhn (1922-1966), que considerava a participação da filosofia, da religião e da política na criação e aceitação das teorias científicas.

A ciência começa com problemas, problemas estes associados à explicação do comportamento de alguns aspectos do mundo ou universo. Hipóteses falsificáveis são propostas pelos cientistas como soluções para o problema. As hipóteses conjecturadas são então criticadas e testadas. Algumas serão rapidamente eliminadas. Outras podem se revelar mais bem-sucedidas. Estas devem ser submetidas a críticas e testes ainda mais rigorosos. Quando uma hipótese que passou por uma ampla gama de testes rigorosos com sucesso é eventualmente falsificada, um novo problema, auspiciosamente bem distante do problema original resolvido, emergiu. Este novo problema pede a invenção de novas hipóteses, seguindo-se a crítica e testes renovados. E, assim, o processo continua indefinidamente. (POPPER, 1982, p. 247 apud STRIEDER, 2012)

No campo de olhares para produção social da ciência, Shinn e Ragouet (2008 apud STRIEDER, 2012) apresentam um olhar que defende a ciência

como uma atividade social e separada das outras, um olhar que nega qualquer **separação entre ciência e sociedade** e um outro olhar que **está associado à autonomia científica**.

Porém, esses dois olhares se complementam na medida em que a produção do conhecimento em C&T se desenvolve sob as influências sociais, econômicas, religiosas e culturais, permitindo que se evidencie a relação entre ciência e desenvolvimento social.

Além disso, a discussão desses olhares deve contribuir para a desconstrução da ideia de ciência como aquela que se desenvolve de forma autônoma, neutra, objetiva e isolada de interferência externa, onde o foco fundamental era o descobrimento de Leis e fenômenos.

Tecnologia

Santos e Mortimer (2002) definem tecnologia como o conhecimento que nos permite controlar e modificar o mundo e que, atualmente, **está associada diretamente ao conhecimento científico**. Porém, esses autores alertam para que esse conceito não reduza a tecnologia à simples aplicação da ciência. Nessa linha esses autores destacam as ideias Pacey (1990, apud SANTOS e MORTIMER, 2002) que identifica três aspectos relacionados à tecnologia:

- a) **técnico: relacionado a conhecimentos, habilidades, técnicas, instrumentos, ferramentas, máquinas, recursos humanos e objetos.**
- b) **organizacional: relacionado à atividade econômica e profissional.**
- c) **cultural: relacionado a objetivos, valores, códigos de ética, progresso, consciência e criatividade.**

De acordo com Santos e Mortimer (2002), o conceito de tecnologia não pode ficar restrito ao seu aspecto técnico, visto que é a partir dos aspectos organizacional e cultural que a tecnologia se inter-relaciona com o desenvolvimento político, econômico, histórico, cultural e ambiental da sociedade. Portanto, **os autores esclarecem que a compreensão de tecnologia deve ir muito além dos conhecimentos sobre o funcionamento de determinados artefatos tecnológicos**. Assim, **os pressupostos da Educação CTS** apontam para o conceito de tecnologia associado ao contexto do desenvolvimento social.

Sociedade

De acordo com Simon (1999), **sociedade é um corpo orgânico estruturado em todos os níveis da vida social, com base na reunião de indivíduos que vivem debaixo de determinado sistema econômico de produção, distribuição e consumo, sob um dado regime político, e obediente a normas, leis e instituições necessárias à reprodução da sociedade como um todo.**

Porém, essa definição não representa exatamente a realidade de uma sociedade tão plural e repleta de desequilíbrios. Nesse sentido, destacamos as **discussões de Beck (2010, apud Strieder, 2012), que chama a atenção para o fato de que a sociedade está desmoronando no decorrer do seu próprio sucesso, passando a uma sociedade de risco que não reconhece e nem sabe lidar com os riscos.**

Manãs (2001) observa que o funcionamento da sociedade, ao longo da história, sempre foi influenciado pelo desenvolvimento da C&T, como se observou na avalanche de mudanças ocorridas na Europa entre os séculos XVIII e XIX, com a Revolução Industrial, que substituiu o trabalho artesanal pelo uso de máquinas. O desemprego, a queda dos preços dos produtos e a concentração de riquezas nas mãos da burguesia, mostram que a evolução da C&T não pode estar desassociada da sociedade.

Mas, como a ciência, a tecnologia e a sociedade se inter-relacionam e como promover a democratização e participação do público nas decisões sobre C&T? Sobre isso, Martins (2000) completa que o sucesso ou não da articulação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade foi resultado de como algumas sociedades olharam e valorizaram a C&T, tomando-as um verdadeiro instrumento a serviço humanidade.

Porém, um contraste notável, ainda observado por Martins (2000), permeia esse processo, pois enquanto uma pequena parte dos cidadãos desfruta dos benefícios dessa inovação, outra parcela, bem maior que a primeira, ainda vivendo em níveis de pobreza preocupantes, não pode contar com esse avanço científico-tecnológico. Essa ideia se contrapõe ao pressuposto de que o desenvolvimento e evolução da C&T implicam na solução dos problemas da sociedade. A C&T não conseguiram cumprir o esperado papel de “salvadoras” dos problemas sociais e de provedoras da qualidade de vida humana. Diante disso,

García, Cerezo e Luján (1996) afirmam que a ciência não era nada daquilo que parecia ser e que é necessária a preocupação com a racionalidade científica e não apenas com o método ou o produto científico.

Nessa perspectiva, Acevedo (1996) chama a atenção para a necessidade de se formar cidadãos que compreendam como a C&T influenciam o comportamento humano e o desenvolvimento econômico, político, ambiental e cultural da sociedade, para que dessa forma sejam capazes de participar ativamente e criticamente das decisões da sociedade. Da mesma forma esses mesmos cidadãos devem compreender em que medida a sociedade influencia no desenvolvimento da C&T. De acordo com o autor, com a inter-relação CTS é possível promover uma Alfabetização Científica capaz de desenvolver o pensamento crítico dos cidadãos, bem como motivá-los a pensar em soluções para os problemas da sociedade. Assim, em um trabalho voltado ao ensino de ciências, mais do que compreender como aluno aprende ou como o professor pode ensinar melhor, devemos nos preocupar com o contexto social e com a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos.

1.2 CTS no Contexto Educacional Brasileiro

No Brasil, a educação CTS apresenta seus primeiros passos nas décadas de 1970 e 1980, com duas tendências educacionais distintas, mas que se completam. Santos e Mortimer (2002) destacam que na década de 1970 o ensino de ciências era orientado para o enfoque da ciência como produto do contexto social, econômico e político e, na década de 1980, apontava-se para as consequências do desenvolvimento da C&T.

Diversos trabalhos voltados à investigação da perspectiva CTS afirmam que ela encontra respaldo nos documentos oficiais brasileiros. Porém, alguns apontam uma série de questões a serem repensadas, tais como cidadania, competências, interdisciplinaridade e contextualização e relações entre desenvolvimento da C&T e os processos de produção da sociedade (STRIEDER; SILVA E SANTOS, 2016). Dentre alguns documentos oficiais estão as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio de 1998 (DCNEM/98), que se preocupa com a necessidade de aproximar o conhecimento científico do cotidiano dos alunos, afim de que compreendam a realidade. Em contrapartida, conforme

a análise de Strieder, Silva e Santos (2016), nas DCNEM/98 não são pontuados aspectos que permitam um olhar questionador relacionado ao desenvolvimento da C&T, em especial, sobre a neutralidade ou não da ciência. Mas, documentos publicados a partir de 1999, como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM/1999), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+/2002) e Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM/2006), trazem um olhar voltado para as relações CTS, porém de natureza metodológica. Percebemos esse olhar quando os PCNEM explicitam que os objetivos da área de ciências e matemática incluem a compreensão das Ciências da Natureza como construções humanas, que acabam por articular o conhecimento em C&T com a vida social (BRASIL, 1999).

Strieder, Silva e Santos (2016) perceberam que os PCN+(2002) respaldam a educação CTS ao caracterizarem as disciplinas de Física, Química e Biologia (Ciências da Natureza) como componentes de uma mesma área do conhecimento, cujo objeto de estudo comum é a investigação da natureza e dos desenvolvimentos em C&T. Os autores ainda destacam que o documento ressalta que as disciplinas dessa área compõem a cultura científico-tecnológica, reconhecida como fruto de uma construção histórica que sofre influências econômicas e sociais.

A perspectiva CTS busca trabalhar criticamente com questões ligadas à C&T que, por sua vez, possuem impactos sociais, econômicos, políticos, ambientais e educacionais. Isto é, relaciona o conhecimento científico com o tecnológico, mostrando as relações dos mesmos com a sociedade. Portanto, o contexto educacional da perspectiva CTS é o que mais nos interessa, visto que investigamos a discussão de conteúdos de N&N com vistas à participação social dos alunos: a) na discussão das questões sociais e éticas da ciência e da tecnologia b) na compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico c) no desenvolvimento sua cidadania, tornando-os autônomos em tomadas de decisões relacionadas ao processo de desenvolvimento da C&T, assumindo responsabilidade e que sejam capazes de intervir socialmente (AULER, 2006).

No que diz respeito ao ensino de física na educação básica, destacamos que ele é permeado de conteúdos de relevância social e cultural. Além disso, a Física no Ensino Médio carrega uma série de conceitos suficientemente capa-

zes de elucidar o desenvolvimento, a evolução e a aplicação de diversas tecnologias, como a N&N. A educação CTS, por sua vez, promove a dimensão social desses conteúdos, contribuindo para a formação de alunos competentes na discussão e participação nas decisões relacionadas ao desenvolvimento científico-tecnológico que envolve sua realidade de vida.

Em tempos de busca por soluções para problemas ambientais, sociais, políticos e econômicos, os pressupostos da educação CTS, vistos como perspectiva humanista para o ensino de ciências. Ou seja, esses pressupostos permitem a abordagem dos conteúdos a partir da construção de conhecimentos que permitem a participação dos alunos em temas relacionados à C&T, levando-os à condição de cidadãos críticos e responsáveis no contexto social o qual está inserido.

No Brasil, alguns pesquisadores (a exemplo de ANGOTTI e AUTH, 2001; AULER e DELIZOICOV, 2001; PINHEIRO, 2007) apresentam essa perspectiva em materiais didáticos e propostas curriculares.

No contexto educacional, a educação CTS pode ser uma boa proposta para reestruturar o ensino de ciências no sentido de motivar e promover a aprendizagem contextualizada, desenvolvendo a compreensão do conhecimento científico como valor social (AIKENHEAD, 2003).

Coerente a isso, o ensino de ciências fundamenta-se em problemáticas sociais, tais como: qualidade do ar, recursos hídricos, tecnologias de guerra, recursos energéticos, uso do solo, saúde, recursos minerais, extinção de animais e substâncias perigosas.

Sendo assim, a perspectiva CTS está relacionada a uma mudança sucessiva e gradual tanto no currículo escolar quanto na função social da escola (STRIEDER, 2012), que está associada ao desenvolvimento de uma cultura de participação respaldada pelos pressupostos educacionais de Paulo Freire, os quais serão discutidos a seguir.

1.3A Pedagogia de Paulo Freire e a Perspectiva CTS

A referência em Paulo Freire (1921 a 1997) se justifica por seus trabalhos com abordagens desafiadoras e problematizadas na alfabetização de adultos, que revolucionou os processos educativos nessa faixa etária no Brasil,

em que se desenvolveu o **Movimento da Cultura Popular**, lançado em 1961. Segundo Tozoni-Reis (2006), esse processo era baseado em temas contextualizados e deles eram elencados os conteúdos necessários. Para Freire, esses temas geravam discussão, investigação e novos conhecimentos, tornando o ensino mais significativo. Segundo o autor:

Não seria, porém, com essa educação desvinculada da vida, centrada na palavra, em que é altamente rica, mas na 'milagrosamente' esvaziada da realidade que deveria representar, pobre de atividades com que o educando ganhe a experiência do fazer, que desenvolveríamos no brasileiro a criticidade de sua consciência indispensável à nossa democratização. (FREIRE, 2007, p.102)

As concepções de Paulo Freire podem ser articuladas com a educação CTS uma vez que se apoiam em princípios como a “problematização” e a “dialogicidade” de situações existenciais dos educandos. Isto é, a articulação CTS e Freire se configuram a partir da participação e da democratização de decisões, por intermédio de uma leitura crítica da realidade atual (AULER, 2006).

Campos (2010) esclarece que os pressupostos da perspectiva CTS vão ao encontro da filosofia educacional de Paulo Freire ao defender uma educação que possibilita o desenvolvimento do indivíduo de modo amplo, onde o conhecimento adquirido deve ser levado para vida.

Um ensino de Ciências dentro da perspectiva da CTS pressupõe o rompimento com a educação bancária e um avanço não somente para a valorização do cotidiano, mas também para abordagens integradoras, para a reformulação de currículos, para o letramento científico e tecnológico¹, entre outras medidas práticas (CAMPOS, 2010, p. 70).

De acordo com Auler (2006), esse novo olhar educacional ocorrerá mediante a superação de três construções históricas relacionadas à C&T. A primeira desconstrução deve ocorrer com relação ao modelo de decisões tecnocráticas, onde apenas especialistas e técnicos possuem voz ativa, encurtando o espaço da necessária democracia na tomada de decisões. É necessário ainda reconstruir a ideia de que a ciência e a tecnologia por si só foi/é/será capaz de salvar a humanidade, ignorando as relações sociais em que ambas estão

¹Para Waks (1990), letramento científico relaciona-se à compreensão do impacto da C&T na vida pública.

imersas. Por último, a **educação CTS deve desconstruir a concepção de que a evolução da C&T é a causa de diversas mudanças políticas, econômicas, ambientais e culturais na sociedade, sendo que, na verdade, a ciência e a tecnologia evoluem porque a sociedade evolui.**

A partir dessas desconstruções, os objetivos desses propósitos devem ir ao encontro da necessidade de conectar o conhecimento à realidade social, de possibilitar o envolvimento educador/educando no fazer e pensar o currículo, de entender que o conhecimento não está pronto ou acabado, de estabelecer uma relação dialética entre os conhecimentos de senso comum com aqueles sistematizados, de buscar uma forma interdisciplinar de apreender o conhecimento e de entender que a escola também é um local de produção de conhecimento.

Nos anos 70, um grupo de professores **vinculados à Universidade de São Paulo, dentre eles, Luiz Carlos de Menezes, José Andre Angotti e Demétrio Delizoicov, tentavam transformar o Ensino de Física, tradicionalmente propedêutico e formal, em algo problematizado e fundamentado na realidade do aluno, com base nos pressupostos freireanos.**

Como exemplo dessa abordagem problematizadora e conscientizadora, apresentamos o trabalho do Grupo de **Reelaboração do Ensino de Física (GREF), da Universidade de São Paulo, que é formado por professores da rede estadual de ensino do Estado de São Paulo e coordenado por professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP).**

Iniciando seus trabalhos em 1984, o GREF tem por objetivo elaborar propostas de Ensino de Física contendo conteúdos que partem elementos contidos na vivência dos alunos da Educação Básica, mediante a exposição da Física como ferramenta facilitadora para a compreensão da realidade, configurando o enfoque em temas problematizados. Em uma versão preliminar sobre mecânica, publicada em 1998, observamos no sumário desse trabalho a preocupação dos autores em partir de temas problematizadores inseridos em situações cotidianas para expor os conteúdos de Física, conforme apresenta a figura a seguir.



1. Onde não está a eletricidade?
2. Pondo ordem dentro e fora de casa
3. Elementos dos circuitos elétricos
4. Cuidado! É 110 ou 220?
5. A conta de luz
6. Exercícios

Figura 1: Sumário de uma versão preliminar do material sobre eletromagnetismo para o Ensino Médio do GREF.

Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro1.pdf>

Esse material apresenta uma proposta curricular da qual os conteúdos de Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo são abordados através de leituras questionadoras, investigativas e problematizadoras, privilegiando “o que”, “o como” e o “por que” ensinar determinado conteúdo. Assim, é possível promover o fazer e o pensar, começando cada assunto de Física pelo desenvolvimento de um tema ou problema contidos no universo de vivência do aluno e do professor.

A figura a seguir representa uma das ilustrações desse material relacionada a uma questão problematizadora prévia às discussões dos conceitos de eletricidade.



Figura 2: Ilustração sobre a resposta dos alunos a uma pergunta problematizadora sobre eletricidade.

Fonte: GREF, 1998, volume 1, página 3

Além do GREF, citamos os trabalhos desenvolvidos por Delizoicov, Angotti e Penabuco.

Delizoicov (1991) observa que processo educativo problematizado deve articular uma cultura primeira que o aluno traz para a escola com as práticas pedagógicas planejadas pelo professor.

De acordo com esse autor, ao articular conhecimentos e temas, Paulo Freire enfatiza a necessidade de um trabalho com o conhecimento prévio do aluno através de um processo de *codificação-problematização-descodificação*, no qual inicialmente o educador compreende o significado que as situações cotidianas e vivenciais apresentadas ao aluno, afim de que sejam problematizadas e, depois, o aluno apreende os conceitos por intermédio da problematização e da interpretação oriunda de conhecimentos universais introduzidos pelo professor.

Para as ações didático-pedagógicas dos conceitos de Física em sala de aula, Delizoicov propõe, em 1982, que o processo de *codificação-problematização-decodificação* deve ocorrer metodologicamente em três momentos pedagógicos, descritos a seguir:

1º momento: Problematização Inicial

- São apresentadas situações reais conectadas à vivência dos educandos.
- Sugere-se que sejam formados pequenos grupos para discutir as questões propostas pelo professor e que depois serão exploradas no grande grupo.
- O professor deve questionar os posicionamentos dos alunos diante das questões propostas, provocar novas discussões sobre as respostas dadas e localizar conhecimento prévio e, muitas vezes, de senso comum dos alunos.
- O aluno deve perceber que o que ele sabe ainda é limitado para uma melhor compreensão do(s) problema(s) proposto(s), levando-o a sentir a necessidade de apreensão de outros conhecimentos.

2º momento: Organização do Conhecimento

- São utilizados os dados que emergiram da problematização inicial para que os professores possam definir quais são as questões geradoras e quais são os conteúdos que deverão ser trabalhados para a compreensão do tema gerador.
- O professor deve resgatar aspectos que fazem parte da realidade do aluno, como problemas e situações significativas.
- Diversas atividades deverão ser empregadas para que se possam conceituar fisicamente as questões problematizadas anteriormente por intermédio da resolução de problemas.
- O registro das informações nesse momento pode desempenhar um papel formativo na construção de conhecimentos.

3º momento: Aplicação do Conhecimento.

- O conhecimento construído pelo aluno na interpretação e análise das situações e problemas propostos é abordado sistematicamente.
- Desenvolve-se a capacidade de empregar o conhecimento para conceituar as situações e questões reais.

- O suporte teórico da Física adquire potencial conscientizador e explicativo.

Direcionado por esses pressupostos, Delizoicov **lança** em parceria José André Angotti, em 1991, o livro *Física*. Nesse material, os autores desenvolvem o tema: *Produção, distribuição e consumo de energia elétrica*, permitindo a apreensão dos conceitos, leis, relações e utilização da Física associados à vivência social, natural ou tecnológica dos alunos. A seguir, estão os objetivos dessa proposta:

“Listar e classificar aparelhos eletrodomésticos quanto aos efeitos observados durante o seu funcionamento. Caracterizar grupos de aparelhos quanto à forma preponderante de energia transformada, a partir da elétrica. Decodificar as unidades de medidas impressas nos aparelhos e relacioná-las com as respectivas grandezas. Reconhecer a extensão dos conceitos de frequência e potência usados em áreas distintas da Física.” (DELIZOICOV, 2014, p. 91)

Esses pressupostos foram elementos motivadores e estruturantes para o Movimento de Reorientação Curricular no Município de São Paulo na década de 90 (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002).

Projetos com esses objetivos e pautados nesses princípios necessitam de professores conscientes tanto do seu papel na educação, quanto da sua função nesse processo. Assim, o professor deve transpassar-se do posto de mero transferidor de conteúdo para o posto de transformador da realidade, superando práticas de ensino engessadas e, em certa medida, domesticadoras, defendendo, em contrapartida, um ensino onde o aluno leia, aprenda e transforme situações marcadas pela exploração, negligência e discriminação, corrupção e outros problemas sociais que o envolvem (FREIRE, 2002).

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) compreendem que a prática pedagógica com referência em temas permite que o mundo externo seja trazido para escola, tornando-o um ambiente de desafio, construção e socialização de conhecimento.

Segundo esses autores, as ações pedagógicas construídas a partir de temas exigem diversas mudanças de paradigmas de professor, de aluno e de conteúdos. Ou seja:

- O professor assume a postura de mediador na construção de conhecimentos imbuídos de produção histórica e procedimentos próprios.
- O aluno se assume como sujeito crítico e participativo da construção do conhecimento.
- Os conteúdos se encaminham a partir de problematizações onde, por intermédio de debates e discussões, haja compartilhamento de ideias.

Nesse sentido, as abordagens por meio de temas estão de acordo com a educação CTS ao exigir, no contexto escolar, ações pedagógicas que promovam alunos com olhares autônomos, críticos e responsáveis sobre a produção, o desenvolvimento, a aplicação e, especialmente, os riscos e incertezas associadas à evolução da C&T. Assim, o ensino de temas relacionados à C&T se torna mais significativo, interdisciplinar, dialógico e construtivo.

De acordo com Santos (2008), os temas são fontes de conscientização para a transformação do contexto de exploração em uma perspectiva libertadora e em CTS. Associado a isso, Strieder (2012) entende que tais temas são utilizados para compreensão de questões ambientais e para desenvolver habilidades para a argumentação e participação.

Na pesquisa em que se baseia esse trabalho, o tema N&N: *Estudo, Desenvolvimento, Aplicação, Riscos, Incertezas, Impactos e Políticas Públicas* foi adotado justamente por fazer parte, assim como outros temas, da vivência dos educandos. Portanto, buscamos atentar para que a prática docente não se configure a partir de um saber inerte, em que os alunos percebam ao longo das discussões em tornos do tema que os conhecimentos de senso comum não serão mais suficientes. Nesse contexto surge o que Freire (2009) chamou de “práxis”, onde a ação e reflexão por parte do aluno o insere no processo de aprendizagem, desenvolvendo uma visão reformulada do tema proposto.

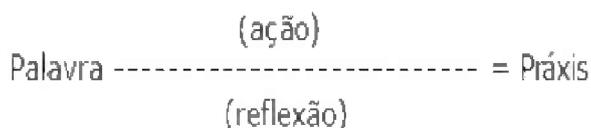


Figura 3: Esquema da práxis de Paulo Freire

Fonte: (Freire, 2009)

Diante desses pressupostos, o presente trabalho busca promover o aluno da Educação Básica à condição de sujeito crítico diante do estudo, desenvolvimento, aplicações e impactos sociais, ambientais, econômicos e culturais que a N&N promove em sua realidade de vida.

Portanto, a elaboração e o desenvolvimento da proposta central deste trabalho estão associadas ao desenvolvimento de uma cultura de participação em temas relacionados à C&T.

1.4 Cultura de Participação

O desenvolvimento da N&N tem mostrado que a **inovação** em C&T é necessária. Porém, é preciso também promover a sensibilidade e, consequentemente, a **preocupação das pessoas quanto aos riscos**, aos impactos e as incertezas para o meio ambiente, para a **saúde**, para a economia, para a cultura e para a política. Assim, paralelamente a **essa evolução**, deve crescer também o **envolvimento da sociedade na definição** de metas delimitadoras da produção e da aplicação dos produtos relacionados à N&N.

Nesse contexto, a **educação CTS** entra com a **formação crítica** e estimuladora dos alunos, fundamentando-os para a **participação pública** no processo de desenvolvimento e aplicação das N&N e opondo-se à **indiferença antidemocrática** de algumas políticas públicas.

No contexto brasileiro, a **participação pública** no desenvolvimento e aplicação da C&T se articula nos pressupostos da **educação CTS** e do educador Paulo Freire (AULER E DELIZOICOV, 2006), onde o **ponto de convergência** desses ideais está justamente na **participação da sociedade**. Dessa forma, enquanto a **educação CTS** reivindica a **democratização das decisões sociais** envolvendo C&T, Paulo Freire propunha um ensino voltado para a **leitura crítica** do mundo para transformação da realidade.

Mas, o que Brasil tem feito para permitir a **participação pública** nos assuntos relacionados à C&T? De acordo, com Fernandes e Filgueira (2008), a partir do ano 2000 o **governo brasileiro** começou entender a necessidade da **participação pública** no desenvolvimento da C&T. Em 2005, o **Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT)** implanta o **Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN)**. Porém, esses autores ainda destacam que, mesmo contabilizados 412

projetos de pesquisa nessa área até o ano de 2010, observou-se claramente a ausência de reflexões relacionadas à perspectiva do cidadão como agente crítico e ativo na produção, aplicação e implicações sócio-políticas do avanço da C&T.

Esses autores esclarecem que, além do Brasil, diversos países, como Argentina, Chile, Colômbia, Cuba, Equador, Rússia, Índia e África do Sul, apresentaram ações para envolver a sociedade no desenvolvimento e aplicação da C&T.

A urgente participação pública na construção compartilhada de políticas de C&T se justifica no fato de que diversos segmentos da atividade humana são transformados pela revolução tecnológica gerada pelo desenvolvimento da N&N (RATTNER, 2005). Como exemplo disso, Davies, MacNaghten e Kearnes (2009) destacam que diversos países da União Europeia se esforçaram em incluir o público leigo na discussão, construção e aplicação de políticas relacionadas ao desenvolvimento da nanotecnologia.

Como destaca Albagali (1996), os meios de comunicação carregam uma grande responsabilidade no processo participação da sociedade, uma vez que, especialmente na ciência, a comunicação assume três funções: educacional, cívica e de mobilização social. A função educacional esclarece o público sobre os fenômenos científicos, a função cívica desenvolve a opinião pública informada sobre os impactos do desenvolvimento tecnológico e científico e a função de mobilização social difunde informações que estimulem a participação pública na formulação de políticas públicas e escolha de opções tecnológicas.

Diante dessas reflexões sobre a responsabilidade da comunicação, a cultura de participação começa a tomar forma mediante informações com linguagem adequada e na medida certa, para que algumas perguntas fundamentais sejam respondidas, como por exemplo:

- Por que estas tecnologias e não outras?
- Podemos confiar nelas?
- Quem precisa delas e quais são os interesses subjacentes? d) Como serão aprovadas e quem as controlará?
- Quais são os benefícios, e como eles serão distribuídos?

Davies, MacNaghten e Kearnes (2009) apresentam o exemplo da União Europeia, trazendo algumas medidas relevantes para a democratização das decisões:

- Compreender como a ética e a responsabilidade permeiam a comunidade científica.
- Entender como público leigo vê a importância da ética no processo de evolução tecnológica.
- Desenvolver formas de perceber e avaliar a perspectiva do público leigo sobre o assunto.
- Organizar eventos (congressos, audiências ou simpósios) que permitam debates e discussões sobre políticas públicas para esse setor da sociedade.

Esses pressupostos demonstram a necessidade de abordar esse tema no contexto da educação básica, visto que o avanço científico e tecnológico permeia a realidade de vida de muitos alunos nos dias atuais (FIGUEIREDO, 2009). A N&N também se insere nesse contexto, uma vez que diversos produtos nanotestruturados já estão no mercado juntamente com seus riscos, impactos e incertezas, sobre os quais discutiremos na sequência.

Diante desse cenário, é necessário que os conteúdos escolares sejam dotados de significado ao enfatizarem o papel da C&T na sociedade.

Para que isso efetivamente se torne realidade no contexto da Educação Básica é necessário o desenvolvimento da “alfabetização científica” nesse espaço formal (escola de Educação Básica), definida por Chassot (2000, p.19) como “o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e às mulheres fazerem uma leitura do mundo onde vivem, de forma que seja oportunizada a participação ativa no processo pedagógico próximo da sua realidade”. Espera-se, nesse sentido, que o aluno da Educação Básica participe, opine e usufrua das responsabilidades e dos desafios do desenvolvimento científico-tecnológico, ao entender melhor o mundo real, compreendendo que a ciência está inserida em um contexto histórico, social, cultural e ambiental (SANTOS, 2008).

Segundo Nicoletti, Sepel e Vestena (2016), **os espaços formais, como a escola, já deviam estar** organizados no sentido de mediar os saberes científicos para que estudantes tivessem acesso crítico-participativo à C&T.

Como esse cenário nem sempre é observado nas escolas de Educação Básica, Schulz (2005) propõe a abordagem dos conceitos relacionados à C&T por intermédio de aulas, palestras, leituras e outros meios, de maneira que o aluno seja conduzido no terreno das hipóteses e das suposições, quebrando barreiras que os desmotivam na compreensão de conceitos sobre C&T. Portanto, a Educação Básica se apresenta como um bom ambiente para que possamos desconstruir o mito de que assuntos relacionados ao desenvolvimento científico-tecnológico são restritos a cientistas reclusos em laboratórios demasiadamente caros e sofisticados.

1.5 Abordagens CTS em Nanociência e Nanotecnologia

A real necessidade de popularização do conhecimento científico-tecnológico e o surgimento de novos produtos e aplicações nessa área motivaram o desenvolvimento de diversos trabalhos investigativos na área de Ensino de Física e Ciências na Educação Básica. Como parte da nossa investigação, buscamos em portais de algumas universidades e em sites de congressos e simpósios alguns artigos, dissertações ou teses que abordavam o tema N&N em uma perspectiva educacional com vistas aos aspectos sociais e ambientais. Os trabalhos relacionados abaixo discutem e investigam o processo de ensino e aprendizagem do tema N&N sob a perspectiva CTS no contexto da Educação Básica.

Proposta 1: O ENSINO DE NANOCIÊNCIAS POR MEIO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

O primeiro trabalho que encontramos e que consideramos relevante em nossa investigação foi encontrado no portal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Ellwanger et al. (2012), alunos do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática no Centro Universitário Fracisca-

no (UNIFRA), desenvolveram transposições didáticas relacionadas aos conceitos de Nanociências e às propriedades ópticas em nanoescala. Para a organização e desenvolvimento da metodologia aplicada para a verificação desses produtos educacionais os autores utilizaram demonstrações computacionais, animações, vídeos e hipertextos. O resultado desse trabalho foi encorajador, segundo diversos depoimento de alunos entrevistados e que participaram das atividades propostas. Os pesquisadores, baseados nos índices de aprovação, resolveram ampliar os conceitos trabalhados e a aprofundar as discussões a fim de alcançar um número ainda maior de pessoas, popularizando assim a Nanociência. Nesse sentido, as abordagens apresentadas nesse artigo vão ao encontro dos pressupostos deste trabalho por discutirem uma metodologia inovadora e moderna para o ensino de tópicos de N&N e por argumentarem sobre a necessidade e a importância da popularização da ciência.

Proposta 2: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NAS AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

O segundo trabalho que consideramos importante para a nossa investigação foi extraído da biblioteca digital da USP. A dissertação de mestrado, defendida por Cátia Fernandes Gama à Universidade de São Paulo (USP) em 2013, investiga o ensino e aprendizado dos conceitos de N&N no Ensino Médio em uma discussão sobre nanomateriais e seus impactos na sociedade, concentrando-se no estudo das nanopartículas de carbono fazendo uso de materiais de baixo custo a fim de aproximar os alunos da ciência moderna, vencendo o paradigma de que a ciência como algo reservado a espaços restritos como laboratório sofisticados, caros e modernos. Gama (2013) utilizou-se de uma metodologia baseada em transposições didáticas, em que uma foi aplicada em 2010 e a outra foi aplicada em 2012, nas quais se observou a adaptação e a reformulação das diferentes situações de aprendizagem de forma que foram superados os modelos de aulas que privilegiam a manipulação de fórmulas, a resolução de problemas e a memorização descontextualizada. Nesse sentido, Gama (2013) observa que é necessário realocar o aluno para a posição de sujeito do processo de ensino e aprendizagem, lembrando que os conceitos de

N&N no Ensino Médio devem ser entendidos como uma atividade interdisciplinar. Escolhemos o trabalho de Gama (2013) por trazer diversas considerações importantes que estão em consonância com as discussões desenvolvidas em nosso trabalho, como o ensino e aprendizagem temáticos e problematizadores, além de trazer considerações sobre os impactos sociais do estudo, desenvolvimento e aplicações de nanopartículas.

Proposta 3: NANOTECNOLOGIA: O TRANSPORTE PARA UM NOVO UNIVERSO

Baseado em uma proposta didática apresentada ao seminário “Nanotecnologia, saúde dos trabalhadores, alimentos e impactos à sociedade e ao meio ambiente”, realizado de 3 a 4 de outubro de 2007, Pinto e Vieira (2008) optaram por uma metodologia na forma de um pequeno livro onde está contida uma história em quadrinhos com três personagens que fazem uma longa viagem de caminhão e passam seu tempo conversando sobre o admirável mundo da nanotecnologia e suas aplicações na sociedade. Esses autores trazem diversos conceitos e aplicações relacionados à nanotecnologia, fazendo uso de uma linguagem acessível e divertida, além de diversas imagens que facilitam tanto a compreensão da história como a assimilação dos conceitos científicos. As considerações desse trabalho estão em plena sintonia com os pressupostos da presente investigação por trazerem tanto a introdução dos conceitos que envolvem a nanotecnologia quanto à discussão de questões relacionadas aos riscos à saúde ao meio ambiente.

Esses trabalhos foram selecionados por trazerem alguns elementos importantes, que se aproximam do interesse do presente trabalho. Esses elementos são:

- **Conceitos e definições**
- **Riscos à saúde e ao meio ambiente**
- **Importância da participação pública**
- **Educação CTS**
- **Abordagem problematizada a partir de temas**

No capítulo seguinte serão apresentados os conceitos, definições, desenvolvimento, evolução histórica, manipulação, riscos, incertezas e impactos socioambientais que envolvem a Nanociência e a Nanotecnologia.

Capítulo 2 - NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

O presente capítulo apresenta algumas considerações importantes relacionadas à N&N, bem como a **evolução histórica**, o desenvolvimento, as **aplicações**, os riscos e as incertezas associadas a ela. Da mesma forma, discutiremos os **possíveis impactos socioambientais causados pela evolução da N&N** e a **necessidade de participação pública em assuntos relacionados à C&T**.

N&N são termos que estão associados, mas que não podem ser considerados sinônimos. Algumas definições acabam por desenhar a tecnologia como uma (mera) aplicação da ciência. Observe a definição proposta por Fernandes e Filgueiras (2008):

(...) nanociência é “o estudo dos fenômenos e a manipulação de materiais nas escalas atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades diferem significativamente daquelas em uma escala maior”, enquanto nanotecnologias são “o design, a caracterização, a produção e a aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas controlando forma e tamanho na escala nanométrica”. (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008, p. 2205).

Porém, essa concepção de tecnologia não é consensual e não está de acordo com os pressupostos da educação CTS. Nessa perspectiva, Winner (1979 apud OSÓRIO, 2002) compreendem a tecnologia como um conjunto extremamente diversificado de fenômenos, ferramentas, equipamentos, máquinas, organizações, métodos e sistemas. O autor ainda considera que os aspectos políticos precisam ser considerados, indicando que, na **definição de tecnologia**, se levante e se analise **as relações estabelecidas, as aplicações do termo** e seus limites. Mais adiante estaremos a discutindo um pouco mais sobre o conceito de tecnologia a partir dos pressupostos CTS.

Mas, **que é uma medida manométrica?** Segundo Schuls (2005), o “nano” é um prefixo que descreve uma ordem de grandeza que vem do grego e significa “um bilionésimo de alguma coisa”. Em nosso caso, estamos falando de um bilionésimo do metro. Isto é, 1 nanômetro é igual a 1 metro dividido por um bilhão ($1 \text{ nm} = 1.10^{-9} \text{ m}$).

Para melhor **compreensão e mentalização** dessa escala, relacionamos abaixo **algumas ilustrações comparativas** publicadas pelo site nano.gov (Official website of the United States National Nanotechnology Initiative):

- Uma folha de jornal tem cerca de 100.000 nanômetros de espessura.
- Um fio de DNA humano tem 2,5 nanômetros de diâmetro.
- Existem 25.400.000 nanômetros em uma polegada.

A seguir, apresentamos alguns organismos, partículas e objetos com diversos tamanhos e, entre eles, algumas com medida de 1 nm, como o DNA e os nanotubos de carbono.

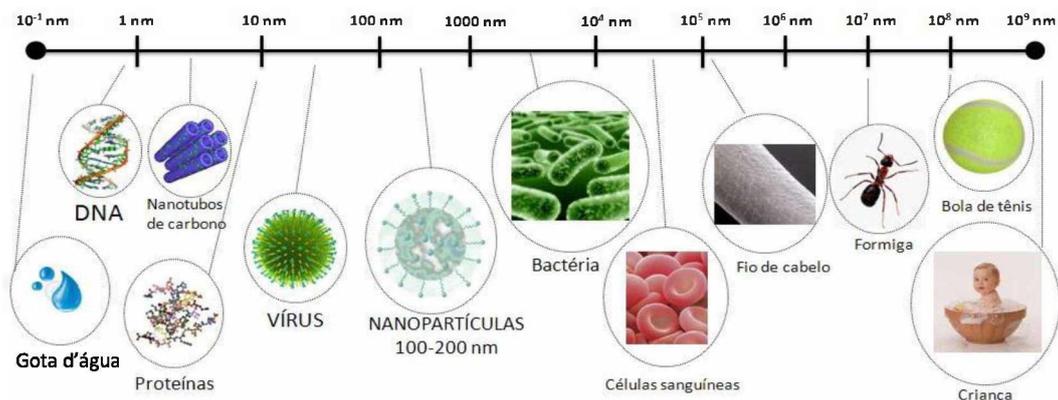


Figura 4: Algumas medidas em escala nanométrica.

Fonte: www.betaeq.com.br

Segundo Toma (2004), a transição do micrômetro para o nanômetro apresentou-se como uma ruptura de paradigmas, uma vez que a N&N é um campo multidisciplinar (física, química, biologia e engenharia) e os fenômenos decorrentes do estudo de objetos nessa escala exigem remodelações dos conceitos de espaço, tempo, matéria e energia.

Nesse sentido, visualizar essa escala torna-se um grande desafio, pois se trata de objetos que não podem ser vistos nem por microscópios ópticos, muito menos a olho nu.

Dessa forma, a observação, a manipulação, organização e a medida de objetos em escala nanométrica só podem ser desenvolvidas com o uso de instrumentos de altíssima resolução. No século passado foram desenvolvidos alguns desses instrumentos, como por exemplo, o Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM), o Microscópio de Tunelamento por Varredura (STM) e o Microscópio de Força Atômica (AFM). Eles permitiram aos cientistas a exploração desse mundo extremamente complexo, novo e pequeno. As seguir, apresenta-

remos de forma resumida e simplificada cada desses instrumentos, de acordo como os objetivos do presente trabalho.

O **Microscópio Eletrônico por Varredura (SEM)** surgiu pela primeira vez em 1932, desenvolvido por Max Knoll e Ernest Renka Rusca, na Alemanha. Em 1938, von Ardenne construiu um SEM com aumento de 8000 vezes e **resolução de 50 nm**. Hoje esse instrumento consegue **aplicações de até 300000 vezes**. Seu funcionamento se baseia na **emissão de um conjunto de elétrons** na forma de feixe que literalmente varre a **superfície de** uma amostra, criando **um sinal elétrico para um monitor que gera imagens tridimensionais**. A figura a seguir apresenta a **imagem de uma amostra composta por Níquel e Carbono em pó, revelada por um Microscópio Eletrônico por Varredura**.

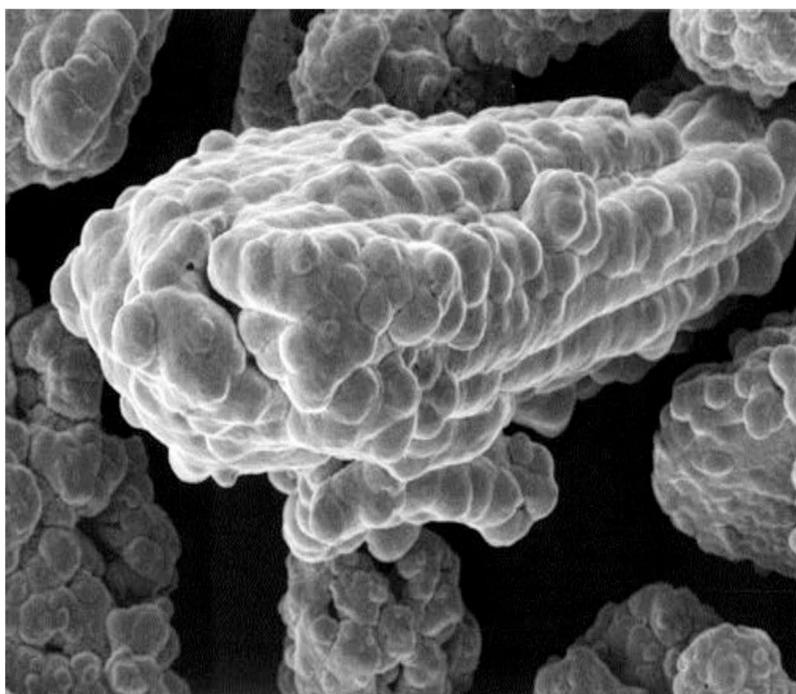


Figura 5: Imagem de Pó de Níquel/Carbono, gerada por um MEV.
Fonte: Rodrigo Luís de Gouvêa (USP)

O **Microscópio de Tunelamento por Varredura (STM)** foi desenvolvido em 1981, por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer da IBM, e levou-os a ganhar o **prêmio Nobel de física em 1986**. O STM consegue, ao varrer a amostra, fazer um levantamento do **seu relevo através de diferentes sinais elétricos** captados por um monitor externo onde, **posteriormente, são geradas** imagens, conforme apresenta a figura a seguir.

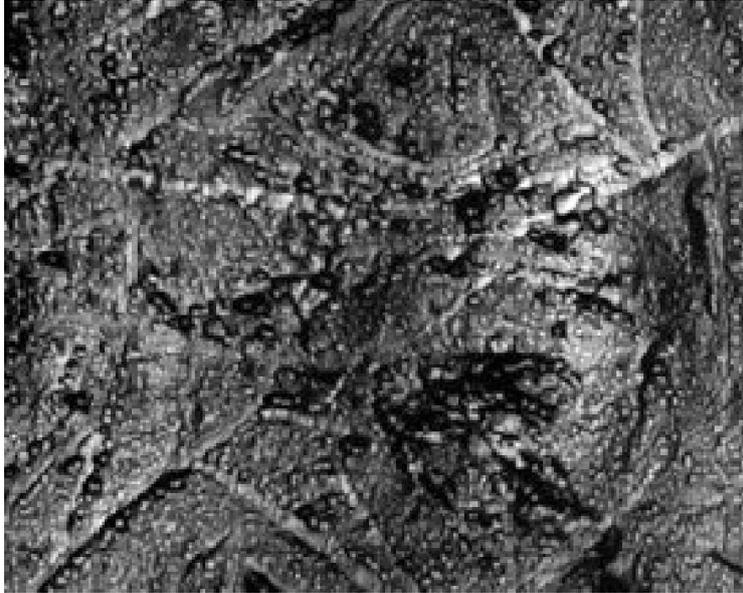


Figura 6: Imagem de STM de grafite HOPG.

Fonte: Laboratório de Nanoscopia Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC

O **Microscópio de Força Atômica (AFM)** foi desenvolvido em 1985, pelo Dr. Gerd Binnig, e seu funcionamento se baseia na varredura da **superfície de um material ou substância**, obtendo uma imagem **topográfica** do relevo, revelando **movimentos dos átomos** de forma precisa e **dando informações** sobre a **composição dos materiais**. O relevo do material ou substância é **construído** a partir das **diferentes interações das forças** intermoleculares detectadas. A figura a seguir representa uma imagem gerada por esse instrumento.

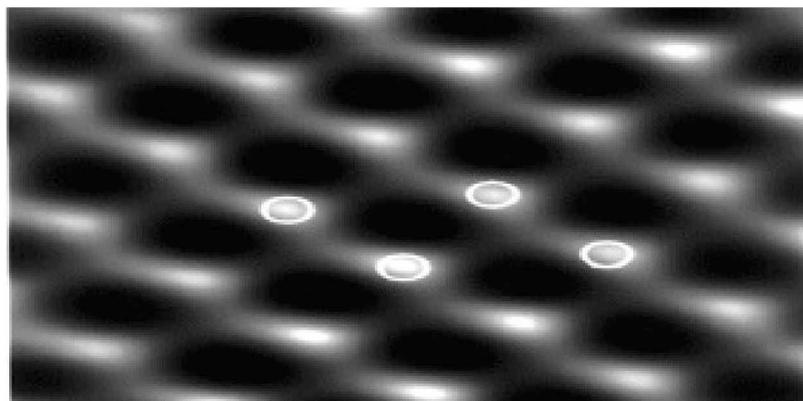


Figura 7: Imagens da superfície do polímero P(VDF-TrFE).

Fonte: Laboratório de Nanoscopia Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC

De acordo com Caruso e Oguri (2006), ao se manipular objetos com tamanhos nanométricos observa-se que:

- os efeitos quânticos podem ser explorados;
- o campo gravitacional não interfere de forma significativa;
- as propriedades ópticas são relevantes;
- as forças atômico-moleculares são consideráveis.

Segundo esses autores, os efeitos quânticos, não muito observados no mundo macroscópico, conseguem alterar as propriedades óticas, elétricas e magnéticas nos materiais nanométricos, como observado nas nanopartículas emissoras de luz, que serão apresentadas em seguida.

Os autores ainda destacam que a pequena massa das nanopartículas faz com que o campo gravitacional não interfira significativamente. Isto é, a força peso, definida pelo produto entre massa e aceleração da gravidade, possui valor desprezível. Além disso, segundo esses autores, o tamanho nanométrico faz com que as nanopartículas apresentem uma alta relação entre área e volume, que permite maior interação com o meio. Ou seja, quanto menor a partícula maior reatividade ela possui, como o que ocorre com café ou leite em pó, que, sendo compostos de partículas muito pequenas, tornam-se mais solúveis.

Mas afinal, porque a N&N é tão importante? Porque é necessário estudarmos tópicos de N&N na Educação Básica?

De acordo com Toma (2004), a N&N é uma área promissora na produção de novos dispositivos que poderão mudar o modo como vivemos, assim como ocorreu com o surgimento da energia elétrica e os computadores. Segundo esse autor, na medida em que esses novos produtos e aplicações são lançados no mercado, a sociedade passa a contar com bons avanços na medicina, no processamento de alimentos, nas engenharias, na computação e em outras áreas.

Mesmo diante de críticas a perspectiva de que a tecnologia seja a grande salvadora dos problemas da sociedade, como as apresentadas por Auler (2002) às concepções salvacionistas, a N&N pode facilitar a vida das pessoas e criar novos processos cada vez mais sustentáveis. Por exemplo, a indústria têxtil pode produzir de forma mais sustentável mediante o desenvolvimento de

novas fibras nanoestruturadas, produzindo roupas antibacterianas e impermeáveis. A figura a seguir apresenta um teste com tecido impermeável, que não mancha e que impede o surgimento de odor, fabricado pela empresa americana Nanotex.



Figura 8: Tecido nanoestruturado, que repele água, não mancha e impede o odor.

Fonte: www.nanotex.com

Para compreendermos a dimensão dessa evolução/revolução científico-tecnológica, nossa sociedade conta hoje com mais de 600 produtos desenvolvidos com N&N. Dentre eles estão produtos já existentes, mas que passaram a ser nanoestruturados, como protetores solares, cosméticos, medicamentos, tintas, lubrificantes, baterias elétricas, cerâmicas, peças automotivas e chips de computadores. Para Toma (2004), esses produtos podem sofrer alterações em suas formas, fórmulas e funções ao serem nano estruturados.

Não obstante à aparente perspectiva de que N&N irão resolver os problemas da sociedade e aumentar a qualidade de vida das pessoas, existem também riscos, incertezas e impactos na sociedade, no meio ambiente, na economia, na cultura e na educação.

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)(2010) sabe-se muito pouco acerca dos possíveis riscos e impactos ambientais que os nanomateriais podem causar. Nesse cenário, novas perspectivas de pesquisa científica devem surgir, de forma que identifiquem as propriedades físico-químicas, o potencial de degradação e de acúmulo ambiental e a

toxicidade dos nanomateriais e das **nanopartículas**. Assim, a N&N acabam apresentando **também características susceptíveis de medo, desconfiança e preocupação**.

Alguns riscos e impactos, causados pelos nanomateriais, **são** apresentados por Quina (2004), o qual alerta que o **pequeno tamanho das nanopartículas** pode:

- **facilitar sua difusão e transporte na atmosfera, nas águas e nos solos;**
- **dificultar sua remoção por técnicas usuais de filtração;**
- **facilitar a entrada e o acúmulo em células vivas.**

Levando-se em consideração a **grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica**, as nanopartículas podem:

- **promover a concentração de diversos compostos tóxicos na superfície dessas nanopartículas**, que podem se acumular ao longo da cadeia alimentar ao serem transportadas para o meio ambiente;
- **interferir em processos biológicos por meio da adsorção de biomoléculas;**
- **promover maior resistência à degradação (maior permanência no meio ambiente);**
- **modificar a velocidade algumas reações químicas indesejáveis ao meio ambiente.**

Quina (2004) relata que pesquisadores americanos encontraram **nanopartículas no fígado de animais usados em pesquisas**. Na ocasião, tais pesquisadores alertaram que essas nanopartículas **podem penetrar células vivas e, talvez, entrar na cadeia alimentar através de bactérias**.

Assim, torna-se fundamental que, paralelamente ao desenvolvimento e **aplicações desses nanomateriais, se desenvolvam também novos métodos de medidas toxicológicas ambientais**, novas formas de descartes que evitem a **bioacumulação e novos processos de monitoramentos médicos aos trabalhadores envolvidos na indústria de nanoproductos**.

Em seguida, apresentaremos alguns materiais como nanomateriais de carbono e as **nanopartículas metálicas**, que formam a base da matéria prima

para o desenvolvimento dos produtos mencionados anteriormente. Da mesma forma, discutiremos algumas aplicações para a saúde das pessoas como a nanomedicina.

2.1 Materiais Nanoestruturados

O estudo, a criação e o desenvolvimento de nanomateriais podem mudar o futuro da humanidade (PIMENTA, 2015). Segundo a Academia Brasileira de Ciências, os alvos e objetivos da ciência e da tecnologia desse século passam pelo estudo e pelo desenvolvimento de nanomateriais. Os nanomateriais são materiais cujas dimensões estão na ordem de 10^{-9} m (1 nanômetro) e os principais objetivos estão associados: à criação de dispositivos para geração e armazenamento de energia, ao desenvolvimento de novos tipos de medicamentos, à criação e ao aumento da eficiência de novos materiais e à modernização dos métodos de análise e diagnósticos.

Diante disso, Pimenta (2015) apresenta o exemplo dos transistores, desenvolvidos a partir de nanomateriais, que contribuíram para a grande revolução tecnológica do século passado, permitindo a fabricação de computadores mais rápidos, menores e com maior capacidade de armazenamento. E, impressionantemente, a N&N continua impulsionando essa evolução.

Mas, como esses nanomateriais são processados ou obtidos? Segundo Cao (2004) o desenvolvimento dos nanomateriais se baseia em dois métodos: Top Down e Boton Up. O método Top Down (de cima para baixo) parte de procedimentos que transformam nanoestruturas maiores em nanoestruturas menores. Isto é, as partículas dispostas no início são maiores que as partículas obtidas no final, de forma mecânica ou por tratamento termoquímico. O método Boton Up (germinar) parte de partículas menores para obter partículas maiores por meio de processos químicos que promovem a sintetização átomo a átomo ou molécula por molécula. É pelo método Boton Up que se produz nanopartículas de prata, utilizadas na medicina como agente antimicrobiano ou na fabricação de chips eletrônicos. Esse método permite que as moléculas do soluto (partículas de prata), dispersas no solvente (solução aquosa de nitrato de prata), comecem a se juntar (nucleação) em aglomerados nanométricos na ordem de 20 nm.

Dessa forma, podemos ter nanomateriais de vários tipos e com diversas aplicações na mecânica, na óptica, na eletrônica, na química, na bioquímica, na biologia, na nutrição, na farmacologia e na medicina.

Apresentamos, logo adiante, os nanomateriais feitos de carbono e as nanopartículas processadas a partir de metais como ouro ou prata.

2.1.1 Nanomateriais de Carbono

De acordo com Feltre (2001), o carbono é um elemento químico indispensável à vida animal ou vegetal, além de ser um dos elementos mais versáteis da natureza, capaz de se organizar em diferentes estruturas nanométricas. Sob o ponto de vista químico, a tabela periódica caracteriza o carbono como não metal, tetravalente, localizado na família 4A, número atômico 6, massa atômica 12 e símbolo C. Além disso, esse elemento pode fazer ligações covalentes para a obtenção de novos compostos e pode assumir diversas formas alotrópicas dependendo do número e da natureza das ligações ao átomo, ou seja, a partir dele é possível a formação de substâncias diferentes. Exemplos de formas alotrópicas do carbono são o grafite e o diamante.

Esse elemento é tão fundamental que o DNA, as proteínas e outros compostos essenciais à vida são formados por cadeias carbônicas.

As propriedades físicas do carbono como resistência mecânica, condução térmica e a enorme razão área/volume permitiram a pesquisa e o desenvolvimento de alguns materiais nanoestruturados de carbono, que dividem basicamente em grafenos, nanotubos e fullerenos, conforme ilustra a figura 5.

De acordo com Pimenta e Melo (2004), o grafeno foi descoberto por André K. Geim e Kostantin Novoselov em 2004. Esses pesquisadores conseguiram isolar um único plano do grafite por meio de esfoliação mecânica, processo pelo qual camadas ou lâminas de grafite, formadas como redes bidimensionais de sucessíveis hexágonos empilhadas, são extraídas a partir processos químicos e físicos como a reação com sistemas oxidantes, tratamento térmico pra expansão da espessura da lâmina e aplicação de ultrassom para a obtenção em definitivo dos grafenos. Uma excelente e contextualizada aplicação deste nanomaterial é o lápis, em que sua grafite é formada por uma pilha tridimensional de grafenos

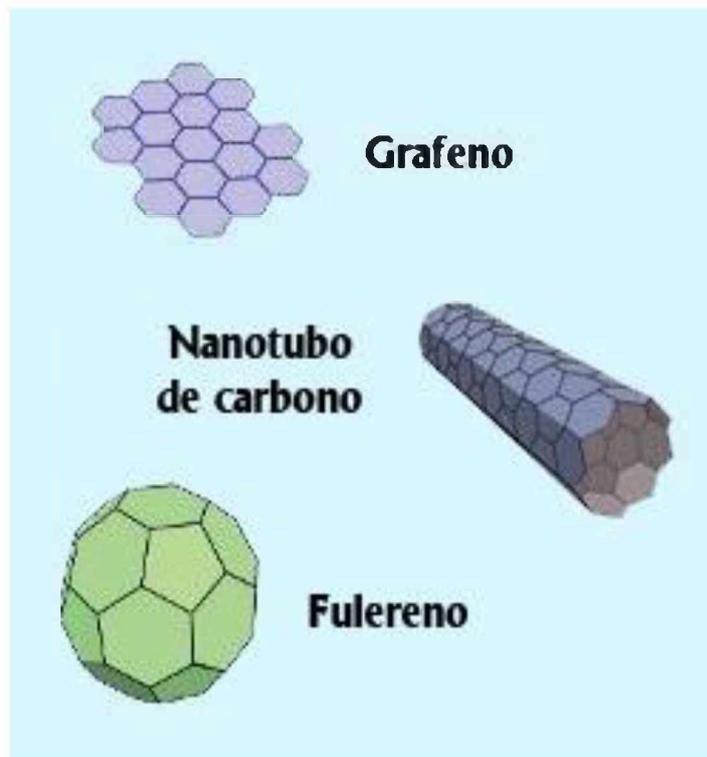


Figura 9: Ilustrações dos principais nanomateriais de carbono.

Fonte: Academia Brasileira de Ciências.

A flexibilidade e estabilidade do grafeno revolucionou a indústria de semicondutores, cujas aplicações podem ser vistas, por exemplo, na tecnologia touch screen, presentes hoje nos celulares e tablets.

Segundo Alves (2011), a **microscopia eletrônica permitiu a observação, organização e elaboração** de compostos formados por grafeno enrolado em **uma ou em várias camadas em formas cilíndricas** chamados de nanotubos, que foram desenvolvidos por Sumio Iijima (1991). **O diâmetro desse material é da ordem de 10 nm e sua espessura é da largura de um átomo.** A simetria e tamanho desse nanomaterial foram determinantes para evidenciar suas **propriedades magnéticas e eletrônicas**, utilizado, inclusive, pela IBM como transistor e outros dispositivos eletrônicos.

Esse autor relaciona algumas **propriedades e aplicações dos nanotubos de carbono**:

- **Alta resistência mecânica** e pequena massa: **construção de fibras e polímeros**;
- **Alta condutibilidade térmica**: **fabricação de dissipadores de calor**;

- **Luminescência:** desenvolvimento de cintiladores e marcadores biológicos;
- **Estrutura cilíndrica:** fabricação de pontas de microscópios de resolução atômica e antenas.

A N&N também estuda a possibilidade de mistura de nanotubos a materiais convencionais, como por exemplo, o cimento, que tornará as vigas de concretos mais resistentes, dependendo cada vez menos de ferro na estrutura. Outro exemplo é a mistura de nanotubos ao plástico, que promove maior resistência elétrica ao material e o torna melhor condutor de calor e eletricidade.

Segundo Filho (2016), em 1996, Robert Curl Jr. e Richard Smalley da *Rice University*, Houston, Texas, Estados Unidos, juntamente com Sir Harold Kroto da *University of Sussex Brighton*, do Reino Unido, ganharam o Prêmio Nobel por descobrirem em 1985 a molécula carbônica Fulereo. Curiosamente, o nome dado pelos descobridores foi *buckminsterfullerene*, em homenagem ao arquiteto norte-americano Buckminster Fuller, inventor do domo geodésico¹, justamente porque a molécula de fulereo tinha a forma esférica, como uma bola de futebol com seus gomos hexagonais.

Esse autor relaciona algumas propriedades físicas e químicas desse nanomaterial:

- Possuem propriedades fotofísicas e eletroquímicas;
- Na presença de oxigênio as moléculas de fulerenos podem oferecer alta toxicidade
- A intercalação com metais alcalinos pode gerar materiais supercondutores.
- Em pressões da ordem de 250 mil atmosferas, os fulerenos transformam-se em diamantes.

Dessa forma, os nanomateriais de carbono possuem vasta aplicação na medicina, como atividade antiviral, antioxidante, antimicrobiana, transporte de drogas e contrastes para diagnóstico por imagem.

Outros materiais nanoestruturados, como as nanopartículas metálicas, serão apresentados logo a seguir.

2.1.2 Nanopartículas Metálicas

Os conhecimentos da biologia permitem observarmos que o desenvolvimento e funcionamento da vida são regidos por uma nanoengenharia natural. Para compreendermos isso, Berti (2016) exemplifica que mitocôndrias, que compõe o interior das células, possuem dimensões próximas ao apresentado na figura 5 e são um exemplo de nanopartículas autônomas capazes de promover a respiração celular. De acordo com o autor, a própria natureza serve de inspiração para o estudo e desenvolvimento de nanopartículas, que possuem aplicações extremamente importantes na medicina, na farmacologia, na produção de energia e outros.

“Dentre os principais benefícios desenvolvidos até o momento, podemos destacar a facilidade em detectar doenças, a maior efetividade dos tratamentos medicinais, a redução do consumo de energia, além de muitas outras vantagens para o meio ambiente.” (BERTI, 2016, p.1).

Nos dias de hoje podemos contar com a eficiência dos protetores solares compostos de nanopartículas metálicas de dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de zinco (ZnO), que possuem maior capacidade de refletir a radiação UV. Outra aplicação desses nanomateriais está na adição de nanopartículas poliméricas em pneus, com o objetivo de diminuir desgaste, aumentar a sua vida útil e preservar o meio ambiente.

Na farmacologia, as nanopartículas obtidas a partir de materiais biodegradáveis (polímeros e lipídios) como as nanocápsulas, as nanoesferas e os lipossomas, possuem a capacidade de encapsular e transportar medicamentos, entregando-os ao organismo de forma pontual e na dosagem correta, impedindo assim os famosos efeitos colaterais. As nanopartículas também podem revolucionar o sistema de diagnósticos assumindo a função de nanosensores, agindo especialmente na detecção precoce de tumores. De acordo com Berti (2016), essas partículas nanoestruturadas podem ser fundamentais nos procedimentos cirúrgicos nos processos de cicatrização e suturas por meio de colas nanotecnológicas. Da mesma forma o meio ambiente também pode se beneficiar dessas nanopartículas no processo de despoluição das águas, que pode ser feito por meio de nanobolhas eletrizadas estaticamente que serão capazes de atrair bactérias e metais. Esse processo funcionou muito bem no Peru,

quando, em 2010, o lago *El Cascajo* apresentou melhorias no atual estado de poluição ao serem combinados nanobolhas e biofiltros².

A revolução dos materiais infinitamente pequenos e invisíveis a olho nu está modificando cada vez mais a tecnologia. A possibilidade de se criar partículas e dispositivos menores que uma célula sanguínea abre portas pra uma extraordinária revolução nos processos de cura, diagnósticos e prevenção na medicina. Muito em breve a medicina contará com chips nanoestruturados que levantarão toda a biologia de um paciente e contarão também com sondas que levarão pontualmente um medicamento no interior de uma célula cancerígena. Em vista disso, em 2007 houve uma previsão apresentada na conferência do NSTI Nanotech, na Califórnia (EUA), que até 2025 nanosistemas autônomos poderão ser injetados no corpo humano para diagnosticar e tratar doenças. Essas são algumas das várias perspectivas de aplicações da nanomedicina.

Assim, o processo pelo qual se aplica produtos nanotecnológicos para curar, prevenir, diagnosticar ou tratar doenças é chamado de nanomedicina e, especialmente no campo do tratamento, esse ramo é conhecido por nanoterapia (PIRES, 2008).

Tréguet (2007) aponta que algumas universidades americanas desenvolvem pesquisas com nanopartículas e nanofibras na medicina neurológica. As nanopartículas estimularão o crescimento dos axônios dos neurônios e as nanofibras carregarão fatores de crescimento que servirão de matrizes biológicas para crescimento de novas células nervosas. O autor coloca que esse tratamento moderno poderá trazer novas perspectivas para a cura Mal de Parkinson e o Mal de Alzheimer. Nesse sentido, a nanomedicina vem sendo apontada como uma das áreas mais promissoras da medicina e carrega significativa relevância social por cuidar da saúde das pessoas.

De acordo com Pires (2008), alguns dispositivos com tecnologia nanoestruturada, como os nanorobôs e os nanoimãs, podem oferecer condições para que a nanomedicina seja efetivamente desenvolvida e aplicada.

² Processo de remoção das impurezas de um fluido (água ou ar) utilizando-se agentes biológicos. Os poluentes são removidos pela barreira mecânica e por biodegradação. Os biofiltros são feitos de raízes de plantas têm sido considerados uma boa alternativa para o tratamento e reutilização de águas cinzas.

Na mesma linha, esse autor ainda relata que essas nanomáquinas foram desenvolvidas por muitos laboratórios em busca de diagnósticos e tratamentos de diversas doenças. As dimensões nanométricas desses dispositivos possibilitam, ao serem injetados no organismo, identificar e matar, por exemplo, células cancerígenas. Da mesma forma, na medicina regenerativa, os nanorobôs podem agir na reconstrução de tecidos. Na entrega de fármacos esses dispositivos podem levar medicamentos a locais específicos e com dosagens perfeitas, reduzindo diversas contraindicações.

A nanotecnologia voltada para medicina também faz uso dos nanoimãs, baseados em conceitos físicos fundamentais como o magnetismo. A aplicação desses dispositivos nessa área vai desde a cura e diagnóstico, até a prevenção de doenças, distribuição de medicamentos no organismo e na destruição de células cancerígenas. Conforme destaca Pires (2008), uma vez que os nanoimãs são controlados no interior do corpo por meio de um campo magnético externo, medicamentos podem ser conduzidos diretamente às células cancerígenas específicas ou, se esse campo magnético externo for alternado, a vibração dos nanoimãs podem matar essas células por aquecimento.

Esse autor ainda completa que os nanoimãs podem ser ferramentas importantes nas técnicas de ressonância magnética eletrônica ao serem utilizados como contraste, sendo possível diagnosticar micrometástases precocemente, aumentando a chance de sucesso no tratamento.

Na figura a seguir, podemos observar a resolução da imagem de um exame de ressonância.



Figura 10: Imagem de exame de ressonância com uso de contraste à base de nanoimãs.

Fonte: *olhmano.com*

Além disso, os nanoimãs podem ser ligados a biomoléculas em amostras de sangue e urina, permitindo com que elas possam ser separadas da amostra trazendo consigo moléculas que antes estavam dissolvidas ou dispersas na amostra (DURAN, 2006).

Mesmo diante de tantos benefícios, relacionamos alguns pontos negativos na nanomedicina que precisam ser observados. Um desses pontos associa-se à biocompatibilidade, por exemplo, ou seja, de os glóbulos brancos e os leucócitos reconhecerem esse dispositivo como um corpo estranho, dificultando ou até anulando sua função. Outro ponto negativo a ser considerados são as dificuldades de conexão entre nanorobôs e o sistema de controle externo. Em termos ambientais, é necessário destacar que as nano partículas metálicas, por serem muito pequenas e formadas a partir de metais pesados como ouro e prata, podem ser facilmente dispersas na água, solos e sistemas vivos (FIGUEIREDO, 2009).

Em 2007, a Dra. Noela Invernizzi elabora no jornal da Sociedade Brasileira para Progresso da Ciência (SBPC) um panorama político, social, econômico, educacional e ético da N&N no Brasil. A cientista e pesquisadora destaca dilemas éticos que surgem com a N&N e que poderá haver um aumento da desigualdade social, uma deterioração das exportações tradicionais e riscos para trabalhadores de laboratórios e da indústria (INVERNIZZI, 2007). A falta de normatização e definição governamental é um dos elementos conflitantes da conjuntura política dessa área científico-tecnológica. Essa normatização deve regular a autorização para a aplicação da nanomedicina para fins terapêuticos e não terapêuticos. Os fins não terapêuticos implicam no uso de procedimentos e produtos nanomedicinais em corpos saudáveis com o intuito de promover melhor desempenho e capacidades. Dessa forma, o uso não terapêutico pode ir contra a dignidade humana, a privacidade de dados pessoais e os valores de justiça.

2.2 Desenvolvimento Histórico

O extraordinário mundo da N&N nos parece algo moderno, que só foi pensado e discutido nos dias atuais. A priori, isso parece fazer sentido porque hoje há aparelhos e equipamentos baseados em N&N como o celular com

touch screen, a **televisão** de led, os coloidais de prata, os **microscópios** de varredura por tunelamento e outros, que nem sempre estão **acessíveis** a todos. Porém as coisas de dimensões extremamente pequenas e, até mesmo, nanométricas, já eram manipuladas, observadas e discutidas por antigos filósofos e cientistas. Na antiguidade, os romanos já produziam artefatos como o *Cálice de Lycurgos* do século IV D.C. e que hoje está em um museu na Inglaterra. Segundo Schuls (2007), esse cálice parecia verde sob a luz refletida e parecia vermelho sob a luz transmitida, efeito causado pela presença de nanopartículas de ouro e prata em sua composição que tinham dimensões na ordem de 70 nm. Outro achado histórico é a presença de nanopartículas de ouro em alguns vitrais de cor vermelho rubi da Basílica de *Sacré Coeur* de Paris (1875). Essas nanopartículas de ouro eram sintetizadas, no fim do século XIX, por Michael Faraday, mesmo ainda não compreendendo suas propriedades.

O início do desenvolvimento da N&N é, segundo Schuls (2007), atribuído ao físico norte-americano Richard Phillips Feynman (1918-1988), que na noite de 29 de dezembro de 1959, intitulou sua palestra na *American Physical Society* de “*There is plenty of room at the bottom*” (“Há muito espaço lá embaixo”). Esse título apresentava a visão de Feynman sobre o extraordinário mundo invisível das coisas de dimensões extremamente pequenas e sobre a possibilidade de se manipular e organizar coisas em escala atômica, ou seja, coisas com medidas na ordem de 1 Angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Assim, essa palestra foi considerada por muitos cientistas o embrião na nanociência. Na ocasião, Feynman não poupou as mais de 300 pessoas presentes dos seus corriqueiros desafios impactantes e revolucionários, e ofereceu um prêmio de mil dólares pra quem conseguisse pegar na informação da página de um livro e a colocar numa área que é 25 000 vezes menor.

...pode-se suspeitar de que Feynman não seria um precursor da nanotecnologia, pelo menos não como ela é entendida hoje. Alguns trechos do discurso de 1959 transmitem a impressão de que tudo seria uma questão de reduzir a escala, mas a nanotecnologia é muito mais do que diminuir o tamanho – ela é, sobretudo, explorar os fenômenos e as propriedades que a matéria apresenta na nanoescala. (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008, p. 2206).

Mesmo considerando Feynman e suas propostas como o marco inicial do desenvolvimento da nanociência, a história nos mostra que a busca pelo

“extremamente pequeno” já fazia parte da rotina de diversos filósofos, cientistas e inventores do passado. Na tecnologia dos relógios, passou-se a controlar e manipular materiais e dispositivos mil vezes menores que o de costume. A confirmação disso são os relógios construídos no alto das torres das cidades medievais do século XIII, cujas peças, com tempo, tiveram suas dimensões da ordem de metro reduzidas para a ordem de milímetros, possibilitando o uso no pulso das pessoas (SCHULS, 2007). Observou-se ainda que os componentes de um relógio poderiam ser reduzidos em mil vezes com o uso dos cristais de quartzo, promovendo redução de massa e de preço. A surpreendente busca pelo “extremamente pequeno” não parou no avanço do relógio e de seus componentes. Segundo Schuls (2007), os dispositivos eletrônicos como os transistores e os circuitos integrados alcançam dimensões micrométricas (10^{-6} m), onde alguns dos materiais são compostos de semicondutores e não mais de bulbos de vidro com filamentos. Isso gerou um avanço sem precedentes na velocidade de processamento, armazenamento e transmissão de dados.

Enquanto Feynman era considerado o grande profeta na nanociência, outro personagem era intitulado por Regis (1997) como o mago na nanociência: Eric Drexler, autor do livro *Engenheiros da Criação: O Advento da Era da Nanotecnologia* (1990). Engenheiro e nanotecnólogo pelo MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), Drexler foi o primeiro no mundo a receber o título de doutorado em nanotecnologia, em 1991. Segundo Schuls (2007), esse visionário partiu da concepção de que os átomos são capazes de se auto organizarem em arranjos cristalinos, obviamente se algumas condições forem satisfeitas. Um excelente exemplo disso são os fulerenos e os tubos de carbonos, ambas as estruturas nanométricas de carbono. Outra impressionante forma de auto organização é o DNA (ácido desoxirribonucleico), que serve de ponto de partida para o desenvolvimento da eletrônica molecular .

Schuls (2007) destaca ainda dois trabalhos que exploraram partículas muito pequenas. O primeiro é a experiência de Millikan (1868-1953), que decifrou razão carga-massa do elétron e o segundo foi a experiência movimento Browniano de Einstein (1879-1955). Esses trabalhos foram fundamentais para o estudo e desenvolvimento dos colóides, do químico Wolfgang Ostwald (1883-1943), que escreveu um livro chamado "O Mundo das Dimensões Esquecidas (1914)", que só foi publicado depois da 1ª Guerra Mundial. Vale observar que

as partículas coloidais são nanopartículas, com fortes aplicações na medicina oncológica, na entrega de fármacos no organismo e na produção de cosméticos contra rugas.

2.3 Nanociência e Nanotecnologia no Brasil

De acordo com Fernandes e Filgueiras (2008) os investimentos dos países da América Latina em N&N ainda são discretos em comparação com os países desenvolvidos. Segundo os autores, a causa disso está no descompasso entre as pesquisas científicas feitas nas universidades e aquelas feitas pelo setor industrial, que justifica o desconhecimento dos empresários sobre o assunto e a falta de políticas públicas adequadas de apoio à inovação.

Mesmo assim, Fernandes e Filgueiras (2008) apontam uma considerável movimentação brasileira no sentido de se desenvolver e regulamentar pesquisas na área de N&N.

(...) no final do ano 2000, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) convocou uma reunião com pesquisadores que já atuavam ou tinham interesse na área. O primeiro edital específico sobre o tema foi lançado em 2001 e resultou na formação de quatro Redes Cooperativas de Pesquisa: *Materiais Nanoestruturados*, sediada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); *Nanotecnologia Molecular e de Interfaces*, sediada na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); *Nanobiotecnologia*, sediada na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); e *Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados*, também sediada na UFPE. (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008, p. 2207).

2.4 Participação Pública em Nanociência e Nanotecnologia

Diferentemente de países como Estados Unidos, Reino Unido e Dinamarca, o Brasil N&N sem a participação da sociedade nos processos decisórios. Segundo Rattner (2005), esses países oportunizaram a participação pública com êxito na discussão de alguns assuntos potencialmente polêmicos, como biotecnologia e organismos transgênicos, por intermédio de fóruns abertos, audiências públicas, conferências e consultas públicas realizadas pela internet.

Assim, essa discussão democrática deve observar não somente a dimensão tecnológica, mas também a dimensão ética, social, econômica e ambiental do desenvolvimento e aplicação da N&N. Nesse sentido, Davies, MacNaughten e Kearnes (2009) destacam alguns olhares que a discussão pública pode promover em torno do tema N&N: a) As dimensões extremamente pequenas das nanotecnologias podem operar além da ação humana, da percepção e do controle das causas. b) Os benefícios dessa nova tecnologia podem ser distribuídos de forma desigual para a população, especialmente na saúde. c) É necessário saber quem vai monitorar, regular e fiscalizar a produção e a aplicação das nanotecnologias. d) Deve-se atentar para uma gestão que saiba decidir sobre a alocação de recursos em projetos de pesquisa e desenvolvimento.

Rattner (2005) apresenta como exemplo a exigência de amplos debates públicos em torno do lançamento de nanoprodutos no mercado Europeu e Canadense, que acabaram por promover medidas regulatórias diante da preocupação com a saúde, com o meio ambiente e com qualidade de vida da população.

Suspeita-se da toxicidade dessas partículas em escala nano [...], capazes de penetrar e disseminar-se no sistema imunológico do corpo humano ou animal, afetando mucosas, membranas e a corrente sanguínea, e atacando órgãos vitais, tais como o fígado, pulmões, o coração e as artérias. Uma minoria de pesquisadores apreensiva com os riscos à saúde, à segurança e ao meio ambiente, sugere proibir a liberação de nanopartículas e sua manipulação, acatando o princípio de precaução até chegar a conhecimentos mais sólidos e instrumentos de controle mais seguros (RATTNER, 2005, p.184).

Capítulo 3 - CONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Partindo do levantamento teórico apresentado nos capítulos anteriores, **obtivemos subsídios para** elaborar uma proposta de ensino centrada no tema N&N, na perspectiva CTS. O objetivo desta proposta centra-se em incentivar o compromisso com a **participação em temas relacionados à C&T** no contexto da sociedade. **Em outras palavras, buscamos a promoção da educação científica** no contexto **do Ensino Médio em uma perspectiva de formação para a cidadania**, na qual o aluno e a comunidade sejam inseridos em **um ambiente crítico e reflexivo de debates em torno das políticas públicas e impactos socioambientais da C&T.**

Nessa perspectiva, nossas intervenções partiram de ações relacionadas crescimento pessoal do aluno enquanto cidadão crítico e responsável, permitindo-lhe uma leitura de mundo que o capacite a participar criticamente do desenvolvimento da C&T **na sociedade que está inserido.**

Seguindo esses pressupostos, entendemos que a proposta deve **contemplar discussões sobre:**

- **Conhecimentos científicos que contribuam para que os alunos compreendam o que caracteriza a nanociência/nanotecnologia e que a torna tão especial.**
- **Presença da nanociência na sociedade, o que envolve conhecer produtos, aplicações e impactos.**
- **Desenvolvimento desses produtos e pesquisas relacionadas ao assunto, incluindo discussões sobre a atividade científico-tecnológica e seu financiamento.**
- **Riscos e incertezas relacionadas ao tema, em especial, sobre seus impactos na sociedade.**
- **Regulamentação e legislação em nanociência/nanotecnologia.**

Desenvolvemos esta investigação na Escola Estadual de Período Integral Cruzeiro do Sul, localizada no município de Aparecida de Goiânia – GO. Essa escola possui boa estrutura pedagógica, laboratórios de ciências, salas de aula com quadro branco e televisão, salas temas para cada disciplina, qua-

dra de esportes coberta, coordenadores de área, carteiras em boas condições, refeitório amplo, cozinha completa e merenda de qualidade. Como uma escola de tempo integral, os 400 alunos de Ensino Médio possuem nove aulas por dia, sendo seis pela manhã e três à tarde. Em algumas dessas aulas, são desenvolvidos projetos pedagógicos interdisciplinares.

Neste caso, desenvolvemos algumas atividades pedagógicas com 31 alunos de 3º ano do Ensino Médio. Essas ações envolveram o levantamento e a problematização das compreensões dos alunos sobre o tema, o estudo do tema em questão, considerando as discussões apresentadas anteriormente, e a socialização do conhecimento construído com eles. O quadro a seguir apresenta a descrição sucinta dos encontros realizados como os alunos, que serão detalhados na sequência:

ENCONTROS	DATA	DURAÇÃO	ATIVIDADES
1º	23/02/2018	15 h 20 ÀS 17 h	*Levantamento das compreensões e dos conhecimentos prévios. *Formação dos grupos (anexo 1) pra que o questionário do quadro 3 pudesse ser respondido. *Compartilhamento, debate e registro (quadro 4) das respostas no grande grupo.
2º	09/03/2018	15h 20 às 17h	*Apresentação de discussão de dois vídeos, no qual um abordava os benefícios e o outro promovia uma reflexão sobre os riscos e as incertezas da nanotecnologia. *Debate no grande grupo em torno de duas questões problematizadas.
3º	13/04/2018	15 h ÀS 17h	*Palestra do prof. Dr. Luiz César sobre o contexto das pesquisas e as políticas públicas.
4º	20/04/2018	15h 20 ÀS 17 h	*Aula expositiva para a organização e sistematização dos conhecimentos.
5º	26/04/2018	15 h20 ÀS 17 h	*Discussões para levantamento das questões mais relevantes, bem como as estratégias para a socialização dos temas. *Definição dos macrotemas, formação dos grupos e distribuição de responsabilidades.
	Maio e junho	-	*Reuniões, por meio de rede social, para direcionar a pesquisa e a estruturação conteúdos dos macrotemas e dos banners. *Período para estudo e preparação para a exposição de banners.
6º	08/08/2018	15 h 20 às 16 h	*Socialização dos conhecimentos com a comunidade escolar por meio da exposição e apresentação de banners.
7º	24/08/2018	15 h20 às 16 h	*Aplicação do questionário final, confraternização e agradecimentos.

Quadro 1: Configuração dos encontros da implementação.

1º Encontro: Levantamento das Compreensões e Problematizações Iniciais

Os primeiros passos do desenvolvimento da presente proposta foram percorridos investigando o conhecimento que os alunos já possuíam sobre a N&N. Assim, a ação pedagógica desenvolvida no primeiro encontro esteve direcionada a compreender o que eles sabem, o que eles querem saber e o que é importante que eles saibam sobre N&N, para que pudéssemos problematizar o tema, aprofundar as compreensões e desenvolver perspectivas de socialização dos conhecimentos. De posse desse objetivo inicial, no dia 23 de fevereiro de 2018, apresentamos aos alunos os propósitos educativos da intervenção e aplicamos o questionário (quadro 3), composto por três perguntas a serem respondidas em pequenos grupos

Inicialmente apresentamos o tema, delimitamos os objetivos e explicamos a forma como esse tema seria articulado. Logo em seguida solicitamos a esses alunos que formassem quatro grupos para que as questões, descritas no quadro a seguir, fossem debatidas e respondidas em única folha por grupo.

<p>Questão 1: O que sabemos sobre Nanociência e Nanotecnologia?</p> <p>Questão 2: O que gostaríamos de saber sobre esse tema?</p> <p>Questão 3: Relacione algumas aplicações (utilidades) da Nanociência e Nanotecnologia.</p>
--

Quadro 2: Questões para levantamento e problematização das compreensões dos alunos.

A opção por responder as questões acima em pequenos grupos se fundamentou na perspectiva de compartilhar e questionar respostas, visto que a interação entre os indivíduos do grupo possibilita a geração de novas experiências e conhecimentos (MOREIRA, 1995).

O tempo gasto para a conclusão de todos os grupos foi de 30 minutos. Nesse período observamos de perto as discussões de cada um dos quatro grupos que, por diversas vezes, solicitavam nossa ajuda. Porém, esclarecemos aos alunos que essas questões eram instrumentos para tentarmos dimensionar o conhecimento prévio deles sobre esse tema para, com isso, desenvolvermos

as próximas atividades da implementação dessa pesquisa. Assim que todos os grupos entregaram as folhas com as respostas das questões propostas, reorganizamos a sala em um grande grupo afim de que as respostas fossem compartilhadas com todos os presentes, sem identificarmos o grupo.

A figura a seguir refere-se ao registro fotográfico desse primeiro momento, onde a maioria dos grupos buscou, de forma compartilhada, responder às questões propostas no quadro 3.



Figura 11: Fotografia da sala de aula no momento da discussão em pequenos grupos.

Para melhor compreensão, organizamos as participações no quadro a seguir:

GRU-POS	O que sabemos sobre N&N?	O que gostaríamos de saber sobre esse tema?	Relacione algumas aplicações da Nanociência e da Nanotecnologia.
G1	Que é algo microscópico, que pode nos ajudar ou nos destruir. Que é uma tecnologia que é menor que uma célula, que pode ser usada na área da saúde, guerra, entre outros.	Como os cientistas conseguem desenvolver partículas tão pequenas, como funciona, se faz bem ou se faz mal no corpo humano. Qual a utilidade da nanociência ou nanotecnologia? Qual a necessidade?	Armamento, medicina, cosméticos, máquinas, engenharia, automóveis, cinema, entre outros.
G2	Nanociência estuda as microcélulas, coisas que não podem ser visto ao olho nu e nanotecnologia estuda as pequenas partículas que não são vista a olho nu.	Elas podem ser úteis na vida e na sociedade, mas também podem ser perigosas.	Em produtos de beleza.

GRU-POS	O que sabemos sobre N&N?	O que gostaríamos de saber sobre esse tema?	Relacione algumas aplicações da Nanociência e da Nanotecnologia.
G3	Sabemos que é a ciência que estuda as coisas que não podemos ver a olho nu.	Como é produzido um nanorrobô, como é utilizado, o que podemos fazer a partir da nanotecnologia.	No creme cicatricure, em demaquilantes, protetor solar, etc.
G4	Nanociência seria uma ciência que se dedica ao estudo de nanopartículas e nanotecnologia pode se afirmar que seria uma aplicação dessa área tecnológica.	Queremos saber como se constitui, ou constrói uma partícula de dimensão tão pequena como os nanorrobôs. Quais seriam as áreas mais abrangentes para a aplicação dessa ciência.	Ela é utilizada em redes de tecnologia, medicina, cosméticos e etc.

Quadro 3: Registros das respostas dos pequenos grupos para análise de conhecimentos prévios.

2º encontro: Aplicações, Impactos e Incertezas

A partir do levantamento das compreensões iniciais dos alunos planejamos e desenvolvemos o segundo encontro da presente pesquisa.

No dia 09 de março de 2018, no período vespertino, foram utilizadas duas aulas de 50 minutos cada para promovermos um debate em torno de dois vídeos que apresentaram paralelamente vantagens e desvantagens da N&N. O primeiro vídeo tem como título “Promessas da Nanotecnologia”, foi produzido pela TV Cultura Digital, possui 28 minutos e 48 segundos e pode ser acessado pelo link a seguir:

https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw

Ao término do vídeo, aproveitamos a admiração e a empolgação dos alunos para confrontá-los e questioná-los sobre a realidade que orbita toda nova tecnologia: os riscos, as incertezas e os impactos que estão nos bastidores de tantas aplicações especiais e interessantes da N&N.

Diante desse problema, foi iniciado um rápido debate ocorrido em torno da seguinte pergunta: “A nanotecnologia só trará benefícios para a sociedade?”

Algumas participações dos alunos estão registradas no quadro a seguir.

Participação 1	As nanopartículas podem prejudicar o meio ambiente, pois se elas conseguem penetrar as células dos seres humanos e modificar o DNA, imagina o que elas podem fazer como meio ambiente.
Participação 2	Eu acredito que essas “coisas” podem ser usadas diretamente no meio ambiente aí tudo que era natural vai acabar virando uma coisa mais tecnológica. E aí que essas empresas vão lucrar porque vai ter mais gente doente. Outra coisa é que eu acho que essa tecnologia vai ser muito cara.
Participação 3	Danificando o meio ambiente danifica a saúde das pessoas também. Outra coisa que pensei é: como que vai retirar essas nanopartículas que ar ou para as águas se elas são tão pequenas?
Participação 4	Se vai modificar o alimento, vai modificar o organismo. E se vai modificar o organismo a gente vai atrás de remédio. Vai-se atrás de remédio a gente volta a consumir nanopartículas. Assim a gente vai acabar deixando de ser um “humano”. Deu um problema no braço, a gente coloca outro usando nanotecnologia, deu um problema na pele, a gente coloca outra com nanotecnologia. Desse jeito a gente vai acabar se tornando um “Cyborg”. Só que a gente tem que pensar que apenas pessoas que estão no poder, que tem dinheiro, terão acesso a isso!! Esses benefícios não vão ser pra todos

Quadro 4: Registros das participações na primeira discussão.

Em seguida, assistimos um segundo vídeo contendo as percepções da professora Gricia Grossi, pesquisadora da Fundacentro (Fundação para a saúde e a segurança do trabalhador do Estado de São Paulo). A professora levanta reflexões sobre os riscos, os impactos e as incertezas que a Nanociência e a Nanotecnologia trazem juntamente com todo o glamour de suas aplicações e promessas. Esse vídeo foi produzido pelo programa Visão Trabalhista do Sindicato dos Metalúrgicos do Estado de São Paulo e pode ser acessado pelo link a seguir:

<http://www.youtube.com/watch?v=aWwag5SPRVs>

Assim, caminhamos em direção ao segundo debate de ideias sobre N&N, de forma que as informações apresentadas e as reflexões em grupo pudessem promover novos olhares sobre o tema. Como ponto de partida, propu-

semos aos alunos outra pergunta: “*Que outros olhares podemos ter sobre o tema N&N?*”

Dessa forma, a turma foi direcionada para o segundo debate dessa etapa. Para melhor compreensão, algumas participações, gravadas em vídeo, foram transcritas para o quadro abaixo.

Participação 1	A fala de uma pessoas que entende e estuda o assunto me fez ter uma dúvida sobre como são produzidas essas nanopartículas.
Participação 2	Será que precisa de muito dinheiro pra desenvolver essas pesquisas? É a universidade que ela trabalha que paga essas pesquisas ou é o governo?
Participação 3	Os laboratórios certamente são iguais aos dos filmes de ficção científica. Outra coisa é que os cientistas devem ser muito inteligentes.
Participação 4	Algo me deixou intrigado. Será que essas pesquisas são fiscalizadas? Isso é sério! Se essas coisas saírem do controle estamos perdidos.

Quadro 5: Registros das participações na segunda discussão.

As discussões observadas e registradas nos dois debates permitiram a emergência de outras questões que contribuíram para o encaminhamento do próximo encontro:

- Quem realiza essas pesquisas?
- Quem financia?
- Quem decide o que é pesquisado?
- Onde são realizadas essas pesquisas?

3º encontro: Desenvolvimento de Pesquisas e Produtos

O desenvolvimento desse encontro ocorreu a partir das questões levantadas ao final do 2º encontro. Assim para discutirmos melhor essas questões, no dia 13 de abril de 2018, em duas aulas de 50 minutos cada, convidamos o professor Dr. Luiz César Branquinho para levar aos alunos algumas informações sobre o contexto das pesquisas, o desenvolvimento e as políticas públicas relacionadas à nanociência. Nosso convidado é graduado em Física pela Universidade Federal de Goiás, mestre e doutor pela Universidade Federal de Goiás em nanomagnetismo, com ênfase em magnetohipertermia para trata-

mento de câncer e, atualmente, é professor efetivo do Instituto Federal de Goiás (IFG).



Figura 12: Fotografia da sala de aula no momento da palestra com o professor Luiz Cesar Branquinho

O professor Luiz Cesar Branquinho comentou sobre os investimentos e sobre as fontes de financiamentos para essa área, citando algumas como: FUNAPE (Fundação de Apoio à Pesquisa), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás). Além disso, criticou que os investimentos ainda são poucos, citando como exemplo o grupo de Ressonância Ferromagnética e Nanomagnetismo do professor Prof. Dr. Andris Figueiroa Bakuzis, seu orientador de mestrado e doutorado, que recebeu R\$ 5 milhões de investimento do FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), sendo que um microscópio de alta resolução custou R\$ 1,5 milhão. Porém, relatou que nos últimos 15 anos os investimentos têm aumentado e que tem boas expectativas para o futuro da ciência no Brasil.

Na sequência dessas considerações, o professor Luiz César Branquinho falou sobre a necessidade de políticas públicas para regulamentação e legislação da N&N.

Quanto a sua área de pesquisa, a *Nanomagnetohipertermia*, nosso convidado esclareceu que possui diversas aplicações, especialmente na área biomédica, diagnosticando e tratando diversas doenças como o câncer. A eficácia desse estudo, segundo o professor, foi comprovada com testes em ratos com tumores.

A relevância social e a complexidade dessa área científica motivaram a participação dos alunos que, durante toda a palestra, fizeram diversas perguntas e questionamentos. Algumas dessas perguntas e suas respectivas respostas foram organizadas no quadro abaixo.

	Participações	Resposta do palestrante
1	O que te levou a estudar física e porque você escolheu pesquisar sobre nanopartículas?	Resolvi estudar física porque percebi que tinha aptidão para a área de exatas e também porque a física me foi apresentada no Ensino Médio de forma fascinante. As nanopartículas despertaram minha curiosidade no final da minha graduação, quando percebi o quanto o mundo nanométrico é extraordinário e os suas aplicações e promessas são muitas. Além disso, as nanopartículas me impressionaram ao descobrir que exigiriam novos conceitos de física para estudá-las.
2	Como se compara o tamanho do átomo com um nanômetro?	Quanto à medida do átomo em comparação à escala nanométrica a dimensão do átomo, que é da ordem de um Ângstron (10^{-10} m), equivale a 0,1 nm, ou seja, $0,1 \cdot 10^{-10}$ m. Um nanômetro equivale a 10 átomos enfileirados.
3	As nanopartículas não fizeram mal quando você trabalhava com elas no laboratório?	Os riscos são reais, mas que a maioria das nanopartículas, especialmente as nanocápsulas e nanoesferas utilizadas no transporte de fármacos, são compostos lipídicos e não metálicos.

Quadro 6: Perguntas feitas ao professor Dr. Luiz César Branquinho e as respectivas respostas

4º encontro: Sistematização das Discussões Realizadas

Esse encontro ocorreu no dia 20 de abril de 2018, com o objetivo de sistematizar as discussões ocorridas até o momento. Assim, com o auxílio de recursos didáticos como quadro branco e projetores de slides, discutimos sobre conceitos físicos básicos, o desenvolvimento histórico, a legislação, a regulamentação, os riscos, as incertezas e os impactos causados pela N&N na sociedade.

Ao final dessa aula idealizamos o próximo encontro a partir da seguinte questão problematizadora:

“O que podemos fazer diante dessa tão promissora tecnologia, mas que é repleta de riscos, incertezas, impactos e desigualdades?”

5º encontro: Perspectivas de Socialização dos Conhecimentos

Nesse encontro foram discutidas e elaboradas perspectivas de atuação que se caracterizaram pelo planejamento, elaboração e implementação de

ações e estratégias potencialmente capazes de promover a divulgação e publicação das compreensões construídas em torno do tema N&N que os próprios alunos consideraram relevantes, fundamentados nos conhecimentos construídos a partir das diversas discussões desenvolvidas.

Realizada em uma aula de 50 minutos no dia 26 de abril de 2018, nesse encontro solicitamos aos alunos presentes que formassem um grande grupo, **de forma que toda a ação fosse feita de forma compartilhada e dialogada com toda a turma.** Em seguida, escrevemos no quadro duas perguntas que representavam “o que” e o “como” **levar as discussões, conceitos e informações da N&N para a comunidade escolar composta por pais, alunos de outras turmas e professores da escola.**

Pergunta 1

Que questões relacionadas à N&N vocês consideram relevantes para serem divulgadas para a comunidade escolar?

Pergunta 2

Que estratégias vocês sugerem para levarmos essas informações para a comunidade, promovendo assim uma maior compreensão pública sobre esse tema?

As interlocuções dos alunos pesquisados em torno do debate problematizado pelas perguntas acima foram observadas e analisadas. A partir disso, organizamos coletivamente os resultados das discussões:

Para a pergunta 1:

- **os riscos para a saúde e para o meio ambiente.**
- **A falta de controle, regulação e normatização.**
- **O acesso restrito somente para quem tem condição financeira.**
- **A falta de pessoas com conhecimento adequado para manipular.**
- **Os impactos sobre a economia e sobre a política.**

Para a pergunta 2:

- Internet (facebook, wix, instagran, youtube)
- **Exposição de banners**
- **Anúncio em rádio local**
- Panfletagem nas ruas do bairro
- **Produção e postagem de vídeo em um canal no Youtube**

Diante das **limitações cronológicas, financeiras e técnicas** que envolvem o contexto da presente **pesquisa e por questões práticas**, sugerimos aos alunos que **escolhêssemos** apenas uma **das sugestões apresentadas** acima. Dessa forma, **por votação**, foi escolhida a **exposição de banners como estratégia de socialização dos conhecimentos**.

A seguir, colocamos em pauta as **informações** que deveriam ser apresentadas em cada banner e quais alunos (pequenos grupos) seriam responsáveis pela pesquisa, **elaboração e apresentação dessa exposição**, que ocorreria no **pátio do colégio para a apreciação da comunidade escolar**.

Para encerrar esse encontro decidimos que em cada banner deveria **estar contido informações** sobre um macrotema relacionado ao tema N&N, conforme o quadro a seguir:

	MACROTEMAS	QUESTÕES
1	Conceitos Físicos	Que conhecimento é esse?
2	Aplicações e Promessas	O que torna a Nanociência e a Nanotecnologia tão especial?
3	Riscos, Impactos e Incertezas	Por que a polêmica em torno da Nanociência e da Nanotecnologia ?
4	Desenvolvimento	Quem financia, quem decide e onde são realizadas as pesquisas em N&N?
5	Regulamentação e Legislação	Existe regulamentação e legislação em Nanociência e em Nanotecnologia?

Quadro 7: **Relação** de macrotemas e **questões** relevantes para o conhecimento da sociedade.

Definidos os **macrotemas e os grupos responsáveis**, criamos um grupo de relacionamento em uma **rede social** para que **podêssemos compartilhar as ideias e sugestões com relação aos conteúdos dos macrotemas e formatação**

dos banners. Com essa ferramenta de comunicação à distância pudemos orientar a turma pesquisada em seus preparativos para a construção e apresentação dos banners. Assim que os conteúdos foram definidos e a arte dos banners foi concluída, mandamos imprimir e marcamos, junto à equipe gestora da escola, um dia para podermos expor e apresentar os banners para a comunidade escolar. Na figura a seguir encontram-se imagens dos banners produzidos pelos alunos:



Figura 13: Macrotemas distribuídos nos banners.

6º encontro: Socialização das Compreensões

No dia 02 de agosto de 2018, às 14 h, nos reunimos em sala para acertarmos os últimos detalhes sobre a apresentação dos banners durante a exposição. A fotografia a seguir retrata esse momento



Figura 14: Exposição dos banners no pátio da escola campo

Às 15 h, pouco antes do recreio, instalamos os banners em vários pontos no pátio e os grupos ficaram a postos para socializar os conteúdos dos macrotemas com a comunidade escolar.

7º encontro: Avaliação da Implementação

No dia 24 de agosto de 2018 encerramos a implementação da presente proposta aplicando o questionário como uma avaliação de todo o processo. As respostas desse questionário estão contidas no anexo 3.

QUESTIONÁRIO FINAL

- 1) Escreva nas linhas abaixo sobre sua participação e envolvimento nesse trabalho.
- 2) Explique de que forma seus conhecimentos sobre Nanociência e Nanotecnologia mudaram mediante sua participação nesse projeto.
- 3) O que você considera mais importante para uma pessoa saber sobre nanotecnologia? Por quê?
- 4) Você entende que devemos encorajar o cidadão a ser mais participativo nos assuntos relacionados à nanotecnologia? Por quê.
- 5) Como você avalia as contribuições desse projeto para comunidade escolar (professores, alunos, coordenadores e outros) que participou da exposição de banners no pátio? Explique.
- 6) Use o espaço abaixo para registrar outras observações e outros olhares sobre esse projeto.

Quadro 8: Questionário final.

Capítulo 4 – ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

No presente capítulo analisaremos os dados e informações obtidos a partir da implementação das atividades didáticas junto aos alunos, a fim de compreender a viabilidade e os limites dessas ações para a promoção da participação dos alunos assuntos relacionados à N&N na perspectiva CTS.

A presente pesquisa se inscreveu na perspectiva predominantemente qualitativa, tendo por objetivo:

(...) melhor compreender o comportamento e experiências humanos. Tentam compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrever em que consistem estes significados (BOGDAN, 1994, p. 70).

As informações coletadas vieram dos registros e das observações ao longo de todo o processo, realizadas pelo autor desse trabalho. Além disso, foram objeto de análise as respostas dos alunos aos questionários, as falas observadas nas discussões e os conteúdos dos banners produzidos por eles. A partir dessas análises buscamos caminhar em direção à compreensão do objeto pesquisado.

Dessa forma, os resultados foram analisados com vistas no encaminhamento de novas compreensões e interpretações sobre as interlocuções empíricas provenientes dos textos e falas dos alunos, realizadas à luz das reflexões fundamentadas nos referenciais teóricos adotados.

Essa análise foi realizada tomando por base os propósitos educacionais propostos por Strieder (2012) e que estão associados ao desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais. De acordo com a autora, esses propósitos intencionalmente não seguem uma hierarquia ou uma linearidade, de forma que, na medida em que socializações estão ocorrendo, percepções e/ou questionamentos ainda estão sendo desenvolvidos.

Dito de outra forma, esses propósitos devem se completar no sentido de melhorar os processos de ensino e aprendizagem de ciências. Assim, a presente proposta busca enquadrar-se, no contexto da sala de aula, como uma abordagem CTS para o ensino de ciências que contemple:

- a) o *desenvolvimento de percepções* que aproximam o conhecimento científico escolar e a vivência do aluno. Com esse propósito, uma nova ima-

gem da do conhecimento científico é construída a partir de questões presentes no dia-a-dia do aluno, bem como em questões relacionadas à C&T.

- b) o *desenvolvimento de questionamentos* associados às implicações do desenvolvimento científico-tecnológico na sociedade que contextualizam o conhecimento escolar e discutem as implicações do desenvolvimento da C&T na sociedade. Esse propósito proporciona a compreensão sobre a utilização responsável dos recursos naturais e dos produtos da tecnologia.
- c) o *desenvolvimento de compromissos sociais* que direciona o cidadão a uma leitura crítica dos problemas sociais decorrentes do avanço tecnológico, desenvolve também competências para que a sociedade possa lidar com os diferentes problemas.

Seguindo os pressupostos dessa autora, a abordagem do tema N&N, na perspectiva CTS, orientou-se pelo desenvolvimento de ações pedagógicas contextualizadas, sócio críticas e responsáveis.

Nessa perspectiva pedagógica, Strieder (2012) propõe, portanto, que o papel da escola vai além de adequar os jovens a uma vida social e produtiva, passa a ser de capacitá-los para o enfrentamento de novos problemas e para definição de novos rumos para si mesmo e para a sociedade.

De acordo com esses pressupostos, organizamos a análise dos dados e dos resultados de acordo com as categorias associadas a seguir:

- As Percepções e Seus Aprofundamentos
- O Despertar de Questionamentos
- Indicativos de Compromissos Sociais

4.1 As Percepções e seus Aprofundamentos

A análise das respostas dos alunos ao questionário inicial, registradas no quadro 2 do capítulo anterior sinalizou uma aproximação entre o conhecimento científico e o contexto do aluno. Em linhas gerais, os grupos mencionaram que a nano “é a ciência que estuda as coisas que não podemos ver a olho

nu.” (Grupo 3); “que possui uma série de aplicações mas que pode nos ajudar ou nos destruir.” (Grupo1). Ou seja, os alunos já possuíam conhecimentos sobre o assunto, ainda que não de forma aprofundada.

Com base nessas informações, o contexto da presente proposta se apresentou favorável ao desenvolvimento de uma Alfabetização Científica pois, mais do que compreender como aluno aprende melhor ou como o professor pode ensinar melhor, o contexto social deve ser considerado. Assim, esses objetivos devem reorientar as ações pedagógicas do ensino de ciências facilitando à sociedade a leitura de mundo onde vivem, de modo que possam transformá-lo para melhor.

Essa leitura de mundo, que se apresenta como posicionamentos crítico-sociais sobre os riscos, benefícios e impactos associados à N&N, foi verificada em algumas respostas dadas pelos grupos:

Que é algo microscópico, que pode nos ajudar ou nos destruir. Que é uma tecnologia que é menor que uma célula, que pode ser usada na área da saúde, guerra, entre outros. (Grupo 1)

Como os cientistas conseguem desenvolver partículas tão pequenas, como funciona, se faz bem ou se faz mal no corpo humano. Qual a utilidade da nanociência ou nanotecnologia? Qual a necessidade? (Grupo 2)

Essas respostas também indicam uma série de dúvidas dos alunos e a necessidade de aprofundar algumas discussões. A partir da análise dessas compreensões iniciais observamos que outras questões surgiram, como a seguir:

- O que torna as nanopartículas tão especiais?
- Como as nanopartículas podem ser úteis na vida ao mesmo tempo perigosas?
- Como é produzido um nanorobô?
- Como os cientistas conseguem obter uma partícula com medidas tão pequenas?
- Qual é a necessidade da nanociência e da nanotecnologia?
- Como as coisas nanométricas podem fazer mal para o corpo humano?

Verificamos que a emergência dessas questões demonstrou a relevância pedagógica de discussões em grupo mediadas e direcionadas pelo professor para o levantamento novos questionamentos.

Compreendemos ainda que as discussões em pequenos grupos e o debate no grande grupo, realizados no 1º encontro, voltados para o levantamento das compreensões iniciais e para o desenvolvimento de percepções, nos mostrou que as participações dos alunos se aproximaram de posicionamentos sócio críticos por demonstrarem preocupação os problemas (riscos, impactos e incertezas) relacionados ao desenvolvimento da N&N, como demonstra a fala a seguir:

Elas podem ser úteis na vida e na sociedade, mas também podem ser perigosas. (Grupo 2)

Percebemos ainda que a realização de debates e de questionários consegue criar um bom cenário para o levantamento e observação das percepções iniciais dos alunos com relação ao tema N&N. Ou seja, conseguimos perceber que os alunos tinham conhecimentos prévios sobre a N&N relacionar-se ao estudo e aplicação de coisas muito pequenas, sobre as nanopartículas não poderem ser vistas a olho nu, sobre não saberem o que é um nanometro, sobre não saberem como se observa/processa os nanomateriais, sobre não saberem que áreas do conhecimento participam do desenvolvimento da N&N e sobre saberem que a N&N podem ser prejudicial para a saúde e ao meio ambiente.

Também, verificamos que os alunos pesquisados conhecem algumas aplicações da nanotecnologia no cotidiano em que eles estão inseridos, como na medicina, nos cosméticos, na engenharia, nos automóveis e nos protetores solares. Ou seja, de acordo com os relatos apresentados na sequência dessa análise, observamos que os alunos conhecem as promessas e as vantagens que a nanotecnologia apresenta para a sociedade. Isso nos mostra certo nível de informação relacionado às novas tecnologias provenientes, em sua maioria, de informações midiáticas e não de ações pedagógicas interdisciplinares na escola.

No contexto do Ensino Médio, a presente proposta de abordagem da N&N pode ser aplicada como projeto pedagógico, como recurso de contextuali-

zação de diversos conteúdos contemplados pelas disciplinas de Ciências da Natureza ou como instrumento de superação à falta de aprendizagem.

Essa sugestão vai ao encontro das compreensões de Gama (2013) ao apresentar a necessidade de planejamentos pedagógicos no Ensino Médio que contemplem os conceitos de N&N como atividade interdisciplinar, visto que esse tema se inscreve na vivência do aluno.

4.2 O Despertar de novas Percepções e Questionamentos

Após a sondagem inicial dos saberes que os alunos pesquisados já possuíam e o levantamento do que eles queriam ou precisavam saber sobre N&N, encaminhamos nossa investigação no sentido de organizar, sistematizar e enriquecer o conhecimento sobre o tema, direcionando-os a uma reflexão crítica socioambiental, de forma a considerar também os riscos, as incertezas e os impactos que orbitam o tema N&N na perspectiva CTS. Essas discussões contribuíram para despertar novas percepções e questionamentos sobre o tema, associados a conhecimentos científicos, questões socioambientais e políticas públicas.

4.2.1 O Despertar de Questionamentos Socioambientais

Os novos olhares necessários ao ensino de N&N na perspectiva CTS surgiram a partir da análise das interlocuções dos alunos pesquisados observadas nos dois debates que ocorreram no 2º encontro. Assim, escolhemos dois vídeos que se complementam e problematizam as discussões que pretendemos. Ou seja, o primeiro vídeo, cujo título é “Promessas da Nanotecnologia”, se detém a apresentar apenas as aplicações, promessas e vantagens dessa nova tecnologia. O segundo vídeo, em contrapartida, apresenta reflexões associadas aos riscos, impactos e incertezas associados à N&N. Como forma de enriquecer a ação pedagógica optamos por promover uma discussão logo após cada vídeo. Dessa forma, conseguimos observar o enriquecimento das compreensões e dos questionamentos dos alunos pesquisados sobre questões socioambientais relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, conforme se apresenta na participação de um aluno:

As nanopartículas podem prejudicar o meio ambiente pois, se elas conseguem penetrar as células dos seres humanos e modificar o DNA, imagina o que elas podem fazer como meio ambiente. (1ª participação/2º debate)

A análise das interlocuções que ocorreram após cada vídeo apresentado no segundo encontro nos apresentou um relevante interesse em discutir o assunto e um significativo engajamento no sentido de evoluir a discussão para outros níveis. Da mesma forma, observamos que é possível e viável transpor o foco restrito ao conhecimento científico para a compreensão de problemas que estejam relacionados à vivência do aluno, desde que se utilizem estratégias pedagógicas fundamentadas em perspectivas que associem ciência, tecnologia e sociedade.

Essa atividade relacionada aos vídeos encaminhou a emergência de novos olhares sobre o tema por apresentarem abordagens que se complementam. Em outra perspectiva, as diferenças de abordagens dos vídeos promoveram um ambiente problematizado e construtivo evidenciado pelas interlocuções nos debates. Nessa perspectiva, a discussão em torno de vídeos que se complementam de forma problematizada, pode contribuir para os alunos identificarem e questionarem os diversos problemas sociais, políticos, ambientais e econômicos associados ao desenvolvimento tecnológico, quando apresentados pelas redes sociais, da televisão, do rádio, das revistas, dos jornais e dos sites.

Apresentamos, portanto, uma alternativa pedagógica para a promoção de uma Educação Científica por meio da discussão de temas contextualizados e interdisciplinares para o Ensino Médio capazes de ampliar o olhar do aluno sobre as múltiplas implicações das tecnologias na sociedade que se insere.

As reflexões sobre algumas interlocuções presentes no quadro 3 (capítulo anterior) demonstraram uma postura questionadora e problematizada de alguns alunos com relação os riscos, incertezas e impactos causados pelos nanomateriais, superando a perspectiva tendenciosa de se valorizar apenas os benefícios e promessas que a Nanociência e a Nanotecnologia apresentam. As participações de três alunos estão apresentadas a seguir:

Se a nanotecnologia vai modificar o alimento, vai modificar o organismo. E se vai modificar o organismo a gente vai atrás de remédio. Vai-se atrás de remédio a gente volta a consumir nanopartículas. Assim a gente vai acabar deixando de ser um

“humano”. Deu um problema no braço, a gente coloca outro usando nanotecnologia, deu um problema na pele, a gente coloca outra com nanotecnologia. Desse jeito a gente vai acabar se tornando um “Cyborg”. Só que a gente tem que pensar que apenas pessoas que estão no poder, que tem dinheiro, terão acesso a isso! Será que esses benefícios vão ser pra todos? (4ª participação/1º debate)

Algo me deixou intrigado. Será que essas pesquisas são fiscalizadas? Isso é sério! Se essas coisas saírem do controle estamos perdidos. (4ª participação/ 2º debate)

Danificando o meio ambiente danifica a saúde das pessoas também. Outra coisa que pensei é: como que vai retirar essas nanopartículas do ar ou das águas se elas são tão pequenas? (3ª participação/1º debate)

Essas participações nos indicaram a emergência de outros questionamentos socioambientais:

- Qual a dificuldade de uma possível despoluição do meio ambiente?
- Quais riscos à saúde humana?
- Haverá concentração de riquezas?
- Todos terão acesso?
- Será que haverá uma dependência total no futuro?

Compreendemos que esses questionamentos podem estar associados ao contexto da escola campo, que favorece o acesso à informação contida nas redes sociais, na internet, na televisão, no rádio e na mídia impressa.

4.2.2 O Despertar de Questionamentos de Políticas Públicas

De acordo com propostos de Garcia, Cerezo e Luján (1996), os estudos CTS se desenvolvem nos campos acadêmico/investigativo, no campo das políticas públicas e no campo educacional, sendo que esses três campos se relacionam e se influenciam.

Assim, o presente trabalho contempla e defende a participação pública ativa em questões que envolvem C&T, de forma que os alunos possam dar os primeiros passos em direção a ações práticas e políticas.

Algumas participações (2o encontro/quadro 6) indicaram questionamentos sobre políticas públicas quando percebemos falas relacionadas às fontes de financiamento, à legislação, à fiscalização e ao controle da N&N:

Será que precisa de muito dinheiro pra desenvolver essas pesquisas? É a universidade que ela trabalha que paga essas pesquisas ou é o governo? (2ª participação/2º debate)

Algo me deixou intrigado. Será que essas pesquisas são fiscalizadas? Isso é sério! Se essas coisas saírem do controle estamos perdidos!(4ª participação/2º debate)

De uma forma geral, essas e outras participações nesse encontro indicaram questionamentos como a seguir:

- Quem e onde se realiza essas pesquisas?
- Quem financia essas pesquisas?
- Quem decide essas pesquisas?
- Quem fiscaliza essas pesquisas?
- Quem regula essas pesquisas?

Essas questões indicaram que no 3º encontro deveria ocorrer uma palestra com um especialista. Assim, convidamos o professor Dr. Luiz Cesar Branquinho para enriquecer processo de desenvolvimento das compreensões e dos questionamentos sobre o tema N&N. A palestra, portanto, contemplou questões relacionadas à regulação, à fiscalização, aos investimentos e ao contexto das pesquisas na área de Nanociência.

A presença de um especialista que vivenciou um contexto das pesquisas em N&N trouxe credibilidade à presente pesquisa, além de ter despertado o engajamento, a motivação e a curiosidade dos alunos presentes, como se apresenta nas participações a seguir:

O que te levou a estudar física e porque você escolheu pesquisar sobre nanopartículas?
(Participação 1)

As nanopartículas não fizeram mal quando você trabalhava com elas no laboratório?
(Participação3)

De acordo com as considerações de Rower e Frewer (2000), percebemos que, ao buscarmos informações sobre pesquisadores, gestão, financia-

mentos e contexto das pesquisas em N&N, compreenderemos melhor os caminhos, os processos e as ações que levem à participação da sociedade na:

- construção de agenda;
- tomada de decisão;
- formulação de políticas das organizações e instituições responsáveis por essas atividades.

De acordo com os objetivos da educação CTS, nossas interpretações apresentam as percepções e os questionamentos sobre o tema N&N da seguinte forma:

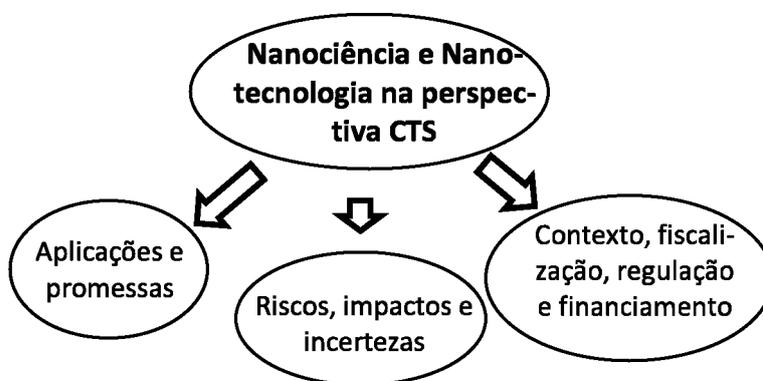


Figura 15: Configuração do resultado da promoção de questionamentos sobre N&N sob a perspectiva educacional CTS.

Ou seja, o encaminhamento de novos olhares em direção aos riscos, aos impactos, às incertezas e às políticas públicas demonstrou que o conhecimento construído e compartilhado assumiu o papel conscientizador e emancipador.

4.3 Indicativos de Compromissos Sociais

A análise das respostas dadas ao questionário do quadro 8 (capítulo anterior) apresentou alguns indicativos pedagógicos que se aproximam do desenvolvimento de compromissos sociais dos alunos participantes.

A seguir, apresentamos algumas respostas que indicam que os alunos passaram a reconhecer a importância de estar mais informados sobre desen-

volvimento da N&N **em função das** incertezas, dos riscos e dos impactos sociais associados a esse conhecimento.

Grande parte das pessoas deveria ter em suas bases de conhecimento os **“efeitos na nanotecnologia no meio ambiente”**, porque o **desgaste dos resíduos no meio ambiente afetará a vida e a ecologia no planeta e nossa sobrevivência** daqui alguns anos.

(resposta 3/aluno 9/questionário final)

Consequências. Porque devemos nos preocupar com o que vai acontecer no futuro, se teremos problemas.

(resposta 3/aluno 13/questionário final)

O que é nanotecnologia em si, o que faz e os riscos que pode ocasionar. Afinal serão essas pessoas que irão usar a nanotecnologia.

(resposta 3/aluno 19/questionário final)

Como ela é usada em situações e como ela pode vir a danificar o meio ambiente e os seres humanos, pois ela pode afetar até o DNA.

(resposta 3/aluno 22/questionário final)

Os benefícios e os malefícios para que as pessoas tenham consciência daquilo que será o nosso futuro.

(resposta 3/aluno 23/questionário final)

Além disso, algumas respostas sinalizam que os alunos participantes perceberam a necessidade da população estar mais informada e acompanhar o desenvolvimento e as implicações futuras da N&N.

Sim. A nanotecnologia será mais evoluída futuramente, com isso, precisamos compartilhar as informações com o próximo para não chegarem ao futuro e passar por grandes consequências.

(resposta 4/aluno 3/questionário final)

Sim, pois ela pode mudar e trazer para a sociedade um aspecto novo e diferente de viver, de uma forma melhor e mais segura, porém devem saber dos riscos que podem acontecer.

(resposta 4/aluno 5/questionário final)

Sim porque o cidadão tem que participar e saber sobre os avanços da ciência, pois todos estão sujeitos ao uso da mesma e as consequências positivas e negativas.

(resposta 4/aluno 10/questionário final)

Sim. Pois **estarão** adquirindo um conhecimento sobre o assunto e assim podendo ajudar que outras também saibam, mas que a nanotecnologia pode ser boa, mas também ser um malefício as pessoas.

(resposta 4/aluno 15/questionário final)

A partir disso, **não podemos afirmar** que os alunos desenvolveram compromissos sociais já que isso abarca o envolvimento em ações sociopolíticas. Porém essas falas sinalizam que eles reconhecem a necessidade de acompanhar as discussões sobre o assunto o que, a nosso ver, representa um pontapé inicial para o desenvolvimento desse compromisso e, também, da participação em perspectivas mais críticas, associadas ao reconhecimento da atuação no âmbito das políticas públicas.

Nesse universo de discussões, questionamentos e problematizações, percebemos que a **educação CTS** pode contribuir para a formação crítica e estimuladora do público leigo, fundamentando-o para a participação no processo e se opondo à indiferença antidemocrática do poder público no sentido encorajar os cidadãos em exercícios participativos. Dessa forma, o envolvimento da sociedade apresenta-se importante para a **definição e observação de como** ocorre a **produção, a distribuição e a aplicação dos produtos relacionados à N&N**.

Associado a isso, apontamos a necessidade perspectivas de socialização com a comunidade. Em direção a isso, no final do 4º encontro da presente proposta, buscamos estimular posturas e ações crítico-participativas nos alunos por meio da seguinte **questão problematizadora**: *“O que podemos fazer diante dessa tão promissora tecnologia, mas que é repleta de riscos, incertezas, impactos e desigualdades?”*

O objetivo dessa pergunta foi induzir os alunos participantes a perceberem que o **conhecimento sobre as aplicações, o desenvolvimento, os riscos, as incertezas, os impactos e as políticas públicas da N&N não são suficientes para a articulação CTS, sendo necessário ainda refletir, de forma dialogada e problematizada, sobre ações individuais e coletivas capazes levar à comunidade escolar os conhecimentos adquiridos.**

A **exposição de Banners**, realizada no dia 02 de agosto de 2018, apresentou-se como um bom recurso **didático de socialização dos conhecimentos**

por permitir a **sistematização, a organização** e a abordagem dos macrotemas. Esse recurso facilitou a **visualização de imagens, esquemas e gráficos** relacionados às informações contempladas por cada macrotema.

De acordo com a análise em torno das observações feitas durante a pesquisa, desenvolvimento e socialização das informações dos macrotemas contidos em cada banner, percebemos a viabilidade de se desenvolver, no contexto escolar, a capacidade de:

- trabalhar em grupo;
- expor verbalmente o conhecimento;
- organizar ideias;
- produzir conhecimento;
- usar linguagem **acessível**;
- explorar adequadamente recursos visuais.

Também, esse momento contribuiu para que os alunos percebessem a **relevância do estudo realizado e, associado a isso, reconhecessem outras funções para a escola**, como indicam as falas a seguir:

Muito importante porque esse conhecimento que sai do colégio para fora pode gerar mais conhecimento ainda através da indicação das pessoas que já conhecem o projeto para outras que não conhecem ainda.
(resposta 5/aluno 4/questionário final)

É uma ciência ótima, porque as pessoas vão adquirir mais conhecimentos, tirar a curiosidade de cada um e saber quais os riscos que pode correr.
(resposta 5/aluno 13/questionário final)

Como assuntos assim não estão dentro da base comum curricular, acredito que foi um conhecimento extra, onde os mesmos puderam ver que a tecnologia não só ajuda como também pode prejudicar a vida.
(resposta 5/aluno 15/questionário final)

Atentados à inter-relação entre a educação CTS e os pressupostos educacionais de Paulo Freire, a presente proposta indicou a **realização da Práxis** (Freire, 2009) na **ação e na reflexão** dos alunos ao longo dos debates, dos questionários, da elaboração do conteúdo dos banners e da socialização dos conhecimentos com a comunidade escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos que o processo de formação dos alunos da Educação Básica deve contribuir para capacitá-los para o enfrentamento de novos problemas e para definição de novos rumos para si mesmo e para a sociedade

Nessa linha, é importante contemplar os pressupostos da educação CTS, uma vez que podem ser uma alternativa humanista para o ensino de ciências por permitirem a abordagem dos conteúdos a partir da construção de conhecimentos que promovem a participação do aluno em temas relacionados à C&T, contribuindo para leva-lo à condição de cidadão crítico e responsável.

Diante dessa perspectiva, o presente trabalho buscou apresentar, para o contexto do Ensino Médio, encaminhamentos para a promoção da participação pública em temas relacionados à C&T, de acordo com os propósitos da perspectiva CTS e de Paulo Freire.

De antemão, foi necessário selecionar um tema que permite discussões dessa natureza e estudar sobre ele. Isso está associado às discussões sobre o que ensinar. Ou seja, definidos os propósitos educacionais, é preciso definir os conteúdos. Dentre as várias opções, optamos por trabalhar com N&N. Mas, quais conteúdos trabalhar? Como organizar uma proposta sobre esse tema fundamentada em pressupostos CTS?

Dos estudos realizados, defendemos que é importante que a discussão desse tema abarque, além dos conhecimentos científicos, questões associadas à presença da nanociência na sociedade, seus riscos e incertezas; ao desenvolvimento desses produtos e pesquisas relacionadas, à regulamentação e legislação em nanociência/nanotecnologia. A própria definição desses subtemas, portanto, é um resultado deste trabalho de mestrado.

Em outras palavras, compreendemos que uma proposta fundamentada pelos pressupostos da educação CTS, deve se apresentar como uma superação de práticas pedagógicas no Ensino Médio que contemplem apenas os conceitos científicos, as aplicações e as promessas que as novas tecnologias apresentam. Com base nisso, para além dos conhecimentos científicos usualmente trabalhados e de suas aplicações, buscamos promover discussões e problematizações capazes de emergir questionamentos socioambientais e de políticas públicas que orbitam temas atuais e contextualizados como N&N.

Percebemos também indicativos de que a presente proposta contribuiu para a **promoção** do crescimento pessoal dos alunos **enquanto cidadãos críticos e responsáveis**. Além disso, **contribuiu para que eles ampliassem sua leitura de mundo**, construindo conhecimentos para participar informativamente do desenvolvimento C&T.

Observamos que os alunos participantes desenvolveram novas **percepções** sobre o tema N&N ao compartilharem e debaterem em grupo sobre a **produção, os riscos e a utilidade da nanotecnologia**. Consideramos que esse desenvolvimento ocorreu a partir da **contextualização capaz de aproximar o conhecimento científico da realidade do aluno**. Nessa perspectiva, as **questões problematizadoras são importantes** para o levantamento do que os alunos sabem, o que eles gostariam de saber e o que eles precisam saber sobre o tema. **Também, envolvê-los em pesquisas e produções próprias, a nosso ver, contribuiu para enriquecer as percepções que eles possuem**.

Além disso, os resultados indicam que o processo de desenvolvimento questionamentos ajudou a conduzir os alunos **à condição de cidadãos críticos**, conscientes e participativos na sociedade. **Esse propósito foi alcançado** a partir das **problematizações** debatidas em grupo que **despertaram reflexões** sobre os riscos, as incertezas, os impactos e as políticas públicas que envolvem o tema N&N. Entendemos que os vídeos com visões diferentes sobre o assunto **contribuíram para o desenvolvimento desses questionamentos**.

Também, a conversa com um cientista que trabalha nessa área, foi muito importante para que os alunos compreendessem incertezas associadas ao tema, **além de conhecer mais detalhes sobre a própria atividade científica**. A presença de um especialista promoveu o **enriquecimento dos olhares dos alunos pesquisados ao discutir de forma simples e didática algumas questões relacionadas à N&N que ficaram abertas no momento anterior**.

Destacamos ainda que os debates realizados numa perspectiva de **diálogo e problematização se mostraram interessantes** para o desenvolvimento de **percepções e questionamentos**.

Quanto aos compromissos sociais, os resultados indicam que os alunos perceberam a necessidade de acompanharem e de **estarem atentos às discussões sobre o assunto**. Entendemos que o **incentivo à socialização dos conhecimentos construídos contribuiu para isso**. Mas não somente isso. As discus-

sões sobre os riscos e incertezas atreladas ao tema, realizadas ao longo dos encontros, **também foram essenciais para isso.**

Por fim, de acordo com os **propósitos da educação CTS**, a presente proposta sinalizou **mudanças de perfis do professor, do aluno e do conteúdo**, pois:

- o professor apresentou-se como mediador no enriquecimento de **percepções** e questionamentos;
- os alunos participaram ativamente como sujeitos **críticos** na **construção** e na **socialização** das **percepções** e questionamentos;
- os **conteúdos** foram abordados **a partir de problematizações**, debates e **discussões**.

Enfim, buscamos apresentar uma proposta de abordagem do tema N&N na perspectiva CTS, orientada de forma contextualizada, problematizadora e socializada, capaz de despertar **posicionamentos críticos, responsáveis, conscientes** sobre desenvolvimento C&T da sociedade.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO DÍAZ, J. A. La tecnología en las relaciones CTS: una aproximación al tema. **Enseñanza delas Ciências**, vol.14, n.1, p.35-44, 1996.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Estudo prospectivo nanotecnologia. **Cadernos da Indústria ABDI**, v. 20, Brasília: ABDI, p. 219, 2010.

AIKENHEAD, G. STS Education: A Rose by Any Other Name. In: Cross, R. (Ed.): **A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham**, p. 59-75, 2003.

ALVES, J. O. **Síntese de nanotubos de carbono a partir do reaproveitamento de resíduos sólidos carbonosos**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. 2002. Tese de Doutorado em Educação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. **Les relaciones CTS en la Educación Científica**, Paraná, 2006.

BERTI, L. A. Seis benefícios que as nanopartículas podem trazer para a humanidade. **Revista Galileu**, G1, Out. 2016.

BRASIL, Ministério da Educação. **Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRENNAN, R. **Uma história da física moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2000.

CAMPOS, F. R. G. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Florianópolis: Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2010.

CAO, G. **Nanostructures e nanomaterials: synthesis, properties e applications**. Londres: Imperial College Press, 2004.

CARUSO, F.; OGURI V. **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: Questões e Desafios para a educação**. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

DAVIES, S.; MACNAGHTEN, P.; KEARNES, M. (ed.) **Reconfiguring responsibility: lessons for public policy**. Durham: Durham University, 2009.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, Tensões e Transições**. Tese de Doutorado. São Paulo: FEUSP, 1991.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Ed. Cortez, 2002.

DELIZOICOV, D. **Didática Geral**. 3ª Ed. Goiânia: Funape, 2014.

DURAN, N.; MATTOSO, L.H.C.; MORAIS, P.C. **Nanotecnologia, introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber, 2006.

ELLWANGER, A. L. et al. **O Ensino de Nanociências por Meio de Objetos de Aprendizagem**. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, 2012.

FELTRE, R. **Fundamentos da Química**. Volume Único. 3ª Ed. São Paulo: Moderna, 2001.

FERNANDES, M. F. M.; FILGUEIRAS, C. A. L. Um panorama da Nanotecnologia no Brasil (e seus macrodesafios). **Química Nova**. São Paulo, v. 31, n. 8, p. 2205-2213, 2008.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. São Paulo: Cortez & Moraes, 2006.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

GAMA, C. F. **Uma Proposta para o Ensino de Nanociência e Nanotecnologia nas Aulas de Física no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

GARCÍA, M. I. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L. **Ciência, tecnologia y sociedad**. Uma introducción al estudio social de la ciência y la tecnología. Madrid: Tecnos, 1996.

GERMANO, M. G. **Popularização da Ciência: Uma Revisão Conceitual**. João Pessoa-PB: Departamento de Metodologia da Educação UFPB, 2006.

REF. **Eletromagnetismo**, vol. 1. São Paulo: USP, 1998.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to Quantum Mechanics**. 2ª Ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.

INVERNIZZI, N. Visões do futuro: nanociência e nanotecnologia no Jornal da Ciência. **Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)**. Paraná, 2007.

MAÑAS, A. V. **Gestão de tecnologia e inovação**. São Paulo: Érica, p. 176, 2001.

MARTINS, I. P. (Org.) **O Movimento CTS na Península Ibérica**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagens**. São Paulo: EPU, 1995.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para professor pesquisador**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

NICOLETTI, E. R.; SEPEL, L. M. N.; VESTENA, R. F. Alfabetização Científica na EJA: Análise da implementação de uma ilha interdisciplinar de racionalidade. **Revista da SBEnBio**, n. 9, p. 2232-2243, 2016.

OSORIO, C. Enfoques sobre la tecnologia. **Revista iberoamericana de ciencia, tecnologia y innovación**. n. 2, Enero – Abril, 2002

PIMENTA, M. A.; MARCOS, C. P. **Nanociência e nanotecnologia**. Parcerias estratégicas. 2004

PIMENTA, M. A. **Nanomateriais e suas aplicações**. **Academia Brasileira de Ciências**. Disponível em <http://www.abc.org.br/article.php3?id_article=4149> Acesso em mai. 2015.

PINHEIRO, N. A. M.; BAZZO, W. **Ciência tecnologia e sociedade no ensino médio: refletindo sobre a contribuição do conhecimento matemático**. In: IV EN-PEC. Bauru, 2003.

PINTO, A. C.; VIEIRA, A. G. **Nanotecnologia: O Transporte para um Novo Universo**. São Paulo: Fundacentro, 2008.

PIRES, L. B. **A nanotecnologia na busca do tratamento de doenças através da nanomedicina - Tratamentos eficazes de saúde para as próximas décadas**. Salvador/BA: Universidade Federal da Bahia, 2008.

QUINA, F. H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, v.27, n.6, São Paulo, Nov./Dec., 2004.

RATTNER, H. **Nanotecnologia e a política de ciência e tecnologia**. **Passages de Paris**, v.1, n. 2, p. 180-188, 2005.

REGIS, E. **Nano: a ciência emergente da nanotecnologia: refazendo o mundo**. São Paulo, 2004

REIS, D. R. **Gestão da inovação tecnológica**. São Paulo: Manole Ltda, p. 204, 2004.

ROWER, G.; FREWER, L. J. **Public participation methods: A framework for evaluation**. Science, Technology, & Human Values, 2000.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, p. 109-131, 2008.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S(Ciência – Tecnologia –Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência**, vol. 2, n. 2, dezembro, 2002.

SANTOS, W. L. P. **Significados da educação científica com enfoque CTS. In CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: UNB, 2011.

SCHULZ, P. A. B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia? **Física na Escola**, v. 6, 2005.

SIMON, I. **A revolução digital e a sociedade do conhecimento**. Março, 1999. Disponível em <<http://www.ime.usp.br/~is/ddt/mac333/aulas/tema-1-04mar99.html>> Acesso em set. 2007.

STRIEDER, R. B.; SILVA, K. M. A.; SOBRINHO, M. F.; SANTOS, W. L. P. A educação CTS possui respaldo em documentos oficiais brasileiro? **ACTIO**. Curitiba, v. 1, n. 1, p. 87-107, 2016.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas**. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

TOMA, E. H. **O Mundo Nanométrico: a dimensão do novo século**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TOZONI-REIS, M. F. C. Temas ambientais como “temas geradores”: contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória. **Educar em Revista**, n. 27, p. 93-110, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602006000100007> Acesso em: 28 jan. 2018.

TRÉGOUËT, R. As nanotecnologias: novo motor da revolução tecnológica. **Boletim Eletrônico RT Flash Lettre 436**. Junho de 2007.

WAKS, L. J. Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. In: MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. (eds.): **Ciencia, Tecnología y Sociedad**, pp. 42-75. Barcelona: Anthropos, 1990.

WINNER, L. **Tecnología Autónoma**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A. 1979.

APÊNDICES

1 Planilha de Distribuição de Grupos e Macrotemas



Universidade de Brasília
Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física
Pesquisa: Nanociência e Nanotecnologia na Perspectiva CTS
Professor: Edvaldo Júnior

DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS PARA A EXPOSIÇÃO DE BANNERS **Dia 08 de agosto 2018 às 15 h**

MACROTEMA 1	MACROTEMA 2	MACROTEMA 2
CONCEITOS FÍSICOS	APLICAÇÕES E PROMESSAS	RISCOS, IMPACTOS E INCERTEZAS
Bruna	Matheus	Myrelly
Lucas	Vanusclei	Marcus
Gustavo	Vitoria	Jéssica
Wanderson	Raquel	Ana Flavia
Diovana	Paulo	Guilherme
	Daniela	Janaina
	Kemyle	
	Sthefhany	
	Leila	
MACROTEMA 4	MACROTEMA 5	
DESENVOLVIMENTO E PESQUISA	REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO	
Pedro	Lara	
Herick	Fernanda	
Sara	Grabriel	
Gensi	Isabela	
Guilherme	Lorena	
Fabrcia	Amanda	

2 Banners

MACROTEMA 1

CONCEITOS FÍSICOS

Que conhecimento é esse em torno da nanotecnologia?

IDÉIAS INICIAIS



Richard Feynman
Sobrevive em 1959 na Sociedade Americana de Física



NÃO É DE HOJE

Nanopartículas de ouro com diferentes tamanhos promovem as diferentes cores nos vitrais da Basílica de Sacré Coeur de Paris (1879)

CURIOSIDADES SOBRE A NANO MEDIDA

Uma folha de papel tem cerca de 100.000 nanômetros de espessura.
Existem 25.400.000 nanômetros em uma polegada.
Um fio de DNA humano tem 2,5 nanômetros de diâmetro.
Existem 25.400.000 nanômetros em uma polegada.

A FÍSICA DO MUNDO NANO

A física clássica não é suficiente
A física quântica é necessária

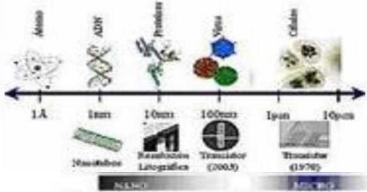
O campo gravitacional não interfere de forma significativa
Novas propriedades ópticas, elétricas e magnéticas
As forças atômico-moleculares são consideráveis
Grande relação área e volume

NANOCIÊNCIA OU NANOTECNOLOGIA?

[...] nanociência é "o estudo dos fenômenos e a manipulação de materiais nas escalas atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades do ferrem significativamente diferentes em uma escala maior", enquanto nanotecnologias são "o design, a caracterização, a produção e a aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas controlando forma e tamanho na escala nanométrica".
(FERNANDES; FIGUEIRAS, 2008, p. 2200).

NANOESCALA

1 nm = 1m / 1 bilhão = 1. 10⁻⁹m



Objeto	Tamanho
Átomo (H)	0,1 nm
DNA	2 nm
Proteínas	5-100 nm
Vírus	75-100 nm
Bactérias	1.000-10.000 nm
Células humanas	10.000 nm

OBSERVAÇÃO, MANIPULAÇÃO, ORGANIZAÇÃO E MEDIDAS



Microscópio atômico de varredura (AFM) Microscópio de varredura por tunelamento (STM)

OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO

BOTTOM UP (de baixo para cima)
Desenvolvimento de nanoestruturas a partir de átomos e moléculas por meio de química e da biologia

TOP DOWN (de cima para baixo)
Ministurização por meio da microeletrônica, da física e das engenharias

ALGUNS NANOMATERIAIS



Nanomaterials de carbono Liposoma (Fosfolípida) Nanofibras e nanopólos (polímeros) Nanopartículas de ouro Nanopartículas de prata Nanopartículas de zinco

<https://nanomedicine.viairo-da-20/nanotechologia-e-medicina/nanopartículas/>

APOIO:



CONTROLE CONTÁBIL
CONTABILIDADE

REALIZAÇÃO:

Alunos do 2º ano Coo CEPi Cruzeiro do Sul, com o apoio do professor Cristiano Rodrigues e demais professores da escola. Esse trabalho é parte da implementação da pesquisa de mestrado do professor Eivaldo V. F. Júnior com tema: **Nanociência e Nanotecnologia na Perspectiva CTS**, sob a orientação da professora Dra. Roseline Beatriz Strieder.



Universidade de Brasília
Departamento de Ciências Exatas e de Física

APLICAÇÕES E PROMESSAS

O que torna a Nanociência e a Nanotecnologia tão especial?



Filtro solar à base com dióxido de titânio nanoestruturado
Fonte: <http://www.funfocentro.gov.br>



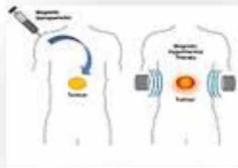
Tecido com fibras nanoestruturadas
Fonte: <https://www.nanotal.com>



Band Aid com nanocápsulas de prata
Fonte: <https://www.tecmundo.com.br>



Creme dental com cálcio nanoencapsulado
Fonte: <https://bemoforcosemeficos.wordpress.com>



Nanomagnetohipertermia e Nanopartículas Magnéticas
Fonte: <http://www.resumov.com.br>



Nanotecnologia nos alimentos
Fonte: <https://www.kitconceito.com.br>



Medicina regenerativa
Fonte: <https://faciadaoposicao.wordpress.com>



Nanorobôs
Fonte: <https://www.kitconceito.com.br>



Nanotecnologia na agricultura
Fonte: *Revista Jorjato: Implications of Nanoscience and Nanotechnology*



Smart Fone flexível feito com Nanoestruturas de carbono
Fonte: *Prés (2008)*



Escova de dentes feita com nanotubos de carbono
Fonte: <http://www.up.edu.br>



Esféras nanométricas com remédio no interior
Fonte: <https://www.focap.br>



REALIZAÇÃO:

Alunos do 3º ano Coo CEPi Cruzilino do Sul, com o apoio do professor Cristiano Rodrigues e demais professores da escola. Esse trabalho é parte da implementação da pesquisa de mestrado do professor Edvaldo V. F. Júnior com tema: **Nanociência e Nanotecnologia na Perspectiva CTS**, sob a orientação da professora Dra. Roseline Beatriz Strieder.

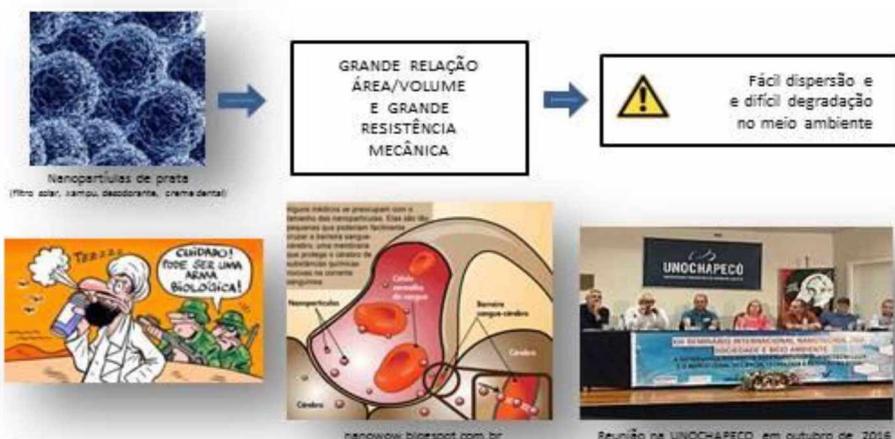


RISCOS, IMPACTOS E INCERTEZAS

Porquê a polémica em torno da Nanociência e da Nanotecnologia?

VALE A PENA PENSAR NISSO!!

- Nem toda a sociedade terá acesso
- Contaminação de trabalhadores
- Mal-estar social perante os novos produtos ou formas de vida
- Criação de armas biológicas
- Falta de controle, normatização e legislação
- Efeitos contra a saúde pública e ambiental porque as nanopartículas se dispersam facilmente na atmosfera, nas águas, nos solos e nos seres vivos.
- Exigência de mão de obra especializada e consequente desemprego
- Possibilidade de gerar câncer

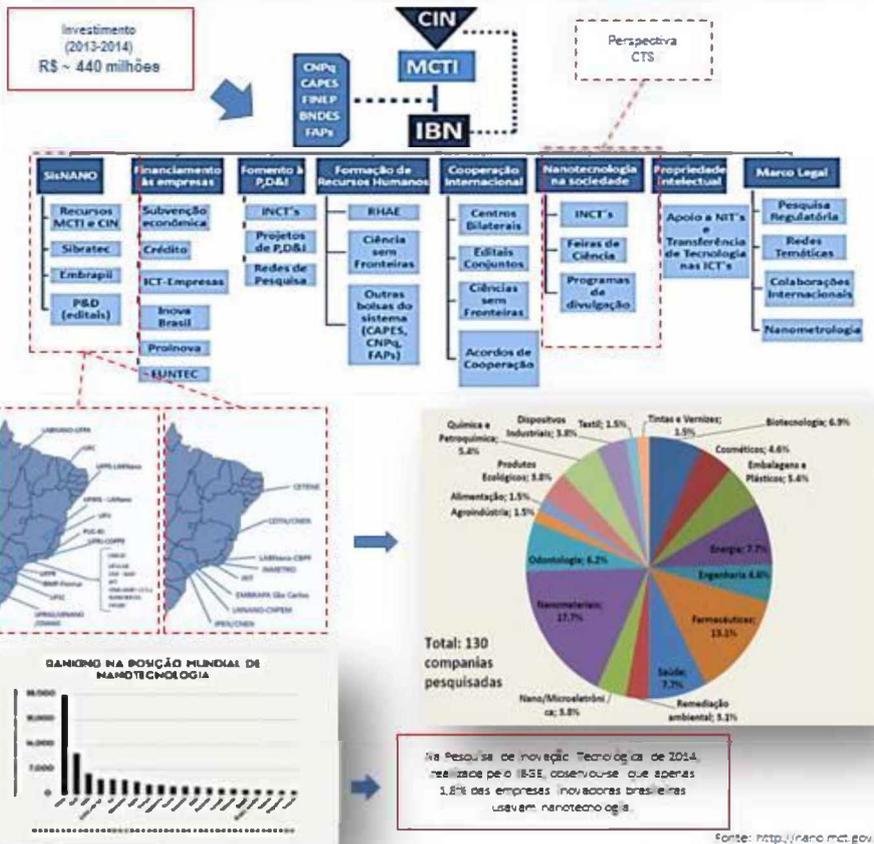


REALIZAÇÃO:
Alunos do 3º ano C do CEPI Cruzeiro do Sul, com o apoio do professor Cristiano Rodrigues e demais professores da escola.
Este trabalho é parte da implementação da pesquisa de mestrado do professor Edvaldo V. F. Júnior com tema:
Nanociência e Nanotecnologia na Perspectiva CTS,
sob a orientação da professora Dra. Roseline Beatriz Strieder.



DESENVOLVIMENTO E PESQUISA

Quem financia, quem decide e onde são realizadas as pesquisas em Nanociência e Nanotecnologia?



REALIZAÇÃO:
Alunos do 3º ano C do CEPI Cruzília do Sul, com o apoio do professor Cristiano Rodrigues e demais professores da escola. Esse trabalho é parte da implementação da pesquisa de mestrado do professor Edvaldo V. R. Júnior com tema: **Nanociência e Nanotecnologia na Perspectiva CTS**, sob a orientação da professora Dra. Roseline Beatriz Strieder.



MACROTEMA 5

REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO

Existe regulamentação e legislação para a Nanociência e em Nanotecnologia?

Controle, regulação e legislação... É necessário?

- Disponibilidade de fonte normativa para a estruturação e estabelecimento de diretrizes norteadoras de políticas públicas de ciência e tecnologia.
- Definição de questões patrimoniais sobre a apropriação (material da nanotecnologia, especialmente a partir do sistema de direitos de propriedade intelectual), internacionalmente reconhecido.
- Estabelecimento de normas que estruturam a limitação, monitoramento e deem respostas adequadas aos riscos da nanotecnologia.

Quais os desafios para se estabelecer uma legislação específica?

- A proximidade da ciência com as grandes corporações gera uma forte pressão sobre o poder político para evitar qualquer regulamentação contra os interesses do mercado.
- A dificuldade na definição dos riscos das diferentes aplicações da nanotecnologia, decorrente da falta de pesquisa sobre os impactos das nanotecnologias na saúde humana, no meio ambiente e na sociedade.
- A falta de um debate público sobre a nanociência e a nanotecnologia, diferentemente de outras tecnologias, já regulamentadas por lei, como é o caso dos agrotóxicos e da biotecnologia.

Fonte: Alton Guilherme Berger Filho (Advogado Professor de Direito Internacional e Direito Ambiental da Universidade de Caxias do Sul - RS, Mestre em Direito pela Universidade de Caxias do Sul) <http://www.ambito-juridico.com.br>

Iniciativas brasileiras



A regulação e a legislação devem dar resposta às questões abaixo:

- Como regular o comércio de substâncias tóxicas e de resíduos da nanotecnologia no plano internacional?
- Quais instrumentos regulatórios podem ser utilizados para fazer frente à produção, uso e comércio ilegal de nanotecnologia?
- Como garantir a segurança no consumo de produtos derivados da nanotecnologia?
Como informar de adequadamente o consumidor?
- Quais critérios devem ser adotados para avaliar a toxicidade dos alimentos e dos medicamentos oriundos da nanotecnologia para o ser humano e para outros seres vivos?
- Como responsabilizar os causadores de danos ambientais decorrentes da nanotecnologia?
- Quais políticas seriam apropriadas para gestão de riscos da nanotecnologia?
- Como aplicar o princípio de precaução de forma adequada à nanotecnologia?



REALIZAÇÃO:

Alunos do 3º ano (C) do CEP/ Cruzleão do Sul, com o apoio do professor Cristiano Rodrigues e demais professores da escola. Este trabalho é parte da implementação da pesquisa de mestrado do professor Evellio V. F. Júnior com tema: **Nanociência e Nanotecnologia na Perspectiva CTS**, sob a orientação da professora Dra. Roseline Beatriz Strieder.



3 Respostas ao Questionário Final

aluna	QUESTÃO 1	QUESTÃO 2	QUESTÃO 3	QUESTÃO 4	QUESTÃO 5	QUESTÃO 6
1	Esse trabalho foi uma ótima experiência e, com ele, nós alunos, junto com o professor Edvaldo, mostramos a nanociência e a nanotecnologia para os demais alunos do colégio, através de uma exposição de banners e algumas explicações e algumas explicações que recebemos e passamos para eles, todo o desenvolvimento e introdução a esse trabalho.	Antes desse projeto eu não conhecia esse trabalho, mas quando fiquei sabendo achei interessante e ampliei ainda mais meus conhecimentos. Foi um projeto formativo que ficou mais conectado por esse projeto.	A nanotecnologia pode trazer muitos benefícios para a população e um deles é na medicina de cura para doenças mortais para a sociedade.	Sim, pois além do conhecimento e benefícios as pessoas podem se interessar em estudar sobre o assunto.	Ajudou no desenvolvimento e emprego para os novos conhecimentos da população.	
2	Minha participação neste trabalho foi muito importante, pois dei a introdução. Tive a oportunidade de passar o meu conhecimento para alunos e professoras da escola, mostrando o quão importante é a nanotecnologia.	Mudou pelo fato de que eu não tinha conhecimento sobre tal assunto. E com este trabalho pude conhecer o que é nanociência e nanotecnologia, além para nos fornecer de melhoria.	O estudo que nanotecnologia tem feito para a cura de doenças e utensílios. Porque com os utensílios facilita a vida de muitas pessoas e também, poderia ajudar pessoas a serem curadas.	Sim, porque a nanotecnologia tem bons projetos para os seres humanos como, por exemplo, a cura de doenças.	Ajudara as pessoas a terem mais conhecimento sobre um assunto que não é muito discutido.	Tenho um olhar positivo, pois com este desenvolvimento poderemos ter muitas coisas que irão nos beneficiar, apesar de ter alguns malefícios.
3	Tive a bela oportunidade de estar explicando vários assuntos para alunos e professoras da escola, mostrando o quão importante é a nanotecnologia, com a ajuda de banners e as excepcionais explicações do professor. Através de vários encontros na escola, ajudei e me ajudaram a entender tudo o que fosse possível sobre o tema.	Antes de participar do projeto, não tinha conhecimento adequado a certo sobre a nanociência. No decorrer de todo o processo comecei a posicionar uma base e até mesmo criar minhas próprias teorias sobre a nanotecnologia.	Qualquer ser humano precisa obter no mínimo uma base sobre o tema. Importante saberem os benefícios e os malefícios dessa nanotecnologia, por que ela vai estar presente em nossas vidas daqui pra frente. O futuro reserva-nos grandes inovações e para que isso ocorra, é interessante posicionar o conhecimento.	Sim, porque a nanotecnologia será mais evoluída futuramente, com isso, precisamos compartilhar as informações com o próximo para não chegarem ao futuro e passar as grandes consequências.	A contribuição de todos foi excelente, principalmente para compartilhar todo o conhecimento que adquirimos sobre o tema como os nossos colegas, professores e coordenadoras.	O projeto é muito interessante, até então pouco se falava sobre a nano e com isso tenho uma visão muito diferente para o futuro do Brasil e do mundo.

4	Minha participação foi muito boa, fui envolvido nos conhecimentos da nanotecnologia, desenvolvemos um trabalho interessante em grupo e, lógico, todo esse trabalho trouxe grandes benefícios a sala, pois foi gerado vínculos entre os alunos com esse projeto.	Através das aulas que tivemos com o professor e ministrando Edvaldo, nós aprendemos sobre vários benefícios da nanotecnologia e também os contras, isso sempre discutindo e discorrendo a respeito do assunto em grupo. Os conhecimentos mudaram radicalmente sabendo que essa tecnologia pode causar uma revolução mundial.	Sem dúvida os benefícios que ela traz, pois estaria motivando essa tal pessoa a pesquisar mais a respeito do assunto, trazendo conhecimento e aprofundamento na nano.	Sim, pois a nanotecnologia é pouco conhecida, mas que pode gerar inúmeros benefícios à sociedade. Precisamos fazer que essas pessoas tivessem mais conhecimento porque se bem trabalhada da mesma foi que foi divulgada por muitas pessoas a nano seria a opção para coisas mais difíceis, como por exemplo, a cura de doenças.	Muito importante porque esse conhecimento que sai do colégio para fora pode gerar mais conhecimento ainda através da indicação das pessoas que já conhecem o projeto para outras que não conhecem ainda.	O envolvimento dos alunos nesse estudo trouxe um aprendizado bem interessante, não só na teoria, mas também em outras áreas como alunos tímidos que tiveram um rendimento bastante melhorado dentro de sala. Foi top participar desse projeto.
5	Bom, achei o trabalho interessante e isso fez com que o meu interesse e minha participação fossem maiores. Envolvi-me no trabalho e aprendi muito e consegui entender melhor sobre a nanotecnologia.	Fez-me vê-la de uma forma diferente e aprendi mais, o meu entendimento foi maior e vi coisas que não sabia que a nanociência poderia ajudar ou piorar.	Os benefícios e os malefícios porque todos devem ter consciência e ver que mesmo ela sendo boa, ela pode ser ruim também.	Sim, pois ela pode mudar e trazer para a sociedade um aspecto novo e diferente de viver de uma forma melhor e mais segura, porém deve saber dos riscos que podem acontecer.	Colaborou para o conhecimento de cada um, até mesmo para mudar um conceito que poderia estar equivocado.	A exposição foi algo bem interessante que ensinou e nos motivou a procurar mais e a ter um interesse maior sobre a nanociência.
6	Neste trabalho aprendi o que era nanociência. Não tinha conhecimento sobre esse assunto, mas com esse trabalho tive bem mais conhecimento. Gostei muito da exposição dos banners e acho que os outros alunos de outras turmas também, porque a	Bom, meu conhecimento mudou muito, porque antes desse trabalho não tinha estudado sobre isso direito. E eu gostei muito da minha turma ter sido escolhida para esse trabalho. Aprendi que tem nanotecnologia em escola.	O mais importante eu acho que seja tudo na verdade, porque ela descobre que tem isso em várias coisas que ela nem imagina muda sua visão um pouco sobre tudo. E quem quer aprofundar mais sobre isso vai descobrir que muito mais	Sim, para que ela tenha conhecimento sobre diversas coisas e descobri que existe nanotecnologia em diversas coisas que nem mesmo imaginamos. É como é um conhecimento e nem	Essa contribuição na minha visão foi mais a participação mesmo porque eles pararam as suas aulas para irem lá e apoiarem a gente e no mesmo caso os alunos, eles nos apoiaram e mesma aprenderam algo	A exposição foi algo bem interessante porque fez com que conhecesse algo que estava no nosso cotidiano, mas que não conhecemos (a maioria).

	maioria não tinha esse conhecimento.	vão de dentro, em protetores solares e entre inúmeras outras coisas.	importante bem mais do que imaginamos	todos tem, que ele possa ensinar e mostrar para pessoas que nunca ouviram sobre isso.	que nem todos tiveram essa oportunidade.	
7	Eu participei na apresentação do trabalho sobre a nanotecnologia, éramos um grupo em que cada um ficou com um tema e quando os professores e alunos faziam perguntas e com base no que estudamos tirava todas as dúvidas.	Bom, esse projeto foi um incentivo e vários conhecimentos para mim, pois sobre o tema de que eu falei não sabia que usava um produto menos forte para matar pragas nas plantas, onde não fazia mal para nossa própria saúde.	No meu caso é que as pessoas que sabe mais um pouco sobre o assunto, estará sabendo sabendo o que importante realmente para a sua saúde, um muitas estavam tirando curiosidade sobre o assunto que realmente vale a pena saber.	Sim, pois é um assunto de nosso interesse e um projeto que realmente vale a pena se investir, muitas das pessoas que tem interesse sobre o conhecimento desse novo mundo acaba se interessando cada vez mais e acaba muitas coisas na vida deles.	Eu avalio esse projeto com nota dez, pois os alunos e o professor se esforçaram muito para que tudo desse certo e no final disso. Para os outros alunos e professores foi um projeto onde eles podiam nos avaliar e tirar todas as suas dúvidas.	No meu ponto de vista foi um projeto maravilhoso onde que o professor pode mostrar para nós um pouquinho de que ele ama, foi um projeto que ira ficar em nossas mentes.
8	Eu participei dos debates feitos em sala de aula das pesquisas, participei também na exposição feita com banners, cartazes e perguntas e respostas dadas ao público.	No começo projeto eu não sabia nada sobre nanociência ao final eu já tinha mais conhecimento sobre esse assunto, são importantes.	O mais importante é a pessoa ter conhecimento sobre a modernidade e a praticidade que nanotecnologia pode trazer para nossa vida, tendo na área de saúde do dia a dia como, por exemplo, lavar uma roupa.	Sim, porque além de ser um assunto interessante e muito importante. Muitas pessoas não sabem o que a nanotecnologia é capaz de fazer, não sabem se pode fazer bem ou mal, embora tudo tenha os seus pros e contras. É importante conscientizar a sociedade sobre um assunto que pode alterar o futuro de uma nação como uma revolução.	Eu avalio como uma boa participação onde todos puderam tirar suas dúvidas e exporem suas opiniões de forma que ficou explícito o objetivo do projeto que era levar as pessoas o conhecimento sobre a nanotecnologia.	Sobre o projeto foi algo novo e inovador tanto para quem participou do trabalho quanto para quem escutou sobre o projeto. Foi algo totalmente importante que ajudou a esclarecer dúvidas.

9	Com o grande trabalho do professor Edvaldo, junto com a colaboração dos alunos, fez um estudo para melhor compreensão sobre o tema, com o qual fizemos no final um ótimo trabalho.	Com o trabalho percebemos e compreendemos a vasta universo que é a nanociência, com os seus pontos positivos e pontos negativos. Assim para melhor coesão caso no futuro venha a realizar-se com grande meio produtivo	Grande parte das pessoas deveria ter em suas bases de conhecimento os "efeitos na nanotecnologia no meio ambiente", porque com o desgaste dos resíduos no meio ambiente afetara a vida e a ecologia no planeta e nossa sobrevivência daqui alguns anos	Sim, porque a nanotecnologia esta muito presente nos dias atuais em vários produtos como shampoo, pasta de dente e em outras ciências.	Com o trabalho realizado na escola com o tema, houvera um grande e vasto conhecimento, gerando assim uma oportunidade para uma pesquisa entre os alunos e talvez até despertar um desejo para tornarem-se grandes profissionais	Com projeto realizado aqui na escola todos os alunos tiveram um grande conhecimento e poderão acolher um grande meio de conhecimento.
10	No começo falamos sobre o pouco conhecimento a respeito da nanotecnologia, no decorrer das aulas ampliamos os conhecimentos, através das aulas montamos slides sobre as varias áreas de conhecimento nanotecnologico e no final apresentamos para divcrsas turmas o que é o nanotecnologia.	Mediante a participação nesse projeto pude ver o que é a nanotecnologia, de onde é tirada, como é utilizada, seus riscos e os diversos benefícios que ela traz e pode trazer para o nosso futuro.	Eu considero importante que as pessoas saibam onde já se utiliza da nanotecnologia e como ela pode utilizada e perceberam que um avanço para a sociedade forma benéfico.	Sim porque o cidadão tem que participar e saber sobre os avanços da ciência, pois todo estou sujeito ao uso da mesma e as consequências positivas e negativas.	Esse projeto melhora os conhecimentos escolares e trás a mesma para perto dos projetos científicos	Esse projeto trouxe o conhecimento sobre um tema pouco abordado e trouxe também aprendizado para nos alunos e para a nossa escola e a oportunidade de influenciar diretamente estudantes no trabalho científico através da nanotecnologia
11	Nesse trabalho desenvolvemos grandes conhecimentos na área da tecnologia	Muitas pessoas não sabia o que era a nanotecnologia, esse projeto foi fundamental para que possamos passar os conhecimentos e sua grande importância.	O avanço tecnológico. Porque assim teremos um avanço como na área de saúde como uma vida dos trabalhadores	Sim. Porque a nanotecnologia traz objetivos de serem conquistados e como uma possível solução de tratar o desmatamento dentro da sociedade	Excelente. Assim todos que participaram da exposição levam e tem um conhecimento novo e que ainda não foi utilizado no Brasil.	Foi um projeto novo diferenciado, muito informativo e pode crescer cada vez mais e ajudar em grandes tratamentos de doenças na saúde publica ou particular.
12	Sinceramente esse trabalho foi ótimo e esse trabalho estava incrível	Sim.	Porque a pessoa tem que entender e presta atenção do nosso trabalho	Sim. Temos consideração de tender o que nos estamos fazendo	Nota 10	
13	Ajudei meus colegas em que pude, ajudei o professor.	A vida não é feita só de coisas boas, existem	Consequências. Porque devemos nos preocupar no	Sim. Porque é uma coisa muito interessan-	É uma ciência ótima, porque as pessoas vão	Eu aprendi que tem muitos riscos à saúde, os

	opinei nos banners, respondi as perguntas que o professor perguntou em sala, fizemos grupos de cinco pessoas e discutimos sobre a nanotecnologia	coisas ruins, consequências. Às vezes você pinta seu cabelo e nem sabe o problema que se meteu	vai acontecer no futuro, se sem problema.	te, saber os riscos, as consequências e o que vai acontecer no futuro.	adquirir mais conhecimentos, tirar a curiosidade de cada um e saber quais os riscos que pode correr.	pobres não vai ter acesso em algumas coisas, as coisas vão ficar mais difíceis.
14	Certamente aprendi muito nos conhecimentos nesse trabalho envolvendo a apresentações que levou os alunos a conhecer mais sobre a nanociência e a nanotecnologia mudou meu pensar e refletir, mas os conhecimentos os projetos importante que eu aprendi.	Como citei acima mudou meu pensar e refletir, mas os conhecimentos, o interesse das pessoas que sabe sobre as mudanças que pode trazer a esse projeto que é importante para a comunidade.	Os projetos as tecnologias que as pessoas têm a inteligência de descobrir vários importantes descobertas.	Eu acredito porque os projetos são muito importantes à descoberta de uma formula de remédio para salvar vidas etc.	Sim. Tem pessoas que não interessam, mas salvaria muitas pessoas de varias coisas no mundo, como uma doença. Eu certamente encorajaria a ser mais interessada talvez ela mesma esta precisando de ajuda	Nota 10. Levaria para o mundo toda essa participação escolar seria ótimo para os alunos ser mais interessados a um projeto, sendo que ele poderia descobrir muitas coisas sobre a nanotecnologia. Achei muito importante a apresentação dos banners
15	Bem, nesse trabalho tive um envolvimento importante porque fui incumbido de difundir os resultados obtidos até então sobre nanotecnologia para sociedade dando ênfase em suas características, etc.	Os conhecimentos que adquiri durante o projeto me fizeram enxergar muitos problemas presentes no mundo podem ter solução caso a nanotecnologia entre em vigor	Os benefícios. Porque através desses conhecimentos as pessoas vão enxergar que nanotecnologia pode mudar o futuro	Sim. Porque através disso vão poder exigir do governo maiores investimentos em pesquisas relacionadas à nanotecnologia para que a mesma possa entrar em ascensão, mudando assim o futuro.	Como assuntos assim não estão dentro da base comum curricular, acredita que foi um conhecimento extra, onde os mesmos puderam ver que a tecnologia não só prejudica como também pode prejudicar a vida.	Gerou o interesse de estudantes que não estavam familiarizados com o termo nanociência. Esclareceu algumas dúvidas. Gerou um olhar diferente para as áreas relacionadas à ciência.
16	Foi muito importante tudo que foi tratado nesse trabalho, no qual eu estive presente nos debates e na apresentação dos banners, pois aprendi varias coisas que eu não sabia sobre nanotecnologia.	Mudou que através dos meus conhecimentos eu pude explicar para as pessoas que muitas das vezes nunca ouviu falar sobre isso	O mais importante e que as pessoas saibam que ao decorrer dos anos está se evoluindo que, portanto a nanotecnologia é algo que este presente nas coisas que usamos como, por	Sim. Pois estarão adquirindo um conhecimento sobre o assunto e assim podendo ajudar que outras também saibam, mas que a nanotecnologia pede	Foi muito importante o fato de que ele se interessar pelo assunto e tiveram varias dúvidas	Este projeto foi inovado, informativo no qual adquirimos vários conhecimentos pares a nossa vida. Tendo objetivo de melhorar cada vez mais.

	gia.		exemplo, batom.	ser bom, mas também ser um malefício as pessoas.		
17	Meu envolvimento e participação poderiam ter sido melhores, entretanto foi incline participar desse projeto e descobrir tantas coisas novas e interessantes sobre a nanotecnologia no período de desenvolvimento.	Tive uma maior noção e entendimento sobre o que é a nanotecnologia e os benefícios e malefícios que os seus avanços resultam	O conceito e suas áreas de envolvimento porque diversas pessoas nem sabem da existência da nanotecnologia e suas áreas de envolvimento, assim como muitas bem ser uma tecnologia fictícia.	Sim, porque nanotecnologia é algo que está revolucionando o mundo e ter o entendimento sobre essa descoberta revolucionária. É algo importantíssimo.	A meu ver muito bom, pois como a própria gestão da escola e professores contribuíram para o desenvolvimento desse projeto, ficou evidente a importância desse projeto.	Foi um projeto muito legal de se participar e creio que a próxima vez seria interessante a participação de um número maior de escolas.
18	Participei desse trabalho apresentado sobre as aplicações e promessas as quais foram: filtro solar, nano partículas, bandeide, escova de dente, nanotecnologia nos alimentos.	Mudou, pois vi que se pode desenvolver melhoria para a humanidade.	Saber sobre os benefícios, coisa que a nanotecnologia pode desenvolver que é capaz de curar.	Sim, porque a nanotecnologia é o futuro que vai alcançar todo o desenvolvimento com a tecnologia	Desta forma foi capaz de mostrar a mais pessoas o que é nanotecnologia	Neste projeto são visíveis os benefícios que pode vir a existir.
19	Tive a grande oportunidade de participar e falar sobre os riscos que a nanotecnologia pode ocasionar, mas como foi certo a nanotecnologia esta sendo desenvolvida e os possíveis riscos certamente menores.	De certa forma o que sabia sobre nanociência não era tanto quando agora e com o projeto percebi que nanotecnologia era de fato prolongar a vida do homem por muito tempo	O que é nanotecnologia em si, o que faz e os riscos que pode ocasionar. Afinal serão essas pessoas que irão usar a nanotecnologia.	Sim. Afinal são os cidadãos que iriam usar a nanotecnologia	Bem, afinal se não fosse eles não teríamos feito esse projeto, onde podemos aprender e repassar esse conhecimento.	A nanotecnologia em si é bastante fascinante, onde você estuda como curar doenças que no momento não há cura, reparação de celular e vasos sanguíneos.
20	Nesse trabalho tive envolvimento nas aulas onde o assunto era debatido nas aulas e dávamos dicas de um meio midiático para divulgação do projeto	Eu, particularmente não tinha ciência da nanotecnologia e muito menos noção da forma como funcionava. Comecei a entender sobre após todas as aulas muito bem explicadas	A nanotecnologia na saúde é uma ciência nova e nem todo mundo tem noção da nanotecnologia. Conforme o avanço da nanotecnologia muitas doenças podem ser tratadas.	Sim, é muito importante que as pessoas saibam de nanotecnologia como forma de ajudar a qualidade de vida.	A escola deu abertura para que esse projeto fosse realizado, os professores que cederam suas aulas. Foi ótimo.	O projeto foi ótimo, inovador e informativo.

21	Participei desse trabalho falei sobre as aplicações e promessas	Mudaram bastante meus pensamentos. Eu achava muito chato tudo que era relacionado à física, mas gostei e aprendi bastante. Foi um bom aprendizado.	Saber seus benefícios que ajudaram bastante exemplo ajuda a curar o câncer e melhoria nos alimentos.	Acredito que sim, pois ajuda a melhorar quase tudo mais infelizmente seu custo é muito alto.	Nota 10. Fomos muito bem à relação a tudo. Banners nota 10, bela apresentação, alunos nota 10, pois conseguimos responder as perguntas e os professores nota 10 também pela participação e pela avaliação.	Espero que a nanotecnologia seja bem aproveitada para ajudar pessoas em cirurgias e alimentos.
22	Participei na colaboração com ideias para a divulgação do projeto no colégio no colégio e fui líder de um dos temas propostos para melhor entendimento de todos.	Mudaram completamente, pois a princípio não sabia que a nanotecnologia atuava em todas as áreas e que já estão sendo utilizados no dia a dia e também tem pesquisas sobre o desenvolvimento e se faz mal para nós.	Como ela é usada em situações ela pode vir a danificar o meio ambiente e ou os seres humanos, pois ela pode afetar o DNA.	Sim, pois isso meche com os cidadãos de forma direta, pois a nanotecnologia esta envolvida não só na medicina, má em aparelhos eletrônicos move remédios e outros. Eu acho muito importante o envolvimento de todos com isso.	Bom esse era um tema desconhecido por quase todos na escola. Com esse projeto todos ficaram cientes do mal que a nanotecnologia pode causar, e também do benefício que ela traz.	É sempre importante ter este tipo de projeto na comunidade escolar, além de ser muito informativo e é um assunto que a maioria da sociedade desconhece.
23	Debatendo sobre a nanotecnologia com os professores e os outros alunos. No final do trabalho fizemos uma pequena feira de ciências na escola	Aprofundando mais sobre o assunto trazendo mais clareza e entendimento da nanotecnologia	Os benefícios e os malefícios para que as pessoas tenham consciência daquilo que será o nosso futuro	Sim. Principalmente pessoas que vieram de escola publicam, pois a educação é a base para uma boa cidadania	Bom, porque são projetos diferenciados para escolas e isso chama atenção.	Esse tipo de projeto deve ser mais divulgado para que as pessoas se interessassem mais por elas.

4 Produto Pedagógico

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS

Edvaldo Vieira Faria Junior

Orientadora
Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

Brasília - DF
Fevereiro de 2019

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS

Edvaldo Vieira Faria Junior

Proposição de ação Profissional realizada sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Roseline Beatriz Strieder, apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração Ensino de Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília - DF
Fevereiro de 2019

Caro professor,

A presente proposta foi desenvolvida como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Sob a orientação da Prof^a. Roseline Beatriz Strieder, desenvolvemos uma implementação didática em uma escola pública do município de Aparecida de Goiânia-GO, de acordo com os pressupostos teóricos da educação CTS.

Portanto, pretende-se que os direcionamentos presentes aqui o sirvam de apoio pedagógico ao desenvolvimento de trabalhos quando envolverem temas tecnológicos como N&N.

Como o desenvolvimento dessa proposta ocorreu a partir dos referenciais que subsidiam a educação CTS, indicamos que você leia um pouco sobre essa perspectiva, pois esses objetivos exigem olhares não convencionais para o desenvolvimento C&T que contemplem suas implicações no contexto social e colaborem, por consequência, com participação ativa da comunidade.

A perspectiva educacional dessa proposta permite o envolvimento crítico e ativo do aluno em temas relacionados ao desenvolvimento tecnológico. Ou seja, apresentamos perspectivas pedagógicas que buscam promover a extensão das compreensões e o desenvolvimento de questionamentos em torno do tema N&N, ao considerar suas dimensões sociais, políticas, econômicas, culturais e ambientais.

Vale lembrar, portanto, que, de acordo com Paulo Freire, ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatisados pelo mundo.

Abraço,

Prof. Edvaldo V. F. Júnior

Introdução

A presente proposta pedagógica se inscreve na perspectiva CTS ao considerar as implicações do desenvolvimento da tecnologia no contexto social. Isso se justifica pelas observações dos diversos problemas ambientais, políticos, culturais e econômicos causados pelo envolvimento global das novas tecnologias em nossa sociedade. Assim, a exemplo disso, percebemos que, ao mesmo tempo em que podemos contar com comodidade e o conforto dos carros, dos celulares e das redes sociais, nos vemos também aparentemente inertes quanto à solução dos problemas ambientais.

Nessa perspectiva, partimos do pressuposto de que, mais fundamental que pensar sobre as produções científicas, é preciso repensar em que medida essa produção alcança a sociedade, beneficiando-a ou prejudicando-a. Na mesma forma é necessário pensar em que medida a sociedade participa de forma crítica e efetiva do desenvolvimento científico.

Nesse sentido, Santos (2011) propõe uma Educação Científica a partir da popularização da ciência. De acordo com os objetivos do presente trabalho, a popularização da ciência deve ocorrer além da simples divulgação dos conhecimentos científicos e de suas aplicações, deve ocorrer de forma que a ciência seja colocada no campo da participação popular.

Direcionados por esses pressupostos, nosso propósito é formar cidadãos críticos a partir de uma educação científica direcionada pelo movimento CTS que busca promover, por exemplo, a consciência dos problemas ambientais gerados pelo sistema socioeconômico, mediante a mudança de entendimento sobre o papel da ciência na sociedade.

Com o desenvolvimento das novas tecnologias, como N&N, a vida das pessoas é modificada. Assim, torna-se necessário o envolvimento do público com os conceitos básicos, com o desenvolvimento e com as aplicações, a fim de que e sejam discutidos os riscos, os impactos e as incertezas.

Dentro dessa perspectiva, apresentamos um produto pedagógico que permita ao professor discutir o tema N&N em uma perspectiva crítica, dialógica e problematizada no Ensino Médio, promovendo nos alunos uma cultura de participação.

Para melhor compreensão, o presente produto educacional foi organizado em partes que compreendem uma breve introdução, os pressupostos da educação CTS, as noções básicas de N&N, a proposta de aplicação da proposta as considerações finais.

Os Pressupostos da Educação CTS

A presente proposta foi construída a partir da necessidade de incluir o público no acelerado processo de desenvolvimento tecnológico que envolve a sociedade atual. Nesse sentido, a educação CTS se apresenta como uma ação pedagógica para a formação da cidadania (SANTOS, 2011), de forma que os conteúdos de ciências sejam considerados sob a dimensão social.

Portanto, nessa perspectiva, é importante compreendermos que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia deve estar conectado ao desenvolvimento social, econômico, político e ambiental. Um bom exemplo da prova dessa conexão foi a substituição do trabalho artesanal pelo uso de máquinas na Revolução Industrial nos séculos XVIII e XIX, causando desempregos em massa, concentração de riquezas e queda de preços.

Dessa forma, é necessário estender nossos olhares para a relação CTS para que possamos promover a participação pública nesses assuntos.

De acordo com Acevedo (1996), quando se associa a sociedade ao desenvolvimento e conhecimento C&T é possível promovermos, especialmente no ambiente escolar, a:

- alfabetização científica;
- contextualização social da ciência;
- melhora do pensamento crítico;
- resolução de problemas;
- tomada fundamentada de decisões.

Assim, na perspectiva dessa proposta, mais do que compreender como aluno aprende ou como o professor pode ensinar melhor, queremos evidenciar o contexto social do ensino de ciências. Isto é, investigamos a discussão de conteúdos de N&N com vistas à participação social dos alunos. Com base nes-

sas compreensões, nossas abordagens se direcionaram em promover o interesse dos alunos participantes:

- na discussão das questões sociais e éticas da ciência e da tecnologia;
- na compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico;
- no desenvolvimento sua cidadania, tornando-se assim autônomos na tomada de decisões relacionadas ao processo de desenvolvimento C&T, assumindo responsabilidade e intervindo socialmente.

A abordagem CTS utiliza a problematização e a dialogicidade como princípios norteadores, que estão de acordo com as concepções de Freire (2006). Isto é, a articulação CTS e Freire permitem a participação pública e a democratização de decisões, por intermédio de uma leitura crítica da realidade atual.

A partir desses pressupostos, as ações pedagógicas construídas em torno do tema N&N exigem algumas mudanças de paradigmas no ambiente educacional. Isto é:

- O professor se assume a postura de mediador na construção de conhecimentos imbuídos de produção histórica e procedimentos próprios.
- O aluno se assume como sujeito crítico e participativo da construção do conhecimento.
- Os conteúdos se encaminham a partir de problematizações onde, por intermédio de debates e discussões, haja compartilhamento de ideias.

Assim, essas ações pedagógicas devem promover nos alunos uma visão autônoma, crítica e responsável sobre a produção, o desenvolvimento, a aplicação e, especialmente, os riscos, os impactos e as incertezas associadas ao avanço científico e tecnológico.

Strieder (2012) completa ainda que o papel da escola não é apenas adequar os jovens a uma vida social e produtiva, é também de capacitá-los para o enfrentamento de novos problemas e para definição de novos rumos para si mesmo e para a sociedade, de forma que ocorra o desenvolvimento de percepções, de questionamentos e de compromissos sociais.

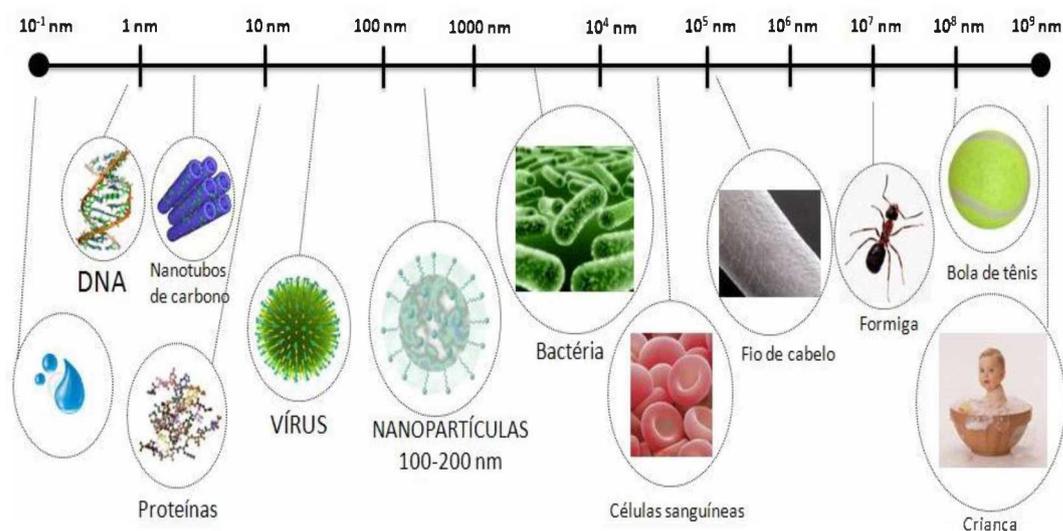
A partir dos direcionamentos da perspectiva CTS começa a tomar forma uma cultura de participação capaz de emergir questões problematizadas importantes sobre as tecnologias: Por que estas e não outras? Podemos confiar nelas? Quem precisa delas e quais são os interesses subjacentes? Como serão aprovadas e quem as controlará? Quais são os benefícios, e como eles serão distribuídos?

Noções sobre Nanociência e Nanotecnologia

Os termos N&N estão associados sob vários aspectos, mas não podem ser considerados sinônimos. Isto é, em geral define-se Nanociência como o estudo de objetos cujas dimensões estão entre 1 e 100 nanômetros e Nanotecnologia como sendo a manipulação, aplicação e uso desses objetos nanométricos.

Segundo Schuls (2007), o prefixo “nano” descreve uma ordem de grandeza que vem do grego e significa “um bilionésimo de alguma coisa”.

A figura a seguir apresenta a medida em nanômetros de alguns organismos, partículas e objetos:



Algumas medidas em escala nanométrica.

(Fonte: www.betaeq.com.br)

Toma (2004) esclarece que o estudo e a manipulação da matéria na escala nanométrica representou uma quebra de paradigmas, por se tratar de

um campo que engloba diversas áreas como a física, a química, a biologia e a engenharia. Além disso, os fenômenos observados nessa escala exigiram novas concepções de espaço, de tempo, de matéria e de energia, conforme os conceitos da mecânica quântica.

De acordo com Caruso e Oguri (2006), ao se manipular objetos com essas medidas:

- os efeitos quânticos podem ser explorados;
- o campo gravitacional não interfere de forma significativa;
- as propriedades ópticas são relevantes;
- as forças atômico-moleculares são consideráveis.

Quina (2004) destaca ainda que o pequeno tamanho, a grande relação área/volume, a boa resistência mecânica e o considerável potencial catalítico das nanopartículas podem:

- facilitar sua difusão e transporte na atmosfera, nas águas e nos solos;
- dificultar sua remoção por técnicas usuais de filtração;
- facilitar a entrada e o acúmulo em células vivas;
- promover a concentração de diversos compostos tóxicos na superfície dessas nanopartículas, que podem se acumular ao longo da cadeia alimentar ao serem transportadas para o meio ambiente;
- interferir em processos biológicos por meio da adsorção de biomoléculas;
- promover maior permanência no meio ambiente;
- modificar a velocidade algumas reações químicas indesejáveis ao meio ambiente.

Mas, como se estuda, se pesquisa, se manipula e se produz materiais tão pequenos? Para esse desafio, a ciência moderna conta hoje com equipamentos de altíssima resolução, como o Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM), o Microscópio de Tunelamento por Varredura (STM) e o Microscópio de Força Atômica (AFM).

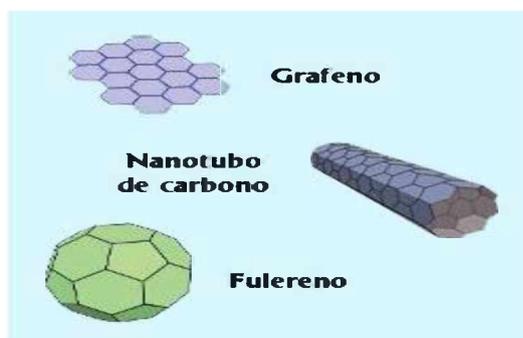
Segundo Cao (2004), o desafio do processamento e da produção ocorre por métodos conhecidos como Top Down e Boton Up. O método Top Down

(de cima para baixo) parte de procedimentos que transformam nanoestruturas maiores em nanoestruturas menores. Isto é, as partículas dispostas no início são maiores que as partículas obtidas no final, de forma mecânica ou por tratamento termoquímico. O método Boton Up (de baixo para cima), parte de partículas menores para obter partículas maiores por meio de um processo químico que promove a sintetização átomo a átomo ou molécula por molécula. Como exemplo desse processo, o autor apresenta a obtenção de nanopartículas de prata, utilizadas na produção de protetores solares.

Mas os protetores solares não estão sozinhos nesse cenário. Nossa sociedade já pode contar com mais de 600 produtos produzidos a partir da N&N. Dentre eles estão cosméticos, medicamentos, tintas, lubrificantes, baterias elétricas, cerâmicas, peças automotivas e chips de computadores. Além disso, a criação de dispositivos para geração e armazenamento de energia, o desenvolvimento de novos tipos de medicamentos, a criação e melhoria da eficiência de novos materiais e a modernização dos métodos de análise e diagnósticos representam os benefícios dessa nova e promissora área científico-tecnológica.

Esses produtos surgem do estudo, da pesquisa, da manipulação e do desenvolvimento de materiais nanoestruturados, utilizados em diversas áreas do conhecimento como a mecânica, a óptica, a eletrônica, a química, a bioquímica, a biologia, a nutrição, a farmacologia e a medicina.

Dentre esses materiais estão as nanoestruturas de carbono, que possuem características físicas interessantes como a alta resistividade e a excelente condutibilidade. A figura a seguir apresenta três importantes nanomateriais de carbono:



Ilustrações dos principais nanomateriais de carbono.

Fonte: Academia Brasileira de Ciências.

Também, podemos citar as nanopartículas metálicas, como o dióxido de titânio (TiO₂) e óxido de zinco (ZnO), utilizados em protetores solares.

Destacamos também as nanopartículas biodegradáveis elaboradas a partir de polímeros e lipídios, como as nanoesferas, as nanocápsulas e os lipossomas, utilizados como encapsuladores e transportadores de medicamentos.

Não podemos deixar de apresentar também os nanoímãs, que são nanomateriais baseados nos conceitos do eletromagnetismo e utilizados no transporte de fármacos, na magnetohipertermia e na ressonância magnética.

Mas, mesmo diante dessa perspectiva salvacionista, a N&N possuem seus riscos, suas incertezas e seus impactos no meio ambiente, na economia, na política e na cultura.

Diante dessas informações, a educação CTS exige algumas reflexões problematizadoras em torno das aplicações, dos benefícios, dos riscos, dos impactos, das incertezas e das políticas públicas relacionadas à Nanociência e à N&N:

- a) As dimensões extremamente pequenas dos nanomateriais podem operar além da ação humana, da percepção e do controle das causas?
- b) Os benefícios dessa nova área científico-tecnológica podem ser distribuídos de forma desigual para a população, especialmente na saúde?
- c) Quem vai monitorar, regular e fiscalizar a produção e a aplicação da N&N?
- d) Será que haverá um sistema de gerenciamento que decida sobre a alocação de recursos em projetos de pesquisa e desenvolvimento?

Assim, o presente produto busca encaminhar reflexões sobre tema Nanociência e Nanociência direcionados pela educação CTS.

Aplicando a Proposta no Ensino Médio

O desenvolvimento da proposta no Ensino Médio deve tomar como condição fundamental a participação crítica e ativa dos alunos, a partir da revisão teórica apresentada aqui, que articula educação CTS com as ideias de Paulo Freire.

Nessa direção, o professor deve encaminhar a introdução do tema N&N com o objetivo de promover a participação pública nas tomadas de decisões sobre o estudo, o desenvolvimento, as aplicações, os riscos, os impactos, as incertezas e as políticas públicas.

Para que isso ocorra, as atividades propostas aqui devem promover o crescimento pessoal do aluno enquanto cidadão crítico e responsável, permitindo-lhe uma leitura de mundo que o capacite a participar informadamente do desenvolvimento C&T na sociedade que está inserido.

De acordo com esses objetivos, propomos que a execução da dessa proposta ocorra em sete encontros que contemplem o desenvolvimento de percepções, de questionamentos e de compromissos sociais.

1º encontro: Compreensões e conhecimentos prévios

O professor necessitará de pelo menos uma aula de 50 minutos para organizar a sala em pequenos grupos e propor aos alunos que respondam dialogadamente as questões abaixo:

- *O que sabemos sobre N&N?*
- *O que gostaríamos de saber sobre esse tema?*
- *Relacione algumas aplicações (utilidades) da nanociência e da nanotecnologia.*

Depois de respondidas as questões, o professor deve organizar a sala em um grande grupo, para que as ideias compartilhadas nos pequenos grupos sejam publicadas no grande grupo. Esse momento deve servir de direção para que o professor identifique:

- *os conhecimentos que os alunos já possuem sobre o tema;*
- *o nível de envolvimento da turma com o tema;*
- *suas dificuldades na mediação das discussões.*

2º encontro: Problematizações sobre Riscos, Impactos e Incertezas

Utilizando duas aulas de 50 minutos, o professor deve apresentar aos alunos dois vídeos que apresentam diferentes reflexões sobre o tema N&N. Após a apresentação de cada vídeo, o professor fazer uma pergunta problematizadora e mediar, mais uma vez, uma discussão. O quadro a seguir apresenta os links dos vídeos e as respectivas questões a serem feitas em seguida:

1º vídeo

https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw

1ª questão problematizadora

“A nanotecnologia só trará benefícios para a sociedade?”

2º vídeo

<http://www.youtube.com/watch?v=aWwag5SPRVs>

2ª questão problematizadora

“Que outros olhares podemos ter sobre o tema N&N?”

Para finalizar essa atividade, sugerimos que o professor escreva no quadro outras quatro questões problematizadoras que direcionarão os objetivos da próxima etapa:

- *Quem realiza essas pesquisas?*
- *Quem financia?*
- *Quem decide o que é pesquisado?*
- *Onde são realizadas essas pesquisas?*

3º encontro: Problematizações sobre Desenvolvimento e Políticas públicas

As questões problematizadoras apresentadas no final da etapa anterior representam novos questionamentos sobre o desenvolvimento e as políticas públicas que regem a Nanociência e a Nanotecnologia.

Sugerimos que a discussão em torno desses questionamentos ocorra com a mediação de um especialista no assunto, utilizando para isso duas aulas de 50 minutos.

Para isso o professor deve procurar as universidades ou faculdades da região para disponibilizar um dos professores pesquisadores para participar de um debate na escola onde a proposta está sendo executada.

No contexto do Estado de Goiás, diversas universidades públicas ou privadas disponibilizam professores pesquisadores para participarem de debates em escolas, mediante contato prévio, como procedemos na construção da presente proposta.

Essa atividade se apresentou relevante por discutir novos questionamentos sobre o contexto das pesquisas, financiamentos e políticas públicas, relacionados à N&N.

4º encontro: Sistematização e Organização das compreensões

A idealização dessa etapa partiu da necessidade de organização dos questionamentos e compreensões que se apresentaram ao longo das problematizações até aqui.

Dessa forma, propomos que o professor utilize duas aulas de 50 minutos cada para sistematizar, com uso de projetor de slides, algumas informações relacionadas à Nanociência e à Nanotecnologia, como:

- *conceitos físicos básicos;*
- *desenvolvimento histórico;*
- *legislação e a regulamentação;*
- *riscos, as incertezas e os impactos.*

Diante de novos questionamentos e da organização das compreensões, os alunos devem ser desafiados a refletirem sobre a questão a seguir:

“O que podemos fazer diante dessa tão promissora tecnologia, mas que é repleta de riscos, incertezas, impactos e desigualdades?”

A partir disso, surge a necessidade de discutir, na próxima etapa, perspectivas de socialização com a comunidade.

5º encontro: Perspectivas de Socialização das Compreensões

Nessa etapa devem ser discutidas e elaboradas perspectivas de socialização de compreensões que se caracterizaram pelo planejamento, elaboração e implementação de ações e estratégias potencialmente capazes de promover a divulgação e publicação de questões relacionadas à Nanociência e a Nanotecnologia que os próprios alunos consideraram relevantes.

Para isso, sugerimos uma aula de 50 minutos e os alunos presentes devem formar um grande grupo, de forma que toda a ação fosse feita de forma compartilhada e dialogada com toda a turma. Em seguida, o professor deve escrever no quadro duas perguntas que representavam “o que” e o “como” levar as discussões, conceitos e informações da N&N para a comunidade escolar composta por pais, alunos de outras turmas e professores da escola. As perguntas são:

Pergunta 1

Que questões relacionadas à N&N vocês consideram relevantes para serem divulgadas para a comunidade escolar?

Pergunta 2

Que estratégias vocês sugerem para levarmos essas informações para a comunidade, promovendo assim uma maior compreensão pública sobre esse tema?

As informações que emergirem das discussões em torno das perguntas devem ser registradas para devida estruturação da estratégia de socialização de compreensões.

Diante da nossa investigação e implementação, sugerimos que o tema seja organizado em macrotemas e apresentados na forma de banners a serem expostos no pátio da escola para o compartilhamento com a comunidade escolar, conforme a figura a seguir:

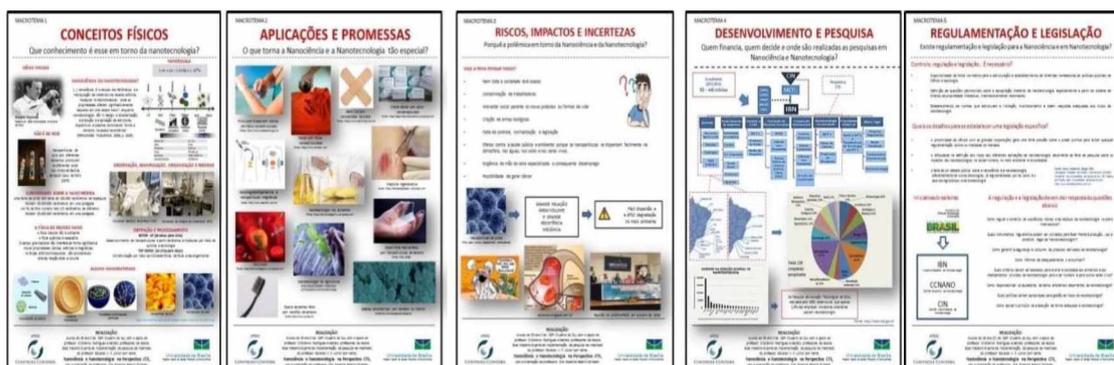


Figura 3: Banners contendo os macrotemas.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Sugerimos, de acordo com nossas observações, que esses macrotemas sejam pesquisados, estruturados e apresentados em grupo.

6º encontro: Socialização das Compreensões

Nesse encontro o professor deve distribuir os banners em diferentes posições do pátio ou área comum da escola para que toda a comunidade escolar possa se socializar com as informações expostas e com as explicações dos alunos. A figura abaixo apresenta uma fotografia desse momento:



Figura 4: Fotografia do momento de socialização dos questionamentos com a exposição de banners.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Orientamos os outros professores que os outros alunos, os funcionários e a equipe gestora sejam convidados com antecedência para que todos possam participar dessa socialização de compreensões construídas.

7º encontro: Avaliação da Implementação

Ao final dessa proposta de implementação sugerimos que seja aplicada uma avaliação formativa que verifiquem a eficiência didática da proposta, as contribuições do professor e as atitudes dos alunos diante de da proposta.

Sugerimos, portanto, as questões:

- 1) Escreva nas linhas abaixo sobre sua participação e envolvimento nesse trabalho.
- 2) Explique de que forma seus conhecimentos sobre N&N mudaram mediante sua participação nesse projeto.
- 3) O que você considera mais importante para uma pessoa saber sobre nanotecnologia? Por quê?
- 4) Você entende que devemos encorajar o cidadão a ser mais participativo nos assuntos relacionados à nanotecnologia? Por quê.
- 5) Como você avalia as contribuições desse projeto para comunidade escolar (professores, alunos, coordenadores e outros) que participou da exposição de banners no pátio? Explique.
- 6) Use o espaço abaixo para registrar outras observações e outros olhares sobre esse projeto.

Considerações Finais

O objetivo principal dessa proposta pedagógica é formar cidadãos críticos, conscientes, responsáveis pelo desenvolvimento C&T que a sociedade presencia nos dias atuais.

Diante disso, apresentamos encaminhamentos que possam auxiliar o professor de Física na promoção uma Cultura de Participação no contexto do Ensino Médio por meio do desenvolvimento de percepções, de questionamentos e de compromissos sociais.

Esses procedimentos podem se apresentar eficientes na capacitação dos alunos para o enfrentamento de novos problemas, para a definição de novos rumos para si próprio e para a participação ativa nos problemas sociais. Para isso, sugerimos que o professor se assuma como mediador, o aluno se assuma como sujeito ativo diante dos novos questionamentos, os conteúdos sejam abordados a partir de problematizações e a sala de aula se apresente como um ambiente investigativo.

Em linhas gerais, buscamos apresentar um produto pedagógico que apresente novos conhecimentos capazes de melhorar as abordagens de temas como N&N no contexto do Ensino Médio, fazendo uso da perspectiva CTS.

Referenciais Bibliográficos

ACEVEDO DÍAZ, J. A. La tecnología en las relaciones CTS: una aproximación al tema. **Enseñanza delas Ciências**, vol.14, n.1, p.35-44, 1996.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. São Paulo: Cortez & Moraes, 2006.

SANTOS, W. L. P. dos. **Significados da educação científica com enfoque CTS**. In **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Ed. UNB, 2011.

SCHULZ, P.A.B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia? **Física na Escola**, v. 6, 2005.

STRIEDER, R.B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. Tese de Doutorado: Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TOMA, E. H. **O Mundo Nanométrico: a dimensão do novo século**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

QUINA, F. H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, vol.27, n.6, São Paulo, Nov./Dec. 2004.

Caruso, F. e Oguri V. **Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

CAO, Guozhong. **Nanostructures e nanomaterials: synthesis, properties e applications**. Londres: Imperial College Press, 2004.

SCHULZ, P.A.B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia? Física na Escola, v. 6, 2005.