



## NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA: UM ESTUDO SOBRE CONCEPÇÕES E PRÁTICAS

## NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY IN THE INITIAL EDUCATION OF PHYSICS TEACHERS: A STUDY ON CONCEPTIONS AND PRACTICES

## NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DE FÍSICA: UN ESTUDIO SOBRE CONCEPCIONES Y PRÁCTICAS

Erika da Costa Poulis \* , José Francisco Custódio \*\*   
Silvete Coradi Guerini \*\*\* 

Poulis, E; Custódio, J; Guerini, S. (2022). Nanociência e Nanotecnologia na formação inicial de professores de física: um estudo sobre concepções e práticas. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 17(3), pp 504-519. DOI: [1https://doi.org/10.14483/23464712.18026](https://doi.org/10.14483/23464712.18026)

### Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo analisar as concepções de professores sobre nanociência e nanotecnologia e investigar as práticas de ensino desenvolvidas na abordagem destas temáticas nos cursos de Licenciatura em Física, ofertados pela Universidade Federal do Maranhão e Universidade Federal de Santa Catarina. O enfoque metodológico foi centrado na abordagem qualitativa, apoiando-se na entrevista semiestruturada como instrumento para coleta dos dados, tratada a partir da perspectiva de Análise de Conteúdo. A análise dos dados revela que os participantes dispõem de concepções teóricas de acordo com a perspectiva científica sobre a nanociência e nanotecnologia e compreendem as especificações que cada termo apresenta. Também demonstram que o ensino dessa temática vem sendo desenvolvido essencialmente de modo teórico, em um nível superficial. Observa-se como dificuldades imposta no ensino da nanociência, a ausência do tema na formação inicial e o não comparecimento ou tímida presença do conteúdo nos livros didáticos.

**Palavras-Chave:** Concepções dos professores; Ensino Superior; Física.

\* Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: erika.santos25@hotmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1066-9093>

\*\* Doutor em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. Professor Associado III da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: j.custodio@ufsc.br – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3835-8086>

\*\*\* Doutora em Física, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil. Professora titular da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: silvete@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5143-9302>

Fecha de recibido: mayo de 2021. Fecha de aceptado: mayo de 2022

### Abstract

The research objective is to analyze teachers' conceptions of nanoscience and nanotechnology contents and to investigate teaching practices developed in the approach to these themes in Physics Degree courses offered by the Federal University of Maranhão and Federal University of Santa Catarina. The methodological approach focused on the qualitative approach, based on the semi-structured interview as the instrument for data collection and treated from the perspective of Content Analysis. Data analysis reveals that participants have theoretical concepts in line with the scientific perspective about nanoscience and nanotechnology, they also understand the specifications that each term presents. However, we found that this subject teaching has been developed essentially in a theoretical way and at a superficial level. It is remarkable the difficulty imposed in the nanoscience teaching by the absence of the theme in the initial education, and the non-existence or low presence of this content in the textbooks.

**Keywords:** Teachers' conceptions. Higher education. Physics.

### Resumen

Esta investigación tiene como objetivo analizar las concepciones de los docentes sobre nanociencia y nanotecnología e investigar las prácticas de enseñanza desarrolladas en el abordaje de estos temas en los programas de Licenciatura en Física, ofrecidos por la Universidad Federal de Maranhão y la Universidad Federal de Santa Catarina. El enfoque metodológico es cualitativo, apoyándose en la entrevista semiestructurada como instrumento de recolección de datos desde la perspectiva del Análisis de Contenido. El análisis de los datos revela que los participantes tienen concepciones teóricas acordes a la perspectiva científica sobre nanociencia y nanotecnología y comprenden las especificaciones que presenta cada término. Sin embargo, encontramos que la enseñanza de este tema se ha desarrollado esencialmente de manera teórica, a un nivel superficial. Se observan como dificultades impuestas en la enseñanza de la nanociencia, la ausencia del tema en la formación inicial y también la no asistencia o tímida presencia de ese contenido en los libros didácticos.

**Palabras-Clave:** Concepciones de los profesores. Enseñanza superior. Física

## 1. Introdução

As constantes invenções e descobertas desenvolvidas na nanoescala possibilitaram que a sociedade vivenciasse um momento ímpar na história da humanidade. A manipulação de átomos de forma peculiar permitiu o desenvolvimento em diversos campos, como na informática, indústrias de cosméticos e gêneros alimentícios, medicina, entre outros. Desse modo, a nanotecnologia influencia a vida do homem contemporâneo, criando concepções, dependências, perspectivas e mudanças em seu

comportamento social. Neste viés, MARTINS et al., (2006) ressaltam a relevância da divulgação de assuntos com ênfase neste campo do saber para a solução de conflitos existentes entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Decerto, todo progresso científico suscita debates que visam apresentar, com base científica e um ensino epistemológico pertinente, a construção do conhecimento científico, para que possa ser ofertado um trabalho qualificado (GIL PÉREZ et al., 2001). Além de permear várias atividades tecnológicas, científicas e econômicas, a ciência

na nanoescala é considerada como um campo do conhecimento. Desse modo, a atual emergência de estudos relativos à nanociência e à nanotecnologia para apropriação de fundamentos e conceitos dessa ciência é justificada. Assim sendo, a história da nanociência deve ser disseminada em todos os níveis de ensino. Os meios, motivos e como as leis científicas ou teoria contemporânea foram criadas, representar e elucidar as falhas, utopias, riscos e benefícios que contribuíram para o nascimento de uma nova ciência ou que refutaram a atividade científica, precisam ser introduzidos na formação inicial para melhor compreensão do saber e do fazer científico e da evolução do processo de ensino e aprendizado (TONET; LEONEL, 2019).

A nanociência e a nanotecnologia são, respectivamente, ciência e tecnologia desenvolvidas na escala de comprimento nano. O prefixo nano corresponde à palavra grega “*nanos*”, que significa “anão”. Este termo representa unidades de medidas divididas em um bilionésimo de uma unidade. As atividades desenvolvidas nesta escala de comprimento foram denominadas de nanociência e nanotecnologia (SILVA, 2008; JOACHIM, PLÉVERT, 2009).

KONDER (1992) compreende que as especificidades do saber docente são construídas de ação e reflexão e que, na práxis docente, o professor precisa se servir do conhecimento organizado na ação e se valer desta para reorganizar o conhecimento. O autor destaca que na práxis deve existir um diálogo permanente entre teoria e prática, ação e reflexão, sem o qual é impossível alcançar êxito no processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, é primordial oferecer ao futuro professor oportunidades para obter novos conhecimentos, derivados dos constantes avanços científicos e de mudanças no currículo. A carência do conhecimento científico intervém no processo de ensinar e aprender, uma vez que a “falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores afetados se

envolvam em atividades inovadoras” (TOBIN; ESPINET, 1989 apud PESSOA DE CARVALHO; GIL PÉREZ, 2011, p. 22).

Nesta pesquisa, buscamos responder a seguinte questão: quais as abordagens intencionadas e concepções dos docentes formadores em relação às temáticas da nanociência e nanotecnologia? Para responder ao questionamento, utilizamos métodos da pesquisa qualitativa como aplicação de questionário e entrevista semiestruturada. Assim sendo, nosso estudo tem por objetivo analisar as concepções de professores sobre nanociência e nanotecnologia e investigar as práticas de ensino intencionadas, desenvolvidas na abordagem destas temáticas nos cursos de Licenciatura em Física, ofertados pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Aplicamos, ao examinar as entrevistas e, como referencial teórico analítico, a análise de conteúdo (BARDIN, 2011), dessa maneira, os fatores que interferem e influenciam na vida do sujeito da pesquisa, o professor, foram considerados no processo de interpretação dos dados para que o objetivo fosse alcançado (MINAYO et al., 2002). Os resultados dessa análise são apresentados *a posteriori*.

### **Emergência da Abordagem da Nanociência e da Nanotecnologia**

Em 1959, o físico americano, Richard Feynman, apresentou ao mundo uma ciência até então desconhecida, a ciência na nanoescala e a possibilidade de manipulação da matéria de forma peculiar, a partir da escala atômica (SCHULZ, 2018). A princípio, o discurso de Feynman trouxe pouca contribuição para o desenvolvimento tecnológico da época, mas deixou suas digitais na identidade de um novo campo de pesquisa, a nanotecnologia (JOACHIM; PLÉVERT, 2009).

Uma simples observação em nosso cotidiano revela a importância dos nanomateriais em segmentos tão diversos como o da energia, telecomunicação, saúde, cosméticos, segurança pública, meio ambiente, fármaco, entre outras.

Segundo o portal de estatística *Statnano*<sup>2</sup>, que monitora e divulga atividades industriais e de pesquisa mundial através de dados do Banco Mundial e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), estima-se que existam no mercado mundial cerca de 8.874 produtos de base nanotecnológica e mais de 2.454 empresas, divididas em 62 países.

A proliferação de políticas industriais e tecnológicas relacionadas à pesquisa na nanoescala tencionam o crescimento de maneira quantitativa e qualitativa e inovador da indústria. Desse modo, a busca pelo domínio da escala nanométrica registra a cada ano um aumento imensurável, graças à pesquisa e aos desenvolvimentos teóricos da ciência e da tecnologia que fornecem a base para a inovação em uma gama de produtos em todos os setores da sociedade como, por exemplo, na medicina, as nanopartículas e as nanobactérias são utilizadas no diagnóstico e tratamento de doenças raras e, atuando em regiões específicas do organismo humano, podem produzir anticorpos com habilidades de interagir e destruir as células cancerígenas, vírus ou bactérias (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2010).

No Brasil, entidades como o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vêm desenvolvendo pesquisas com nanomateriais para modificar as características físicas dos satélites e outras estruturas aeroespaciais, visto que “incentivar e fomentar as ações em nanotecnologia demonstram a capacidade do País em inovar em segmentos competitivos” (BRASIL, 2016, p. 59). No âmbito da política espacial, o país tem investido em lançamento de satélites para captação de informações referente ao setor agrícola e no monitoramento nas áreas de recursos hídricos e planejamento urbano. Destaque para os satélites CBERS-4 e CBERS-4A, lançados em 2014 e 2019 respectivamente, que, por meio do fornecimento de imagens, auxiliam na prevenção ao desmatamento da Amazônia e

identificam focos de queimadas, facilitando o combate e prevenção de novos focos (BRASIL, 2016).

No que tange à abordagem de temas contemporâneos que contemplem o conhecimento científico e tecnológico, a transposição da ciência na nanoescala e de suas aplicações se tornam imprescindível na formação inicial. Assim sendo, compreende-se que o professor em exercício precisa desenvolver a abordagem desse tema com ênfase nas questões sociais, éticas, políticas e econômicas (TONET; LEONEL, 2019).

Neste sentido, o Plano de Ação de Ct&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras aponta a ausência de uma educação efetiva em nanociência como um dos principais desafios a serem vencidos pelo Brasil, apresentando a relevância do papel educacional para uma sociedade industrializada, para consolidação de ambientes inovadores em nanotecnologias e no preparo de mão de obra qualificada. Assim sendo, é preciso apresentar à sociedade tanto os benefícios, bem como as consequências das aplicações da ciência na nanoescala, por conseguinte, “o que ocorre hoje com a falta de educação social no tema é um grande desalinhamento de ideias e conceitos que muitas vezes pode atrapalhar [...] o desenvolvimento tecnológico” (BRASIL, 2018, p. 46).

Na perspectiva de divulgação dos temas, nanociência e nanotecnologia, alguns autores (LEONEL, SOUZA, 2009; ELLWANGER et al., 2012; CLEBSCH, WATANABE, 2017) apresentam propostas didáticas para abordagem do eixo temático que possibilitam o ensino do tema na área de educação científica e tecnológica. Os artigos analisados expõem diversificados materiais metodológicos para a introdução dos temas em diferentes níveis de ensino. Tais propostas buscam, ainda apresentar a importância desses temas para a sociedade.

---

<sup>2</sup>NPD-Nanotechnology Products Database. Endereço eletrônico: <https://product.statnano.com/>.

As estratégias utilizadas para o ensino da ciência na nanoescala, além de fortalecer esse campo do conhecimento, exibem a emergência da abordagem dessa ciência. Estas propostas variam, desde o desenvolvimento de transposição didática como a desenvolvida por ELLWANGER et al., (2012), até a elaboração de objetos de aprendizagem (vídeo/blog) por meio de *software* computacional, como é o caso do trabalho dos autores CLEBSCH; WATANABE (2017).

Para ANTUNES FILHO e BACKX (2020), o conhecimento das ciências, em especial da nanociência, pode ser desenvolvido por diferentes métodos de ensino, podendo ser transdisciplinar, interdisciplinar e multidisciplinar. Do ponto de vista pedagógico, essas metodologias são importantes para que o aluno possua capacidades de compreender a nanociência.

TONET e LEONEL (2019) ressaltam que no desenvolvimento de propostas didáticas para abordagem de temas controversos, como é o caso da nanociência e nanotecnologia, é preciso abordar os benefícios e as possíveis consequências de suas aplicações, evitando a transmissão da visão de neutralidade dessa ciência. Os autores ressaltam, ainda, que a abordagem da nanociência deve se afastar da perspectiva tecnológica instrumental e caminhar em direção da perspectiva de educação científica e tecnológica, uma vez que “a proposta didática precisa fazer uso de diversas fontes e garantir um olhar mais amplo, com vistas à formação de uma concepção mais ampla e crítica sobre o assunto” (TONET; LEONEL, 2019, p. 445).

A urgência da abordagem da nanociência e da nanotecnologia em sala de aula tem se tornado pertinente e necessária, isto é justificado pelos impactos da ciência na nanoescala e de suas aplicações na sociedade, no meio ambiente, na economia, e conseqüentemente, na vida humana.

Na presente conjuntura da educação, temas como a nanociência e a nanotecnologia são significativos para o crescimento e desenvolvimento do cidadão. A ausência desses conhecimentos pode contribuir para o

analfabetismo funcional e para a exclusão do aluno em atividades que envolvem essa ciência, uma vez que a compreensão desses temas, de sua influência e de seus impactos é requerida para uma atuação eficaz em seu grupo, comunidade e no mundo atual.

### **Percurso Metodológico da Pesquisa**

A metodologia da presente pesquisa é caracterizada como de abordagem qualitativa com enfoque em ideias construídas a partir de experiências vivenciadas pelo próprio sujeito e no entendimento de questões consideradas relevantes por ele, como os fatores sociais (políticas, econômicas, culturais etc.) que determinam sua ação e orientam seu comportamento na sociedade (GIL, 2008).

Na descrição das informações referentes ao curso de Licenciatura em Física, empregamos a pesquisa documental em torno do Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) e da matriz curricular do curso. Segundo GIL (2008), as “fontes documentais são capazes de proporcionar ao pesquisador dados em quantidade e qualidade suficiente para evitar a perda de tempo” (p.147). O autor considera ainda, que o desenvolvimento de uma investigação social somente é possível por meio de documentos, o que torna a pesquisa documental essencial a este estudo. Nesta fase, buscamos indícios do conhecimento da nanociência e da nanotecnologia para em seguida apresentar a estrutura em volta desse conhecimento nas ementas das disciplinas. A aquisição dos documentos, considerados fontes privilegiadas de informação se deu por meio eletrônico e por intermédio dos representantes (coordenadores) dos cursos.

Considerando a dimensão deste estudo, além da pesquisa documental desenvolvemos uma pesquisa de campo em que o instrumento utilizado foi a entrevista semiestruturada. SUÁREZ (2016) ao investigar as concepções de professores de Física que lecionam em cursos de Engenharia, emprega técnica semelhante (entrevista semiestruturada) por sua eficiência. Nesta direção, TRIVIÑOS (1987) e MINAYO et

al., (2002) destacam que o uso da entrevista, como instrumento de coleta de dados, trata-se de uma técnica apropriada para obtenção de informações referente a crenças, visões, comportamento, significados, pretensões, bem como as razões da ação do sujeito em relação a um determinado tema.

O discurso, produzido pela fala do sujeito (entrevistas transcritas), constitui o *corpus* da pesquisa que significa “[...] o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos” (BARDIN, 2011, p. 126).

Nesse cenário, buscando alcançar os objetivos da pesquisa, as perguntas foram previamente formuladas. O roteiro utilizado na entrevista foi dividido em blocos de análise, sendo estes: (1) Concepção sobre a nanociência e a nanotecnologia e (2) Abordagem da ciência na nanoescala. Os blocos de análise foram organizados em categorias e unidades de significação. Esta organização auxiliou a visualização do problema proposto, possibilitando melhor compreensão do cenário em torno da abordagem da nanociência.

O campo da amostragem da pesquisa foi a UFSC e a UFMA e o sujeito do estudo são professores em exercício no curso de Licenciatura em Física.

A escolha do curso com habilitação em Licenciatura em Física se deu por compreendemos que as habilitações, Licenciatura e Bacharelado, possuem objetivos diferentes. O parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE) distingue os objetivos do curso de Física para cada habilitação, em que o curso de Licenciatura busca formar profissionais para atuarem no magistério nos níveis fundamental, médio e superior (Físico-Educador), enquanto o Bacharelado visa formar profissionais para atuação na pesquisa em Física e áreas afins, e no magistério em caráter de nível superior (Físico-Pesquisador) (BRASIL, 2001). A formação inicial da primeira autora que obteve o título de

Licenciatura em Física pela UFMA, também foi considerada no processo. No decorrer do curso de mestrado, foi concedido à primeira autora a oportunidade de realizar um intercâmbio na UFSC, por meio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD-AM)<sup>3</sup>. Na oportunidade a instituição também foi selecionada para o desenvolvimento da presente pesquisa

Os critérios de escolha dos docentes para participação foram os seguintes: professor ativo nas Instituições de Ensino Superior (UFSC ou/UFMA); possuir formação em Física (Licenciatura ou Bacharelado); ter lecionado disciplinas como Instrumentação para o ensino de Física, Prática de ensino de Física Moderna e Contemporânea, Física Moderna, Física Contemporânea e Mecânica Quântica ou ter abordado conhecimentos referentes à nanociência e à nanotecnologia na formação inicial, em grupos de pesquisas, orientações acadêmicas, estudos dirigidos e disciplinas de Pós-graduação; e, disponibilidade em participar das entrevistas. A escolha por essas disciplinas se deu pela proximidade com o conhecimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC), área de possível abordagem da ciência na nanoescala.

O contato com os docentes se deu por meio de *e-mail* pessoal dos professores e/ou por aplicativo *WhatsApp*. Assim sendo, após o consentimento dos professores em participar da pesquisa, as entrevistas foram realizadas individualmente de forma presencial e/ou por videoconferência em plataformas digitais (*Google Meet, Skype, WhatsApp*). As entrevistas foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas para análise. Em atendimento às regras de ética de pesquisa, os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido e adotado o anonimato, mencionando-os quando necessário de forma aleatória e representados pela letra “P” seguido de uma numeração. Assim sendo, o material empírico do estudo se consolidou dos relatos de onze professores, dos quais seis

<sup>3</sup> Edital N° 21/2018 - CAPES - PROCAD Amazônia 2018 - Linha 2.

lecionam na UFSC e cinco na UFMA. O Quadro 1 apresenta a caracterização dos docentes participantes da pesquisa.

**Quadro 1.** Caracterização dos professores de Física participantes da pesquisa.

Docente	Gênero	Instituição	Tempo de serviço (anos)	Grau Acadêmico	Habilitação acadêmica
P1	M	UFSC	9	Licenciatura em Física	Doutorado
P2	F	UFSC	12	Licenciatura/ Bacharelado em Física	Pós-doutorado
P3	M	UFSC	9	Bacharelado em Física	Doutorado
P4	M	UFSC	3	Licenciatura em Física	Doutorado
P5	M	UFSC	7	Bacharelado em Física	Pós-doutorado
P6	M	UFSC	4	Bacharelado em Física	Pós-doutorado
P7	M	UFMA	9	Bacharelado em Física	Doutorado
P8	M	UFMA	8	Bacharelado em Física	Pós-doutorado
P9	M	UFMA	2	Diploma Alemão	Pós-doutorado
P10	M	UFMA	10	Bacharelado em Física	Doutorado
P11	M	UFMA	22	Licenciatura em Física	Pós-doutorado
Legenda: Masculino (M), Feminino (F)					

**Fonte:** autoria própria. (2020).

A caracterização dos sujeitos teve como objetivo conhecer o perfil dos professores participantes, são informações que possibilitam o melhor conhecimento da realidade social do sujeito da pesquisa. Dentre as particularidades que configuram o estudo, compreendermos que uma atenção especial deve ser dada ao sistema socialmente organizado (homem, sociedade) e que conhecer os níveis de formação, atuação, tempo de serviço e o sexo do sujeito é progredir no conhecimento do próprio sujeito.

Acentuamos que os professores participantes, tanto da UFMA quanto da UFSC, apresentam o perfil formativo adequado para o cargo, tendo em vista que todos possuem além da graduação em Física, uma ou mais Pós-Graduação, requisito exigido pelo Ministério da Educação (MEC) para ingresso na carreira do magistério superior federal. Com relação ao nível de Pós-Graduação,

os resultados obtidos nos chamam atenção, pois todos os professores participantes (representação de 100%) possuem o nível máximo da formação, título de doutor.

### **Perspectiva da abordagem sobre nanociência e nanotecnologia na matriz curricular**

Com base no Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) de Licenciatura em Física, da UFMA, a carga horária atribuída para integralização do curso é de 3.465 horas/aulas, distribuída em oito semestres. A estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física, ofertado pela UFSC, é organizada em nove semestres e conta com uma carga horária total de 3.534 horas/aulas necessárias para conclusão do curso.

Visando conhecer a carga horária reservada para abordagem da nanociência e da nanotecnologia,

desenvolvemos uma investigação em torno das palavras-chave “nanociência” e “nanotecnologia”, na matriz curricular dos cursos.

Ao examinarmos os documentos do curso de Licenciatura em Física, ofertado pela UFSC, evidenciamos uma ausência desses termos. Por outro lado, o curso de Licenciatura em Física, da UFMA, reserva uma disciplina com carga horária de 60 horas para o conhecimento da ciência na nanoescala. A disciplina intitulada ‘Introdução à Nanociência e Nanotecnologia’ possui caráter optativo, e tem como pré-requisito a disciplina de Física IV.

A presença de uma disciplina reservada para o conhecimento da nanociência e nanotecnologia, na matriz curricular do curso de Física da UFMA, revela muito pouco sobre a assiduidade desse conhecimento em sala de aula, uma vez que o caráter dessa disciplina é optativo. Em conversa com o atual coordenador do curso de Licenciatura em Física, podemos afirmar a ausência da disciplina “Introdução à Nanociência e Nanotecnologia” na formação inicial do licenciando da UFMA. O professor relata que essa disciplina não foi ofertada em sua gestão, nem em gestões anteriores, e por ser um assunto relativamente novo é visto como um desafio para o corpo docente, além disso, o caráter optativo da disciplina colabora para que ela não tenha sido ofertada.

Importante salientar que as disciplinas optativas/eletivas têm a função de complementar a formação principal, composta por disciplinas obrigatórias, uma vez que “o núcleo comum precisa ainda de um grupo de disciplinas complementares que amplie a educação do formando” (BRASIL, 2001, p. 7). Compreendemos que a oferta e escolha de uma disciplina optativa, por parte do Departamento, são influenciadas por diversas circunstâncias como, por exemplo, disponibilidade de professores para ministrar e demanda por parte dos alunos.

Se, de fato, o debate e a contextualização entre a nanociência, a nanotecnologia e outros

conhecimentos da Física são ausentes ou pouco aludidos, possivelmente o licenciando irá construir concepção espontânea e equivocada a respeito do conhecimento da ciência na nanoescala. A construção de concepções espontâneas vem sendo amplamente criticada por pesquisadores (NÓVOA, 1992; PESSOA DE CARVALHO, GIL PÉREZ, 2011). Esta preocupação é extremamente relevante, haja vista que a divulgação imprecisa dos conceitos científicos pode contribuir para a construção de concepções epistemológicas incorretas, o que promove a deformação do ensino de ciência (GIL PÉREZ et al., 2001).

A tímida presença das palavras nanociência e nanotecnologia, nas ementas das disciplinas, suscita preocupação quanto à transposição das leis, conceitos e teorias da ciência na nanoescala, uma vez que este campo do saber tem direcionado a pesquisa científica e tecnológica contemporânea para novos rumos e revolucionado o comportamento humano.

Os pressupostos apresentados nesta fase acentuam a necessidade de se estabelecer uma abordagem da ciência na nanoescala na matriz curricular do curso de Licenciatura em Física, das referidas instituições. NÓVOA (1992, p. 16) salienta que “os esforços de racionalização do ensino não se concretizam a partir de uma valorização dos saberes de que os professores são portadores, mas sim através de um esforço para impor novos saberes ditos ‘científicos’”. Neste viés, o autor enfatiza a premência de novos saberes serem introduzidos na formação inicial do professor.

### **Bloco 1: Concepção da nanociência e da nanotecnologia**

Este bloco de análise tem por objetivo conhecer as concepções dos professores participantes em relação à nanociência e a nanotecnologia. Busca-se também, investigar se estes professores apresentam conceitos distintos para cada termo e compreendem suas particularidades. Nesta finalidade, no processo de entrevista elaboramos o seguinte questionamento: *O que você entende*

por nanociência e a nanotecnologia? Para você, existe diferença entre esses termos?

No processo de leitura e análise das entrevistas, construímos duas categorias, a partir das unidades de significação (Quadro 2). Nessa perspectiva, os resultados obtidos assentam que a

totalidade da amostra sabe diferenciar o termo nanociências do termo nanotecnologia. As características e aplicações da ciência na nanoescala também foram apontadas nos discursos dos participantes.

**Quadro 2.** Descrição das categorias e unidade de significação que representam as concepções dos professores sobre a nanociência e nanotecnologia.

Categorias	Unidade de Significação	Ocorrência
Nanociência	Ciência na nanoescala	4
	Estudo da escala nanométrica	4
	Estudo dos fenômenos na nanoescala	3
Nanotecnologia	Aplicação da nanociência	9
	Manipulação da matéria na nanoescala	2

Fonte: autoria própria. (2020).

A primeira categoria intitulada de **Nanociência** apresentou três unidades de significação. Iniciamos nossa análise pela primeira unidade, denominada 'Ciência na nanoescala', representada por quatro participantes que entrelaçaram o conceito de nanociência, a ciência desenvolvida na nanoescala. *"Eu entendo a nanociência como a ciência que estuda todo o comportamento da matéria [...] nessa dimensão nanométrica"* (P4).

Nesta unidade, constatamos que os professores detêm pensamentos semelhantes ao de pesquisadores e cientistas da área (JOACHIM, PLÉVERT, 2009; TONET, LEONEL, 2019). Na concepção de SCHULZ (2005) a nanociência é a ciência realizada na escala de um bilionésimo de alguma coisa, neste caso, o estudo da nanociência pertence a um bilionésimo de metro, a escala nanométrica. O autor segue sua pesquisa defendendo que, raramente, a nanociência pode ser desenvolvida em outras escalas de tamanho, uma vez que os materiais, quando manipulados nessa escala, exibem propriedades físicas e/ou químicas diferentes das apresentadas quando manipulados em escalas maiores.

A segunda unidade de significação 'Estudo da escala nanométrica' foi elaborada com base nos relatos dos participantes que usam de analogias para aproximar a nanociência ao estudo da matéria na escala nanométrica. Assim sendo, evidenciamos que quatro professores compreendem que a nanociência possui ligação com o estudo das propriedades do sistema físico na nanoescala. Esse entendimento pode ser observado na fala de P5: *"a nanociência pra mim é o estudo da natureza na escala nanométrica, incluindo até distâncias menores"*.

As concepções dos participantes não estão distantes dos conceitos presentes em revistas e artigos de disseminação científica, isso nos leva a inferir a existência de uma similaridade entre as concepções dos participantes e as ideias de diversos pesquisadores (SCHULZ, 2005; JOACHIM, PLÉVERT, 2009; CLEBSCH, WATANABE, 2017; TONET, LEONEL, 2019). Na concepção de CLEBSCH e WATANABE (2017) a nanociência compreende "o estudo das propriedades dos materiais em escala nanométrica" (p. 5). TONET e LEONEL (2019) consentem que "o estudo de estruturas atômicas e moleculares que possuem dimensões na escala

nanométrica, é chamado de Nanociência” (p. 435).

A última unidade analisada, designada de ‘Estudo dos fenômenos na nanoescala’, foi elaborada com base nas respostas de três professores. Nos relatos exibidos posteriormente é possível observar que os professores correlacionaram a nanociência com observações de fenômenos desenvolvidos na escala nanométrica.

*“quando a gente fala em nanociência é o estudo justamente dos fenômenos que ocorrem nessa escala de medida” (P3).*

*“[...] eu falaria que a nanociência trata os fenômenos fundamentais” (P9).*

As diferentes definições para o termo, nanociência, permitiu conhecermos os significados desse tema para os professores respondentes, que atuam como agente excepcional na efetivação de atividades que envolvem este conhecimento, e são os principais responsáveis pela formação de reflexões que propiciam melhor compreensão do mundo contemporâneo.

Para a segunda categoria, denominada **Nanotecnologia**, reservamos as ideias dos participantes sobre as tecnologias resultantes das descobertas científicas do século XX. Desse modo, nesta etapa da análise, as investigações emergem dos conceitos que os professores detêm em relação à nanotecnologia.

Assim sendo, a segunda categoria foi construída a partir de duas unidades de significação. Na primeira unidade, intitulada ‘Aplicação da nanociência’, dá-se ênfase aos relatos que apontam a nanotecnologia como uma prática da teoria construída a partir da escala nanométrica. A segunda unidade, denominada ‘Manipulação da matéria na nanoescala’, representa a amostra de professores que acreditam ser a nanotecnologia uma alteração das propriedades físicas e químicas dos materiais na escala nanométrica.

Iniciamos nossa análise pela primeira unidade de significação, que é representada por nove

professores (Quadro 2) que delegam à nanotecnologia as aplicações desenvolvidas na nanoescala. Nos relatos seguinte, é possível observar que os professores relacionam a nanociência com a teoria e, a nanotecnologia, seria o produto desenvolvido em decorrência dessa ciência.

*“[...] ela visa à aplicação dos conhecimentos [...] que foi aprendido pelas teorias nessa escala nanométrica visando à aplicação dela e à transformação desses conhecimentos em um método que sirva para ser aplicado em um produto” (P11).*

*“[...] nanotecnologia como a ciência aplicada em pelo menos uma dessas dimensões nano” (P4).  
“[...] aplicação dessa ciência pra construção de diversos dispositivos, inclusive os nossos smartphones tem essa base” (P5).*

Nos relatos exibidos previamente, os professores enfatizam a relevância da aplicabilidade de materiais na escala nanométrica para a produção de uma gama de dispositivos. Percebe-se na fala do participante P5, que este sabe reconhecer as aplicações da nanotecnologia em seu cotidiano ao apontar os *smartphones* como fruto dessa tecnologia. Neste viés, alguns autores reconhecem que “os brasileiros já estão em contato com a nanotecnologia, seja de forma direta, como consumidores, seja de forma indireta, através dos meios de comunicação” (JESUS; LORENZETTI; HIGA, 2015, p. 2). Entretanto, os autores advertem que a abordagem do tema nanotecnologia exige muito mais do que o conhecimento dos produtos resultantes dessa tecnologia, é preciso desenvolver debates em torno dessa temática no processo de ensino/aprendizagem, uma vez que estas envolvem questões éticas, políticas, sociais, de saúde e ambientais.

Já a unidade de significação ‘Manipulação da matéria na nanoescala’ pertencente à categoria **Nanotecnologia**, é representada por dois participantes que nos permitiu elucidar suas compreensões a respeito do tema. O professor P6 compreende que: “A nanotecnologia tem a ver com a capacidade de manipulação desses

*sistemas nessa escala [...]”*. A concepção de P6 apresenta semelhança com a ideia de TONET e LEONEL (2019) que consideram “[...] a manipulação e aplicação industrial dessas estruturas nanométricas, é denominado Nanotecnologia” (p. 435).

No que se refere à divulgação da nanotecnologia, área com potencial de inovação sem precedentes, é preciso considerar os benefícios e riscos presente na produção realizada na escala nanométrica, uma vez que são adotados procedimentos que nada têm em comum. Além disso, como debatido anteriormente, é preciso considerar a relevância da divulgação desse tema na sociedade, para que esta aprenda a discernir os aspectos negativos e positivos como um todo e tenha habilidade de construir opiniões sobre o uso e a manipulação dessa tecnologia. Assim sendo, as atividades da nanotecnologia, por apresentarem aspecto sociocientífico e cultural são reputadas por diversos autores (JOACHIM, PLÉVERT, 2009; TONET, LEONEL, 2019), como agente nas aplicações e implicações sociais e podem ajudar o ser humano a compreender o mundo que o cerca.

Nos resultados obtidos no processo de análise das entrevistas, a despeito de diferentes definições para ambos os temas, evidenciamos que a nanociência é aceita basicamente como a ciência desenvolvida na escala nanométrica, já a nanotecnologia é a aplicação e manipulação nesta escala de comprimento. Tais compreensões revelam o olhar do professor em relação à temática e ajudam na construção de sua identidade profissional, haja vista que o trabalho docente é formado no contexto de posicionamento do professor em relação ao conhecimento (NÓVOA, 2017).

No questionamento sobre a compreensão das particularidades entre os conceitos “nanociência” e “nanotecnologia”, identificou-se uma pluralidade de concepções em relação à temática, comprovando que a totalidade dos respondentes (100%), além de apresentarem conceitos distintos para ambos os termos,

**Quadro 3.** A ciência na nanoescala e a formação inicial em Física.

reconhecem e são capazes de identificar essas diferenças.

A relevância da presente investigação vem respaldada, na necessidade de conhecer o pensamento do professor e o significado atribuído por este ao tema da pesquisa, pois “[...] o conhecimento das concepções dos professores pode contribuir para introduzir alterações no modo de pensar a formação de professores e de pôr o currículo em ação” (BAPTISTA, 2010, p. 13). Desse modo, os resultados exibidos permitem conhecermos as experiências e interações sociais e de ensino do professor com a temática de pesquisa, haja vista que as concepções que carregam influenciam no modo como ensinam, no desenvolvimento do planejamento das aulas e nas atividades realizadas no trabalho docente (BAPTISTA, 2010).

## **Bloco 2: Abordagem da ciência na nanoescala**

O bloco 2 foi elaborado com o objetivo de investigar a extensão da temática na formação inicial em Física e conhecer o professor que faz abordagem da ciência na nanoescala. Neste intuito, formulamos o seguinte questionamento: *Em sua prática docente, no curso de Licenciatura em Física, o conhecimento proveniente da nanociência e da nanotecnologia é abordado?*

A partir da análise das entrevistas foi possível produzir categorias e unidade de significação que são dispostas no Quadro 3.

A análise dos dados proporcionou a observação das características presentes no ensino da nanociência e da nanotecnologia e a contextualização das perspectivas formadas em torno dessa temática.

A primeira categoria, **Abordagem da ciência na nanoescala na prática docente**, retrata os professores que abordam o conhecimento da nanociência e da nanotecnologia e as unidades de significação exibem um conjunto de circunstâncias em que essa abordagem é desenvolvida.

Categoria	Unidade de Significação	Ocorrência
<b>Abordagem da ciência na nanoescala na práxis docente</b>	Abordagem com destaque	2
	Abordagem eventual	1
	Abordagem sem profundidade	2
	Abordagem indireta	2
<b>Distanciamento entre a ciência na nanoescala e a práxis docente</b>	Não tem relação com a área de pesquisa	1
	Não tem relação com laboratório	1
	Não é contemplado no currículo	2

Fonte: autoria própria. (2020).

A segunda categoria **Distanciamento entre a ciência na nanoescala e a práxis docente**, representa os participantes que expuseram não abordar as temáticas “nanociência” e “nanotecnologia”. Nas unidades de significação é possível conhecer as dificuldades expostas pelos professores, que contribuem para ausência desse conhecimento na formação inicial em Física.

Por meio dos relatos dos participantes, evidenciamos que sete dos onze participantes relataram a presença dessa ciência em sua práxis docente, alcançando uma representação de aproximadamente 64% do total de participantes.

A primeira unidade de significação analisada ‘Abordagem com destaque’, é representada por dois participantes que relataram desenvolver uma abordagem dos temas em um nível menos superficial. No processo de investigação, percebemos que a nanociência e a nanotecnologia são temas assíduos na práxis docentes do professor P5: “[...] sim, a gente aborda as questões de nanociência e nanotecnologia [...] a gente destaca em cada etapa as possíveis aplicações [...]”.

Na segunda unidade de significação ‘Abordagem eventual’ observamos que o ensino da ciência na nanoescala, em alguns casos pode ou não ser desenvolvido. O professor P2, que ministra atualmente a disciplina de “Prática de Ensino de Física Moderna”, segue uma didática de seleção de temas, que são escolhidos pelos alunos.

*“[...] na disciplina de Prática de Ensino de Física Moderna há opção de trabalhar esse tema. Então, é abordado dentro dos tópicos que os estudantes podem escolher para preparar seus módulos de ensino, se ele for um tema escolhido, ele vai ser abordado; se não for um tema escolhido, ele não vai ser discutido” (P2).*

Na práxis docente de P2, embora os temas nanociência e nanotecnologia sejam temas possíveis, o seu ensino não é assegurado, uma vez que está condicionada a escolha dos alunos, ou seja, caso os alunos não tenham interesse pelo tema, ele não será trabalhado, caracterizando uma eventual abordagem da ciência na nanoescala.

Outro aspecto que despertou nossa atenção foi o nível de profundidade com que o conhecimento da nanociência é apresentado ao licenciando. Os dados analisados revelam, sobretudo, a

transposição dessas temáticas de forma resumida e superficial. Para apresentar essa análise, elaboramos a unidade de significação 'Abordagem sem profundidade' e essa característica é confirmada nas seguintes falas:

*"Então, se a temática envolve o que tá acontecendo hoje em termos de mudanças tecnológicas mais recentes, eu acho que é um dos temas que eu já abordei, não em profundidade, só um pouco, não muito [...] umas duas aulas desse tema eu trabalhei no curso de Biologia, com os alunos de Biologia, porque lá a gente trabalha vários temas de Física, e um deles foi justamente nanotecnologia"* (P1).

*"[...] a gente discute pouco, mas talvez uma parte da disciplina de Estrutura da Matéria que, em alguns lugares, é chamada de Física Moderna e às vezes um pouco no curso de Física III. Mas se a gente for pensar em termos da formação do estudante não dá para abordar tudo"* (P3).

O professor P3 justifica a tímida presença desse conhecimento, em sua práxis docente, pela moderada carga horária que não possibilita o tratamento integral dos conteúdos, cabendo aos professores a seleção desses.

Neste sentido, compreendemos que no ensino da nanociência é necessário abordar as potencialidades desse tema de maneira menos superficial, para que o aluno desenvolva "uma visão mais crítica e coerente da ciência e do desenvolvimento científico e tecnológico" (TONET; LEONEL, 2019, p. 448).

Dentro da categoria, **Abordagem da ciência na nanoescala na práxis docente**, identificamos ainda, dois professores (Quadro 3) que relataram abordar o conhecimento da nanociência e suas aplicações de forma indireta. Para representar esses participantes, elaboramos a unidade 'Abordagem indireta'. O professor P10 comenta que desenvolve a abordagem desse tema de forma "Indiretamente, o problema é que ainda está nos capítulos opcionais dos livros [...] e, mesmo assim, quando a gente consegue dar em sala de aula, a gente fala informações bem superficiais [...]". Para P10, a disposição do tema

no livro didático tem limitado o ensino desse conhecimento e, quando este se desenvolve, é incorporado a outros conhecimentos, isto significa que não há um espaço exclusivo para o ensino da nanociência.

Com base nos relatos, evidenciamos que os professores participantes pouco compreendem a contribuição da ciência na nanoescala para formação em Física. Tais posicionamentos podem impactar o ensino da nanociência, pois as concepções dos participantes sobre sua abordagem e o contexto com que é realizado a transposição desse conhecimento repercute diretamente no valor que é dado a essa ciência. Com o holofote apagado, a nanociência é arremessada a um lugar sem destaque na sala de aula.

Dando sequência à análise, identificamos que a categoria, **Distanciamento entre a ciência na nanoescala e a práxis docente**, é representada por 36% dos participantes que relataram ausência da nanociência em sua práxis docente. As justificativas dos professores foram organizadas em três unidades de significação, sendo a primeira unidade 'Não tem relação com a área de pesquisa' composta por um único participante que apresentou como motivos da ausência a incompatibilidade do tema com sua área de pesquisa. "Provavelmente não, não é a minha área [...] eu normalmente não tenho contato com essas pesquisas e com os alunos eu trabalho com outras coisas. Então, eu não falei sobre a nanociência e a nanotecnologia, eu não fiz isso". (P9)

Na segunda unidade de significação intitulada 'Não tem relação com laboratório' também representada por um único participante que relata: "Não especificamente [...] porque é o seguinte, eu tenho dado disciplinas de laboratório [...]" (P6). Observamos que a atuação de P6 no curso de Física é limitada a disciplinas de laboratório, dispondo de pouca interação com disciplinas teóricas. Assim sendo, o professor considera que a abordagem de temas relacionados à nanociência neste ambiente de ensino é irrealizável.

Em continuidade à análise, a última unidade ‘Não é contemplado no currículo’, é representada por dois professores, que a despeito de manifestarem grande interesse pela temática e desenvolverem pesquisas relacionada à ciência na nanoescala, não realizam a abordagem desses temas no curso de Licenciatura em Física. Os professores reconhecem a existência de uma desconexão entre o cotidiano do aluno e a sala de aula e lamentam a ausência da ciência na nanoescala no curso de Licenciatura em Física, como é observado nos relatos seguintes:

*“Não, eu lamento muito isso. E algo que não é abordado normalmente no curso da Licenciatura, é uma pena mesmo, essa desconexão que existe entre o que há fora da sala de aula e o que é passado dentro da sala aula [...] na maioria dos cursos de Física, que eu tenho conhecimento, não é contemplado esse conteúdo no currículo de Licenciatura nem de uma forma conceitual, muito menos de uma forma mais formalizada, formalismo matemático [...]” (P7).*

*“Praticamente não, praticamente não [... Mas, infelizmente, os professores não lidam com isso no seu dia a dia, então, eles ficam alheios a essas coisas. Como eles não tiveram isso na formação deles, então, eles não fazem essa associação também. Geralmente são os professores que trabalham mais com esses assunto, que acabam trazendo exemplos de suas atividades para dentro da sala de aula, mas enquanto o currículo, enquanto prático mesmo nos programas, nos programas pedagógicos, eu acredito que não tem praticamente nada, nada, nada, nada. Neste aspecto o nosso currículo tá bem atrasado, bem fora da modernidade” (P11).*

Com base nas falas dos professores, é possível enxergar os motivos que ampliam a distância entre a nanociência e a sala de aula. Os professores P7 e P11 compartilham do mesmo pensamento, por terem experiência como coordenadores do curso de Licenciatura em Física e, em momentos distintos, apontam o currículo como o principal responsável. Outro obstáculo pontuado pelos participantes é a falta de conscientização dos professores, que, por não

terem contato com esse conhecimento em sua formação, não conseguem vislumbrar a importância desses temas para a formação dos licenciandos. A insegurança dos professores é apontada por LOURENÇO et al., (2017) como principal obstáculo na abordagem de temas como nanociência e nanotecnologia. Neste sentido, os autores consentem “que os cursos de formação inicial e continuada de professores abordem esta temática, na busca de preparar os professores para ações desta natureza” (p.41).

## 7. Considerações Finais

A pluralidade de conceitos, atribuídos pelos professores participantes à temática nanociência e nanotecnologia, abarcam uma série de sentidos e significados que podem ter relação com ideias de autores e pesquisadores da área, que são divulgadas em livros, artigos e revistas científicas e adotadas, em muitos casos, pelo professor como referência no processo de obtenção do conhecimento. Neste viés, as concepções dos professores aparecem associadas entre si, como revelações de ideias apresentadas em comunidades científicas, portanto, não podem ser consideradas concepções espontâneas, ou do senso comum, uma vez que estas são fundamentadas em resultados de pesquisas científicas.

A diversidade de concepções, apresentadas em nossa pesquisa, permite ao licenciando entrar em contato com diferentes pontos de vistas sobre a ciência na nanoescala para, então, posicionar-se em relação à temática, e de certa forma, proporciona uma evolução no conhecimento, autoconhecimento e reconhecimento, formando perspectivas diferentes sobre o mesmo tema e abandonando o papel de simples receptor do saber (JESUS; LORENZETTI; HIGA, 2015).

Partido dos relatos dos participantes, conseguimos identificar os motivos envolvidos tanto na ausência, quanto na tímida presença desses conhecimentos, tais como: ausência de material didático com linguagem de fácil compreensão; currículos desatualizados; ausência do tema na formação inicial do professor em exercício das referidas instituições;

não comparecimento ou tímida presença do conteúdo nos livros didáticos; entre outros. Os motivos listados, formam um conjunto de desafios que precisam ser vencidos para que a nanociência seja reconhecida como um saber de referência nos cursos de ciência, em especial no curso de Física.

A análise dos dados confirma os resultados apresentados em pesquisa anteriores (TONET; LEONEL, 2019), em que o ensino da ciência na nanoescala vem sendo desenvolvido em um nível superficial, meramente a título de curiosidade do aluno, deixando-o a desejar um aprendizado mais fundamentado.

Convém esperar que nossa investigação oferte uma contribuição aos professores em exercício no curso de Física, sobre a relevância da abordagem do conhecimento da nanociência em um mundo marcado pela ciência e pela tecnologia. Tencionamos, ainda, que os professores ampliem suas perspectivas em relação à abordagem da ciência na nanoescala.

## 8. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro parcial da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) o auxílio financeiro, através do PROCAD-AM (Processo nº 88881.199848/2018-01)

## 9 . Referencias

- BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de atividades de investigação:** um estudo com professores de física e química do ensino básico. 563 f. Doutorado em Educação, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa. 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10451/1854>>. Acesso em: 12 dez. 2019.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** Edições 70, São Paulo: Brasil, 2011. ISBN 978-85-629-3804-7.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parecer n. 1.304/2001, de 06 de**

- novembro de 2001.** Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares para os cursos de Física. Brasília. 2001. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2016-2022).** Brasília. 2016. Disponível em:<[http://www.finep.gov.br/images/afinep/Politica/16\\_03\\_2018\\_Estrategia\\_Nacional\\_de\\_Ciencia\\_Tecnologia\\_e\\_Inovacao\\_2016\\_2022.pdf](http://www.finep.gov.br/images/afinep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de Ação de Ct&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras.** Brasília. 2018. Disponível em:<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias\\_convergentes/arquivos/cartilha\\_plano\\_de\\_acao\\_nanotecnologia.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/cartilha_plano_de_acao_nanotecnologia.pdf)>. Acesso em: 2 jul. 2020.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências:** tendências e inovações. 10ª edição. Cortez, São Paulo: Brasil. 2011. (Coleção “Questões da nossa época”). ISBN 978-85-249-1725-7.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Materiais Avançados 2010-2022.** Brasília: Brasil, 2010. ISBN 978-85-60755-25-7.
- CLEBSCH, A. B.; WATANABE, M. Abordagem da Nanociência e Nanotecnologia a partir da escala. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação,** Porto Alegre/BR, v. 15, n. 1, p. 1-10. 2017. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.75125>
- ELLWANGER, A. L. et al. O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação,** Porto Alegre/BR, v. 10, n. 1, p. 1-10. 2012. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.30884>
- ANTUNES FILHO, S.; BACKX, B. P. Nanotecnologia e seus Impactos na Sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade,** Curitiba/BR, v. 16, n. 40, p. 1-15. 2020. DOI: 10.3895/rts.v16n40.9870
- GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação,** Bauru/BR, v.7, n. 2, p.125-153. 2001.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** Atlas. São Paulo: Brasil. 2008. ISBN 978-85-224-5142-5.

- JESUS, I. P.; LORENZETTI, L.; HIGA, I. A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia. X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS– X ENPEC, v. 10, p. 1-8. Águas de Lindoia, SP. 2015. Disponível em: <http://www.automacaodeeventos.com.br/sigeventos/enpec2015/sis/inscricao/resumos/0001/R1200-1.PDF>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- JOACHIM, C.; PLÉVERT, L. **Nanociências: A Revolução Invisível**. Tradução de André Telles. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro: Brasil, 2009. ISBN 978-85-378-0149-9.
- KONDER, L. **O futuro da filosofia da práxis**. Paz e Terra, Rio de Janeiro: Brasil, 1992. ISBN 978-8521906407.
- LOURENÇO, A. B. et al. A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como elemento de análise. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá/CO, a.2, v.12, n.1, p. 27-42. 2017. Doi: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2017.v12n1.a2>
- MARTINS, R. A. **A História das Ciências e seus usos na educação**. In: SILVA, C. C. (Org.). Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino. Livraria da Física. São Paulo: Brasil, 2006.
- MINAYO, M. C. S. et al. **Ciência, Técnica e Arte: o desafio da pesquisa social**. In: MINAYO, M. C. S (Org.). Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade. Editora Vozes. Petrópolis: Brasil, 2002. ISBN 978-85-326-1145-1
- NÓVOA, A. **Formação de professores e profissão docente**. In: NÓVOA, A. (Org.). Os professores e a sua formação. Dom Quixote. Lisboa: Portugal, 1992. ISBN 972-20-1008-5.
- NÓVOA, A. Firmar a posição como professor, afirmar a profissão docente. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo/BR, v. 47, n.166, p.1106-1133. 2017.
- SILVA, E. Z. Nanociência: a próxima grande ideia? **Revista USP**, São Paulo/BR, n.76, p. 78-87. 2008. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i76p78-87>
- SUÁREZ, O. J. Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: análisis de dos estudios de caso. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá/CO, a.1, v. 11, n. 2, p. 156-174. 2016. Doi: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a1>
- SCHULZ, P. A. B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia. **Física na Escola**, São Paulo/BR, v. 6, n. 1, p. 58-62. 2005.
- SCHULZ, P. A. B. Há mais história lá embaixo - um convite para rever uma palestra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/BR, v. 40, n. 4, p. e4210-e421-5. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0375>
- TONET, M. D.; LEONEL, A. A. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis/BR, v. 36, n. 2, p. 431-456. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n2p431>
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação: o positivismo, a fenomenologia, o Marxismo**, Atlas, São Paulo: Brasil. 1987. ISBN 978-8522402731