

# A abordagem da temática nanociência e nanotecnologia nos cursos de Licenciatura em Física da UFSC e da UFMA: concepções de professores formadores



ISSN 1870-9095

Erika da Costa Poulis<sup>1</sup>, José Francisco Custódio<sup>2</sup>, Silvete Coradi Guerini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, 1966, Vila Bacanga, CEP.65.080-805, São Luís, MA, Brazil.

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/nº, Trindade, CEP. 88.040-900, Florianópolis, SC, Brazil.

<sup>3</sup> Departamento de Física, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, 1966, Vila Bacanga, CEP.65.080-805, São Luís - MA. Brazil.

E-mail: erika.santos25@hotmail.com

(Recibido el 19 de octubre de 2022, aceptado el 28 de noviembre de 2022)

## Resumo

A presença dos termos nanociência e nanotecnologia têm aparecido com mais frequência no cotidiano e inúmeros debates são realizados com enfoque nesse conhecimento, que vem transformando a realidade científica e tecnológica na atualidade. Nesta perspectiva, esta pesquisa apresenta resultados de uma investigação que teve como objetivo identificar e analisar práticas de ensino desenvolvidas na abordagem da nanociência e da nanotecnologia nos cursos de Licenciatura em Física ofertados pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O enfoque metodológico foi centrado na abordagem qualitativa, apoiando-se em dois instrumentos para coleta de dados, pesquisa documental e entrevista semiestruturada, que foram tratados a partir da perspectiva de Análise de Conteúdo. A análise dos dados revela que o ensino dessa temática vem sendo desenvolvido essencialmente de modo teórico, em um nível superficial. Observa-se como dificuldades imposta no ensino da ciência na nanoescala, a ausência de material didático com linguagem de fácil compreensão e desatualização dos currículos.

**Palavras chave:** Formação de professores de Física; Práticas de ensino; Nanociência e Nanotecnologia

## Abstract

The presence of the terms nanoscience and nanotechnology have appeared more frequently in everyday life and numerous debates are held with a focus on this knowledge, which has been transforming the scientific and technological reality today. In this perspective, this research presents results of an investigation that aimed to identify and analyze teaching practices developed in the approach of nanoscience and nanotechnology in the Degree in Physics offered by the Federal University of Maranhão (UFMA) and Federal University of Santa Catarina (UFSC). The methodological focus was centered on the qualitative approach, supported by two instruments for data collection, documental research and semi-structured interview, which were treated from the perspective of Content Analysis. Data analysis reveals that the teaching of this subject has been developed essentially in a theoretical way, at a superficial level. It is observed as difficulties imposed in the teaching of science at the nanoscale, the absence of didactic material with easy-to-understand language and outdated curricula.

**Key words:** Training of Physics teachers; Teaching practices; Nanoscience and Nanotechnology

## I. INTRODUÇÃO

No que tange a abordagem de temas contemporâneos que contemplem o conhecimento científico e tecnológico, a transposição da ciência na nanoescala e de suas aplicações tornam-se imprescindível na formação inicial em Física. Assim sendo, compreende-se que o professor em exercício tem por ofício conhecer o conteúdo a ser ensinado, selecionar conteúdos que ofereçam uma visão atual da ciência ao aluno e saber quais estratégias de abordagens devem ser utilizadas

antes de introduzir temas controversos e pouco debatidos fora da academia na práxis docente [1].

Para alguns autores [2, 3] a nanociência e a nanotecnologia são, respectivamente, ciência e tecnologia desenvolvidas na escala de comprimento nano. Atualmente, o prefixo nano, seguido de algum outro termo, aparece com frequência cada vez maior no cotidiano, essa presença se observa sobretudo nos meios de comunicação, e inúmeros debates são realizados com enfoque nesse conhecimento. Por este ângulo, Martins *et al.* [4] 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).

A possibilidade de manipular átomos de forma peculiar e a produção na escala nano permitiu o desenvolvimento em diversos campos, como na medicina, informática, gêneros alimentícios e indústrias de cosméticos, entre outros. 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 científico qualificado [5].

Assim, além de permear várias atividades tecnológicas, científicas e econômicas, a ciência na nanoescala é considerada como um campo do conhecimento. Desse modo, estudos relativos a nanociência e a nanotecnologia para apropriação de fundamentos e conceitos dessa ciência precisam ser introduzidos na formação inicial de professores de Física, uma vez que a “falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores afetados se envolvam em atividades inovadoras” [1].

Com base nestas premissas, caracterizou-se o problema científico da investigação: Quais práticas de ensino intencionadas são desenvolvidas na abordagem temática da nanociência e da nanotecnologia nos cursos de Licenciatura em Física ofertados pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)?

Para responder o questionamento, utilizamos como instrumentos de coleta de dados a pesquisa documental e a entrevista semiestruturada. A escolha desse instrumento se deu por efeito de sua funcionalidade na aquisição de informações. Assim sendo, nosso estudo tem por objetivo investigar a presença dos temas nanociência e nanotecnologia no Projeto Político Pedagógico do Curso (PPP) e na estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física da UFMA e da UFSC, e analisar os recursos e as estratégias metodológicas empregadas na abordagem desses temas.

## II. A MINIATURIZAÇÃO E A PERSPECTIVA DA PESQUISA NA NANOESCALA

Os problemas existentes no processo de medição, sempre foi um entrave na caminhada da ciência, essa dificuldade fez com que as técnicas para alcançar à miniaturização fossem cada vez mais aprimoradas. Por exemplo, Joachim e Plévert [3] destacam alguns trabalhos científico até o nascimento da nanociência, iniciando pela evidência do elétron que permitiu inúmeros avanços e possibilitou a criação da eletrônica. Segundo os autores, a eletrônica aprimorou as técnicas de miniaturização permitindo o nascimento da microeletrônica e, conseqüentemente, a fabricação de inúmeros dispositivos como os semicondutores, circuitos integrados, transistores, chips eletrônicos entre outros. A eletrônica, referência do mundo micrômetro, construiu o caminho para o mundo quântico, mais precisamente para a Mecânica Quântica (MQ), área designada para o estudo das propriedades de materiais na escala microscópica, através dela é possível conhecer escalas cada vez menores, como a nanoescala [6,3].

Diversos autores [6, 7, 2, 3], acreditam que a nanociência se tornou conhecida a partir da palestra intitulada *There's*

*Plenty of Room at the Bottom*, ministrada pelo físico americano Richard Feynman. Na ocasião, Feynman apresentou ao mundo uma ciência até então desconhecida, a ciência na nanoescala e a possibilidade de manipular átomos de forma peculiar.

Outra característica que oferece destaque à nanociência, é sua capacidade de abranger diferentes áreas do conhecimento, característica que classifica esse campo do conhecimento como interdisciplinar. Para Silva [2] a “Nanociência é uma grande área que congrega física, química, biologia, ciências médicas e engenharia de novos materiais”.

O mundo globalizado está repleto de tecnologias baseadas no desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia. Uma simples observação em nosso cotidiano revela a relevância dos nanomateriais em segmentos tão diversos como o da energia, telecomunicação, saúde, cosméticos, segurança pública, meio ambiente, fármaco entre outras.

No Brasil, o Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras [8], destaca as vantagens da nanotecnologia e seu leque de nanomateriais como materiais prospectivos para a indústria do país, nos campos da defesa nacional, segurança pública, infraestrutura e para a Pesquisa & Desenvolvimento (P&D).

*A Nanotecnologia é considerada, em termos de soberania nacional, não só pelo Brasil, mas também pelas maiores nações e blocos econômicos mundiais (EUA, Coréia do Sul, Japão, União Europeia, Suíça, Rússia, Inglaterra, China), uma tecnologia estratégica e, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), uma das bases das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, responsável em moldar a próxima revolução industrial e trazer impactos positivos para o desenvolvimento social e econômico mundial [...] As novas propriedades dos nanomateriais, conquistados a partir do entendimento e da utilização da nanotecnologia, revolucionam não somente os produtos – mas também os bens de capital – as máquinas para produção – e a prestação de serviços, com inovações até pouco tempo inimagináveis [8].*

Na área da medicina, as nanopartículas e as nanobactérias são utilizadas no diagnóstico e tratamento de doenças raras atuando em regiões específicas do organismo humano, podendo produzir anticorpos com habilidades de interagir e destruir as células cancerígenas, vírus ou bactérias [8].

A perspectiva de inovações da indústria, motivou a comunidade científica mundial a fabricar novas formas do carbono construído com materiais nanoestruturados, os chamados nanotubos de carbono. Aprecia-se que:

*o mercado de nanotubos de carbono, com produção estimada de 147 mil toneladas, poderá equivaler a US\$ 70 bilhões em 2025, para aplicações em baterias elétricas, pneus, tintas condutivas, eletrônica flexível, concreto inteligente, entre outros [8].*

Além dos setores de construção civil, atividades espaciais e qualidade da água, os nanotubos de carbono são utilizados no setor de energia alternativa, principalmente eólica, e na exploração de petróleo e produção de óleo e gás em águas profundas.

### III. ABORDAGEM DA TEMÁTICA NANOCIÊNCIA

As discussões precedentes e as várias atividades tecnológicas, científicas e econômicas que permeiam a ciência na nanoescala fortalecem tal ciência como um campo de conhecimento, haja vista que em muitos casos a academia, considerada como responsável pela produção do conhecimento, é direcionada pela demanda da indústria.

Por ser uma temática interdisciplinar, a atual emergência de estudos relativos a nanociência e a nanotecnologia para apropriação de fundamentos e conceitos dessa ciência é justificada. Assim sendo, a ausência de uma educação efetiva em nanociência é considerada como um dos principais desafios a ser vencido pelo Brasil, frente a relevância do papel educacional para uma sociedade industrializada, para consolidação de ambientes inovadores em nanotecnologias e no preparo de mão-de-obra qualificada [8].

Desse modo, alguns autores [9, 10] vem apresentando propostas didáticas para abordagem da nanociência e nanotecnologia, e de eixos temáticos que possibilitam o ensino do tema na área de educação científica e tecnológica.

Na perspectiva de divulgação do tema, Lima e Almeida [10], desenvolveram uma articulação com textos de divulgação científica sobre a nanociência e a nanotecnologia na formação inicial em Física. As autoras privilegiaram o uso de textos com linguagens alternativas ao invés da linguagem exclusiva da matemática destacando a história da ciência.

Ao desenvolver uma ampla revisão literária Jesus, Lorenzetti e Higa [11] evidenciaram uma pluralidade de estratégias e abordagens de ensino da nanotecnologia em relação à abordagem CTS. Para os autores, a ciência na nanoescala alcançou um nível de relevância significativo de maneira que a divulgação desses temas é imprescindível na Educação Básica e Superior, uma vez que tais conhecimentos podem ser tratados em diferentes contextos e públicos por possuírem objetivos diversificados.

Tonet e Leonel [12], em trabalhos de revisão bibliográfica, listam às principais dificuldades da abordagem da nanociência em sala de aula, como ausência de material didático com linguagem de fácil compreensão; desatualização dos currículos; isenção do tema na formação inicial do professor; falta de suporte ao professor em exercício como, por exemplo, formação continuada que trata dos conhecimentos referentes ao tema, e sua tímida presença em livros didáticos. De acordo com os autores, tais dificuldades adicionada a uma abordagem superficial fundamenta unicamente a título de curiosidade, não caracteriza o aprendizado crítico da ciência e da evolução científica e tecnológica que o aluno necessita para compreender sua relevância e saber se posicionar acerca desses assuntos. Portanto, é preciso apresentar à sociedade tanto os benefícios como os cuidados que se devem ter com as 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 ou mesmo emperrar o desenvolvimento tecnológico, meramente por crenças ideológicas sem fundamento na ciência, tecnologia e inovação [8].*

A abordagem dos temas possibilita que o aluno compreenda,

*A abordagem da temática da nanociência e nanotecnologia nos cursos de.....*

questione e saiba se posicionar ao entrar em contato com as diferentes visões dessa ciência, podendo contribuir de forma substancial para a formação do aluno.

Dentro da perspectiva da abordagem da temática nanociência, os trabalhos mencionados anteriormente, expõem diversificadas abordagens metodológicas para a introdução dos temas em diferentes níveis de ensino, tais propostas buscam ainda apresentar a importância desses temas para a sociedade. As estratégias utilizadas para o ensino da ciência na nanoescala, além de fortalecer esse campo do conhecimento, exibem a emergência da abordagem dessa ciência.

### IV. PERCURSO METODOLÓGICO E CENÁRIO DA PESQUISA

A presente pesquisa possui natureza qualitativa e sua metodologia foi dividida em dois níveis de análises.

O primeiro nível de análise, tem por objetivo apresentar a estrutura do conhecimento da nanociência e da nanotecnologia nos documentos que regem a formação inicial em Física. Nesta etapa, empregamos a pesquisa documental em torno do Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) e da estrutura curricular dos cursos de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Assim sendo, essa fase da pesquisa se baseia na importância de se conhecer, através dos programas das disciplinas, as estruturas curriculares e as ementas das disciplinas e compreender as perspectivas alusivas à formação inicial em Física.

Gil [13], entende que na pesquisa documental, os dados são obtidos de forma indireta, por não serem desenvolvidas diretamente com o sujeito da pesquisa, embora os dados sejam referentes a pessoa. Entre os pontos positivos da pesquisa documental, o autor destaca que “fontes documentais são capazes de proporcionar ao pesquisador dados em quantidade e qualidade suficiente para evitar a perda de tempo” [13]. Em muitas situações, o desenvolvimento de uma investigação social somente é possível por meio de documentos, o que torna a pesquisa documental essencial na presente pesquisa [13].

No segundo nível de análise, desenvolvemos uma pesquisa de campo em que o instrumento utilizado foi a entrevista semiestruturada. A entrevista permitiu a coleta de informações presente nas falas dos sujeitos da pesquisa, os professores formadores. Tal instrumento, possibilitou identificar a presença ou ausência do tema na práxis docentes e o conhecimento das práticas de ensino desenvolvidas na abordagem da ciência na nanoescala. Para análise das entrevistas, utilizamos como referencial teórico-analítico a análise de conteúdo de Bardin [14].

O discurso produzido pela fala do sujeito (entrevistas transcritas), constitui o corpus da pesquisa. Bardin [14] define o corpus como “o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos”.

Nesse contexto, buscando alcançar os objetivos da pesquisa, as perguntas foram previamente formuladas. O roteiro utilizado na entrevista foi dividido em dois blocos. Bloco 1: Abordagem da ciência na nanoescala e Bloco 2: Recursos metodológicos. Posteriormente, os dados foram organizados em categorias e unidades de significação. Optamos por

categorizar nossas informações de forma emergente, isto é, à medida que a análise se deu criamos as categorias com base nas concepções dos professores formadores.

Os critérios de escolha dos professores formadores para participação nesta pesquisa foram os seguintes:

(a) professor ativo nas Instituições de Ensino Superior (UFMA ou/e UFSC);

(b) possuir formação em Física (Licenciatura ou Bacharelado);

(c) 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 o conhecimento referente a nanociência e a nanotecnologia na formação inicial; em grupos de pesquisas; orientações acadêmicas; estudos dirigidos e disciplinas de Pós-graduação;

(d) disponibilidade em participar das entrevistas.

A escolha por essas disciplinas se deu pela proximidade com o conhecimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC), a Física desenvolvida no século XX, e área de possível abordagem da ciência na nanoescala.

Os professores foram convidados a colaborar com a investigação via e-mail pessoal dos professores ou pelo aplicativo *WhatsApp*. Após fase de consentimento, 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, o anonimato dos professores participantes foi adotado. Assim sendo, os participantes foram mencionados de forma aleatória e representados pela letra “P” seguido de uma numeração, em que P1 até P6 representa os docentes da UFSC e P7 até P11 os docentes da UFMA. A presente pesquisa se consolidou com uma amostra de onze professores do sexo masculino e feminino com idades entre 30 e 59 anos.

O campo da amostragem da pesquisa foi a UFMA, localizada no estado do Maranhão, região Nordeste do Brasil e a UFSC situada no estado de Santa Catarina (região Sul). Assim, acreditamos que a escolha de campus localizado em regiões distintas favorece uma interação orgânica entre as instituições.

Esclarecemos que nossa investigação se deteve ao curso de Licenciatura em Física, por compreendemos que as habilitações (Licenciatura e Bacharelado) possuem objetivos diferentes.

## V. PANORAMA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA ESTRUTURA CURRICULARES

A análise das estruturas curriculares se fez necessário diante da premência de conhecer as particularidades dos cursos de Licenciatura em Física ofertados pela UFMA e pela UFSC. Visto que, o currículo da educação superior deve incluir temas contemporâneos visando a criação de uma organicidade de assuntos que interferem e influenciam à vida do cidadão.

A evolução dos conhecimentos científicos não pode ser considerado um obstáculo na cultura científica. Nóvoa [15]

considera que “não é possível formar um professor de História ou de Matemática (ou de qualquer outra área) sem que esse estudante seja educado no interior da respectiva cultura científica”. Neste contexto, entendemos que o professor em formação ou em exercício precisa conhecer e compreender as perspectivas da ciência contemporânea, especialmente a Física do século XX, para aproximar o trabalho docente do conhecimento científico e das tecnologias resultantes desse conhecimento, criando uma melhor relação e interação com estas.

Para melhor compreensão dessa fase da pesquisa, apresentamos o conceito da Física Moderna e Contemporânea (FMC) atribuído pelos órgãos que norteiam as diretrizes curriculares para os cursos de Física. Segundo o parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE), a Física Moderna e Contemporânea “É a Física desde o início do Séc. XX, compreendendo conceitos de mecânica quântica, física estatística, relatividade e aplicações [...]” [16]. Abrangendo desde a Teoria da Relatividade Restrita até a Física Quântica, essas descobertas possibilitaram uma nova visão do mundo e abriram novos caminhos para a produção das tecnologias.

Portanto, torna-se imprescindível que o licenciando do curso de Física acompanhe e compreenda os saberes da Física desenvolvidos no século XX, considerando que a ausência da FMC pode extinguir os benefícios teóricos e práticos resultante desta área.

Apresentamos por meio da pesquisa documental, a atual conjuntura da ciência na nanoescala e o espaço destinado ao conhecimento dessa ciência. Buscamos também, verificar se o ensino da nanociência é recomendado pelos documentos normativos na formação inicial de professores de Física da UFMA e da UFSC.

Para o desenvolvemos da pesquisa documental, selecionamos unidades de registros que consistem em palavras-chave que representam a temática de nosso interesse, nanociência e nanotecnologia. Compreendemos que a realidade do ambiente formal de ensino nem sempre está em conformidade com o que é apresentado na estrutura curricular do curso. Entretanto, nosso intuito é analisar apenas se há referência explícita ao conhecimento da nanociência e da nanotecnologia.

Na pesquisa documental observamos, que a instituição de ensino superior UFMA destina 12 disciplinas, do total de 49 existentes no currículo, para o tratamento da FMC. O quantitativo de 795 horas-aula equivale aproximadamente a 23% da carga horária total (3.465 horas-aula) do curso de Licenciatura em Física. Assim sendo, as disciplinas de natureza obrigatória, compreendem 525 horas-aulas da carga horária total, para as disciplinas de natureza optativa são destinadas 270 horas-aulas [17].

Analisando as ementas das disciplinas do curso de Licenciatura em Física ofertado pela UFSC, verificamos que as disciplinas de caráter obrigatório reservam 468 horas-aula destinadas ao conhecimento da FMC, enquanto as de caráter optativo apresentam uma carga horária de 72 horas-aula. Enfatizamos ainda, que o quantitativo de 540 horas-aula destinado ao ensino da FMC, equivale aproximadamente a 15% da carga horária total (3.534 horas-aula) do curso [18].

Na busca pelas palavras-chave “nanociência” e “nanotecnologia” nas ementas das disciplinas, evidenciamos

**QUADRO 1.** Concepções sobre a abordagem da ciência na nanoescala

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

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, Desempenho da ciência na nanoescala na práxis 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.

A segunda categoria, Ausência da ciência na nanoescala na 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 no curso de Licenciatura em Física.

Por meio dos relatos dos participantes, evidenciamos que sete dos onze participantes relataram à 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 (P5 e P4), que relataram desenvolver uma abordagem dos temas em um nível menos superficial.

Com base na entrevista semiestrutura foi possível construirmos a segunda unidade de significação ‘Abordagem eventual’. Assim sendo, observamos que o ensino da ciência na nanoescala em alguns casos pode ou não ser desenvolvido. A professora P2 que ministra a disciplina de “Prática de Ensino de Física Moderna”, menciona que:

*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)*

No relato de P2 compreendemos que embora os temas nanociência e nanotecnologia sejam temas possíveis, o seu

uma ausência desses termos na estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física ofertado pela UFSC.

Ao examinamos a estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física da UFMA, observamos uma disciplina que aborda, prioritariamente, o conhecimento da ciência na nanoescala intitulada ‘Introdução à Nanociência e Nanotecnologia’. A disciplina possui caráter optativo e apresenta uma carga horária de 60 horas-aulas. Os conteúdos propostos apresentados na ementa são: o que é nanociência e a nanotecnologia; síntese e fabricação de nanomateriais; técnicas de caracterização; propriedade de transporte; sistemas para baixa dimensionalidade; nanomagnetismo e aplicações. Embora, os conteúdos propostos nas ementas das disciplinas nem sempre são abordados em sala de aula, é válido que a orientação dos mesmos influencia as abordagens exercidas no trabalho docente [19].

A presença de uma disciplina reservada para o conhecimento da nanociência e da nanotecnologia na estrutura curricular do curso de Física da UFMA, revela muito pouco sobre a assiduidade desse conhecimento em sala de aula, uma vez que a natureza dessa disciplina é optativa.

A tímida presença das palavras nanociência e nanotecnologia, nas ementas das disciplinas suscita preocupação quanto a 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.

Se, de fato, o debate e a contextualização entre a FMC, a nanociência e a nanotecnologia são ausentes ou pouco aludidos, possivelmente o licenciando irá construir ideias equivocadas a respeito dos fenômenos em nanoescala. A construção de ideias equivocadas vem sendo amplamente criticada por pesquisadores [20, 1]. 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 [5].

Todos os pressupostos apresentados nesta fase, acentuam a necessidade de se estabelecer uma abordagem da ciência na nanoescala na estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física, de maneira exclusiva ou articulada ao ensino da FMC. Conjecturamos ser relevante dar ao estudo da ciência na nanoescala um status comparável ao dos demais conteúdos de Física, uma vez que esse conhecimento tem influenciado o mundo globalizado.

## VI. CONCEPÇÕES SOBRE A ABORDAGEM DA CIÊNCIA NA NANOESCALA

Este bloco de análise tem por objetivo conhecer o professor que faz abordagem da ciência na nanoescala e investigar a extensão da temática na formação inicial em Física. Nesse intuito, formulamos o seguinte questionamento: Em sua práxis 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 1.

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 importante observado foi o nível de profundidade com que o conhecimento da nanociência é apresentado ao licenciando, considerando que uma abordagem de maneira superficial não caracteriza a aprendizagem e tampouco promove mudanças no cognitivo do indivíduo. Para apresentar essa análise elaboramos a unidade de significação 'Abordagem sem profundidade' representada por dois professores (P1 e P3), os dados analisados revelam, sobretudo, a transposição dessas temáticas de forma resumida, essa característica é confirmada na fala do professor P1 descrita abaixo.

*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)*

Tonet e Leonel [12], ao realizarem uma revisão bibliográfica a respeito do tema, apontam a relevância de abordar a potencialidade do tema de maneira menos superficial para que o aluno desenvolva "uma visão mais crítica e coerente da ciência e do desenvolvimento científico e tecnológico" [12]. Assim sendo, os autores reclamam um tratamento desse tema com ênfase nas questões sociais, éticas, políticas e econômicas e destacam que a transmissão do potencial dessa temática pode ultrapassar as barreiras impostas pela sua inserção na formação inicial.

Identificamos ainda dois professores (P8 e P10) que abordam o conhecimento da nanociência e suas aplicações de forma indireta. Para representar esses participantes, construímos a unidade 'Abordagem indireta'. Na concepção do professor P10, a presença desses conteúdos em capítulos opcionais dos livros didáticos é um dos principais motivos da tímida presença desse conhecimento em sua práxis docente. Assim sendo, a abordagem da temática é incorporada a outros conhecimentos, isto significa que não há um espaço exclusivo para o ensino da nanociência. Já o professor P8 conta que sempre fala desses temas em suas aulas, ainda que de maneira indireta em breves comentários.

Assim sendo, a análise dos dados revela que P8 e P10 criam poucas oportunidades para explorar as contribuições da ciência na nanoescala no Curso de Licenciatura em Física que atuam, haja vista que exibem uma visão de abordagem do tema meramente a título de curiosidade do aluno, deixando-os a desejar de um ensino mais aprofundado. Tais posicionamentos podem impactar o ensino da nanociência, pois as concepções dos professores formadores sobre sua abordagem e o contexto em que é realizada a transposição desse conhecimento repercute diretamente no valor que é dado a essa parcela da ciência.

A categoria, Ausência da ciência na nanoescala na práxis docente é representada por quatro participantes, que relataram o não-comparecimento da nanociência em sua práxis docente. As justificativas apresentadas pelos professores foram organizadas em três unidades de significação. A primeira unidade 'Não tem relação com a área de pesquisa' é composta

por um único participante que comentou não abordar esses temas no exercício docente, um dos motivos apresentados por P9 é 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)*

A segunda unidade de significação intitulada 'Não tem relação com laboratório' também é representada por um único participante. Essa unidade reflete o pensamento de P6, que diz atuar em disciplinas que são desenvolvidas exclusivamente em laboratório e que possui pouca interação com as disciplinas teóricas, sendo a abordagem desses temas inviável neste ambiente de ensino.

Na última unidade 'Não é contemplado no currículo', destacamos os relatos dos professores P7 e P11, que a despeito de manifestarem grande interesse pela temática e desenvolverem pesquisas relacionada a nanociência, não realizam a abordagem desse no curso de Licenciatura em Física. No relato de P7, transcrito a seguir, é possível observar que ele apresenta ter consciência da relevância desses temas.

*Não, eu lamento muito isso. É 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)*

A ausência da ciência na nanoescala é lamentada por P7, que reconhece a existência de uma desconexão entre o cotidiano do aluno e a sala de aula.

Em relação aos 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 em momentos distintos. Os professores apontam o currículo como o principal responsável pela ausência dessa ciência na formação inicial em Física.

*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)*

Compreende-se que a singularidade do ser humano, independente da sua posição social, faz com que o seu interesse por temas presentes em seu mundo seja maior se comparado a outros que não possuem assiduidade no seu dia a dia.

## VII. CONCEPÇÕES SOBRE OS RECURSOS METODOLÓGICOS

A construção deste bloco teve por objetivo analisar a concepção dos professores formadores sobre recursos metodológicos adequados para tratar a temática da nanociência e da nanotecnologia nos cursos de Licenciatura em Física da UFMA e da UFSC. O conhecimento dos recursos metodológicos proporcionou uma melhor compreensão das práticas de ensino desenvolvidas pelos professores

formadores. Compreendemos prática de ensino como a organização dos métodos desenvolvidos no processo de ensino e aprendizagem, que promovem melhorias na construção do conhecimento do aluno.

Esclarecemos que alguns professores participantes (P2, P6, P7, P9 e P11) não foram contabilizados nesta etapa pois relataram não tratar os conteúdos de nanociência e nanotecnologia em suas práticas docentes. Já a professora P2, embora tenha relatado a presença desses conteúdos em suas aulas, não aponta quais instrumentos são utilizados, por ser uma abordagem de modo eventual. Inteiramos que o registro das ocorrências pode apresentar sobreposição visto que em alguns casos os professores fazem uso de vários recursos metodológicos para ministrar os conteúdos, como apresentado no quadro 2.

**QUADRO 2.** Concepções sobre os recursos metodológicos.

Categoria	
Concepções sobre os recursos metodológicos	
Unidade de significação	Ocorrência
Materiais da área de Física	4
Materiais de divulgação científica	3
Materiais de multimídias	3

Em relação aos recursos metodológicos, reservamos para a unidade de significação ‘Materiais da área de Física’, os livros didáticos da área de Física. Na investigação, constatamos que quatro dos sete professores que anunciaram a presença da nanociência e da nanotecnologia em sua prática docente, adotam o livro destinado para a educação superior como principal recurso metodológico. Portanto, percebemos que o livro didático é caracterizado como um instrumento de referência na ministração dos conteúdos, conforme destacam P3 e P5:

*“eu costumo utilizar material da área[...] livros da área de Física, seja de Física Moderna, seja mesmo de Física do Estado Sólido. (P3)*

*Principalmente são os livros textos, “Curso de Física Moderna”, o livro de Eisberg. (P5)*

Zabala [21] anuncia que o livro é o instrumento mais utilizado na aquisição e apresentação do conhecimento e constitui-se a principal referência que o professor dispõe para o preparo de suas aulas. O autor justifica o vantajoso uso deste instrumento afirmando que “[...] atuam como transmissores de determinadas visões da sociedade, da história e da cultura” [21]. Dando continuidade à análise, atentamos que o livro não é o único instrumento utilizado pelos professores formadores, sendo este auxiliado por outros instrumentos que exibem pretensões de integrar o conteúdo. As revistas e os artigos de divulgação científica representados pela unidade ‘Materiais de divulgação científica’ foram evidenciados nos relatos de três participantes. P1, por exemplo, relata:

*eu usei principalmente livros de divulgação científica, tem bons livros de divulgação científica já e revistas, por exemplo, tem bons artigos. (P1)*

Em sequência, registramos o quantitativo da unidade ‘Materiais de multimídias’. Os recursos de multimídias como

*A abordagem da temática da nanociência e nanotecnologia nos cursos de..... os simuladores computacionais, as plataformas de compartilhamento de vídeos (YouTube) e os slides foram pontuados por três professores. Sobre o uso destes recursos P5 assevera:*

*eu uso então o YouTube, o YouTube tem diversos vídeos e outros canais, tem alguns canais já especializados em divulgação científica. Tem um material do Phet Colorado, onde eles já desenvolvem diversas animações, experimentos virtuais pra tratar conteúdo de Física Moderna também e tem diversas animações. (P5)*

O participante P10, comenta que produz slides para ministração desses temas com informações retiradas de capítulos opcionais do livro texto e em *Portable Document Format* (PDF), além de apresentar vídeos que dissertam sobre o conhecimento da nanociência e da nanotecnologia em suas aulas. No relato de P10, observamos a presença de diferentes materiais metodológicos na divulgação dessa temática.

*Nesse caso eu utilizo slides [...] É no ponto de vista informativo, levo várias fotos de materiais nanoestruturados, nanométricos [...] eu utilizo o livro, mesmo que seja copiando o livro, colocando as imagens [...] slides, powerpoint para dar aula e vídeos, eu pego um vídeo que eu acho interessante no youtube e baixo e apresento nas minhas aulas[...] Porque pra onde a gente for a gente tem contato com os pós-nanométrico, com filmes finos, com o que vai ser aplicado depois em dispositivos tecnológicos. (P10)*

Percebe-se que as estratégias metodológicas desenvolvidas por P10 são baseadas na conscientização que ele tem da relevância desses assuntos para a sociedade e de sua forte influência na indústria tecnológica desenvolvida atualmente.

A intervenção de distintos instrumentos no preparo de uma aula é caracterizada pelo planejamento das atividades que estão vinculados ao conteúdo. A escolha desses instrumentos é decisiva para o progresso do aprendizado, haja vista que a ministração de conteúdos distintos por meio de um único instrumento torna as aulas monótonas e pode suscitar um desinteresse no aluno pelo tema. Assim sendo, os meios utilizados na exposição do conteúdo e a maneira de abordá-lo pode atribuir significado a tarefa de aprendizagem [21].

Além disso, tecnologias como os simuladores, software computacional e até mesmo uma simples projeção de slides, imagens, vídeos e textos apresentam grande relevância no aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem nas diferentes áreas e níveis de ensino [22].

## VIII CONCLUSÃO

Por meio dos resultados analisados e com base no pensamento de alguns autores, percebe-se que a formação inicial, especialmente no curso de Física, exige reflexões em torno das concepções do professor em exercício, uma vez que tais ideias são inseridas no contexto educacional, e o desenvolvimento de políticas educacionais significativas para que o ensino dessa ciência seja democratizado.

Os resultados da pesquisa documental apontam para uma premência na atualização dos conteúdos requeridos no curso de Licenciatura em Física, uma vez que o ensino da Física do século XX dispõe de um espaço ínfimo na estrutura curricular. Como exibimos brevemente, a estrutura curricular do curso

oferecido pela UFMA, oferece somente 795 horas-aulas da carga horária total (3465 horas-aulas) para abordagem do conhecimento de FMC. Com relação ao curso oferecido pela UFSC, a mesma destina apenas 540 horas-aulas da carga horária total (3534 horas-aulas) para abordagem de temas da FMC. Nas ementas das disciplinas, em que os conteúdos estão estruturados, constatamos uma ausência dos termos “nanociência” e “nanotecnologia”.

Salientamos que a despeito da ausência desses termos nos documentos oficiais da universidade, os professores participantes manifestaram a presença e pretensão em incluir o conhecimento da ciência da nanoescala na práxis docente. Dessa forma, os professores usam da autonomia que os documentos que regem a educação superior lhe oferecem para incluírem na práxis docente temas que não são solicitados na estrutura curricular.

A entrevista semiestrutura permitiu identificarmos os motivos envolvidos tanto na ausência, quanto na tímida presença desses conteúdos, tais como: currículos desatualizados; 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 Licenciatura em Física. Os resultados apresentados nesta pesquisa, se aproximam de resultados obtidos por Tonet e Leonel [12], em que o ensino da ciência na nanoescala vem sendo desenvolvido em um nível superficial.

Quando nos propusemos a analisar as características da abordagem da nanociência, visamos observar de que forma os professores trabalham com este conhecimento. Por meio dos dados extraídos das falas dos participantes, percebemos que o ensino dessa temática vem sendo desenvolvido essencialmente de modo teórico.

Compreende-se que a apresentação dos instrumentos utilizados na transposição de conhecimentos da nanociência e da nanotecnologia proporciona uma visualização da conjuntura desenvolvida em torno do ensino dessa temática, que vem inovando a investigação científica e tecnológica no século XXI, e modificando o modo de pensar do ser humano, a posição do observador e os instrumentos de observação. Desse modo, reforçamos a importância do uso de instrumentos variados para a abordagem dessa temática, sendo necessário conhecer as potencialidades de cada um antes de transpô-lo para a prática.

Convém esperar que nossa investigação ofereça uma contribuição aos professores formadores dos cursos de Licenciatura em Física sobre a relevância da abordagem do conhecimento da nanociência e da nanotecnologia, em um mundo marcado pela ciência e pela tecnologia.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro parcial da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA). E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro, através do PROCAD-AM (Processo nº 88881.199848/2018-01).

## REFERÊNCIAS

- [1] Carvalho, A. M. P. and Gil, D. P., *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*, 10<sup>th</sup> Ed. (Editora Cortez, São Paulo, 2011).
- [2] Silva, E. Z., *Nanociência: a próxima grande ideia?* Revista USP **76**, 78-87 (2008).
- [3] Joachim, C. and Plévert, L., *Nanociências: A Revolução Invisível*, (Zahar Editor, Rio de Janeiro, 2009).
- [4] Martins, R. A et al., *Introdução: A História das Ciências e seus usos na educação*, Editora Livraria da Física, XXI-XXXIV (2006).
- [5] Gil, D. P et al., *Para uma imagem não deformada do trabalho científico*, Revista Ciência & Educação **7**, 125-153 (2001).
- [6] Schulz, P. A., *O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia*, Revista Física na Escola **6**, 58-62 (2005).
- [7] Schulz, P. A., *Há mais história lá embaixo - um convite para rever uma palestra*, Revista Brasileira de Ensino de Física **40**, e4210-1- e4210-5 (2018).
- [8] BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, *Plano de Ação de Ct&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras* (2018). [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), visitado em: 2 de julho de 2020.
- [9] Leonel, A. A. and Souza, C. A., *Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica*, Universidade Federal de Santa Catarina, 1-8 (2009).
- [10] Lima, M. C. A. and Almeida, M. J. P. M., *Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física*, Revista Brasileira de Ensino de Física **34**, 4401 (2012).
- [11] Jesus, I. P., Lorenzetti, L. and Higa, I., *A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia*, (2015).
- [12] Tonet, M. D. and 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 **36**, 431-456 (2019).
- [13] Gil, A. C., *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*, 6<sup>th</sup> Ed. (Atlas, São Paulo, 2008).
- [14] Bardin, L., *Análise de Conteúdo*, (Edição 70, São Paulo, 2011).
- [15] Nóvoa, A., *Firmar a posição como professor, afirmar a profissão docente*, Cadernos de Pesquisa **47**, 1106-1133 (2017).
- [16] BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer. No. 1.304/2001, *Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares para os cursos de Física*, (2001). <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>, visitado em: 25 de outubro de 2019.
- [17] UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, *Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) de Licenciatura em Física*. São Luís, MA, (2019).
- [18] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, *Projeto Político Pedagógico do Curso de Licenciatura em Física*. Florianópolis, SC. 2008.
- [19] Lobato, T. and Greca, I. M., *Análise da Inserção de Conteúdos de Teoria Quântica nos Currículos de Física do Ensino Médio*, Ciência & Educação **11**, 119-132, (2005). <http://www.lajpe.org>



[20] Nóvoa, A., *Formação de professores e profissão docente*, Lisboa: Dom Quixote, 13-33 (1992).  
[21] Zabala, A., *A Prática Educativa. Como ensinar*. (Artmed Editora S. A, Porto Alegre, 1998).

*A abordagem da temática da nanociência e nanotecnologia nos cursos de.....*  
[22] Antunes, S. F. and Backx, B. P., *Nanotecnologia e seus Impactos na Sociedade*. *Revista Tecnologia e Sociedade* **16**, 1-15, (2020).