



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ERIKA SANTOS DA COSTA

**A TEMÁTICA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA ABORDADA NAS INSTITUIÇÕES DE
ENSINO SUPERIOR UFSC E UFMA**

SÃO LUÍS-MA

2020

ERIKA SANTOS DA COSTA

**A TEMÁTICA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA ABORDADA NAS INSTITUIÇÕES DE
ENSINO SUPERIOR UFSC E UFMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Maranhão, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Silvete Coradi Guerini

Coorientador: Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho

SÃO LUÍS-MA

2020

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a)
autor(a). Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Santos da Costa, Erika.

A TEMÁTICA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA
FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA ABORDADA NAS
INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR UFSC E UFMA / Erika
Santos da Costa. - 2020.

113 p.

Coorientador(a): José Francisco Custódio Filho.

Orientador(a): Silvete Coradi Guerini.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação
em Ensino de Ciências e Matemática/CCET, Universidade
Federal do Maranhão, São Luís, 2020.

1. Concepções dos professores. 2. Ensino Superior.
3. Nanociência e Nanotecnologia. I. Coradi Guerini,
Silvete. II. Custódio Filho, José Francisco. III.
Título.

ERIKA SANTOS DA COSTA

**A TEMÁTICA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA ABORDADA NAS INSTITUIÇÕES
DE ENSINO SUPERIOR UFSC E UFMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Maranhão, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestra.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Silvete Coradi Guerini (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof.^a Dr.^a. Dulce Maria Strieder
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Prof. Dr. Antônio José da Silva
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

SÃO LUÍS-MA
2020

Dedico este trabalho aos meus pais João Evangelista Rosa da Costa e Maria da Soledade Aguiar dos Santos (*in memoriam*) por todo amor e exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força, paciência e perseverança para prosseguir na pós-graduação em meio aos obstáculos que surgiram na caminhada. Por sua forte presença e por seu insondável amor em minha vida. Pelas bênçãos e livramentos concedidos quando estive longe da família e dos amigos para aplicação desta pesquisa.

Aos meus pais, Maria da Soledade e João Costa, pela confiança, ensinamento, ajuda, e por todo amor que dedicaram a mim sem medida. Vocês foram e sempre serão a minha inspiração.

Aos meus irmãos, Elid, Sandra, Elisandra, Elisângela, Edvan e Esmael por todo carinho e apoio e por sempre estarem ao meu lado torcendo pelo meu sucesso.

Ao meu esposo Felipe, pelo amor, companheirismo e paciência. Gratidão, por compartilhar desta conquista comigo, pelos incentivos e apoio diários e pela ajuda quando as dúvidas surgiram durante o processo de elaboração do presente trabalho.

À Universidade Federal do Maranhão, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPECEM) e aos professores que contribuíram com discussões fundamentais para o meu amadurecimento acadêmico durante as disciplinas cursadas.

À professora Dra. Silvete Coradi Guerini pela paciência, compreensão e disposição ao dividir seus conhecimentos comigo ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, e principalmente por acreditar em mim e nos frutos que esta pesquisa pode oferecer.

Ao professor Dr. José Custódio pela dedicação e pelo conhecimento transmitido a mim no período que estive em Santa Catarina. Gratidão, pelo acolhimento e pela confiança.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela autorização para a realização desta pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pelo auxílio da bolsa para realização desta pesquisa. O auxílio financeiro foi fundamental para o cumprimento das atividades acadêmicas exigidas pelo programa de pós-graduação.

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD) pelo apoio ao meu projeto de pesquisa.

Ficam aqui meus agradecimentos a todos meus amigos que contribuíram direta ou indiretamente para essa conquista.

Guardemos firmes a confissão da esperança,
sem vacilar, pois, quem fez a promessa é fiel
(Hebreus 10:23).

RESUMO

A presença dos termos nanociência e nanotecnologia tem 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 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 (UFMA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A presente pesquisa é dividida em dois momentos: o primeiro é destinado a pesquisa documental na matriz curricular e no Projeto Político Pedagógico do Curso de Licenciatura em Física das referidas universidades. O segundo momento foi reservado para análise das concepções dos professores em exercício sobre a nanociência e a nanotecnologia. O enfoque metodológico foi centrado na abordagem qualitativa, apoiando-se em dois instrumentos para coleta de dados, o questionário e a entrevista semiestruturada, que foram tratados a partir da perspectiva de Análise de Conteúdo de Bardin (2011). Os resultados revelaram que os professores participantes dispõem de concepções teóricas coerentes sobre a ciência na nanoescala, conseguem identificar as aplicações tecnológicas originadas da nanociência e compreendem as especificações que os termos nanociência e nanotecnologia apresentam. Os professores listam, como principais dificuldades da abordagem da nanociência em sala de aula, a ausência de material didático com linguagem de fácil compreensão, desatualização dos currículos e isenção do tema na formação inicial. Por meio dos dados analisados, percebe-se que o ensino dessa temática vem sendo desenvolvido essencialmente de modo teórico e que o principal recurso metodológico utilizado no ensino dessa ciência são livros da área de Física. A emergência da abordagem da nanociência e da nanotecnologia em sala de aula tem se tornado pertinente e necessário. 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.

Palavras chaves: Ensino Superior. Nanociência e Nanotecnologia. Concepções dos professores.

ABSTRACT

The presence of terms nanoscience and nanotechnology has appeared more frequently in everyday life and countless debates are held focusing on this knowledge, which has been transforming the scientific and technological reality today. In this perspective, this research aims to analyze the teachers' conceptions about nanoscience and nanotechnology and investigate the teaching practices developed in the approach of these themes in the Physics Degree courses offered by the Federal University of Maranhão (UFMA) and Federal University of Santa Catarina (UFSC). This research is divided into two moments: the first is for documentary research in the curricular matrix and in the Pedagogical Political Project of the Physics Degree Course of the aforementioned universities. The second moment was reserved for the analysis of the conceptions of professors in practice on nanoscience and nanotechnology. The methodological approach was centered on the qualitative approach, based on two instruments for data collection, the questionnaire and the semi-structured interview, which were treated from the perspective of Content Analysis by Bardin (2011). The results revealed that the participating teachers have coherent theoretical conceptions about science at the nanoscale, are able to identify the technological applications originating from nanoscience and understand the specifications that the terms nanoscience and nanotechnology present. Teachers list, as main difficulties in approaching nanoscience in the classroom, the absence of didactic material with easy to understand language, outdated curricula and exemption from the theme in initial training. Through the analyzed data, it can be seen that the teaching of this theme has been developed essentially in a theoretical way and that the main methodological resource used in the teaching of this science are books in the field of Physics. The emergence of the nanoscience and nanotechnology approach in the classroom has become relevant and necessary. This is justified by the impacts of science on the nanoscale and its applications on society, the environment, the economy and, consequently, on human life.

Keywords: University education. Nanoscience and Nanotechnology. Teachers' conceptions

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Nanotubo de carbono	24
Figura 2 - Distribuição regional dos laboratórios do SisNANO.	30
Figura 3 - Localização das Instituições de Ensino Superior UFMA e UFSC.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização dos professores de Física (UFSC) participante da pesquisa.....	49
Quadro 2- Caracterização dos professores de Física (UFMA) participantes da pesquisa.....	51
Quadro 3- Perfil dos docentes das Instituições de Ensino Superior, Brasil 2018.....	53
Quadro 4- Concepção dos docentes sobre os conhecimentos de Física substâncias na formação do licenciando.....	63
Quadro 5- Instrumentos utilizados na obtenção do conhecimento da Física Moderna e Contemporânea.....	69
Quadro 6- Descrição das categorias e unidade de significação que representam as concepções dos professores sobre a nanociência e nanotecnologia.....	72
Quadro 7 – A ciência na nanoescala e a formação inicial em Física.....	78
Quadro 8- Caracterização dos instrumentos utilizados na abordagem da ciência na nanoescala.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Determinação de FMC na ementa do curso de Licenciatura em Física da UFMA...56

Tabela 2- Determinação de FMC na ementa do curso de Licenciatura em Física da UFSC....57

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ACT - Alfabetização Científica e Tecnológica
AC - Análise de Conteúdo
BNCC - Base Nacional Comum Curricular
CH - Carga Horária
CFM- Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
CCET- Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
CED - Centro de Ciências da Educação
CENANO - Centro de Caracterização em Nanotecnologia
CCNANO - Comitê Consultivo de Nanotecnologia
CCNANOMAT- Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais
CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNE - Conselho Nacional de Educação
CTS- Ciência, Tecnologia e Sociedade
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CP - Conselho Pleno
DAE - Departamento de Administração Escolar
DCNTs - Doenças Crônicas Não Transmissíveis
EAD - Educação a Distância
ENCTI - Estratégica Nacional de Ciência e Tecnologia
ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio
FM - Física Moderna
FMC - Física Moderna e Contemporânea
IES - Instituto de Ensino Superior
IBN - Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
ICT - Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação
INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INT- Instituto Nacional de Tecnologia
ITA - Instituto Tecnológico da Aeronáutica
LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MEC - Ministério da Educação

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MQ - Mecânica Quântica

MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

P&D - Pesquisa & Desenvolvimento

PD&I - Pesquisa Desenvolvimento & Inovação

PNE - Plano Nacional de Educação

PNLD - Programa Nacional do Livro Didático

PPG - Programa de Pós-Graduação

PPGF - Programa de Pós-Graduação em Física

PPECEM - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Matemática

PPPC - Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC)

PPECEM - Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática

PROCAD - Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia

SiSU - Sistema de Seleção Unificada

SNPG - Sistema Nacional de Pós-Graduação

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TICs - Tecnologias da Informação e Comunicação

UFMA - Universidade Federal do Maranhão

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 O NASCIMENTO DE UMA NOVA CIÊNCIA NA SOCIEDADE	19
2.1 A miniaturização e o nascimento da nanociência	19
2.2 Perspectiva da pesquisa na nanoescala na econômica e sociedade do país	26
2.3 Emergência da abordagem da nanociência e da nanotecnologia	31
3 PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA	36
3.1 Caracterização da pesquisa	36
3.2 Procedimentos e instrumentos de coleta de dados	38
3.3 O referencial teórico-analítico: Análise de Conteúdo	40
3.4 Cenários da pesquisa	42
3.4.1 Caracterização do campo de pesquisa - Universidade Federal de Santa Catarina ...	43
3.4.2 Caracterização do campo de pesquisa - Universidade Federal do Maranhão	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 Caracterização dos sujeitos: descrição e análise por meio do questionário	48
4.1.1 Caracterização do docente da UFSC	48
4.1.2 Caracterização do docente da UFMA	50
4.2 Perspectivas teórico-metodológicos para o conhecimento da Física Moderna e Contemporânea	54
4.2.1 Análise do conteúdo nas ementas: um olhar sobre as disciplinas de Física Moderna e Contemporânea.....	54
4.2.2 Conteúdos concernente a Física Moderna e Contemporânea: categorização e análise das ementas	59
4.2.3 Perspectiva da abordagem sobre nanociência e nanotecnologia na matriz curricular	60
4.3 Descrição e análise das entrevistas: questões-filtro	62
4.3.1 O professor e o conhecimento de Física na formação inicial.....	62
4.3.2 O trabalho docente e a Física do século XX	66
4.4 Análise das entrevistas apresentada em blocos	70
4.4.1 Bloco 1: Concepção da nanociência e da nanotecnologia.....	71
4.4.2 Bloco 2: Abordagem da ciência na nanoescala.....	77
4.4.3 Bloco 3: Recursos metodológicos	82
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIA	90
APRÊNDICE	96
Aprêndice I- Questionário para caracterização dos professores de Física	97

Apêndice II- Roteiro da entrevista docente	98
Apêndice III- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	99
ANEXO	101
Anexo I- Estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física da UFMA	102
Anexo II- Estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física da UFSC	103

1 INTRODUÇÃO

No início do século XX a humanidade presenciou o nascimento da Física Moderna (FM), que inclui o estudo de pequenas partículas e suas radiações, como os raios-X, elétrons e radiações atômicas. Esta nova ciência trouxe mudanças à humanidade e permitiu o desenvolvimento de novas tecnologias. Dentro da FM surgiu a Mecânica Quântica (MQ), área designada para o estudo das propriedades de materiais na escala microscópica. Por meio da MQ tornou-se possível conhecer escalas cada vez menores, como a nanoescala.

Para autores, como Silva (2008), Joachim e Plévert (2009), a nanociência e a nanotecnologia são, respectivamente, ciência e tecnologia desenvolvidas na escala de comprimento nano. O prefixo nano (símbolo n) 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).

Os autores destacam que a nanociência se tornou conhecida a partir da palestra ministrada pelo físico americano Feynman em 1959, intitulada *There's Plenty of Room at the Bottom* que traduzida para o português significa “Há Muito Espaço lá no Fundo”. Na ocasião, Feynman apresentou ao mundo uma ciência até então desconhecida, a ciência na nanoescala.

As constantes invenções e descobertas nesta escala de comprimento, possibilitaram que a sociedade vivenciasse um momento ímpar na história da humanidade. A possibilidade de manipular átomos de forma peculiar e a produção na escala nano permitiu o desenvolvimento em diversos campos, como na informática, indústrias de cosméticos e gêneros alimentícios, medicina, entre outros. Desse modo, a nanotecnologia vem influenciando a vida do homem contemporâneo, criando novas concepções, dependências, perspectivas e mudanças em seu comportamento.

Diante da nano convergência, surge a premência de conhecermos as características, o contexto histórico e atuação dessa manifestação revolucionária que vem apresentando soluções para problemas antigos que ainda persistem no mundo moderno. 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 que vem transformando a realidade científica e tecnológica. 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).

Desse modo, 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 evolução do processo de ensino e aprendizado (TONET; LEONEL, 2019).

É primordial oferecer ao futuro professor oportunidades para aprendizagem de novos conhecimentos derivados dos constantes avanços científicos e de mudanças no currículo. A carência do conhecimento científico intervém no processo de ensino e aprendizagem 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, 2011, p. 22). Desse modo, a divulgação do conhecimento referente a nanociência e nanotecnologia (N&N) se faz necessário para melhor entendimento de eventos que vem direcionando a humanidade para novos caminhos:

O desenvolvimento da N&N são resultado da produção humana, são de grande abrangência e tem impactos globais. Em busca da miniaturização evoluímos da eletrônica para a microeletrônica e para a nanoeletrônica. Avanços possibilitados pela contribuição de várias Ciências, a exemplo da Química Quântica e da Física Quântica. Conhecer minimamente os princípios, conceitos, processos, envolvidos na N&N é necessário à Alfabetização Científica dos estudantes da Educação Básica. Afinal o exercício da cidadania e o debate sobre as tecnologias, processos, produtos produzidos com a evolução da Nanotecnologia requer conhecimento (CLEBSCH; WATANABE, 2017, p. 8).

Diante disso, esta pesquisa baseou-se na seguinte questão norteadora: *Quais as abordagens intencionadas e concepções dos docentes formadores em relação às temáticas da nanociência e nanotecnologia nos cursos de licenciatura em física da UFMA e UFSC?*

Para responder à questão norteadora, o estudo utiliza-se de métodos da pesquisa qualitativa como aplicação de questionário e entrevista semiestruturada. Os fatores que interferem e influenciam na vida do sujeito da pesquisa, o professor, são levados em consideração no processo de interpretação dos dados para que os objetivos levantados no estudo sejam alcançados (MINAYO *et al.*, 2002).

Os conceitos teóricos e científicos, construídos na formação inicial, precisam ser analisados com criticidade para construção de uma sociedade capaz de romper com a alienação de assuntos vitais para o seu desenvolvimento (GIL *et al.*, 2001). Neste sentido, a presente pesquisa tem como principal 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). Para tal finalidade, os objetivos específicos que conduziram nossa investigação foram:

- Analisar a proposição do tema nanociência e nanotecnologia no Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) e na matriz curricular do curso de Licenciatura em Física da UFMA e UFSC;
- Identificar a presença ou ausência dos temas nanociência e nanotecnologia na práxis docente (ou intencionadas) dos professores das universidades campo desta pesquisa;
- Analisar os recursos e as estratégias metodológicas empregadas na abordagem desses temas.

Na contemporaneidade, aproximar o ser humano do conhecimento científico e tecnológico é uma necessidade, quanto mais este conhecer e compreender as aplicabilidades resultantes deste campo do saber melhor será sua relação e adaptação com o mesmo. Tendo em vista as enunciações precedentes, dividimos a presente pesquisa em duas etapas: (1) analisamos as ementas e propostas das disciplinas para o curso de Licenciatura em Física com base nos documentos oficiais (matriz curricular e Projeto Político Pedagógico do Curso), por meio da pesquisa documental; e (2) buscamos identificar a abordagem da temática “nanociência” e “nanotecnologia” na práxis docente a partir dos relatos dos professores em exercício na UFSC e na UFMA.

Konder (1992) comenta que as especificidades do saber docente são construídas de ação e reflexão, na práxis docente o professor precisa, servir-se do conhecimento organizado na ação e valer-se da ação 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. Konder (1992, p.115) pensa que:

A práxis é a atividade concreta pela qual os sujeitos se afirmam no mundo, modificando a realidade objetiva e, para poderem alterá-la transformando-se a si mesmos. É a ação que, para se aprofundar de maneira mais conseqüente, precisa de reflexão, do autoquestionamento, da teoria; e é a teoria que remete à ação, que enfrenta o desafio de verificar seus acertos e desacertos, cotejando-os com a prática.

Apresentamos no segundo capítulo ‘**O Nascimento de uma Nova Ciência na Sociedade**’, a evolução da ciência até o nascimento da nanociência, as perspectivas da pesquisa na nanoescala na econômica e sociedade do país e a emergência da abordagem desse conhecimento.

Abordamos, nas discussões que sucedem o segundo capítulo, os aspectos teórico-metodológicos da pesquisa, os instrumentos utilizados na coleta de dados (questionários e entrevistas semiestruturada), o campo de pesquisa, o referencial teórico-analítico (Análise de Conteúdo) e os referenciais teóricos. Com tal finalidade intitulamos o terceiro capítulo de **‘Percurso Metodológico da Pesquisa’**.

O quarto capítulo, é reservado para apresentação dos **‘Resultados e Discussões’**, em que desenvolvemos uma caracterização do sujeito da pesquisa, do curso de Licenciatura em Física ofertado pela UFSC e pela UFMA. O capítulo é dividido em tópicos para melhor entendimento da estrutura pedagógica dos cursos. No primeiro tópico, *Perspectivas teórico-metodológicas para o conhecimento da Física Moderna e Contemporânea*, discutimos sobre a carga horária reservada para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) por meio da pesquisa documental na matriz curricular dos cursos e nos Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC). No segundo tópico, *Descrição e análise das entrevistas: questões-filtro*, buscamos conhecer o professor que acompanha o conhecimento da Física desenvolvida no século XX. O terceiro tópico, *Análise das entrevistas apresentadas em blocos*, com enfoque nas entrevistas semiestruturadas, foi organizado em blocos para melhor compreensão das concepções dos professores em relação a nanociência e nanotecnologia. Nesta fase, buscamos evidenciar o conhecimento sobre as temáticas da pesquisa, sua presença no curso de formação inicial em Física e conhecer os recursos metodológicos utilizadas e as práticas de ensino desenvolvidas na abordagem desses temas.

Por fim, nas **‘Considerações Finais’** realizamos uma síntese da proposta da pesquisa com os resultados obtidos para análise da contribuição desta pesquisa para o campo do ensino da nanociência na graduação em Física.

2 O NASCIMENTO DE UMA NOVA CIÊNCIA NA SOCIEDADE

Os avanços científicos são indissociáveis das invenções de novos instrumentos ou do uso inovador de instrumentos já existentes. Assim, o contexto histórico em torno da ciência, evidencia que por vezes a evolução científica ocorreu graças a novas tecnologias que tornaram possíveis observações e experimentos nunca antes possíveis. Para Kuhn (1998, p. 35) “A tecnologia desempenhou muitas vezes um papel vital no surgimento de novas ciências”, essas evoluções se intensificaram no século XX, revolucionando o modo de fazer ciência e concebendo novas ciências, como a nanociência.

2.1 A miniaturização e o nascimento da nanociência

Dedicamos esta fase da pesquisa, para apresentar as temáticas nanociência e nanotecnologia, a partir de sua trajetória. Diversos autores (SCHULZ, 2005, 2018; SILVA, 2008; JOACHIM; PLÉVERT, 2009), pensam 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.

Entretanto, esses autores destacam que as ideias de Feynman, não foram concebidas por acaso, elas são resultantes de várias concepções reveladas por outros cientistas na conjuntura que Feynman se encontrava. O surgimento de concepções em torno da miniaturização na escala atômica concebidas anterior ao discurso de Feynman, não descaracterizou sua palestra que foi eleita como a “primeira palestra sobre a tecnologia e a engenharia na escala atômica” (SCHULZ, 2018, p. 2).

Para melhor compreensão do nascimento da nanociência é preciso mencionar o contexto histórico pelo qual o processo de miniaturização passou. Joachim e Plévert (2009) e Schulz (2005, 2018), descrevem com detalhes a corrida pelo mundo “lá em baixo¹” exibindo os primórdios da miniaturização. Para os autores, a evolução dos relógios teve um papel fundamental no mundo da miniaturização, se considerarmos que no século XVI os relógios eram postos em torres de igrejas e apresentavam tamanhos exorbitantes. Ao longo dos anos, as peças desse instrumento foram miniaturizadas e os relógios passaram a ser usados nos pulsos

¹ O mundo “lá em baixo” é uma referência a manipulação e controle de coisas na escala atômica (FEYNMAN, 1959).

das pessoas. As grandezas físicas dos relógios passaram do metro para o milímetro, deslocando-se umas três ordens de comprimento, fato que não ocorreu da noite para o dia, e por consequência os relógios exibem a medida do tempo de forma mais precisa, são mais leves e tornaram-se acessíveis a sociedade (SCHULZ, 2005, 2018; JOACHIM; PLÉVERT, 2009).

A despeito da evolução da miniaturização, Joachim e Plévert (2009, p. 28) apresentam seus precursores por acreditarem que “a miniaturização das máquinas não é unicamente uma história de técnicas. Ela é indissociável do progresso científico”. Assim sendo, os autores exibem uma vasta lista de cientistas que cooperaram para que o universo “lá em baixo” ainda desconhecido, viesse a ser conhecido e explorado. Os autores iniciam essa trajetória, partindo do nascimento da termodinâmica. O ano era 1764, em que James Watt teve a fabulosa ideia de substituir a pressão atmosférica contida em uma bomba de fogo, também conhecida por máquina atmosférica, por pressão a vapor d’água e inventou a máquina a vapor.

Os problemas existentes no processo de medição, sempre foi um entrave na caminhada dos físicos, essa dificuldade fez com que as técnicas para alcançar à miniaturização fossem cada vez mais aprimoradas o que resolveu, em alguns casos, os problemas do trabalho científico. As inquietações por instrumentos de medição de calor mais preciso, inspirou James Joule a querer definir com exatidão a quantidade de calor produzida em um determinado trabalho, para isso ele construiu um termômetro em uma versão reduzida e utilizou a técnica de gravura em cera de abelhas, que mais tarde receberia o nome de litografia, para registrar a temperatura. Em 1850, com sua técnica de gravura, Joule conseguiu a primeira medida da proporção entre o trabalho e o calor, sua técnica é utilizada até os dias de hoje na microeletrônica (JOACHIM; PLÉVERT, 2009).

Joachim e Plévert (2009), concordam que não é possível compreender o processo da miniaturização sem discutir o contexto histórico em torno da molécula, palavra designada para representar a menor parte que caracteriza uma substância. Os autores ressaltam a relevância de Antoine Lavoisier, considerado um dos inventores da “molecularização”, ao demonstrar que as moléculas de um determinado material não sofriam variação, ou seja, eram conservadas, partindo desse princípio vários cientistas ousaram explicar os fenômenos envolvidos na construção da matéria. John Dalton, foi o primeiro a anunciar que a matéria era constituída de átomos de diferentes massas combinados em moléculas (JOACHIM; PLÉVERT, 2009).

Desde então, sucederam diversas concepções para a molécula, e inúmeras tentativas para determinar seu tamanho, mas foi em 1871, que o físico britânico James Clerk Maxwell revolucionou o universo científico ao propor a possibilidade de medir a velocidade das

moléculas de forma individual. Maxwell (1871), sugeriu que a segunda lei da termodinâmica² tivesse validade apenas macroscópica com limitações em escalas atômica e molecular, para isso o físico imaginou um experimento com gás em equilíbrio térmico preso em uma caixa com dois compartimentos (A e B), em que o movimento das moléculas do gás de um lado para o outro era controlado por um ser muito pequeno com capacidade de enxergá-las. Esse ser consideravelmente pequeno poderia separar as moléculas lentas das mais agitadas, proporcionando a concentração de calor apenas em um dos lados, ou seja, no lado das moléculas mais agitadas sem nenhum trabalho envolvido (PESSOA JÚNIOR, 2017).

Sendo assim, é provável que Feynman tenha se inspirado na teoria de Maxwell para realizar o famoso discurso sobre o mundo “lá em baixo”, em que é possível estudar os fenômenos físicos com o mínimo de matéria disponível (JOACHIM; PLÉVERT, 2009; SCHULZ, 2018).

Nestes sentindo, Joachim e Plévert (2009) destacam alguns trabalhos científico até o nascimento da nanociência, iniciando pela evidencia do elétron que permitiu inúmeros avanços e possibilitou a criação da eletrônica. 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, chip eletrônico 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 (SCHULZ, 2005; JOACHIM; PLÉVERT, 2009).

As narrativas precedentes atestam que o processo de miniaturização não se deu por meio da palestra realizada por Feynman, entretanto a possibilidades de criar coisas a partir do mundo atômico se tornaram possíveis graças ao ousado discurso desse físico visionário.

O que poderíamos fazer com estruturas em camadas se tivéssemos exatamente as camadas corretas? Quais seriam as propriedades dos materiais se pudéssemos realmente arranjar os átomos como bem entendéssemos? Elas seriam muito interessantes de se investigar teoricamente. Não posso ver exatamente o que aconteceria, mas dificilmente posso duvidar que, quando tivermos algum controle sobre a disposição das coisas na escala pequena, teremos um leque enormemente maior de propriedades possíveis para as substâncias, e de diferentes coisas que poderíamos fazer (FEYNMAN³, 1959, p. 152).

² O estudo de Oliveira e Dechoum, proporciona melhor compreensão da segunda lei da termodinâmica. Endereço eletrônico: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n4/a04v25n4.pdf>. Acesso em 11 de agosto de 2020.

³ Uma versão do discurso de Feynman foi traduzida para o português em 2002 na revista digital Com Ciência da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), é pode ser acessada no seguinte endereço eletrônico: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>. Acesso em 20 de abril de 2020.

Por sua palestra em 1959 no encontro anual da Sociedade Americana de Física, realizado na Califórnia, Feynman ficou conhecido como o pai da nanotecnologia. Naquela época, a sociedade foi tomada por inúmeras preocupações e o desejo de fabricar satélites artificiais desafiou a comunidade científica a desenvolver técnicas mais aprimoradas de miniaturização. Feynman, como físico foi desafiado a apresentar um novo campo, buscando atender as demandas da época, ele propõe a miniaturização da gravação de informação, ou seja, a litografia por feixe de elétrons para mostrar que teria muito mais espaço lá embaixo (SCHULZ, 2018).

A principal ideia disposta no discurso de Feynman, baseia-se na manipulação da matéria a partir da escala atômica, essa técnica é conhecida como abordagem “de baixo para cima” (*bottom-up*), que permite a manipulação do átomo em arranjos e a fabricação das coisas na escala nano. O processo inverso é chamado de abordagem “de cima para baixo” (*top-down*), em que o material na escala macro ou micro sofre sucessivas divisões até atingir a escala nano, assim o sistema em escala nanométrica pode ocorrer por meio dessas duas abordagens (SCHULZ, 2005, SILVA, 2008).

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 e Plévert (2009, p. 80) consideram que “ao permitir a construção de dispositivos que só funcionam com uma única molécula ou alguns átomos, a nanotecnologia dá início a uma verdadeira inversão da tecnologia que vai na contracorrente de nossa ancestral tendência à miniaturização”.

A despeito do discurso de Feynman ter anunciado um mundo muito pequeno, a nanotecnologia só foi possível com o auxílio do microscópio de varredura por tunelamento. Segundo Joachim e Plévert (2009), o microscópio de tunelamento foi inventado em 1981 por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer e possibilitou a visualização e manipulação do átomo, comprovando a ideia de Feynman. Com o avanço da tecnologia outras técnicas, inspiradas no microscópio de tunelamento, tornaram possível a pesquisa na nanoescala como o microscópio de força atômica e o microscópio eletrônico de transmissão de alta resolução (SILVA, 2008).

Autores como Silva, (2008), Joachim e Plévert, (2009), designam a nanociência à ciência realizada na escala de comprimento nano, já as nanotecnologias seriam as técnicas que permitem a produção de objetos pequenos nessa escala. Como versamos antecipadamente, o prefixo “nano” representa um bilionésimo de uma unidade, para melhor compreensão dessa escala, vamos representá-la em metros, um nanômetro seria um bilionésimo de metro ($1\text{nm} =$

1m/1.000.000.000), e pode ser representado por $10^{-9}m$. Um nanômetro (1nm) corresponde a 10 átomos distribuídos em uma linha (SILVA, 2008).

Outra característica que oferece destaque a nanociência, é sua capacidade de abranger diferentes áreas do conhecimento, característica que classifica esse campo do conhecimento como interdisciplinar. Para Silva (2008, p. 82) a “Nanociência é uma grande área que congrega física, química, biologia, ciências médicas e engenharia de novos materiais”.

Alguns materiais nanoestruturados, como os semicondutores podem ser utilizados em diversas aplicações como, por exemplo, em computadores quânticos instruídos para realizar cálculos, em segundos, o que antes levariam milhões de anos e com maior capacidade de armazenamento. Em uma época marcada pelo aumento exponencial do uso da internet, as potencialidades dos semicondutores a base de silício com dimensões físicas nanoscópica são indispensáveis na indústria de segmento eletrônico e de telecomunicação.

Os benéficos dos semicondutores, aparecem também na automação industrial e na indústria automobilística, por oferecer considerável redução das dimensões físicas dos dispositivos, aumento na capacidade de processamento e armazenamento, alto nível de integração nos componentes em um mesmo chip e baixo consumo de energia. De acordo com a corporação de benefício *World Semiconductor Trade Statistics*⁴, a indústria de semicondutores faturou US\$ 450 bilhões em 2019.

Outro exemplo de aplicação dos nanomateriais são os empregados em catalisadores para refino de petróleo e na síntese de combustíveis líquidos, destaque para as zeólitas que tem oferecido uma economia significativa nos custos, consumo de energia e maior qualidade dos produtos oriundos do petróleo (CHAVES; SHELLARD, 2005).

Na 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. Ainda na área da medicina, segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2010, p. 312) “a nanociência e a nanotecnologia abrem novos caminhos para o diagnóstico e tratamento de doenças crônico-degenerativas e negligenciadas, possibilitando que se evolua da medicina curativa para a medicina diagnóstica e uso de terapias menos invasivas”. As Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs) são responsáveis por 71% dos óbitos anuais no mundo, entre elas estão a diabetes, doenças pulmonares, cardiovasculares, obesidade e câncer que

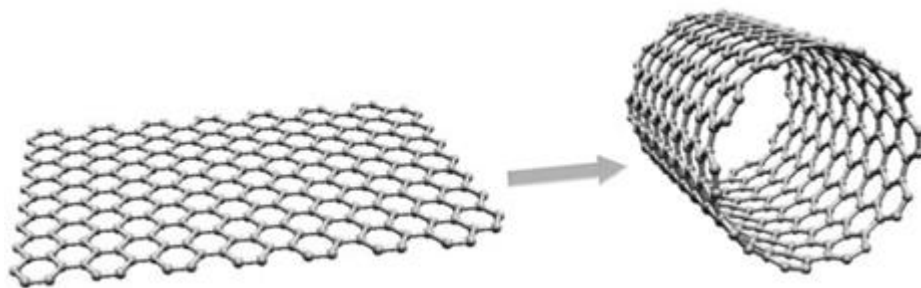
⁴ *WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS*. Relatório histórico de faturamento. Califórnia, EUA. 2019. Disponível em: <https://www.wsts.org/content/download/3909/26658>. Acesso em: 12 jun. 2020.

matam 41 milhões de pessoas a cada ano (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2018). Desse modo, para o avanço no tratamento e a erradicação de inúmeras doenças é preciso que o país invista em inovação tecnológica e na indústria de produtos para a saúde.

O Relatório de Perspectivas em Materiais Avançados (Fase II) indicou o tema nanotecnologia aplicada ao tratamento de doenças crônico-degenerativas como um dos itens em que o Brasil se encontra mais afastado do estágio de P&D existente nos países de primeiro mundo. O atraso existente, somado as características de intensividade tecnológica, coloca o Brasil frente ao desafio de identificar nichos para investir maciçamente como forma de construir competitividade nesta área estratégica (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2010, p. 313).

A perspectiva de inovações da indústria, motivou a comunidade científica mundial a fabricar novas formas do carbono construído com materiais nanoestruturados. Os nanotubos de carbono apresentam estrutura finita de carbono hexagonais em formato de tubos nanométricos, como pode ser observado na Figura 1 (IIJIMA,1991).

Figura 1- Nanotubo de carbono



Fonte: ORELLANA (2012).

Estima-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” (BRASIL, 2018, p. 21).

Nas atividades espaciais, os nanotubos de carbono oferecem melhorias significativas nas propriedades dos materiais, permitindo uma redução no volume dos motores-foguete e obtenção de propelentes mais energéticos, e por consequência, atingiram maiores velocidades de queima e melhores resultados propulsivos. No Brasil, entidades como o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem desenvolvendo pesquisas com nanomateriais para modificar as características físicas dos satélites e outras estruturas aeroespaciais. No âmbito da política espacial, o país lançou em parceria com o governo Chinês satélites para captação de informações referente ao setor agrícola e 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 a identificar focos de queimadas facilitando o combate e prevenção de novos focos.

Os nanotubos de carbono, também podem ser empregados visando a qualidade da água. Chaves e Shellard (2005), indicam o uso desse nanomaterial no processo de dessalinização da água salina em água potável, essa técnica se baseia na retirada do excesso de sal e outros minerais com custo econômico bem menor quando comparado a outras técnicas. 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.

Na agroindústria, a nanotecnologia é aplicada na conservação de alimentos, na produção de fertilizantes e outros aditivos agroquímicos avançados. A grandeza da agropecuária no Brasil, por si só justifica um esforço do país em liderar os avanços científicos e tecnológico nessa área, os investimentos devem ser ampliados, principalmente no setor de instrumentação de ferramentas para o campo. Para o CGEE (2010), o domínio tecnológico na fabricação de novos materiais a partir de resíduos industriais, do agronegócio e da produção e aplicação de nanomateriais, podem contribuir no aumento da oferta de alimentos e elevar de forma significativa a produção da agropecuária e a qualidade de vida da população brasileira, uma vez que as principais demandas comum da humanidade serão atendidas.

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 Statnano⁵, 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.

Esclarecemos que a nanociência não foi desenvolvida para fazer o que a microeletrônica já fazia, mas sim para dar início a algo novo, a possibilidade de pesquisas serem desenvolvidas em uma nova escala de comprimento, a escala nano. Portanto, Feynman pode ser considerado um dos responsáveis por uma evolução científica, ainda que não exclusivamente visto que seu discurso sofreu influência de vários precursores, uns anunciados pelo próprio Feynman. No entanto, é utopia pensar que essa evolução se estabeleceu e obteve

⁵ NPD-Nanotechnology Products Database. Endereço eletrônico: <https://product.statnano.com/>. Acesso em 8 de julho de 2020.

sucesso em pouco tempo, ou em uma palestra no final da década de 50. As discussões precedentes tecem a linha do contexto histórico em que a inusitada e criativa nanociência surgiu, um campo novo que levou algumas décadas para se estabelecer como uma área propícia à compreensão do mundo “lá em baixo”.

2.2 Perspectiva da pesquisa na nanoescala na economia e sociedade do país

Reservamos este espaço do estudo para discursarmos a respeito dos incentivos do governo brasileiro para a ciência na nanoescala, apresentando um panorama dos investimentos empregados nessa área. Os altos investimentos, exibidos adiante, justificam a relevância da divulgação do conhecimento da nanociência. Outro aspecto que colabora para a necessidade da abordagem desse campo do saber é a forte influência de suas aplicações e consequências na sociedade atual.

A busca pela manipulação da escala atômica foi intensificada a partir dos anos 2000, e as aplicações da nanotecnologia estimulou diversos países como, por exemplo, os Estados Unidos e o Japão a aplicar altos investimentos na fabricação de objetos em escala na dimensão nano.

Nas últimas décadas, o Brasil entra na concorrência mundial e lança vários programas de pesquisa na área da nanociência. A corrida mundial pelo mundo “lá em baixo” é justificada tomando como base estudos realizados por inúmeras instituições ao redor do mundo, em que as potencialidades dos nanomateriais são apresentadas. No Brasil, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2010) responsável pelo estudo intitulado “Materiais Avançados 2010-2022”, que visa tornar o país mais independente no conhecimento de materiais e ampliar a produção científica nacional, 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, Coreia 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 (BRASIL, 2018, p. 20).

Na presente pesquisa, são apresentados os investimentos realizados pelo país de 2013 em diante, muito embora constatamos a existência de projetos e iniciativas desenvolvidas em épocas anteriores.

A proliferação de políticas industriais e tecnológicas relacionadas a 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 a 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.

Para mantê-lo no cenário da nanotecnologia internacionalmente competitivo, foi lançada em 2013 a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) que compreende “um conjunto de ações com o objetivo de criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e os agentes atuantes nas áreas de nanociência e nanotecnologia” (BRASIL, 2016, p, 42). A IBN visa criar, integrar e fortalecer ações do governo para o desenvolvimento científico e tecnológico em nanotecnologia. Entre as inúmeras ações implementadas pela IBN, consistem o NANoREG (*A common European approach to the regulatory testing of nanomaterials*) e o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO).

Criado pela União Europeia, o NANoREG aborda a regulação internacional em nanotecnologia. Em apoio ao desenvolvimento do NANoREGA, o Brasil oficializa sua participação no programa em 2014, com o objetivo de oferecer “às agências reguladoras e aos legisladores do Brasil as ferramentas necessárias para que se tenha uma regulamentação em nanotecnologia embasada em conhecimentos científicos, em consonância com a regulamentação mundial e que dê segurança a trabalhadores, consumidores e ao meio-ambiente” (BRASIL, 2018, p. 43).

De modo a estruturar a pesquisa, o projeto foi dividido em sete pacotes de trabalho, que são: Respostas científicas para questões regulatórias; Síntese, fornecimento e caracterização; Exposição através da análise do ciclo de vida; Testes de biocinética e toxicidade *in vivo*; Riscos regulatórios, avaliação e teste; Acompanhamento do ritmo da inovação e Ligações, disseminação, exploração e comunicação. Oito laboratórios brasileiros do SisNANO cooperaram para a construção de cinco dos sete pacotes propostos pelo projeto (BRASIL, 2018).

O NANoREGA teve a colaboração de mais de 85 países, que por meio de métodos confiáveis e reproduzíveis fizeram teste com nanomateriais para avaliar seus efeitos na saúde humana e no meio ambiente, se tornando o primeiro projeto de segurança em nanotecnologia.

Com duração de 48 meses, o projeto teve suas atividades finalizadas em 2017 e um custo aproximado de 50 milhões de euros.

O tema, nanotecnologia, recebeu destaque no documento de Estratégica Nacional de Ciência e Tecnologia 2016-2022 (ENCTI, 2016), por se tratar de uma área com múltiplas possibilidades de aplicações, graças a prestigiada característica dos nanomateriais. Os nanomateriais são materiais com estrutura na ordem nanométrica, em geral seu comprimento varia entre 0,1 e 100 nanômetros e abrange fenômenos que muitas vezes não são perceptíveis em outras escalas de tamanhos.

No ano de 2018, a nanotecnologia também foi apontada como um dos temas estratégicos no Plano de Ação de Ct&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras. A escolha dos temas que compõem o Plano de Ação, é fundamentada na Estratégica Nacional de Ciência e Tecnologia (ENCTI, 2016-2022) e no estudo de “Materiais Avançados 2010-2022”, realizado pelo CGEE (2010). Dividido em quatro volumes, em que o primeiro é reservado exclusivamente para ações em nanotecnologia, o documento estabelece como objetivo “Criar e nutrir um ambiente de colaboração entre a indústria e academia, aliando competências em ciência, tecnologia e inovação, centrado na ética e na promoção continuada do completo desenvolvimento sustentável do ecossistema de Nanotecnologia” (BRASIL, 2018b, p. 8).

Neste viés, o Brasil inaugurou em 2018 o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais (CCNANOMAT), que é uma ampliação das competências do Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNANO), com o objetivo de subsidiar o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) em política nacional nos setores produtivos estabelecendo áreas prioritárias, diretrizes, alocação de recursos, avaliação das iniciativas, ações, programas e projetos nas áreas de nanotecnologia e novos materiais (BRASIL, 2018a).

Os investimentos do Brasil em nanotecnologia, entre os anos de 2013 a 2018, chegam à soma de R\$ 600 milhões (recursos públicos), esse valor é considerado baixo se comparado ao aplicado por outros países como os Estados Unidos que investe 1,54 bilhão de dólares por ano. Outro exemplo é a Rússia que desde 2011, já investiu mais de 10 bilhões de dólares para o desenvolvimento da nanoindústria (BRASIL, 2018). Os subsídios investidos pelo Brasil, nesse intervalo de tempo ampliou as Redes de pesquisa e projetos em nanotecnologia, possibilitou montagem de novos laboratórios e novos equipamento para laboratórios já existentes e expandiu o número de eventos de divulgação científica, desse modo “Incentivar e fomentar as ações em nanotecnologia demonstram a capacidade do País em inovar em segmentos competitivos” (BRASIL, 2016, p. 59).

No ano de 2019, o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO) passou a ser regulamentado pela Portaria MCTIC N° 2.376, inicialmente o sistema era normatizado pela Portaria do MCTI n° 245 de 5 de abril de 2012. Em sua nova versão, o SisNANO apresenta um caráter multiusuário de acesso aberto a instituições públicas e privadas, mediante submissão de propostas de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) ou de requisição de serviços. O sistema é considerado um dos eixos principais de estratégicos da IBN (BRASIL, 2020a).

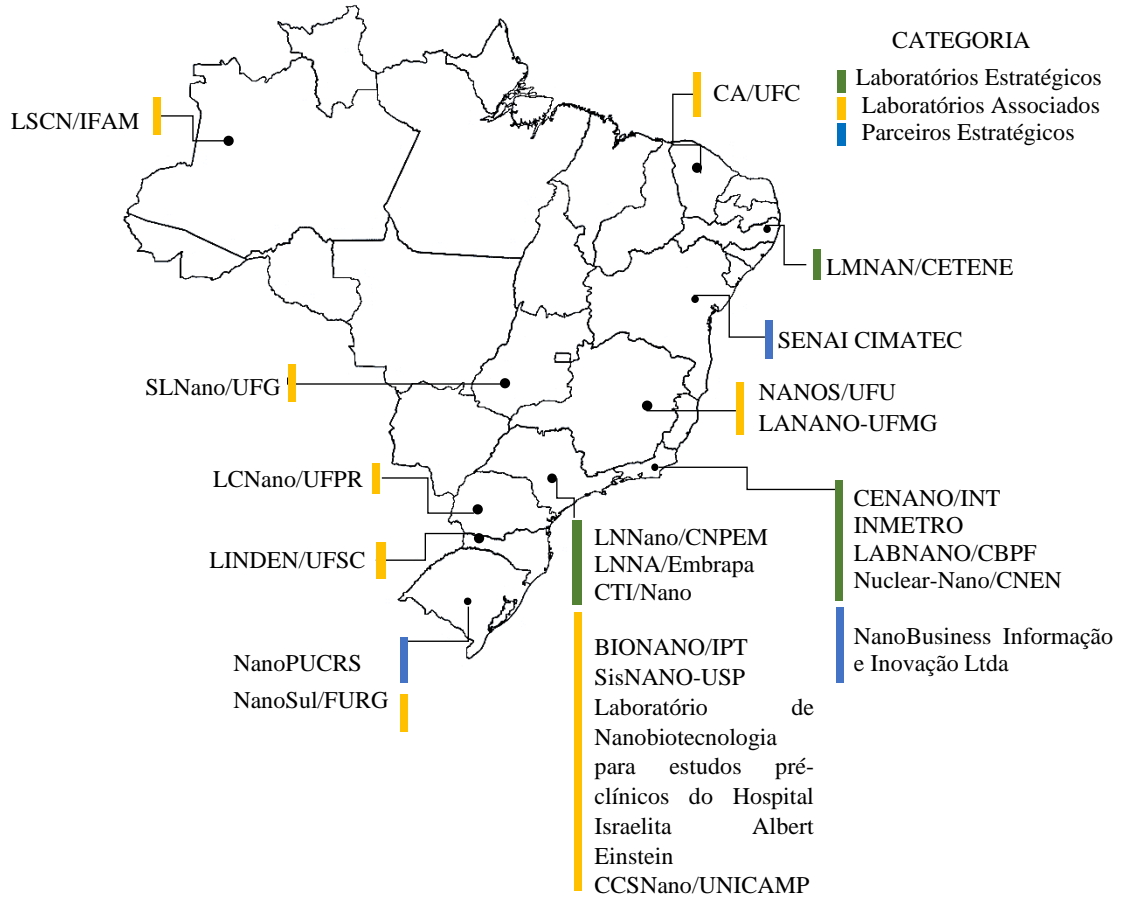
Segundo o Relatório Anual do MCTIC, em 2019 o programa SisNANO recebeu um investimento de R\$ 9 milhões (BRASIL, 2020b). Dados do Plano de Ação de Ct&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (BRASIL, 2018b), anunciam que os valores investidos nas duas versões do programa somam aproximadamente R\$ 35 milhões, e os valores arrecadado em serviços e projetos, chegam a R\$ 128 milhões. Os dados apontam ainda, que o SisNANO produz cerca de R\$ 4,00 para cada R\$ 1,00 investido.

Atualmente, o programa é composto por um conjunto de 23 laboratórios direcionados à PD&I em nanociência e nanotecnologia que são organizados em três categorias:

- Laboratórios Estratégicos - composto por 8 laboratórios vinculados diretamente ao Governo Federal e que devem disponibilizar no mínimo 50% (cinquenta por cento) do tempo de uso a usuários externos, tanto públicos quanto privados;
- Laboratórios Associados - formado por um conjunto de 12 laboratórios vinculados a Universidades ou Institutos de Pesquisa, Desenvolvimento e/ou Inovação, públicos ou privados, sem fins lucrativos, que devem disponibilizar no mínimo 20% (vinte por cento) do tempo de uso a usuários externos, tanto públicos quanto privados;
- Parceiros Estratégicos - representado por 3 laboratórios ou Institutos privados, com ou sem fins lucrativos, que devem disponibilizar no mínimo 10% (dez por cento) do tempo de uso, a usuários externos, tanto públicos quanto privados.

Os 23 laboratórios que compõem o programa SisNANO estão distribuídos nas cinco regiões do país (Nordeste, Norte, Sul, Sudeste e Centro-Oeste) como exibe a Figura 2.

Figura 2-Distribuição regional dos laboratórios do SisNANO.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2019).

Os incentivos e estratégias de apoio a programas e o desenvolvimento de políticas de financiamento a inovação e tecnologia, amenizam o atraso tecnológico que separa o Brasil dos países desenvolvidos. Essas ações são prioritárias para que o país alcance um novo patamar de desenvolvimento socioeconômico.

Importante ressaltar, ainda, os desafios que o Brasil precisa superar para alcançar o retorno esperado após os investimentos realizados em nanotecnologia. Esses desafios tem raiz na regulamentação e na educação. A ausência de regulamentações pode encandear uma série de problemas de ordem orçamentárias como, por exemplo, carência de recursos públicos e privados e de investimentos financeiro no tema (BRASIL, 2018b). No subitem seguinte, realizamos um delineamento dos desafios em relação a educação.

2.3 Emergência da abordagem da nanociência e da nanotecnologia

O mundo globalizado está repleto de tecnologias baseadas no desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia. Além de permear várias atividades tecnológicas, científicas e econômicas, as discussões precedentes fortalecem a ciência na nanoescala como um campo do conhecimento, haja vista que em muitos casos a academia, considerada como responsável pela produção do conhecimento, é direcionada pela demanda da indústria. Desse modo, a atual emergência de estudos relativos a nanociência e a nanotecnologia para apropriação de fundamentos e conceitos dessa ciência é justificada. 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 (GIL *et al.*, 2001).

Assim sendo, o Plano de Ação de Ct&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras aponta a ausência de uma educação efetiva em nanociência como uns dos principais desafios a ser vencido 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. Neste sentido, é preciso apresentar a sociedade tanto os benefícios como os cuidados que se deve 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” (BRASIL, 2018b, p. 46).

Desse modo, alguns autores (LEONEL, SOUZA, 2009; ELLWANGER *et al.*, 2012; LIMA, ALMEIDA, 2012; CLEBSCH, WATANABE, 2017) 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.

Leonel e Souza (2009), com o objetivo de divulgar as potencialidades da nanociência e da nanotecnologia, apresentaram um seminário para alunos do Ensino Médio e um minicurso para graduandos e graduados em Licenciatura em Física, Química e Biologia. Durante o seminário e o minicurso, os autores exibiram vídeos com documentários e entrevistas com cientistas que trabalham com a temática. Após o seminário e o minicurso, foram aplicados questionário diferenciados para cada público participante. Mediante a análise dos questionários, os autores evidenciaram que o conhecimento da nanociência e nanotecnologia, pode potencializar o conhecimento de Física, para isso, se faz necessário que o professor reconsidere

as metodologias adotadas no trabalho docente e passe a utilizar materiais metodológicos diversificados. Como sugestão, os autores citam os que se encontram na internet que contemple os tópicos que se deseja abordar.

Por meio da transposição didática, Ellwanger *et al.* (2012) desenvolveram juntamente com alunos de Pós-graduação, unidades didáticas e objetos de aprendizagem com a temática da ciência na nanoescala, visando popularizar o conhecimento da nanociência através de uma linguagem de fácil compreensão, tornando conceitos abstratos acessível a uma grande quantidade de pessoas, desse modo “a produção de objetos de aprendizagem que contemplem tecnologias atuais aliadas a novas metodologias de ensino, poderão auxiliar professores e alunos de diferentes níveis de ensino em suas práticas educacionais, tornando o ensino mais atualizado e atrativo” (ELLWANGER *et al.*, 2012, p. 8).

Lima e Almeida (2012), tencionando atualizar o currículo do curso de Licenciatura em Física, 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. As atividades proporcionaram nos licenciandos, o surgimento de reflexões e melhor compreensão das novas tecnologias originadas da nanociência, desse modo, os licenciandos puderam se posicionar de forma favoráveis ou contrários as inovações decorrentes da ciência na nanoescala (LIMA; ALMEIDA, 2012).

Com auxílio de software computacional, Clebsch e Watanabe (2017) elaboraram objeto educacional (vídeo/*blog*) de acesso aberto democratizando a incursão de estudantes da Licenciatura em Física, de curso técnico em Química e do Ensino Médio no ensino da nanociência e da nanotecnologia. Tomando como base a escala nano a partir da abordagem “de cima para baixo” (*top-down*), os autores construíram uma ferramenta didático-pedagógica que possibilitou a exploração e apresentação das controvérsias dos temas, explicação da ordem de grandeza, discussão da importância da Física Quântica para o desenvolvimento da ciência na nanoescala, debate sobre as modificações que ocorrem nas propriedades dos objetos quando submetidos a escala nano em comparação a outras escala, e apresentação dos inúmeros segmentos da nanotecnologia.

Para Clebsch e Watanabe (2017), o vídeo e *blog* permitiram a interação entre os usuários (licenciandos e estudantes) com os autores e entre si, contribuindo para divulgação, aprendizagem e incentivo a pesquisa nesses temas. Os usuários relataram que os objetos educacionais possibilitam um aprofundamento em discussões sobre a constituição da matéria, compreensão das aplicações da nanociência e percepção que a nanociência e a nanotecnologia

são multidisciplinares. Por meio dos comentários dos usuários no *blog*, os autores puderam analisar a receptividade do conteúdo nano que proporcionou melhor compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos da ciência na nanoescala.

Dentro da perspectiva da abordagem da nanociência e da nanotecnologia, 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. As estratégias utilizadas para o ensino da ciência na nanoescala, além de fortalecer esse campo do conhecimento, exibem a emergência da abordagem dessa ciência. Tais 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 e Watanabe (2017). Outros trabalhos utilizam da aplicação de sequência didática como proposta para o ensino da nanociência (BERNARDO, 2019), já o trabalho de Faria Júnior (2019) relaciona propostas de ensino da nanociência e nanotecnologia com a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Após uma ampla revisão literária, os autores Jesus, Lorenzetti e Higa (2015) 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 para os agentes da *noosfera*⁶ que consideram a divulgação desses temas imprescindíveis na Educação Básica e Superior, tais conhecimentos podem ser tratados em diferentes contextos e públicos por possuírem objetivos diversificados. Neste contexto, a abordagem dos temas possibilita que o aluno compreenda, 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.

No ensino da nanotecnologia é fundamental uma abordagem crítica e reflexiva, a fim de contribuir com a formação cidadã dos estudantes. Além disso, o ensino da nanotecnologia não deve se restringir à apresentação das aplicações dessa tecnologia e à preparação dos estudantes para o mundo do trabalho a ela relacionado, mas também deve auxiliá-los na construção de um pensamento crítico a respeito da nanotecnologia em seu cotidiano e contribuir para que possam se posicionar perante esse processo (JESUS; LORENZETTI; HIGA, 2015, p. 02).

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

⁶ Noosfera é um conceito, cunhado por Chevallard (1991), que se refere ao conjunto de agentes que influenciam de alguma forma no sistema de ensino, tais como professores, pais, alunos, órgãos governamentais, pesquisadores e editores de livros didáticos e manuais de professores. (JESUS; LORENZETTI; HIGA, 2015, p. 2).

metodologias são importantes para que o aluno possua capacidades de compreender a nanociência. Os autores sugerem o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no processo de ensino e aprendizagem desse conhecimento, uma vez que “a nanoeletrônica em sinergia com a programação e as ciências da computação estão afetando a educação desde o uso mais básico da tecnologia, de maneira expositiva com o uso de projetores multimídias e quadros interativos em sala de aula, até o uso das tecnologias móveis e interativas” (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020, p. 6).

Neste sentido, a nanotecnologia constitui uma importante ferramenta pedagógica no enriquecimento do âmbito de ensino e oferece subsídios para que a construção cognitiva e cidadã do aluno, ocorram de maneira mais acessível e eficiente dentro e fora da sala de aula (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020).

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).

Ao desenvolverem uma vasta revisão bibliográfica, Tonet e Leonel (2019) 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 aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). 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.

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. Nesse contexto, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio apontam que “Temas relevantes e atuais merecem atenção, como a *nanotecnologia*, além de outros de forte

relação com aspectos sociais, como as contribuições da Física nas *questões ambientais*” (BRASIL, 2006, p. 56). Tendo em vista a amplitude dessa temática, as Diretrizes Nacionais para a Educação Básica (BRASIL, 2013) expressam a importância desses conhecimentos adentrarem a Educação Básica, reconhecem o ensino da ciência na nanoescala como um campo de saber substancial para a sociedade e recomendam sua abordagem no processo socioeducativo.

O conhecimento científico e as novas tecnologias constituem-se, cada vez mais, condição para que a pessoa saiba se posicionar frente a processos e inovações que a afetam. Não se pode, pois, ignorar que se vive: o avanço do uso da energia nuclear; da nanotecnologia; a conquista da produção de alimentos geneticamente modificados; a clonagem biológica. Nesse contexto, tanto o docente quanto o estudante e o gestor requerem uma escola em que a cultura, a arte, a ciência e a tecnologia estejam presentes no cotidiano escolar, desde o início da Educação Básica (BRASIL, 2013, p. 26).

No ano de 2018, o Ministério da Educação (MEC) junto ao Conselho Nacional de Educação (CNE) homologaram um novo documento para a Educação Básica, intitulado de Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O documento normativo visa direcionar os caminhos que os currículos e as propostas pedagógicas das escolas públicas e privadas em todos os níveis de escolarização devem seguir para o progresso da educação brasileira (BRASIL, 2017). A BNCC busca por meio de política nacional, uma concordância no âmbito federal, estadual e municipal em relação à elaboração de conteúdos para a Educação Básica, à formação de professores e construir infraestruturas adequada para o exercício da educação (BRASIL, 2017).

A BNCC, apresenta o conhecimento de ciências e suas tecnologias como referência dos saberes escolar. Todavia, os termos nanociência e nanotecnologia são ausentes no documento e as orientações não apontam para o ensino dessa ciência diretamente nas escolas da Educação Básica. 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 na BNCC, pode contribuir para o analfabetismo funcional e para a exclusão do aluno de 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.

3 PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Neste Capítulo, caracterizamos a metodologia da pesquisa, apresentando os instrumentos utilizados no processo de coleta de dados e a Análise de Conteúdo utilizada como referencial teórico-analítico. Os métodos adotados visam responder à questão norteadora da pesquisa e verificar se os objetivos propostos foram alcançados.

Os aspectos teórico-metodológicos da pesquisa que norteiam as discussões neste capítulo se baseiam nos seguintes referenciais teóricos: Triviños (1987); Minayo *et al.* (2002) e Gil (2008), que fundamentaram os procedimentos metodológicos, a escolha e organização dos instrumentos de coleta de dados e a característica da pesquisa. Na descrição das informações referentes ao curso de Licenciatura em Física, recorremos a matriz curricular e ao Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) da Universidade Federal do Maranhão e da Universidade Federal de Santa Catarina. Para o referencial teórico-analítico, empregamos a Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (2011) que nos concedeu elementos básicos para análise dos dados coletados permitindo melhor compreensão e interpretação dos resultados.

3.1 Caracterização da pesquisa

A metodologia da presente pesquisa é caracterizada como de abordagem qualitativa por tentar responder questões particulares que não podem ser representadas por números, preocupando-se com fenômenos resultantes da realidade do sujeito e que influenciam em seu comportamento sociocultural. A pesquisa qualitativa é centrada em ideais 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 tec.) que determinam sua ação e orientam seu comportamento na sociedade (GIL, 2008).

Segundo Minayo *et al.* (2002), a pesquisa qualitativa se baseia na dialética, interpretação e compreensão da realidade do ser humano e dedica-se a entender suas crenças, valores e atitudes. A natureza desta pesquisa, distingue-se da quantitativa por “aprofunda-se no mundo dos significados das ações e relações humanas, um lado não perceptível e não captáveis em equações, médias e estatísticas” (p. 22).

O campo da amostragem da pesquisa é a Universidade Federal do Maranhão e a Universidade Federal de Santa Catarina. O sujeito do estudo são professores atuantes no curso de Licenciatura em Física. A categorização do sujeito e do local da pesquisa são retratados com mais detalhes posteriormente.

Esclarecemos que nossa investigação se deteve ao curso de Licenciatura em Física, 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 escolha do curso com habilitação em Licenciatura, se deu ainda por estar vinculado a formação inicial da primeira pesquisadora que obteve o título de Licenciatura em Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). No decorrer do curso de mestrado, foi concedido a primeira pesquisadora a oportunidade de realizar um intercâmbio na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por meio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD/Amazônia), na oportunidade a instituição também foi selecionada para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Os critérios de escolha dos docentes para participação nesta pesquisa foram os seguintes: (I) professor ativo nas Instituições de Ensino Superior (UFSC ou/e UFMA); (II) possuir formação em Física (Licenciatura ou Bacharelado); (III) 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 e (VI) 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 critério de formação em Física, foi estabelecido visando entrevistar docentes que tivessem maior contato com este conhecimento no dia a dia podendo contribuir para os objetivos da pesquisa.

O questionário (Apêndice I) um dos instrumentos de coleta de dados, delimitou o universo dos sujeitos de interesse da pesquisa, ou seja, selecionou os professores participantes da segunda etapa, constituída pela entrevista semiestruturada.

3.2 Procedimentos e instrumentos de coleta de dados

A primeira etapa, buscou indícios do conhecimento da nanociência e da nanotecnologia para em seguida apresentar a estrutura em volta desse conhecimento nas ementas das disciplinas. Nesta etapa, empregamos a pesquisa documental em torno do Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) e da matriz curricular dos cursos de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). A aquisição dos documentos, considerados fontes privilegiadas de informação se deu por meio eletrônico e por intermédio dos representantes (coordenadores) dos cursos.

Gil (2008, p. 51), entende que a pesquisa documental “vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa”. 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.

Inicialmente, exploramos os documentos para seleção e classificação dos dados que se pretendem investigar. No momento da exploração, traçamos um caminho em torno dos assuntos relativos a Física Moderna e Contemporânea, selecionamos as palavras-chave “nanociência” e “nanotecnologia”, por meio de recortes de informação.

A escolha da pesquisa documental se deu pela facilidade na visualização dos conteúdos de FMC reservados para o curso de Física, em que o conhecimento da ciência em nanoescala pode ser evidenciado, visto que a nanociência é um campo do conhecimento da FMC. Tais evidências podem auxiliar na compreensão das perspectivas alusivas à formação inicial em Física frente ao nascimento de uma nova ciência, a nanociência.

A pesquisa documental foi realizada entre os períodos de setembro a dezembro de 2019 e abrangeu uma amostra de dois cursos de Licenciatura em Física na modalidade presencial das instituições campo desta pesquisa.

Gil (2008), entende que neste modelo de pesquisa, 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” (p.147). Gil (2008) ainda explica que 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.

Considerando a dimensão deste estudo, além da pesquisa documental desenvolvemos uma pesquisa de campo em que os instrumentos utilizados foram o questionário e a entrevista semiestruturada.

Inicialmente aplicamos o questionário contendo perguntas objetivas, esse instrumento nos permitiu verificar quem realiza a abordagem da temática de nosso interesse em sua práxis docente.

A escolha desse instrumento se deu por efeito de sua funcionalidade na aquisição de informações. Entendemos que, os resultados coletados no questionário são necessários para melhor conhecimento do sujeito e que estes podem auxiliar as etapas posteriores da pesquisa, segundo Triviños (1987, p. 171), “os resultados do questionário, por exemplo, alimentam o desenvolvimento da entrevista semi-estruturada e a observação livre. Isto significa que as respostas dos questionários devem ser conhecidas e interpretadas, antes da aplicação dos outros instrumentos”.

Dando continuidade à investigação, utilizamos a entrevista semiestruturada como recurso destinado a coleta de informações presente nas falas do sujeito da pesquisa (o professor), a serem exploradas e que contribuem para a confirmação ou refutação da hipótese da pesquisa. Alguns autores, (TRIVIÑOS, 1987; MINAYO *et al.*, 2002; GIL, 2008) defendem o uso da entrevista como instrumento de coleta de dados por trata-se de uma técnica apropriada para obtenção de informações referente a crenças, valores, visões, comportamento, significados, pretensões, bem como as razões da ação do sujeito em relação a um determinado tema.

Minayo *et al.* (2002) classificam as técnicas da entrevista em três modalidades, que são: estruturadas, não-estruturadas e semiestruturadas. A divisão depende das características no modo em que o pesquisador elabora as perguntas podendo ser abertas ou fechadas, dirigidas ou espontânea. A entrevista estruturada é conduzida por perguntas elaboradas antecipadamente, já a entrevista não-estruturada dispensa a formulação das perguntas oferecendo maior liberdade ao pesquisador. A terceira modalidade, entrevista semiestruturada, que é a junção desses dois modelos, em que o pesquisador aborda o tema de forma parcialmente livre, mas utiliza um roteiro que conduz as perguntas e propicia um contato formal e informal simultaneamente atendendo aos objetivos da pesquisa no contexto investigativo.

Nesse cenário, buscando alcançar os objetivos da pesquisa, as perguntas foram previamente formuladas (Apêndice II). Esclarecemos que, a existência do roteiro de questões não inviabilizou a liberdade do pesquisado que teve oportunidade de discorrer sobre o tema em questão, uma vez que as perguntas possibilitaram o diálogo sem prender o pesquisado à

pergunta formulada. A elaboração do roteiro da entrevista fornece mais segurança ao pesquisador e pode evitar que este se atrapalhe no momento da realização das entrevistas, além de manter sua atenção nos objetivos da investigação.

Esclarecemos que os participantes foram informados sobre a gravação da entrevista e a mesma somente foi realizada após aprovação dos informantes. Em conformidade com o Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos, ao findar a entrevista, os professores assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice III).

3.3 O referencial teórico-analítico: Análise de Conteúdo

Na presente pesquisa, desenvolvemos a análise em dois níveis distintos. O primeiro nível, é caracterizado por informações e dados relacionados à formação e nível acadêmico, tempo de serviço na universidade em que exerce a docência e atuação profissional dos professores. No segundo nível, analisamos as concepções dos professores em relação aos saberes disciplinares considerados essenciais para a formação do licenciando em Física, concepções sobre a nanociência e a nanotecnologia e analisar os fatores que influenciam na abordagem ou não da ciência na nanoescala na graduação em Física.

Para análise das entrevistas, utilizamos como referencial teórico-analítico a análise de conteúdo de Bardin (2011, p. 52) que tem como principal objetivo “a manipulação de mensagens (conteúdo e expressão desse conteúdo) para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre uma outra realidade que não a da mensagem”. A autora classifica a análise de conteúdo como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

A escolha dessa técnica de análise, se deu por entendemos que esta pode auxiliar, por meio da leitura sistemática e análise, na interpretação do texto e dar visibilidade ao significado que o sujeito tencionou informar no seu discurso falado. Busca-se na presente investigação, compreender as intenções relacionadas a nanociência e nanotecnologia nos cursos de Licenciatura em Física, o que leva à necessidade de conhecer e compreender por meio da comunicação as concepções do professor a respeito destas temáticas.

De acordo com Bardin (2011), a técnica de análise de conteúdo é dividida em três fases: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos dados, inferência e interpretação. A pré-análise é destinada para organização dos documentos selecionados para análise e tem

como principal objetivo “tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise” (BARDIN, 2011, p. 125).

Na pré-análise, iniciamos a leitura flutuante, desenvolvida após a transcrição das entrevistas, para melhor conhecermos o texto. Em seguida, procedemos com à formulação de hipóteses, que pretendemos certificar por meio dos procedimentos de análise. Nesta fase, o material foi preparado para análise, as entrevistas foram transcritas e impressas em papel à medida que eram desenvolvidas. O discurso produzido pela fala do sujeito (entrevistas transcritas), constitui o *corpus* da pesquisa, Bardin (2011) define o *corpus* como “é o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos” (p. 126).

A fase de exploração do material, consiste na codificação, em que realizamos a transformação dos dados brutos do texto de forma sistemática possibilitando o alcance das representações do conteúdo, ou seja, das características do texto (BARDIN, 2011). Esta fase, viabilizou a definição das unidades de registros, ou de significação (palavras) e a construção dos sistemas de categorias que foram selecionadas a partir das falas dos professores e dos objetivos de cada segmento da entrevista. A terceira fase corresponde ao tratamento dos resultados, inferências e interpretação, tendo como objetivo dar validade e significado aos dados (BARDIN, 2011). Na ocasião, os dados foram organizados e sistematizados com o objetivo de facilitar a visualização e compreensão da perspectiva do professor em relação a abordagem da nanociência e da nanotecnologia na prática docente.

Bardin, organiza a fase de codificação em níveis de escolha, sendo estes: recortes (escolha das unidades de registro); enumeração (escolha das regras de contagem); e classificação e agregação (escolha das categorias).

A unidade de registro consiste na “unidade de significação codificada e corresponde ao segmento de conteúdo considerado unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial” (BARDIN, 2011, p. 134). O segundo nível, nível da enumeração, compreende a escolha das regras de contagem, essa técnica é muito utilizada nas pesquisas de natureza quantitativas. O modo de contagem pode ser por: frequência simples ou ponderada, presença ou ausência, intensidade, direção, ordem e coocorrência.

O terceiro nível, o nível da classificação e agregação, destina-se a escolha das categorias seguida da categorização, partindo da ideia que “o sistema de categorias deve refletir as intenções da investigação, as questões do analista e/ou corresponder às características das mensagens” (BARDIN, 2011, p.150). Para Bardin, este processo é caracterizado pela transformação dos dados brutos em dados organizados, em que os elementos são classificados

e representados por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento permitindo o conhecimento de índices até então invisíveis. Minayo *et al.* (2002, p. 70), referem-se à categoria como “um conceito que abrange elementos ou aspectos com características comuns ou que se relacionam entre si”.

Nesta investigação, a codificação foi desenvolvida posteriormente à coleta dos dados por meio do critério de categorização semântico. Desse modo, buscou-se conhecer para posteriormente agrupar os principais códigos de significados comuns nos relatos dos professores participantes.

Em nossa pesquisa, o roteiro utilizado na entrevista foi dividido em blocos de análise, sendo estes: (1) Concepção sobre a nanociência e a nanotecnologia; (2) Abordagem da ciência na nanoescala e (3) Recursos metodológicos. O primeiro bloco, composto por um conjunto de questões que tiveram como objetivo conhecer as concepções do professor sobre a nanociência e a nanotecnologia e investigar se o mesmo era ciente das diferenças apresentadas na terminologia dessa ciência. No segundo bloco, compreendeu perguntas relacionadas a abordagem da ciência na nanoescala na formação inicial em Física. O último bloco, exibe os materiais metodológicos e as estratégias utilizadas no tratamento desse conhecimento o que possibilitou apresentar as práticas de ensino desenvolvidas na abordagem da nanociência. Tais questionamentos são fundamentados na influência que as inovações científicas e tecnológicas, desenvolvidas na escala de comprimento nanômetro, vêm estabelecendo a sociedade contemporânea.

3.4 Cenários da pesquisa

A apresentação do cenário da pesquisa teve como objetivo conhecer as características dos cursos de Licenciatura em Física ofertados pela UFMA e pela UFSC com base nos elementos presentes no Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) e nas informações concedidas pelo corpo de técnicos administrativo, chefes de Departamentos e coordenadores dos respectivos cursos. Na oportunidade, descrevemos a trajetória histórica do curso e a estrutura curricular.

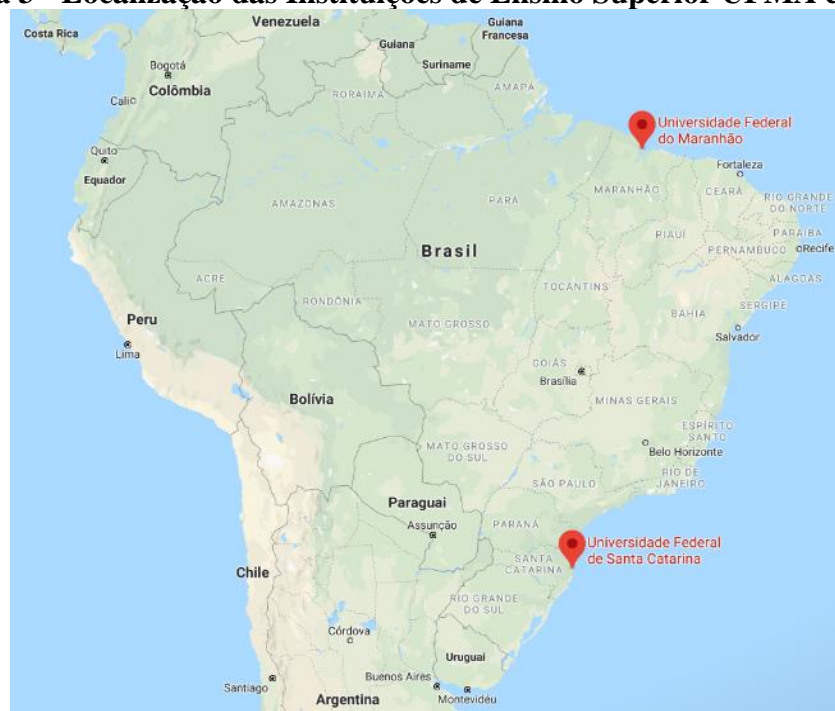
O contato com a UFSC, se deu por meio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD/Amazônia). Financiando pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o programa busca desenvolver intercâmbio de docentes e alunos entre Programa de Pós-Graduação (PPG) e o aperfeiçoamento contínuo do ensino e da pesquisa, possibilitando a redução das assimetrias regionais

presenciada no Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG). Um dos principais objetivos do PROCAD é “apoiar projetos conjuntos de ensino e pesquisa, em intuições distintas, os quais aprimorem a formação pós-graduada visando a melhoria da qualidade dos PPGs vinculados às Intuições dos estados da Região Norte e do estado do Maranhão” (CAPES, 2018, p. 1).

A posição geográfica das instituições foi levada em consideração no processo de escolha dos centros de modo a contribuir para a redução das assimetrias regionais. O Sistema Nacional de Pós-graduação (SNPG), destaca uma assimetria regional nos programas de pós-graduação em que docentes e pesquisadores atuantes nas IES da região Sul e Sudeste, tem maior participação na produção científica do Brasil se comparados aos das regiões Norte e Nordeste.

O campus da UFMA, está localizado na região Nordeste do Brasil, enquanto o campus da UFSC na região Sul do país. Neste contexto, acreditamos que a escolha de campus localizado em regiões distintas favorece uma interação orgânica entre as instituições (UFMA e UFSC), e pode diminuir a ausência de simetria ultrapassando as fronteiras do conhecimento científico e tecnológico. A Figura 3, exhibe a posição geográfica dos *campi*.

Figura 3 - Localização das Instituições de Ensino Superior UFMA e UFSC.



Fonte: GOOGLE MAPS (2020).

3.4.1 Caracterização do campo de pesquisa - Universidade Federal de Santa Catarina

Iniciamos nossa pesquisa pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Localizada no Bairro Trindade, na cidade de Florianópolis/SC. A aplicação do questionário e a

entrevista semiestruturada foram desenvolvidas em salas situadas no Centro de Ciências Físicas e Matemáticas (CFM), onde está localizado o Departamento de Física, e no Centro de Ciências da Educação (CED).

O Departamento de Física da UFSC atende aos cursos de Licenciatura, Bacharelado e Bacharelado em Meteorologia. Em relação à criação, o curso com a habilitação em Licenciatura foi implantado em 1974. No ano de 1980, o Bacharelado foi instaurado como uma segunda habilitação e em 2012 foi instituído o curso de Bacharelado em Meteorologia. No momento presente, o corpo docente do curso de Física é composto por 71 professores efetivos.

Considerado um dos maiores Departamentos da UFSC, o Departamento de Física oferece além da graduação, cursos de Pós-Graduação em Física, Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica e Mestrado Nacional Profissionalizante em Ensino de Física e desenvolve pesquisas em áreas diversas como, por exemplo, em Partículas Elementares e Teoria de Campos, Astrofísica, Ensino de Física, Física Atômica e Molecular, Física Matemática, Física Nuclear e de hádrons, Matéria Condensada, Mecânica Estatística, Meteorologia, Ótica Quântica entre outras.

De acordo com o PPPC de Física da UFSC, o curso de Licenciatura é ofertado em duas modalidades, presencial em que as aulas são realizadas no período noturno e Educação a Distância (EAD). Tendo como objetivo a “formação de um educador capacitado a desenvolver, de forma pedagogicamente consistente, o ensino-aprendizagem da física clássica e contemporânea, valorizando a sua interação com as ciências afins, o mundo tecnológico, os determinantes e as implicações sociais daí decorrente” (UFSC, 2008, p. 13).

Segundo informações do Departamento de Administração Escolar (DAE) da universidade, o ingresso no curso de Física na modalidade presencial é organizado em formas distintas, sendo elas por meio do Sistema de Seleção Unificada (SiSU) para o qual são reservadas 22 vagas e o programa de Seleção de Acesso à Educação Superior realizado pela própria instituição para o qual é destinada 53 vagas, o que totaliza 75 vagas anuais. Na modalidade de Educação a Distância (EAD), a instituição adota outras formas previstas em resolução específica dos Conselhos Superiores da UFSC.

A estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física é organizada em nove semestres e conta com uma carga horária total de 3534 horas/aulas necessárias para conclusão do curso que pode ser integralizada em prazo mínimo de oito semestres e em prazo máximo de doze semestres. Esta carga horária consiste na exigência mínima para integralização do currículo, isto é, para o cumprimento de disciplinas obrigatórias, gerais e específicas, optativas/eletivas, estágios, práticas curriculares e as atividades complementares.

Quanto a estrutura da matriz curricular do curso oferecido pela UFSC (Anexo II), observamos que os conteúdos estão organizados em 47 disciplinas obrigatórias incluindo seminários que possuem um caráter obrigatório. As atividades complementares intituladas de “Atividades Acadêmico-Científico-Culturais”, apesar de serem obrigatórias, não foram contabilizadas em nossa pesquisa por não apresentar uma ementa com a distribuição dos conteúdos propostos.

As disciplinas optativas, sendo facultada ao licenciado a livre escolha da mesma para compor o seu currículo, estão dispostas em 10 disciplinas.

3.4.2 Caracterização do campo de pesquisa - Universidade Federal do Maranhão

O curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), foi instituído no ano de 1969, já o curso de Bacharelado foi constituído em 1992. A princípio, não havia divisão no processo de seleção entre as habilidades (Licenciatura Plena e Bacharelado). O aluno era submetido a uma única seleção, cabendo a este escolher, durante a realização do curso, pela habilidade que assumiria. No ano de 2010 foi instaurada pela primeira vez no processo de seleção as habilidades Licenciatura Plena e Bacharelado de forma separada.

O Departamento de Física da UFMA está localizado no Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), no momento atual conta com um corpo docente de 24 professores ativos, apresenta dois programas de Pós-Graduação sendo estes: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e os Programas de Pós-Graduação em Física (PPGF), que oferece o Mestrado e o Doutorado. Além dos programas de Pós-Graduação já mencionados, os alunos formados na Licenciatura em Física, são atendidos pelo programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Matemática (PPECEM). Embora não pertença ao Departamento de Física, o programa está vinculado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET). A natureza multidisciplinar do programa permite o ingresso de graduados em cursos de Ciências Naturais, Física, Biologia, Química e Matemática e busca a qualificação desses alunos para atuarem no ensino superior e na educação básica.

Buscando o aperfeiçoamento do ensino superior, o Departamento de Física da UFMA conta com equipamentos tecnológicos modernos que permitem o desenvolvimento de pesquisas em Teoria de Campos, Óptica Aplicada, Simulação Computacional, Espectroscopia Vibracional e de Impedância, além de desenvolver estudos que possibilitam a caracterização micro estrutural dos materiais e a evolução do Ensino de Física.

As formas de ingresso no curso de Física ofertado pela UFMA, é estabelecida pelo Sistema de Seleção Unificada (SiSU), em que a seleção é feita através da aplicação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que atualmente é a principal porta de entrada para ingresso no ensino superior, podendo ser também mediante resoluções específicas dos Conselhos Superiores da UFMA. O curso reserva 25 vagas por semestre para o ingresso na formação inicial em Física, totalizando 50 vagas ao ano.

No momento atual, o curso é ofertado na modalidade presencial no turno vespertino, sendo que “as atividades de prática de laboratório, estágios, práticas pedagógicas e trabalho de conclusão de curso poderão ser realizadas em outros turnos, a depender da demanda e disponibilidade da referida disciplina/atividade” (UFMA, 2019, p. 5). E apresenta como principal objetivo o de:

Promover a formação de profissionais capacitados de forma que saibam utilizar os conhecimentos da Física Licenciatura, por meio do ensino, da pesquisa e da extensão, compreendendo e contribuindo para a transformação do contexto sociopolítico do seu meio, entendendo as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (UFMA, 2019, p. 10).

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 3465 horas/aulas que deve ser compreendido no período mínimo de oito semestres e máxima de doze semestres. A matriz curricular do curso (Anexo I) exhibe a divisão dessa carga horária em 47 disciplinas, considerando o estágio (quatro), as atividades complementares (uma), e a disciplina reservada para a Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). No PPPC de Física, as disciplinas são organizadas em núcleos, subdivididos em:

- Núcleo Comum– este núcleo compreende cerca de 50% da carga horária total exigida para a obtenção do diploma de Licenciatura em Física. Neste núcleo as disciplinas deverão ser cursadas comumente por alunos do curso de Licenciatura e Bacharelado. O núcleo compreende um total de 21 disciplinas que contemplam conteúdos de Física Geral, Física Clássica, Física Moderna e Contemporânea, Matemática e Química.

- Núcleo Complementar – as disciplinas deste núcleo visam ampliar a formação do aluno para outras áreas. Os conteúdos pertencentes a este núcleo estão divididos em 16 disciplinas com carga horária de 60 horas. O aluno deve integralizar no mínimo 120 horas em disciplinas deste núcleo.

- Núcleo Sequencial – este núcleo define a ênfase profissional do curso de Licenciatura. Ele está dividido em um “Núcleo Sequencial Obrigatório” composto por 17 disciplinas cuja carga horária das disciplinas varia entre 60 e 90 horas, e um “Núcleo

Sequencial Optativo” contendo 31 disciplinas, no qual o estudante deve integralizar no mínimo 120 horas em disciplinas.

Quanto a carga horária dos cursos de Licenciatura em Física das referidas IES, observamos uma conformidade com a carga horária estabelecida pelo Conselho Nacional de Educação e Conselho Pleno do Ministério da Educação, que constituiu na resolução CNE/CP nº 2/2019, no Capítulo IV, nos termos do art. 10º, a carga horária mínima estabelecendo que “Todos os cursos em nível superior de licenciatura, destinados à Formação Inicial de Professores para a Educação Básica, serão organizados em três grupos, com carga horária total de, no mínimo, 3.200 (três mil e duzentas) horas” (BRASIL, 2019, p. 5). O art. 11º, concerne sobre à organização da carga horária.

Art. 11. A referida carga horária dos cursos de licenciatura deve ter a seguinte distribuição:

I - Grupo I: 800 (oitocentas) horas, para a base comum que compreende os conhecimentos científicos, educacionais e pedagógicos e fundamentam a educação e suas articulações com os sistemas, as escolas e as práticas educacionais.

II - Grupo II: 1.600 (mil e seiscentas) horas, para a aprendizagem dos conteúdos específicos das áreas, componentes, unidades temáticas e objetos de conhecimento da BNCC, e para o domínio pedagógico desses conteúdos.

III - Grupo III: 800 (oitocentas) horas, prática pedagógica, assim distribuídas:

- a) 400 (quatrocentas) horas para o estágio supervisionado, em situação real de trabalho em escola, segundo o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) da instituição formadora; e
- b) 400 (quatrocentas) horas para a prática dos componentes curriculares dos Grupos I e II, distribuídas ao longo do curso, desde o seu início, segundo o PPC da instituição formadora (BRASIL, 2019, p. 6).

Traçando os procedimentos metodológicos, os instrumentos de coleta de dados, o referencial teórico-analítico e conhecendo os cenários da pesquisa, faremos em seguida a apresentação dos resultados alcançados na pesquisa documental e dos dados coletados na entrevista com os professores de Física.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Iniciamos o presente capítulo, apresentando as características dos sujeitos participantes da pesquisa. Em seguida, apresentamos o espaço reservado na matriz curricular e no Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) para o conhecimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC) por meio da técnica de pesquisa documental, e exibimos a carga horária reservada para a Física do século XX e as propostas curriculares em relação ao conhecimento da ciência na nanoescala.

Na oportunidade, exibimos ainda os resultados obtidos por meio da análise das entrevistas desenvolvidas em torno da temática nanociência e nanotecnologia, em que as concepções dos professores de Física a respeito da ciência na nanoescala foram organizadas em blocos de análise, o que nos permitiu conhecer e analisar a predisposição dos docentes para a abordagem deste campo do saber no curso de Licenciatura em Física.

4.1 Caracterização dos sujeitos: descrição e análise por meio do questionário

A caracterização dos sujeitos teve como objetivo conhecer o perfil dos professores participantes. Nesta etapa, buscamos criar um quadro dos aspectos formativos e de atuação para melhor conhecimento da realidade social do sujeito da pesquisa.

Dentre as particularidades que configuram o estudo, acentuamos que nesta fase a pesquisa apresenta as características descritivas do professor participante, por compreendermos que uma atenção especial deve ser dada ao sistema socialmente organizado (homem, sociedade) e que conhecer os níveis de formação, atuação, idade e o sexo do sujeito é progredir no conhecimento do próprio sujeito.

Salientamos que, por atendimento às regras de ética de pesquisa, adotaremos o anonimato dos professores participantes, mencionando-os quando necessário 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.

4.1.1 Caracterização do docente da UFSC

O período de coleta de dados na Universidade Federal de Santa Catarina no segundo semestre de 2019. A acolhida na instituição UFSC foi feita por intermédio do coordenador

dessa pesquisa que atua como docente no Departamento de Física e mediou o contato com os professores de Física.

Os professores selecionados, após apresentarem os critérios requeridos na pesquisa para participação, foram convidados via e-mail ou pelo aplicativo *WhatsApp* a colaborar com a investigação. Acentuamos que todos os docentes convidados, o que representa uma amostra de seis professores, aceitaram participar da pesquisa. Nesta etapa, constatamos que dois docentes participantes apesar de possuírem formação em Física e ministrarem disciplinas nesta área do conhecimento, pertenciam ao Departamento de Metodologia de Ensino, os demais participantes integravam o Departamento de Física.

Assim sendo, após o consentimento dos professores da UFSC em participar da pesquisa, as entrevistas foram realizadas de forma presencial e individual em horário, dia e local de escolha dos participantes. O Quadro 1 apresenta a caracterização dos formadores da UFSC e seu perfil formativo.

Quadro 1- Caracterização dos professores de Física (UFSC) participantes da pesquisa.

Professor	Gênero	Idade	Grau Acadêmico	Habilitação acadêmica	Habilitação profissional	Tempo de serviço (UFSC)
P1	M	50-59	Licenciatura em Física	Doutorado	Adjunto	9 (anos)
P2	F	40-49	Licenciatura e Bacharelado em Física	Pós-doutorado	Associada	12 (anos)
P3	M	40-49	Bacharelado em Física	Doutorado	Associado	9 (anos)
P4	M	40-49	Licenciatura em Física	Doutorado	Adjunto	3 (anos)
P5	M	40-49	Bacharelado em Física	Pós-doutorado	Associado	7 (anos)
P6	M	50-59	Bacharelado em Física	Pós-doutorado	Titular	4 (anos)

Fonte: Autora (2020).

A caracterização do sujeito da pesquisa possibilitou a observação da predominância do gênero masculino (cinco professores) em relação ao gênero feminino (uma professora)⁷.

Outro aspecto observado na caracterização foi a idade dos professores participantes, em que 33% apresentam idade entre 40-49 anos e 67% estão no intervalo de 50-59 anos.

⁷ Ressalta-se que a entrevista não se deu com todo o corpo docente do DeFís da UFSC, que apresenta mais do que uma professora. Logo, o anonimato desta permanece preservado mesmo ela sendo a única representante do sexo feminino neste estudo.

Evidenciamos que os intervalos de idade 25-29, 30-39 e 60 anos, não apresentaram nenhuma representatividade. Todos os professores participantes apresentam idade acima de 39 anos.

Com relação ao grau acadêmico dos participantes, os dados revelam que três professores (50%) possuem Bacharelado em Física, dois (33%) Licenciatura em Física e somente um professor (17%) apresenta as duas habilitações.

Na investigação, buscamos ainda, informações quanto ao vínculo com as instituições. Constatamos que todos os professores são concursados e atuam na modalidade de ensino superior. Entretanto, apresentam níveis de carreiras, ou habilidades profissionais, diferenciadas, sendo que três professores estão na classe Associado, dois pertencem a classe Adjunto e um pertence à classe de professor Titular, considerado o nível máximo do magistério superior federal. As classes Assistente e Auxiliar não apresentaram nenhuma representatividade.

Desse modo, a Lei nº 12.772 de 2012 estabelece uma organicidade nas diferentes classes e níveis de carreira do magistério superior federal. As mudanças nos níveis ou classes, podem ocorrer por progressões, promoção ou promoção acelerada do docente e dependem do tempo (vinte e quatro meses) de atuação em cada nível, da aprovação na avaliação de desempenho acadêmico e da obtenção do título de Especialista, Mestre ou Doutor. Após a identificação das habilidades profissionais administrativas, procedemos a leitura com a classificação das carreiras do magistério superior federal que estão estruturadas em:

- Professor Auxiliar – titulação mínima exigida é de especialista;
- Professor Assistente - titulação mínima exigida é de mestrado;
- Professor Adjunto - titulação mínima exigida é de doutorado;
- Professor Associado - titulação mínima exigida é de doutorado;
- Professor Titular - titulação mínima exigida é de doutorado.

Quanto ao tempo de serviço a investigação pontua que dois professores lecionam há 9 anos na UFSC, um atua há 7 anos e um participante exerce a função de professor na universidade há mais de 10 anos, os demais participantes lecionam há menos de 5 anos na instituição. Neste sentido Nóvoa (2002) considera que o tempo de experiência no magistério leva o professor a refletir criticamente sobre a (re)construção permanente de sua identidade pessoal e profissional e que os saberes provenientes da formação, dos materiais curriculares, assim como os saberes pessoais, funcionam como mediadores culturais e organizadores da educação.

4.1.2 Caracterização do docente da UFMA

Na Universidade Federal do Maranhão, a coleta de dados foi desenvolvida no primeiro semestre de 2020. O contato com os docentes, deu-se por meio de e-mail eletrônico após observância dos critérios de participação percorridos no percurso metodológico. De início, o convite para participação foi concedido a sete professores que a princípio aceitaram participar do estudo. Entretanto, depois de inúmeras tentativas de estabelecer uma data para aplicação dos instrumentos de coleta de dados, a participação de dois deles não foi possível pela ausência de comunicação. Diante disso, a nossa amostra real se consolidou com um total de cinco professores.

Em virtude do estado de pandemia decorrente do Coronavírus (COVID19) e mediante a necessidade de ações de proteção tendo em vista a proliferação e disseminação do vírus, as atividades de natureza administrativa, de ensino, pesquisa e extensão na universidade foram suspensas (Portaria GR N°190/2020-MR) de modo a reduzir os encontros presenciais. Desse modo, as entrevistas com os professores de Física da UFMA de forma presencial tornaram-se inviável, sendo realizadas por videoconferência em meios eletrônicos (*Google Meet, Skype, WhatsApp*), com data e horário marcados previamente. O Quadro 2 apresenta a caracterização dos professores de Física em exercício na UFMA que participaram da presente pesquisa.

Quadro 2 - Caracterização dos professores de Física (UFMA) participantes da pesquisa.

Professor	Gênero	Idade	Grau Acadêmico	Habilitação acadêmica	Habilitação profissional	Tempo de serviço (UFMA)
P7	M	30-39	Bacharelado em Física	Doutorado	Adjunto	9 (anos)
P8	M	40-49	Bacharelado em Física	Pós-doutorado	Associado	8 (anos)
P9	M	30-39	Diploma Alemão	Pós-doutorado	Adjunto	2 (anos)
P10	M	30-39	Bacharelado em Física	Doutorado	Associado	10 (anos)
P11	M	50-59	Licenciatura em Física	Pós-doutorado	Associado	22 (anos)

Fonte: Autora (2020).

A despeito do gênero dos docentes, esclarecemos que embora todos os professores participantes sejam do gênero masculino, o Departamento de Física possui natureza heterogênea e a estrutura do corpo docente é composta por professores do gênero masculino e feminino. Entretanto, a hegemonia do sexo masculino na ministração de disciplinas alusivas a Física Moderna e Contemporânea, é por este ser um dos critérios de participação desta pesquisa, impossibilitou a participação de docentes do sexo feminino.

Em relação a idade, evidenciamos que 60% dos professores apresentam idade entre 30-39 anos, os intervalos de 40-49 e 50-59 anos obtiveram uma representação de 20%

respectivamente. Os intervalos de idade 25-29, e 60 anos, não exibiram nenhuma representatividade.

Quanto ao grau acadêmico, os resultados apontam que três professores (60%) possuem Bacharelado em Física, e tão somente um professor (20%) apresenta habilitação em Licenciatura em Física. Destacamos ainda, a participação de um professor com nacionalidade alemã, em que o grau acadêmico não diferencia entre a habilitação licenciatura e a habilitação bacharelado.

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 (BRASIL, 2020). 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.

A crescente qualificação dos professores da educação superior é um dos objetivos do Plano Nacional de Educação (PNE) proposto na meta 13 “elevar a qualidade da educação superior e ampliar a proporção de mestres e doutores em efetivo exercício na docência de nível superior, que deve atingir 75% até o ano de 2024, sendo que no mínimo 35% dos docentes deverão ter concluído o curso de doutorado” (BRASIL, 2019b, p. 221).

Partindo das informações do Censo da Educação Superior (2018) apresentada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o Brasil tem 384,474 docentes na educação superior, num total de 166.363 possuem título de doutor, uma representação de 43%. Os dados exibidos comprovam que a meta 13 do PNE (Lei n.º 13.005/2014) foi alcançada.

Desse modo, os resultados (Quadro 1 e 2) reforçam os dados levantados pelo INEP no do qual se depreende o crescente número de docentes com nível de doutorado nas universidades públicas. Em 2018, cerca de 64,3% dos 173.868 docentes em exercício na rede pública da educação superior possuem o título de doutor, já as instituições privadas registraram 25,9% do total de 210.606 professores com formação em doutorado (BRASIL, 2019a). Esses resultados, nos fazem considerar que o perfil dos professores de Física em exercício na UFSC e na UFMA se mostra adequado aos exigido na legislação vigente.

Nóvoa (2002) esclarece que a constante qualificação dos professores deve auxiliá-lo a formar novas concepções a respeito da profissão docente. O autor enfatiza que a formação

continuada deve buscar o desenvolvimento profissional do docente e não apenas o desenvolvimento do sistema educativo.

A formação contínua deve estimular uma perspectiva crítico-reflexiva, que forneça aos professores os meios de um pensamento autônomo e que facilite as dinâmicas de autoformação participada. Estar em formação implica um investimento pessoal, um trabalho livre e criativo sobre os percursos e os projetos próprios, com vista à construção de uma identidade, que é também uma identidade profissional (NÓVOA, 2002, p. 38).

Quanto ao vínculo com a instituição observamos que todos os professores são concursados. A habilitação profissional e o tempo de serviço também foram apreciados na construção da caracterização do sujeito da pesquisa. Constatamos que três professores pertencem a classe Associado e dois a classe Adjunto, as classes Assistente, Titular e Auxiliar não exibiram nenhuma representatividade. Em relação ao tempo de serviço, percebe-se que um professor leciona há 22 anos no curso de Física na mesma instituição, um participante exerce a função de professor na universidade há 10 anos e os demais participantes lecionam há menos de 10 anos.

Os dados evidenciados nesta fase do estudo de caracterização do sujeito da pesquisa, está em conformidade com o perfil do docente da educação superior apresentado INEP, que revela nos dados do Censo da Educação Superior de 2018, uma predominância de docente do sexo masculino: “Tanto na rede privada quanto na rede pública, há mais homens atuando como docentes” (BRASIL, 2019a, p.10). Validando os resultados apresentados nesta etapa da pesquisa, sintetizamos os dados do Censo de 2018, quanto a predominância de docentes do sexo masculino em exercício; a faixa etária mais frequente e maior participação dos docentes com formação em doutorado na rede pública, no Quadro 3.

Quadro 3- Perfil dos docentes das Instituições de Ensino Superior, Brasil 2018.

Atributos do vínculo Docente	Categoria Administrativas	
	Pública	Privada
Sexo	Masculino	Masculino
Idade	38	38
Escolaridade	Doutorado	Mestrado

Fonte: Autora com base em dados do Censo da Educação Superior de 2018 (2019).

Explicitamos que a utilização de dados relativos ao ano de 2018, se deu pela não divulgação do Censo da Educação Superior de 2019 pelo INEP, uma vez que estes são apresentados somente no segundo período do ano posterior a coleta dos dados.

4.2 Perspectivas teórico-metodológicos para o conhecimento da Física Moderna e Contemporânea

A investigação desenvolvida até o presente estágio, faz parte da apresentação dos dados e análise das disciplinas inerentes a Física do século XX. Esta etapa se fez necessário diante da premência de conhecer as particularidades do curso de Licenciatura em Física ofertado por diferentes universidades (UFMA e UFSC).

Alinhando os objetivos formativos com os objetivos da investigação, discutidos anteriormente, compreendemos que o propósito da habilitação em Licenciatura é o que mais se aproxima dos objetivos da presente pesquisa.

A evolução dos conhecimentos científicos não pode ser considerado um obstáculo na cultura científica, Nóvoa (2017, p. 24) 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 exercício ou em formação 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.

Nesse sentido, apresentamos por meio da pesquisa documental a atual conjuntura do conhecimento da FMC, exibimos a carga horária reservada para abordagem desse conhecimento e respectivamente os conteúdos dessas disciplinas. Além disso, realizamos uma investigação nas ementas disciplinares, sobre o espaço destinado ao conhecimento da ciência na nanoescala.

4.2.1 Análise do conteúdo nas ementas: um olhar sobre as disciplinas de Física Moderna e Contemporânea

Autores como, Filho e Monteiro (2013) e Pessoa de Carvalho e Gil, (2011), acreditam que a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) é uma etapa fundamental na formação do professor, uma vez que o conhecimento científico e tecnológico interfere nas ações conectadas com a metodologia de transposição do ensino das ciências:

[...] para a assunção de tecnologia e suas relações com a ciência como um saber escolar, é imprescindível que estes seja trabalhado na formação do professor. Este que completará o elo com a ACT. Caso contrário, por mais desenvolvido que seja o campo de estudo em torno da tecnologia, não haverá ressonância com as práticas dos professores atuantes na educação básica (FILHO; MONTEIRO, 2013, p. 134).
[...] é preciso romper com tratamentos ateóricos e defender a formação dos professores como aquisição, ou melhor, (re)construção de conhecimentos específicos em torno do

processo ensino/aprendizagem das Ciências, que deverão integrar-se em um todo coerente. (PESSOA DE CARVALHO; GIL, 2011, p. 33).

Compreendemos que a educação superior deve considerar a abordagem de temas da atualidade como primordiais no PPPC e na matriz curricular. Neste contexto, visando oferecer políticas públicas educacionais de aperfeiçoamento para a formação inicial e continuada, o Ministério da Educação (MEC) por meio da estruturação dos currículos das IES, vem desenvolvendo uma organicidade das políticas, programas e ações que buscam construir uma educação igualitária. Estas políticas visam favorecer uma formação crítica, flexibilidade nas estruturas curriculares dos cursos de graduação e criação de competências e habilidades no licenciado (BRASIL, 2015).

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 Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) contempla, no art. 43, a obrigatoriedade que as IES tem de “incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e no meio em que vive” (BRASIL, 1996, p. 20).

A FMC é essencial para compreensão das tecnologias atuais como a eletrônica, de informação, a nanotecnologia entre outras. Neste viés, a relevância dessa ciência se dá por meio da possibilidade de compreensão dos acontecimentos científicos realizados na contemporaneidade e que interferem na vida do sujeito.

Tendo em vista as enunciações precedentes, nesta fase do estudo desenvolvemos a pesquisa documental, para tal selecionamos as unidades de registros que consistem em palavras-chave que representam a temática de nosso interesse, nanociência e nanotecnologia. Assim sendo, embora tenhamos definido, inicialmente as unidades de registro como um conjunto de palavras-chaves, nossa investigação se deu também, nos conteúdos pertencentes a FMC apresentado *a posteriori*, por ser um espaço propenso ao tratamento da ciência na nanoescala.

Compreendemos, no entanto, que a realidade do ambiente formal de ensino nem sempre está em conformidade com o que é apresentado na matriz curricular do curso. Entretanto, nosso intuito é analisar apenas se há referência explícita ao conhecimento da nanociência e da nanotecnologia dentro do conteúdo de FMC, ou de forma exclusiva, nas matrizes curriculares. Com a pesquisa documental, buscamos verificar se o ensino da nanociência é recomendado pelos documentos normativos na formação inicial em Física.

Para melhor representação dos resultados alcançados na pesquisa documental, construímos as Tabelas (1 e 2) que exibem a carga horária (CH) reservada para o conteúdo de FMC em disciplinas obrigatórias e a carga horária (CH) reservada para o conteúdo de FMC nas disciplinas optativas. Além da carga horária, sentimos a necessidade de anunciar o Departamento responsável pela oferta da disciplina. Considerando a dimensão desta pesquisa, tal tratamento se justifica pelo objetivo de buscarmos compreender como se dá o processo de inserção e distribuição do conhecimento da Física Moderna e Contemporânea nos programas das disciplinas e sua estrutura. Desta forma a Tabela 1 mostra os resultados referente a UFMA.

Tabela 1- Determinação de FMC na ementa do curso de Licenciatura em Física da UFMA.

Disciplinas	CH em disciplinas obrigatórias (h/a)	CH em disciplinas optativas (h/a)	Departamento
Física IV	90	-	DEFI
Física Moderna I	90	-	DEFI
Física Moderna II	90	-	DEFI
Experimentos de Física Moderna	45	-	DEFI
Seminários Científicos	30	-	DEFI
Evolução dos Conceitos da Física	60	-	DEFI
Prática de Ensino de Física IV	60	-	DEFI
Prática de Ensino de Física Moderna I	60	-	DEFI
Introdução à Nanociência e Nanotecnologia	-	60	DEFI
Física das Partículas Elementares	-	60	DEFI
Filosofia das Ciências Naturais	-	60	DFIL
Mecânica Quântica I	-	90	DEFI
Total parcial	525	270	
Total		795	

Fonte: Autora (2019).

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 h/a equivale aproximadamente a 23% da carga horária total (3.465 h/a) do curso de Licenciatura em Física da UFMA.

Partindo dos resultados (Tabela 1), ressaltamos que os profissionais responsáveis pela elaboração da matriz curricular compreendem a relevância e a necessidade da assiduidade do conhecimento de FMC na graduação em Física.

Os resultados do estudo desenvolvido na ementa das disciplinas do curso de Física da UFSC foram organizados na Tabela 2.

Tabela 2- Determinação de FMC na ementa do curso de Licenciatura em Física da UFSC.

Disciplinas	CH em disciplinas obrigatórias (h/a)	CH em disciplinas optativas (h/a)	Departamento
Introdução à Física Moderna	36	-	DEFI
Estrutura da Matéria I	108	-	DEFI
Estrutura da Matéria II	72	-	DEFI
Prática de Ensino de Física Moderna	36	-	DEFI
Laboratório de Física Moderna I	72	-	DEFI
Estrutura da Matéria III	72	-	DEFI
Evolução dos Conceitos da Física	72	-	DEFI
Interações Fundamentais	-	72	DEFI
Total parcial	468	72	
Total		540	

Fonte: Autora (2019).

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

Em relação aos tópicos de FMC encontrados nas ementas. Observamos que grande parte das disciplinas, a carga horária é reservada para os conceitos de Mecânica Quântica, apresentação das partículas elementares e abordagem de tópicos de Física Contemporânea.

Em algumas disciplinas, foi possível observar que alguns conteúdos de FMC, são aplicados de forma significativa, por exemplo, nas disciplinas de Estrutura da Matéria I, II e III que abrangem: estrutura atômica da matéria; teoria de Schrödinger, experimento de Stern-Gerlach; até a Física do estado sólido e nuclear. Observamos que os conteúdos expostos na ementa obedecem a um nível de dificuldade crescente, essa estratégia possivelmente tende a fazer com que os estudantes consigam melhor entendimentos desses assuntos. Neste viés, acreditamos que, em parte, a abordagem da FMC no curso de Física da UFSC tem ultrapassado a superficialidade, possibilitando maior relacionamento do aluno com este campo do saber.

No que se refere à CH reservada para o conhecimento da FMC nas disciplinas optativas, após análise da ementa, evidenciamos que o curso de Física Licenciatura da UFMA oferece quatro disciplinas para a transposição deste conhecimento com uma representação de 270 h/a, quando equiparado ao curso de Física Licenciatura da UFSC que oferta 72 h/a. Esses

resultados apresentam uma diferença significativa na CH de uma universidade para outra. Tal discrepância entre as modalidades, se deve ao fato de a UFSC reservar apenas uma disciplina de caráter optativa para abordagem da FMC.

A disciplina “Evolução dos conceitos da Física” presente na matriz curricular dos cursos de Licenciatura em Física das duas universidades, chamou atenção por propor abordagem de conteúdos que levantam preocupações quanto a história da Física desde a antiguidade até a contemporaneidade e seu papel na construção da sociedade. Os conteúdos propostos estruturam-se em torno da “Análise histórica e epistemológica dos desenvolvimentos conceituais das teorias físicas” e “Tópicos sobre as relações ciência e sociedade”. Seguidamente, estudam-se, também: A Física da Antiguidade; descrição do sistema planetário; revolução científica do renascimento; a Física e a Revolução Industrial; as revoluções científicas modernas; a Física Contemporânea e o papel social da Física. No pensamento de Martins (2006), ao apresentar a evolução histórica da ciência ao aluno estamos contribuindo para que este reconheça a História da Ciência como parte integrante da própria Ciência.

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade [...] também permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmitificação do conhecimento científico, sem no entanto negar seu valor (MARTINS, 2006, p. 1; 2).

Nos resultados da investigação, constatamos que nos cursos de Licenciatura em Física da UFMA e da UFSC, os conteúdos propícios a abordagem da FMC, estão distribuídos em 20 disciplinas em que 15 possuem natureza obrigatória, isto é, aproximadamente 75% do total das disciplinas propícias ao ensino da ciência na nanoescala. Na amostra de disciplinas optativas/eletivas o resultado aponta cinco disciplinas (representação de 25%) dessa natureza (conforme Tabela 1 e Tabela 2).

Conjecturamos que a diferença de carga horária, apresentada pelas instituições para o ensino da FMC, tem relação com a idade dos professores, posto que grande parcela do corpo docente do curso de Física da UFMA é constituído por professores que possuem idade entre 30-39 anos (Quadro 2), instituição que destina maior carga horária para abordagem desse conhecimento, já o corpo docente do curso de Física da UFSC é formado por professores com idade entre 50-59 (Quadro 2). A diferença de idade deve ser considerada como um dos fatores determinante na seleção de assuntos que compõem a matriz curricular e o PPPC, se consideramos que o professor é o principal responsável pela escolha dos conteúdos presentes

nesses documentos, e que em muitos casos a preocupação para que conteúdos contemporâneos façam parte do processo de ensino e aprendizagem e levantada por professores jovens que compreendem a importância desses conhecimentos na formação do aluno.

4.2.2 Conteúdos concernente a Física Moderna e Contemporânea: categorização e análise das ementas

Para facilitar um melhor entendimento da Física Moderna e Contemporânea e suas subdivisões, apresentamos os tópicos teóricos desse campo do conhecimento encontrados nas ementas das disciplinas com sugestões bibliográficas de livros destinado para o nível superior de Física Básica, e que por questões de organização, estão dispostas em um conjunto de matérias.

A área da Mecânica Quântica estuda: sistemas na escala atômica e subatômica; o efeito fotoelétrico e os primeiros traços da quantização; o efeito Compton e a propriedade corpuscular da luz; o modelo atômico de Bohr e o átomo de hidrogênio; propriedades ondulatórias da matéria; comprimento de onda de Broglie; equação de Schrödinger; spin e o princípio de exclusão, princípio da incerteza; dualidade onda-partícula. Relatividade: relação espaço-tempo; o efeito doppler para a luz; os postulados da relatividade. Física do estado sólido: espectro molecular; lasers; teoria quântica da condução de eletricidade; isolantes, metais, semicondutores, transistores, condutores e supercondutores. Estatística Quântica: distribuições de Bose-Einstein e Fermi-Dirac. Física nuclear: modelos nucleares; propriedades dos núcleos; radioatividade; decaimentos alfa, beta e gama; fusão e fissão nuclear; força nuclear. Física de partículas: partículas e antipartículas; interações fundamentais; leis de conservação e simetrias (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, MOYSÉS, 2010).

Em relação ao período reserva para a abordagem da FMC, observamos que o curso de Licenciatura em Física da UFMA, a abordagem desse conhecimento se inicia com a disciplina de “Física IV” ofertada no quinto período. Entretanto, no curso de Licenciatura em Física da UFSC, este conhecimento é apresentado na segunda fase (segundo período) do curso por meio da disciplina intitulada “Introdução à Física Moderna”. A fase destinada para que um determinado conteúdo seja apresentado ao aluno está condicionada ao interesse pelo aprendizado do mesmo.

O estudo das ementas das disciplinas dispostas na matriz curricular, revelou que os conteúdos de FMC são enxergados como conhecimento essencial no curso de Licenciatura em Física. No entanto, as instituições (UFMA e UFSC) precisam rever, em muitas situações, a posição reservada para abordagem de alguns conceitos da Física, em particular a Física do

século XX, sendo que esta torna as aulas de Física mais desafiadoras e reflexivas, facilita o desenvolvimento do pensamento crítico, contribui para melhor compreensão da investigação científica e da cultura tecnológica moderna, além de auxiliar na construção de uma epistemologia da ciência mais fértil e mais autêntica (LOBATO; GRECA, 2005).

A pesquisa documental permitiu a seleção de disciplinas que consideramos possível o tratamento, ainda que não exclusivamente, de discussões a respeito da nanociência e da nanotecnologia. Embora não tenha sido identificado um modelo padrão para a abordagem dos conteúdos de FMC que, por vezes, foram evidenciados em disciplinas específicas para este conhecimento e, em outros casos, de forma heterogênea com outros conteúdos.

Os resultados apresentados em nossa investigação, revelam muito pouco sobre o que vem sendo abordado a respeito da ciência na nanoescala nos cursos de Física Licenciatura das IES consideradas, não sendo possível determinar qual o nível de profundidade da abordagem dessa temática. No mesmo sentido, os resultados evidenciam que os conteúdos de FMC são trabalhados de forma pouco articulada com o conhecimento da nanociência e da nanotecnologia nos referidos cursos.

4.2.3 Perspectiva da abordagem sobre nanociência e nanotecnologia na matriz curricular

Na busca pelas palavras-chave “nanociência” e “nanotecnologia” nas ementas das disciplinas, evidenciamos uma ausência desses termos na matriz curricular do curso de Licenciatura em Física ofertado pela UFSC.

Quando examinamos a matriz 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’ oferecida pelo próprio Departamento de Física. Entretanto, a disciplina possui caráter optativo, apresenta uma carga horária de 60 horas e tem como pré-requisito a disciplina de Física IV. 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 (LOBATO; GRECA, 2005).

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 licenciado da UFMA. O professor, relata que essa disciplina não foi ofertada em sua gestão nem em gestões passadas, 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 à formação principal composta pelas 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/eletiva, por parte do Departamento é influenciada por diversas circunstâncias como, por exemplo, da disponibilidade de professores para ministrar e da demanda por parte dos alunos.

Para Lobato e Greca (2005), é preciso investigar o tratamento que alguns conteúdos recebem ao serem introduzidos no curso de Física e a “relevância que lhes é dada no conjunto dos temas considerados suficientemente importantes para serem objeto de estudo” (LOBATO; GRECA, 2005, p. 120). Os autores outorgam aos responsáveis pela escolha dos conteúdos dispostos no currículo, a obrigação de recomendar meios diversificados para a abordagem conforme a especificidade de cada conteúdo ao invés de suprimi-los dos currículos detendo seu aprendizado. Sendo assim, é preciso erguer reflexões em torno do conteúdo antes de classificá-lo como apropriado ou inapropriado para o aprendizado, essas reflexões podem evitar a criação de conceitos errôneos que “só podem ter origem na instrução, já que não há “senso comum” ou “teorias alternativas” que os expliquem”, esta análise “contribuirá para que, posteriormente, no Ensino Superior, os alunos detenham conceitos mais de acordo com a perspectiva científica” (LOBATO; GRECA, 2005, p. 130).

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 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, 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 *et al.*, 2001).

Todos 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, 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. 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.

Essas e outras questões estão permeando nossa pesquisa e esperamos que, ao final dela, as hipóteses levantadas sobre a presença do conhecimento da nanociência e da nanotecnologia na formação inicial em Licenciatura em Física, sejam comprovadas ou refutadas.

4.3 Descrição e análise das entrevistas: questões-filtro

Na primeira fase da pesquisa de campo, questionamos os docentes em relação aos conteúdos de Física considerados fundamentais na formação inicial, para isso as primeiras perguntas do roteiro utilizado na entrevista nos proporcionou conhecer os temas considerados essenciais a graduação em Licenciatura em Física e posteriormente identificar o professor que acompanha as descobertas da Física Moderna e Contemporânea.

4.3.1 O professor e o conhecimento de Física na formação inicial

Na primeira das etapas da pré-análise, as entrevistas foram transcritas em seguida desenvolvemos a leitura flutuante para melhor conhecimento do material. A categorização das falas dos professores foi realizada segundo a metodologia de Bardin (2011), na qual as concepções dos docentes foram agrupadas em unidades de significação, primeiro por um conjunto de elementos por diferenciação e depois reagrupamos por semelhanças. O resultado desse processo está representado por meio do Quadro 4.

Quadro 4-Concepção dos docentes sobre os conhecimentos de Física substâncias na formação do licenciando.

Saberes disciplinares da Física para a formação do licenciando		
Quais conhecimentos da Física você acredita que são mais importantes para a formação do licenciando e sua futura atuação profissional?		
Ocorrência	Unidade de Significação	Extrato das falas dos docentes
8	Conhecimentos específicos de Física	<p>P₁- “[...] conhecimentos de Física Básica, Clássica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Mecânica e conhecimento de <u>Física Moderna são fundamentais</u> [...]”.</p> <p>P₈- “[...] é essencial as <u>disciplinas que envolvem conhecimentos de Mecânica Quântica e um pouco de Eletromagnetismo no nível mais avançado</u>, por exemplo, as Físicas Quânticas I, Eletromagnetismo, Mecânica Quântica I, Física do Estado Sólido, Estrutura da Matéria”.</p> <p>P₁₁- “[...] as teorias clássicas, <u>as teorias modernas</u> isso é absolutamente fundamental, <u>inclusive as mais modernas, as contemporâneas</u> como se diz, são fundamentais”.</p>
3	Conhecimentos específicos da formação do professor	<p>P₄- “[...] conteúdo específico da Física, <u>conteúdos metodológicos</u> relacionados ao ensino de Física, a metodologia no ensino de Física [...]”.</p> <p>P₅- “[...] pra compreender a Física bem, eu acredito que uma boa base <u>Matemática</u> é importante” [...].</p>

Fonte: Autora (2020).

As unidades de significação exibidas antecipadamente (Quadro 4) foram construídas visando investigar as concepções dos professores em relação aos conhecimentos essenciais para formação inicial em Física. A primeira unidade de significação denominada ‘Conhecimentos específicos de Física’ representa o conhecimento específico da área de Física considerados pelos professores substanciais na formação em Física. A segunda unidade de significação intitulada ‘Conhecimentos específicos da formação do professor’ reproduz a concepção de professores que compreendem ser necessário a integração com outros conhecimentos, além dos específicos da Física, para formação do licenciando em Física.

Salientamos que o número de respostas fornecidas pelos participantes, em muitos casos, pode ultrapassar o número de participantes em virtude de as respostas dos professores estarem simultaneamente em mais de uma unidade de significação analisada.

Esclarecemos que apesar do quantitativo representar o número total de participante (onze professores), a concepção da professora P₂ não foi contabilizada pela ausência da descrição de um conhecimento relevante para a formação inicial em Física

Ah eu não vejo um assunto como o mais importante, acho que do aspecto formativo, um aspecto amplo de conteúdos seria discutido. (P₂)

Esclarecemos que a concepção do professor P₅ foi contabilizada nas duas unidades de significação, uma vez que este acredita ser necessário uma conjunção entre os conhecimentos específicos de Física e os conhecimentos proveniente de outras áreas na formação do graduando em Física.

Com base nas entrevistas, pôde-se observar que seis professores apontam a abordagem da Física Moderna como indispensável na formação inicial em Física, uma vez que este conhecimento favorece a compreensão de novas tecnologias e do mundo globalizado. Em uma perspectiva mais ampla, o professor P₅ ressalta a relevância da Física Moderna na atividade docente.

Além do mais, um papel importante no cenário atual é a Física Moderna [...]partindo do ponto de vista físico, eu acho que é muito importante para quem vai querer ensinar. (P₅)

Em sua fala, o professor P₅ destaca a necessidade de o aluno em formação adquirir novos conhecimentos para renovação do trabalho docente, uma vez que o currículo do curso de Física na atualidade é composto em sua maioria por conteúdos desatualizados que exigem a memorização de uma grande quantidade de fórmulas, levando o aluno em formação a apresentar uma didática habitual de resolução de problemas que pouco contribui para a aprendizagem significativa (PESSOA DE CARVALHO; GIL PÉREZ, 2011).

Terrazzan (1992) enfatiza que os programas de ensino de Física precisam ser atualizados e propiciar uma abordagem menos superficial do conhecimento da Física do século XX sem o qual torna-se inviável a compreensão do mundo contemporâneo. O tratamento da Física nos diversos âmbitos da educação tem por obrigação desenvolver no aluno a habilidade de pensar e interpretar o mundo que os cerca.

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos [...] devemos lembrar a impossibilidade de se vivenciar e participar plenamente do mundo tecnológico atual sem um mínimo de conhecimentos básicos dos desenvolvimentos mais recentes da Física (TERRAZZAN, 1992, p. 210).

O professor P₃, salienta que além do conhecimento próprio da Física faz-se necessário a inclusão de conhecimentos pedagógicos no currículo do curso de Física sem o qual torna-se inviável a construção de uma reflexão crítica a respeito da prática docente pelo aluno.

Eu acho que ele tem que ter conhecimentos relacionados à docência, então tem que ter conhecimentos tanto da área de Pedagogia quanto um pouco de conhecimento da Psicologia. Principalmente quando a gente fala em teorias de aprendizagem, quando se fala acerca do desenvolvimento, tanto do desenvolvimento cognitivo quanto do desenvolvimento afetivo do estudante [...]. (P₃)

Pessoa de Carvalho e Gil Pérez (2011) apresentam entre as necessidades formativas, que um professor em formação ou em exercício deve possuir para que seja oferecida uma formação apropriada, as de “Adquirir conhecimentos teóricos sobre aprendizagem das ciências” e “Conhecer a matéria a ser ensinada”. Os autores esclarecem que a acumulação do conhecimento científico e o tratamento superficial dos conhecimentos pedagógicos dificultam a assimilação entre os princípios teóricos abordados no curso de ciências com a prática docente.

Para Gil Pérez *et al.* (2001), é preciso oferecer ao licenciando, além do conhecimento específico da Física, o conhecimento que contemple o contexto histórico no qual a Física está inserida para melhor compreensão do carácter social da evolução científica. Além disso, as descobertas feitas por intermédio do conhecimento da Física, a criação dos produtos tecnológicos e a formulação de teorias para explicação do Universo, sofreram influências da conjuntura do momento histórico. Para Gil Pérez *et al.* (2001, p.138) a ausência dos “aspectos históricos, sociais, culturais, políticos, que caracterizam o trabalho científico no seu contexto, bem como o desenvolvimento científico”, podem conduzir a ciência ao relativismo espontâneo sem capacidade de explicar a eficácia do desenvolvimento científico-tecnológico.

Nesta fase de análise, percebeu-se que a área de pesquisa do professor interfere na concepção de quais conhecimentos são mais importantes para formação do licenciando. Observou-se que alguns conhecimentos foram citados por tendência da área de pesquisa do professor. Os relatos dos professores P₄ e P₆ fortalecem os resultados encontrados na análise.

No caso como sou professor da área de ensino de Física [...] contribuo com a formação de professores de Física, então procuro trabalhar a Física, a metodologia no ensino de Física e conteúdos tecnológicos e pensar como aproveitar todos esses recursos tecnológicos que tem na sociedade por ensino de Física [...]. (P₄)

Eletromagnetismo, Mecânica Quântica, Física Estatística e Mecânica Clássica também são importantes, mas talvez pelo fato de Eletromagnetismo, Mecânica Quântica serem

mais ligadas com a minha área de pesquisa, então tenderem a dizer que são mais importantes.
(P₆)

Diante dos relatos dos professores P₄ e P₆, compreende-se que um determinado conteúdo pode ser excluindo ou abordado com maior profundidade caso o assunto tenha relação com o que o professor gosta de pesquisar. Essas afirmações levantam uma preocupação, pois a ausência de um determinado conteúdo pode impactar na aprendizagem dos alunos. O desinteresse na abordagem de um conteúdo pode desenvolver uma deformação no ensino de ciências e contribuir para que determinados conhecimentos se tornem invisíveis e percam o significado (GIL PÉREZ *et al.*, 2001).

4.3.2O trabalho docente e a Física do século XX

Para melhor compreensão dessa fase da pesquisa, apresentamos o conceito da 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 [...]” (2001, p.7). 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.

Esta etapa da pesquisa foi elaborada visando compreender a relação do professor com a Física desenvolvida no século XX. Buscou-se conhecer também, os meios utilizados na obtenção deste conhecimento. Para melhor análise dessa questão, tornou-se fundamental conhecer primeiramente quem acompanha a Física Moderna e Contemporânea (FMC), para posteriormente saber quais recursos ou materiais metodológicos são usados na aquisição deste conhecimento. Neste propósito, realizamos o seguinte questionamento: **Você costuma acompanhar as descobertas da Física Moderna e Contemporânea?**

Dos onze participantes da pesquisa, oito relataram que habitualmente assistem o conhecimento da FMC. Isso equivale a um percentual de 73%, destacamos alguns dos relatos: “*eu estou sempre acompanhando sim*” (P₅); “*Direto, direto*” (P₈); “*Sim, sim, eu sou um amante da Física, então eu acompanho*” (P₁₁).

Dois participantes (18%) anunciaram não acompanhar o conhecimento da FMC com frequência. No discurso do professor P₃, essa atitude é decorrente da ampla quantidade de conhecimentos e descobertas que são desenvolvidos constantemente.

Ah isso é difícil, porque afinal de contas a gente não consegue dá conta de todo conhecimento que é produzido no mundo, [...] somente as coisas mais importantes assim que a gente acompanha. (P₃)

Registramos, ainda, um participante (9%) que relatou não acompanhar os tópicos da FMC. Para P₉, as atividades no magistério superior exigem muito do professor, dando-lhe pouco ou nenhum tempo para que possa acompanhar tópicos ou temas que não são contemplados nas ementas das disciplinas. Na descrição do relato, observaremos essas informações de forma mais detalhada.

Então na verdade, normalmente eu não faço isso, eu fiz no passado sim, quando eu era aluno, porque eu acho que é importante como aluno, mas agora nesse período eu simplesmente não tenho tempo, isso é o problema do tempo. Porque eu preciso dar aula, eu faço pesquisa, eu tenho alunos de doutorado, de mestrado, também da iniciação científica, eu tenho projeto de pesquisa, são muitas coisas. Então isso é a razão porque eu não faço. (P₉)

Os relatos dos professores P₃, P₉ e P₁₀ são motivos de preocupações, pois suas concepções repercutem na visão do aluno em formação sobre essa temática. No exercício docente os conteúdos considerados relevantes para o professor, recebem maior atenção quando comparados aos que este não possui interesse em trabalhar o que provoca rupturas no ensino de Física. Entretanto, os conteúdos que facultam melhor compreensão do cotidiano para o aluno precisam ser considerados na prática docente, se faz necessário que o professor desenvolva um “equilíbrio entre as necessidades que a própria ciência física impõe para que haja consistência na apresentação dos tópicos e para que privilegie leis gerais e conceitos fundamentais” (TERRAZZAN, 1992, p. 211).

Considerando que as inovações científicas e tecnológicas estabelecem as necessidades da sociedade contemporânea, se faz necessário oferecer ao cidadão alheio ao progresso tecnológico uma formação igualitária, incluí-los nos avanços procedentes da tecnologia e ofertar maior participação em assuntos substanciais para o seu crescimento cognitivo.

Nesta perspectiva, 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.

Rezende Júnior e Cruz (2009) discorrem sobre o fato de o aluno em formação apresentar uma tendência em reproduzir as mesmas metodologias adotadas pelo professor, durante o processo de formação inicial no ambiente em que irá atuar como docente. Constantemente o professor principiante, seja da Educação Básica ou do ensino superior, se depara com situações inesperáveis e na busca por soluções comportam-se como seus ex-

professores. Considerando o tratamento da FMC, a conjuntura se agrava, pois, é, comum os licenciando apresentarem dificuldade em relacionar tais conteúdos com o cotidiano, um dos motivos é a ausência de uma abordagem desse tema no Ensino Médio (TERRAZZAN, 1992; REZENDE JÚNIOR; CRUZ, 2009). Outro fator que tem contribuindo é a pouca carga horária disponibilizada para o conhecimento da Física produzido no século XX nos currículos dos cursos de licenciatura em Física (REZENDE JÚNIOR; CRUZ, 2009).

Em relação aos participantes que possuem o hábito de acompanhar o conhecimento da FMC, pôde-se observar grande interesse pela Física concebida no século XX. Os professores P₄ e P₅ compartilham do mesmo pensamento quando o assunto é a busca pela atualização do conhecimento. Nos relatos, percebe-se que os professores se empenham em compreender a Física numa perspectiva didático-pedagógica para o aperfeiçoamento da sua prática docente.

[...] isso é justificado pelo interesse que eu tenho em Física Moderna, eu pesquisei no mestrado e hoje eu oriento pesquisas com Física Moderna, então procuro está atualizado [...].
(P₄)

[...] eu trabalho com computação quântica, formação quântica e ótica quântica, bem dentro desse contexto da Física Moderna, mais as citações na linha da nanotecnologia [...]. Então eu estou sempre acompanhando sim [...] são esses novos desafios que os professores do Ensino Médio vão ter que encarar porque vai ter uma demanda muito grande, a curiosidade é grande. (P₅)

Na fala do professor P₄, nota-se que o interesse pelo conhecimento de FMC surgiu na pós-graduação abrindo caminho para o desenvolvimento de novas pesquisas nesta área durante seu exercício como docente. O professor P₅ evidencia que a busca pela obtenção do conhecimento da Física do século XX é justificado pelas exigências impostas pelo mundo contemporâneo e pela curiosidade do homem moderno e manifesta uma preocupação em relação ao tratamento deste conteúdo nos cursos de formação inicial, uma vez que o licenciando terá o desafio de apresentar tais conhecimentos durante a sua vida profissional.

Desse modo, o professor em exercício precisa conhecer antecipadamente, ou seja, ainda no processo de formação, as necessidades presentes no ambiente escolar e buscar meios de aprimoramento do saber docente e do saber disciplinar que proporcionem mudanças na prática de ensino e atendam as expectativas da sociedade.

Sobre esse ponto, é preciso salientar que, a formação inicial, não consegue atender todas as obrigações conceituais do aluno em formação, muitas necessidades serão sentidas e deverão ser complementadas durante a sua vida profissional. Neste contexto, o professor precisa desenvolver reflexões em torno do conjunto de saberes que constantemente são produzidos no

âmbito da profissão docente, saberes reflexivos, pertinentes que diariamente vão construindo sua prática docente, haja vista que o professor é o principal autor dos seus saberes e valores (NÓVOA, 1992).

Estruturamos no Quadro 5, a síntese das declarações dos entrevistados referente aos recursos ou materiais metodológicos que são usados na aquisição do conhecimento da FMC.

Quadro 5- Instrumentos utilizados na obtenção do conhecimento da Física Moderna e Contemporânea.

Ocorrência	Unidade de significação	Extratos das falas dos docentes
3	Impressos	P ₁₁ - “Ah livros, eu tenho muitos livros, muitos livros mesmo sobre esse assunto mais recentes, essas teorias mais recentes [...]”.
10	Digitais	P ₅ - “[...] eu retiro em geral de artigos científicos, além de vários sites de divulgação científica [...] o <i>YouTube</i> também”. P ₈ - “[...] o site da ArXiv [...]”. P ₁₀ - “Eu acho que o mais didático que eu utilizo atualmente é o <i>YouTube</i> , eu sigo vários canais[...]”.
2	Comunicação interpessoal	P ₅ - “[...] nós temos um grupo de pesquisa, então os nossos colegas também informam[...]”.

Fonte: Autora (2020).

Em relação aos instrumentos utilizados na obtenção do conhecimento observa-se (Quadro 5), que a unidade de significação ‘Impressos’ representada por três participantes (P₁; P₆; P₁₁) é caracterizada pelo uso de livros e revistas de divulgação científica impressas para aquisição do conhecimento da FMC.

Evidenciamos que os professores que relataram acompanhar o conhecimento da FMC, adotam os ‘Digitais’ como principal fonte de informação. Entre os instrumentos mais utilizado estão os livros, revistas e artigos de divulgação científica, seguindo de sites, como o Inovação Tecnológica⁸ e o ArXiv⁹. Ainda nesta unidade de significação foram identificadas nos relatos dos professores, o uso do *Podcaste*, uma rádio virtual disponível na internet para transmissão

⁸A página do site Inovação tecnologia pode ser acessada por meio do seguinte endereço eletrônico: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/>

⁹A página do site ArXiv pode ser acessada por meio do seguinte endereço eletrônico: <https://arxiv.org/>

de informações, aplicativos de mensagens para *smartphones*, *WhatsApp*, e a plataforma de compartilhamento de vídeos, *YouTube*.

Além dos meios tradicionais e digitais, construímos a unidade de significação ‘Comunicação interpessoal’ partindo das declarações dos participantes P₅ e P₄. Nesta unidade, foram inseridos o aprendizado desenvolvido por meio de debates em congressos, grupos de pesquisas, participação em mesas redondas e eventos científicos.

Explicitamos que alguns participantes foram contabilizados em mais de uma unidade de significação, uma vez que fazem uso de mais de um instrumento no processo de aprendizagem.

A diversidade de recursos que podem ser utilizados na obtenção do conhecimento, quando apresentam uma organicidade, podem potencializar a emancipação profissional. Além disso, a aprendizagem por meio de múltiplos recursos permitem uma melhor interpretação e fixação das características essenciais de cada conteúdo evitando a perda do seu significado (ZABALA, 1998). Neste sentido, surge a premência do uso de diversos instrumentos na transmissão e recepção do conhecimento que possibilite ao professor levar para a sala de aula sua realidade, aprendizado e caráter profissional.

4.4 Análise das entrevistas apresentada em blocos

Esta fase da pesquisa é reservada para apresentação dos resultados alcançados por meio das entrevistas com os professores sobre a ciência na nanoescala. Para melhor análise, as concepções foram divididas em blocos e posteriormente organizadas sistemicamente, conforme especificado na seção do percurso metodológico. Os blocos de análises possuem enfoque no conhecimento da nanociência e a nanotecnologia e buscam levantar reflexões sobre o fenômeno que norteia a presente pesquisa. Dessa forma, os blocos receberam os seguintes títulos: Bloco 1: Concepção sobre a nanociência e a nanotecnologia; Bloco 2: Abordagem da ciência na nanoescala e Bloco 3: Recursos metodológicos.

Os blocos de análise foram organizados em categorias e unidades de significação. A apresentação desses elementos se dá na forma de quadro disposto em linhas e colunas que apresentam extratos retirados das falas dos docentes e o registro das ocorrências. Acentuamos que as categorias foram construídas respeitando o princípio da exclusão mútua de Bardin (2011), em que as concepções dos professores pertencem a uma única categoria não podendo ser representada em duas ou mais categorias diferentes, já nas unidades de significação pode ocorrer sobreposição uma vez que, em algumas situações o mesmo professor vivenciou

experiências distintas no trabalho docente. Após análise dos relatos dos professores, iniciamos o processo de apresentação dos resultados.

4.4.1 Bloco 1: Concepção da nanociência e da nanotecnologia

As novas perspectivas concebidas no cenário científico, exigem do licenciando e do professor de Física uma constante atualização do conhecimento e melhor entendimento das transformações pelas quais a Física passou ao longo dos anos. Inteirar-se de novas pesquisas desta ciência, principalmente as desenvolvidas no século XX é uma necessidade que todo professor em formação ou em exercício apresenta para compreensão da natureza da ciência, que uma vez exercida de maneira consciente provoca mudanças na (re)construção conceitual tornando a aprendizagem mais eficaz (GARRIDO; CARVALHO, 1999).

Para Baptista (2010) as concepções devem ser analisadas com enfoque na influência que o professor possui ao assumir o papel de agente excepcional na transformação do currículo e na efetivação de novas atividades, uma vez que o que se conhece e crê como verdade tem influência no que se ensina.

Para Gil *et al.* (2001), o professor de ciência carrega concepções empírico-indutivista e ateórica, que evidenciam a neutralidade do trabalho científico (observação e experimentação), lançando o papel da hipótese de conduzir a investigação e orientar o processo científico na alheação, causando danos aos próprios cientistas assim como, aos alunos. Reconhecer que tais concepções deformam o ensino das ciências é o primeiro passo que o professor precisa exercer, o segundo é “questionar concepções e práticas assumidas de forma acrítica e a aproximar-se de concepções epistemológicas mais adequadas que, se devidamente reforçadas, podem ter incidência positiva sobre o ensino” (GIL *et al.*, 2001, p. 127).

Neste viés, o bloco 1 tem por objetivo conhecer as concepções dos professores participantes em relação a 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 e para cada categoria unidades de significação (Quadro 6). 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 6- Descrição das categorias e unidade de significação que representam as concepções dos professores sobre a nanociência e nanotecnologia.

Categorias	Unidade de Significação	Ocorrência	Extrato das falas dos docentes
Nanociência	Ciência na nanoescala	4	P ₄ - “Eu entendo a nanociência como a ciência que estuda todo o comportamento da matéria [...]nessa dimensão nanométrica”.
	Estudo da escala nanométrica	4	P ₅ - “Bom a nanociência pra mim é o estudo da natureza na escala nanométrica, incluindo até distancias menores[...]”.
	Estudo dos fenômenos na nanoescala	3	P ₉ - “[...] eu falaria que a nanociência trata os fenômenos fundamentais”.
Nanotecnologia	Aplicação da nanociência	9	P ₁₁ - “[...] ela visa a aplicação dos conhecimentos [...] que foi aprendido pelas teorias nessa escala nanométrica visando a aplicação dela e a transformação desses conhecimentos em um método que sirva para ser aplicado em um produto”.
	Manipulação da matéria na nanoescala	2	P ₆ - “A nanotecnologia tem a ver com a capacidade de manipulação desses sistemas nessa escala[...]”.

Fonte: Autora (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. Nesta unidade, constatamos que os professores detêm pensamentos semelhantes ao de pesquisadores e cientistas da área, que são como segue.

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. Schulz 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 aproximara 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. As concepções dos participantes (Quadro 6), não estão distantes dos conceitos presentes em revistas e artigos de disseminação científicas. Tonet e Leonel (2019, p. 435) consentem que “o estudo de estruturas atômicas e moleculares que possuem dimensões na escala nanométrica, é chamado de Nanociência”. Na concepção de Clebsch e Watanabe (2017, p. 5) a nanociência compreende “o estudo das propriedades dos materiais em escala nanométrica”.

A última unidade analisada, designada de ‘Estudo dos fenômenos na nanoescala’, foi elaborada fundamentada nas concepções de três professores que correlacionaram a nanociência com observações de fenômenos desenvolvidos na escala nanométrica.

Os dados apresentados neste bloco de análise, nos levam 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). As diferentes definições para o termo, nanociência, permitiu conhecermos os significados desse tema para os participantes da presente pesquisa (o professor), atuam como agente excepcional na efetivação de atividades que envolvem o conhecimento da nanociência, e são os principais responsáveis pela formação de reflexões que propiciam melhor compreensão do mundo contemporâneo.

Desse modo, Hewson e Hewson (1987) exibem a relevância das concepções pertencentes ao professor para o progresso do método de ensino/aprendizagem, considerando que suas percepções influenciam o raciocínio do aluno e interferem diretamente na aquisição dos conhecimentos científicos.

A primeira categoria de análise **Nanociência** nos permitiu conhecer as concepções dos professores em relação a este tema. Para a segunda categoria denominada **Nanotecnologia** reservamos as ideias dos participantes sobre as tecnologias resultantes das descobertas científicas do século XX, a nanotecnologia. Desse modo, nesta etapa da análise, as investigações emergem dos conceitos que os professores detêm em relação a nanotecnologia.

Assim sendo, para a segunda categoria construímos duas unidades de significação, na primeira unidade intitulada ‘Aplicação da nanociência’ dá-se ênfase nos 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 6) que delegam a nanotecnologia a aplicações desenvolvidas na nanoescala. Nos relatos exibidos posteriormente, é possível observar que os professores relacionam a nanociência com a teoria e a nanotecnologia seria o produto desenvolvido em decorrência dessa ciência.

A nanotecnologia como a ciência aplicada em pelo menos uma dessas dimensões nano. (P₄)

[...] é um produto da aplicação dessa ciência pra construção de diversos dispositivos, inclusive os nossos smartphones tem essa base. (P₅)

[...] a nanotecnologia você tem técnicas para poder aplicar todo esse conhecimento. (P₁₀)

As concepções dos professores são fundamentadas em ideias de pesquisadores atuantes da área, como as de Joachim e Plévert (2009) que defendem que a nanotecnologia proporcionou a produção de “objetos pequenos” na ordem de nanômetro e revolucionou os meios e modo de produção da tecnologia. Joachim e Plévert (2009), destacam o potencial da nanotecnologia e sua abrangência que transcende as aplicações da Física, considerando que as aplicabilidades dessa área como, por exemplo, o aumento na capacidade de armazenamento e processamento de dados de computadores; produção de materiais mais leves e resistentes; miniaturização de partículas que permitem a fabricação de medicamentos mais eficientes, vem gerando perspectivas de grandes mudanças na indústria e na sociedade.

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, Jesus; Lorenzetti e Higa (2015, p. 2) 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”. 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.

Dando continuidade à análise das entrevistas transcritas, constatamos que a unidade de significação ‘Manipulação da matéria na nanoescala’ pertencente a categoria **Nanotecnologia**, é representada por dois participantes que nos permitiu elucidar suas

compreensões a respeito do tema. Em seu relato (Quadro 6), o professor P₆ dar ênfase ao método de manipulação de átomo por átomo, técnica desenvolvida exclusivamente na escala nanométrica. A concepção de P₆, apresenta semelhança com a ideia de Tonet e Leonel (2019, p.435) ao afirmarem que “[...] a manipulação e aplicação industrial dessas estruturas nanométricas, é denominado Nanotecnologia”. Os autores também ressaltam que os nanomateriais não podem ser representados pelas leis da Física Clássica, os quais precisam das leis da Física Quântica para comprovação de sua eficácia.

No que se refere a 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 tem 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 que tiveram como principal objetivo conhecer as concepções dos professores em exercício no ensino superior a respeito dos temas nanociência e nanotecnologia, apesar das 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.

No questionamento sobre a compreensão das particularidades entre os conceitos “nanociência” e “nanotecnologia”, evidenciamos que toda a amostra (composta por onze participantes) além de apresentarem conceitos distintos para ambos os termos, reconhecem e são capazes de identificar essas diferenças. Os relatos *a posteriori* corroboram para esse resultado.

O que eu entendo hoje por nanociência e nanotecnologia! Primeiro é que não é a mesma coisa, nanociência e nanotecnologia são coisas diferentes, mas eu acho que é todo um conjunto de conhecimento tanto tecnológico quanto científico que estão relacionados com essa escala nano, a escala aí de 10^{-9} nano, isso eu já não lembro, mas uma escala nano. (P₁)

Eu considero que existe diferença sim, porque um tá, mas relacionado a produção do conhecimento, enquanto o outro tá relacionado a aplicação desse conhecimento que foi produzido em instrumentos, em aparatos que no futuro estarão a nossa disposição. (P₃)

Sim, sim o objetivo é diferente, os dois trabalham juntos os nanocientistas e os nanotecnologistas podem trabalhar juntos e devem [...](P₁₁)

As falas dos professores, exibidos anteriormente, revelam suas convicções sobre as diferenças existentes entre os termos “nanociência” e “nanotecnologia”. O professor P₁, enfatiza em sua fala significados distintos para ambos os termos, relacionando a nanociência ao conhecimento científico realizado na nanoescala e reservando para a nanotecnologia a aplicação prática desse conhecimento. Este mesmo delineamento é construído pelo professor P₃, que além de apontar atribuições diferentes para cada termo, destaca o futuro promissor das novas tecnologias derivadas da nanociência e sua forte influência na sociedade. Tais compreensões revelam o olhar do professor em relação a 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).

Por meio da presente análise, identificou-se uma pluralidade de concepções em relação à temática “nanociência” e “nanotecnologia”. 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).

Como versamos anteriormente, as concepções dos professores participantes apresentam semelhanças com conceitos divulgados por comunidades científicas, portanto não podem ser consideradas concepções espontâneas, ou do senso comum, uma vez que estas são fundamentadas em resultados de pesquisas científicas. Pessoa de Carvalho e Gil Pérez (2011, p. 30), advertem o professor de ciência quanto a produção de concepções espontânea que “podem constituir obstáculos para uma atividade docente inovadora, na medida em que se trata de concepções espontâneas, aceitas acriticamente como parte de uma docência de ‘senso comum’”. Neste sentido, tal pluralidade de conceitos que abarca uma série de sentidos e significados, pode ter relação com ideias próprias 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.

Pessoa de Carvalho e Gil Pérez (2011), explicam que o professor de ciências deve questionar suas concepções espontâneas antes de introduzi-las ou excluí-las do trabalho docente, fazendo uma ligação dos conteúdos com o conhecimento elaborado pela comunidade científica. Os autores não desqualificam as concepções espontâneas do professor, antes esclarecem a necessidade de uma transformação para evitar que visões dogmáticas que deformam o trabalho científico sejam inseridas no ensino e na aprendizagem de Ciências. Para os autores, os professores precisam possuir certo conhecimento dos desenvolvimentos científicos atuais e de suas perspectivas transformando a prática docente em uma profissão inovadora de pesquisa, e compreender os métodos utilizados por cientistas, os critérios de validade e aceitação das teorias para poder transmitir uma visão dinâmica da Ciência.

A diversidade de concepções, apresentadas neste bloco de análise, permite ao licenciando entrar em contato com diferentes pontos de vistas sobre a nanotecnologia 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).

Neste sentido, Garrido e Pessoa de Carvalho (1999), Pessoa de Carvalho e Gil Pérez (2011), versam sobre as dificuldades presentes no professor ao pretender introduzir temas inovadores na prática docente. Para os autores, é preciso minimizar a distância entre as concepções dos professores e a prática docente, ofertando liberdade ao aluno para que ele construa suas ideias e conheçam as inferências teóricas e práticas do conteúdo para que possam elucidá-los de forma mais eficiente e menos superficial. Assim sendo, o professor em formação ou em exercício precisa reconhecer que o aprendizado se torna mais efetivo quando é fornecido ao aluno a oportunidade de participar da construção do conhecimento, e que para isso é necessário romper com as barreiras que distanciam o ensino das Ciências das características do trabalho científico (PESSOA DE CARVALHO; GIL PÉREZ, 2011).

4.4.2 Bloco 2: Abordagem da ciência na nanoescala

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. 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 (PESSOA DE CARVALHO; GIL PÉREZ, 2011).

O bloco 2 foi elaborado com o objetivo de 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 7.

Quadro 7 – A ciência na nanoescala e a formação inicial em Física.

Categoria	Unidade de Significação	Ocorrência	Extrato das falas dos docentes
Abordagem da ciência na nanoescala na práxis docente	Abordagem com destaque	2	P ₅ - “[...] sim, a gente aborda as questões de nanociência e nanotecnologia [...] <u>a gente destaca</u> em cada etapa as possíveis aplicações[...]”.
	Abordagem eventual	1	P ₂ - “[...] 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, <u>se ele for um tema escolhido ele vai ser abordado, se não for um tema escolhido ele não vai ser discutido</u> ”.
	Abordagem sem profundidade	2	P ₁ - “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, <u>não em profundidade, só um pouco, não muito</u> [...] umas duas aulas desse tema eu trabalhei no <u>curso de Biologia</u> , com os alunos de Biologia, porque lá a gente trabalha vários temas de Física, e um deles foi justamente nanotecnologia”.
	Abordagem indireta	2	P ₁₀ - “ <u>Indiretamente</u> , 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[...]”.
Distanciamento entre a ciência na nanoescala e a práxis docente	Não tem relação com a área de pesquisa	1	P ₉ - “Provavelmente não, <u>não é a minha área</u> [...] eu normalmente não tenho contato com essas pesquisas e também com os alunos eu trabalho com outras coisas. <u>Então eu não falei sobre a nanociência e a nanotecnologia</u> , eu não fiz isso”.
	Não tem relação com laboratório	1	P ₆ - “Não especificamente [...] porque é o seguinte, <u>eu tenho dado disciplinas de laboratório</u> [...]”.

	Não é contemplado no currículo	2	P ₇ - “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, <u>não é contemplado esse conteúdo no currículo de Licenciatura</u> nem de uma forma conceitual, muito menos de uma forma mais formalizada, formalismo matemático[...].”
--	--------------------------------	---	--

Fonte: Autora (2020).

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 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 **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 no curso de Licenciatura 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. Os participantes P₅ e P₄, exibem ter consciência da relevância de temas contemporâneo e com potencial interdisciplinar adentrarem no curso de Física. No processo de investigação, percebemos que a nanociência e a nanotecnologia são temas assíduos na práxis docentes desses professores.

Na exploração da unidade de registro (entrevistas transcritas), construímos a segunda unidade de significação ‘Abordagem eventual’ por observamos que o ensino da ciência na nanoescala em alguns casos pode ou não ser desenvolvido, inclusive em disciplinas de natureza obrigatória como, por exemplo, a disciplina de “Prática de Ensino de Física Moderna” presente na matriz curricular do curso de Física da UFSC. A professora P₂ que ministra atualmente a disciplina de “Prática de Ensino de Física Moderna”, segue uma didática de seleção de temas, em que os temas trabalhados durante a disciplina são escolhidos pelos alunos. No relato de P₂, observamos que 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, considerando que uma abordagem de maneira superficial não caracteriza a aprendizagem e tampouco substancia mudanças no cognitivo do indivíduo. Os dados analisados revelam, sobretudo, a transposição dessas temáticas de forma resumida, para apresentar essa análise elaboramos a unidade de significação ‘Abordagem sem profundidade’, essa característica é confirmada nas falas dos professores P₁ (Quadro 7) e P₃ descrita posteriormente.

Tonet e Leonel (2019), ao realizarem uma revisão bibliográfica a respeito do tema, nanociência e nanotecnologia, 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” (p. 448). 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.

No relato do professor P₃, observamos que em sua práxis docente é dado pouco espaço para a transposição do conhecimento da nanociência. O professor, justifica que a tímida presença desse conhecimento é motivada pela existência de outros conteúdos no currículo do curso de Física, considerados por ele, essenciais para o aprendizado do aluno em formação e afirma que a moderada carga horária não possibilita o tratamento integral dos conteúdos cabendo aos professores a seleção desses.

Vou dizer que pouco, que a gente discute pouco, mas talvez uma parte da disciplina de Estrutura da Matéria que em alguns lugares é chamada de Física Moderna e as vezes um pouco no curso de Física III. Mas se a gente for pensar em termos da formação do estudante não dar pra abordar tudo. (P₃)

Dentro da categoria, **Abordagem da ciência na nanoescala na práxis docente**, identificamos ainda, dois professores (P₈; P₁₀) que comentaram abordar o conhecimento da nanociência e suas aplicações de forma indireta. Para representar esses participantes, elaboramos a unidade ‘Abordagem indireta’. O professor P₁₀ (Quadro 7), comenta que a presença desses conteúdos em capítulos opcionais dos livros limita o ensino desse conhecimento e como sua abordagem nem sempre é recomendada nos currículos, ficando a critério do professor abordar ou não essas temáticas, em sua práxis docente a nanociência 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 pouco compreendem as contribuições da ciência na nanoescala para formação em Física, haja vista que exibem uma visão de ensino do tema meramente a título de curiosidade do aluno, deixando os alunos a desejar de um aprendizado mais fundamentado. Com o holofote apagado, a nanociência é arremessada a um lugar sem destaque na sala de aula.

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. Desse modo, é preciso que o professor além de julgar um conteúdo como necessário e desnecessário para o ensino e a aprendizagem, contextualize os motivos envolvidos na caracterização dada ao conteúdo, dessa maneira poderá ser atribuindo significado à aprendizagem desses. Essa consciência, permite o entendimento de que ensinar envolve conhecimentos e comunicação que vão além do que o currículo solicita.

Dando sequência à análise, identificamos que a categoria, **Distanciamento entre a ciência na nanoescala e a práxis docente**, é representada por quatro participantes (36%) que relataram ausência 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.

Dando continuidade à análise, observamos que 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.

Para a última unidade 'Não é contemplado no currículo', reservamos 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 (Quadro 7), é possível observar que ele apresenta ter consciência da relevância desses temas. 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.

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. Neste sentido, torna-se visível a premência de se introduzir o conhecimento da ciência na nanoescala no ensino superior e com embasamento mais profundo, proporcionando uma ampliação e melhor entendimento do ensino dessa ciência, pois a partir de uma compreensão adequada dos conceitos, leis e teorias e da origem da nanociência e que se pode vislumbrar a oportunidade de tomá-la como um saber de referência (RICARDO; CUSTÓDIO; REZENDE JÚNIOR, 2007).

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. Outro obstáculo pontuado pelos participantes é a falta de conscientização dos professores, que por não assistirem esse conhecimento em sua formação não conseguem vislumbrar a importância desses temas para a atualidade.

[...], 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)

[...] é uma novidade, por ser uma novidade há pessoas que não viram isso durante a formação, não tiveram esse tipo de incentivo, se sentem um pouco incomodado, desconfortáveis porque também é novidade pra elas, não conseguem enxergar com a mesma clareza que eu enxergo, a necessidade, a importância de se conectar o conteúdo formal visto em livro, visto em sala de aula, com o conteúdo que vem do youtube, que vem do facebook, que vem do instagram, que vem de todas essas áreas.(P₇)

Além dessas observações, identificamos por meio dos relatos dos professores, a presença dessa temática em outros cursos de graduação, uma vez que a característica interdisciplinar da ciência na nanoescala permite sua relação com outras ciências. O professor P₁ (Quadro 7), afirma ter trabalhado com a presente temática em disciplinas oferecidas pelo Departamento de Física para o curso de Biologia, no entanto o professor não nomeou a disciplina, já o professor P₅ menciona a possibilidade do ensino dessa temática no curso de Engenharia Eletrônica por meio da disciplina “Estrutura da Matéria I”, haja vista ser esta disciplina propensa ao ensino da nanociência.

4.4.3 Bloco 3: Recursos metodológicos

A construção deste bloco, que teve por objetivo analisar os recursos metodológicos que tratam da temática utilizados pelos sujeitos que relataram abordar o conhecimento da nanociência e da nanotecnologia, proporcionou o conhecimento das práticas de ensino desenvolvidas na abordagem dessa ciência. Compreendemos prática de ensino, como a organização dos métodos desenvolvidos no processo de ensino e aprendizagem, que promove melhorias na transmissão, recepção e na produção do conhecimento.

Neste bloco de análise, informamos que o registro das ocorrências pode apresentar sobreposição visto que, em alguns casos os professores fazem uso de vários recursos metodológicos na recepção e transposição do conhecimento como apresenta o Quadro 8.

Quadro 8- Caracterização dos instrumentos utilizados na abordagem da ciência na nanoescala.

Categorização da questão		
Quais recursos metodológicos são utilizados?		
Ocorrência	Unidade de significação	Extratos das falas dos docentes
4	Materiais da área de Física	P ₃ - “[...] eu costumo utilizar material da área[...] <u>livros da área de Física</u> , seja de Física Moderna, seja mesmo de Física do Estado Sólido”.
3	Materiais de divulgação científica	P ₁ - “[...]eu usei <u>principalmente livros de divulgação científica</u> , tem bons livros de divulgação científica já e revistas, por exemplo, tem bons artigos [...]”.
3	Materiais de multimídias	P ₅ - “[...] eu uso então o <u>YouTube</u> , o YouTube tem diversos vídeos e outros canais, tem alguns canais já especializados em divulgação científica. Tem um material do <u>Phet Colorado</u> , onde eles já desenvolvem <u>diversas animações, experimentos virtuais pra tratar conteúdo de Física Moderna</u> também e tem diversas animações [...]”.

Fonte: Autora (2020)

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 práxis 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 transmissão e recepção do conhecimento.

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

Zabala (1998) anuncia que o livro é o instrumento mais utilizado na aquisição e apresentação do conhecimento e constitui-se a principal referência que professor dispõem 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” (p. 174). Entretanto, Zabala (1998) evidencia que o professor deve ter prudência ao adotar o livro didático como único instrumento no planejamento das atividades no processo de ensino e aprendizagem, e apresenta algumas limitações deste instrumento como, por exemplo, deficiência quando se trata da assimilação dos conteúdos abordados com a realidade vivenciada pelo aluno o que provoca um distanciamento entre o ambiente escolar e o cotidiano, além de favorecer a aprendizagem por memorização mecânica.

Assim sendo, antes da preparação de uma aula por meio de um único instrumento, o professor precisa adquirir uma concepção clara do conteúdo a ser ministrado. Essa concepção pode oferecer um melhor entendimento do assunto em relação ao que já é conhecido, prevenir a divulgação de erros que constantemente são propagados no ambiente escolar e despertar o espírito investigativo no professor, além de provocar reflexões sobre a própria prática docente (ZABALA, 1998; GARRIDO; PESSOA DE CARVALHO, 1999).

Esclarecemos que alguns professores participantes (P₂; P₆; P₇; P₉; P₁₁) não foram contabilizados nesta etapa e o motivo é fundamentado nos relatos desses participantes, que expressam ausência de conhecimento da ciência na nanoescala em sua práxis docente, já a professora P₂, embora tenha relatado a presença desse conhecimento em suas aulas, não aponta quais instrumentos são utilizados por ser uma abordagem de modo eventual.

Dando continuidade à análise, pode-se observar que o livro não é o único instrumento utilizado pelos professores participantes, 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.

No momento posterior, registramos o quantitativo da unidade ‘Materiais de multimídias’. Os recursos de multimídias como os simuladores computacionais, as plataformas de compartilhamento de vídeos (*YouTube*) e os slides foram pontuados por três professores.

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 dissertem sobre o conhecimento da nanociência e da nanotecnologia em suas aulas. No relato de P₁₀ exibido posteriormente (Quadro 8), observamos a presença de diversos materiais metodológicos na divulgação dessa ciência.

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.

Para Zabala (1998), os materiais curriculares são instrumentos que norteiam a prática docente e auxiliam o professor na organicidade das aulas. Na concepção do autor, se faz necessário o uso de diversos instrumentos, e ou materiais curriculares no planejamento do processo de ensino/aprendizagem, haja vista que o professor em exercício encontra dificuldade em desenvolver algo diferente ao que fora planejado. Desse modo, os instrumentos utilizados na preparação das aulas devem ser analisados com maior criticidade.

A complexidade da tarefa educativa nos exige dispor de instrumentos e recursos que favoreçam a tarefa de ensinar. Em todo caso, são necessários materiais que estejam a serviço de nossas propostas didáticas e não o contrário; que não suplantem a dimensão estratégica e criativa dos professores, mas que a incentivem (ZABALA, 1998, p. 175).

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 (ZABALA, 1998).

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 (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020).

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. Essa característica é fundamental para contextualizar as perspectivas construídas em volta do ensino da ciência na nanoescala na formação inicial em Física.

Compreende-se que a apresentação dos instrumentos utilizados na transposição de conhecimento da nanociência, 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 utilidades de cada um antes de transpô-lo para a prática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual contexto histórico, em que a tecnologia vem traçando novos caminhos para a sociedade, faz-se necessário que a práxis docente seja analisada e transformada, como versamos ao longo dessa pesquisa, essas transformações são pontuadas por diferentes autores (PESSOA DE CARVALHO; GIL, 2011; NÓVOA, 1992, 2017; GIL *et al.*, 2001). Neste viés, esclarecemos que os motivos pelos quais buscamos investigar a abordagem da temática nanociência no curso de Licenciatura em Física nas Instituições de Ensino Superior (UFSC e UFMA), são baseados nas necessidades que as inovações científicas e tecnológicas vêm estabelecendo a sociedade.

Nesta fase da pesquisa, tecemos algumas reflexões decorrentes dos resultados obtidos em nossa investigação. Desse modo, apresentamos as principais contribuições desta pesquisa, bem como suas limitações. 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.

Fica evidente, diante de tudo que foi exposto, a premência da atualização dos conteúdos requeridos no curso de Física, considerados obsoletos por contemplar de forma extensiva assuntos do século XVIII e XIX, enquanto a Física do século XX é depreciada. Diante disso, é preciso pesar na balança a relevância entre o ensino da Física Clássica, para qual é reservado grande parte da carga horária do curso, e o ensino da Física Moderna, que dispõe de um espaço ínfimo na matriz curricular e assim equilibrar o ensino das diferentes áreas da Física e suas ramificações, favorecendo a inclusão de novas pesquisas.

Neste viés, a diversidade de estratégias metodológicas apresentada em nossa pesquisa, fomentam o crescimento do ensino da nanociência e possibilitam melhorias dos processos educacionais. Tais estratégias tornam os métodos de ensino e aprendizagem mais atrativas e despertam no aluno maior motivação e interesse em relação ao avanço técnico-científico presentes nos diferentes âmbitos sociais.

Com relação aos resultados obtidos na pesquisa documental, observamos que o curso de Física oferecido pela UFSC, destina uma carga horária de 540 h/a (15%) para abordagem de temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC), quando equiparadas com a carga horária total de 3534 h/a do curso. 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.

Considerando os resultados da pesquisa documental na matriz curricular e no PPPC do curso oferecido pela UFMA, constatamos uma carga horária de 795 h/a (23%) do conjunto de 3465 h/a para abordagem do conhecimento de FMC. Em relação a presença dos termos nanociência e nanotecnologia, como exibimos brevemente, a universidade oferece uma disciplina específica para o tratamento desse conhecimento, intitulada de “Introdução à Nanociência e Nanotecnologia”. No entanto, até o desenvolvimento do presente estudo, a disciplina ainda não havia sido ministrada. Desse modo, o resultado nos permite afirmar, apenas, que há uma preocupação da academia em atender as demandas da legislação com relação à oferta de disciplinas que suscitem discussões sobre os avanços da ciência na contemporaneidade.

Além disso, a implantação de uma disciplina específica para abordagem da nanociência e nanotecnologia, limitou as demais disciplinas a incluírem esses temas, visto que tais palavras, não foram encontradas nas ementas das disciplinas de FMC, campo favorável para o tratamento da ciência na nanoescala.

Para responder à pergunta norteadora desta pesquisa: *Quais as abordagens intencionadas e concepções dos docentes formadores em relação às temáticas da nanociência e nanotecnologia nos cursos de licenciatura em física da UFMA e UFSC?* realizamos entrevistas semiestruturadas com os professores em exercício no curso de Licenciatura em Física da UFSC e da UFMA.

Em relação as concepções dos participantes, sobre os temas da pesquisa, evidenciamos por meio dos relatos, que os professores apresentam concepções teóricas coerentes. Assim, essas concepções aparecem associadas entre si, como revelações de ideias apresentadas pela comunidade científica. Essa aproximação, não caracteriza o professor como incapaz de elaborar uma concepção própria a respeito de um conhecimento, e sim o oposto, que os professores em exercício no curso de Licenciatura em Física das referidas universidade, detém conhecimento da nanociência e de suas aplicações, e expressam suas concepções a respeito do tema de forma clara.

Além do mais, os professores usam da autonomia que os documentos que regem a educação superior lhe oferecem para incluírem no trabalho docente, temas que não são solicitados na matriz curricular. Por meio dos relatos, percebe-se em alguns professores certa preocupação em preparar o licenciando e futuro professor para os diferentes desafios impostos pela evolução científica.

Os resultados apresentados nesta pesquisa, se aproximam de resultados emitidos por Tonet e Leonel (2019), em que o ensino da ciência na nanoescala vem sendo desenvolvido em um nível superficial. Partido dos relatos dos participantes, conseguimos identificar as causas envolvidas tanto na ausência, quanto na tímida presença desses conhecimentos. Os motivos listados ao longo da pesquisa, formam um conjunto de desafios que precisam ser vencidos para que a nanociência seja reconhecida como um conhecimento imprescindível nos cursos de ciência.

Percebemos ainda, que a escassez de material didático e as moderadas atualizações dos currículos não constituem o principal obstáculo no ensino da ciência na nanoescala, e sim a falta de consciência do professor em compreender a emergência desses temas no atual contexto da educação superior. Os professores conscientes da relevância dessa ciência, insistem em sua abordagem frente a esses e outros desafios como, por exemplo, quando sua área de pesquisa não envolve este tipo de conhecimento, enquanto outros professores justificam a ausência dessa ciência no trabalho docente, por não ter similaridades com sua área de pesquisa. Existe ainda, aqueles professores que desenvolvem pesquisa na área da nanociência, mas optam pela não inserção dos temas na sala de aula, outros remetem o ensino dessa ciência a pós-graduação por acreditarem ser um tema muito complexo para a graduação.

Em nossa pesquisa, não temos a pretensão de culpabilizar os professores pela ausência da abordagem da nanociência, nossa pretensão é estimular ações que leve o professor em formação e em exercício a refletir sobre o trabalho docente e ter o compromisso de contextualizar temas complexos e controversos, características essas bastante disseminadas nos discursos dos professores, com a realidade do aluno, visto que esse compromisso pode auxiliar tanto o professor quanto o aluno a compreender conteúdos que eles enfrentam dificuldades de compreender.

Ao apresentarmos modelos de estratégias metodológicas e a premência de aquisição, por parte dos professores, de conhecimentos teóricos sobre a nanociência, não estamos sugerindo modelos de propostas didática, contudo, tencionamos que os professores em exercício, ampliem suas perspectivas em relação a abordagem da ciência na nanoescala.

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 mundo marcado pela ciência e pela tecnologia.

REFERÊNCIA

BAPTISTA, Mónica Luísa Mendes. Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. Tese (Doutorado), Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa. 2010.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Edição revista e ampliada, São Paulo, Brasil: Edições 70, 2011.

BERNARDO, Guilherme Ângelo Moreira. **A Ciência do Surpreendentemente Pequeno: uma Sequência Didática para a Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2019.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996**. Dispõe sobre as Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF. 1996. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parecer nº 1.304/2001, de 06 de novembro de 2001**. Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares para os cursos de Física. Brasília, DF. 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>. Acesso em: 25out. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.772, de 28 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre a estruturação do Plano de Carreiras e Cargos de Magistério Federal. Brasília, DF. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112772.htm. Acesso em: 15 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**, v. 2. Brasília, DF. 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 25 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica**. Brasília, DF. 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em: 25 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação/Comissão Bicameral de Formação de Professores, **Parecer nº 2/2015, de 09 de junho de 2015**. Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos Profissionais do Magistério da Educação Básica. Brasília, DF. 2015. Disponível em: http://pronacampo.mec.gov.br/images/pdf/parecer_cne_cp_2_2015_aprovado_9_junho_2015.pdf. Acesso em: 25 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2016-2022)**. Brasília, DF. 2016. Disponível em:

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 Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF. 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 22 mar. 2020.

BRASIL. Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Portaria MCTIC nº 324, de 17 de janeiro de 2018**. Dispõe sobre a criação do Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais. Brasília, DF. 2018a. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTIC_n_324_de_17012018.html?searchRef=comit%C3%AA%20consultivo%20de%20nanotecnologia%20e%20novos%20materiais&tipoBusca=expressaoExata. Acesso em: 5 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de Ação de Ct&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras**. Brasília, DF. 2018b. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/cartilha_plano_de_acao_nanotecnologia.pdf. Acesso em: 2 jul. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Censo da Educação Superior 2018-Notas estatísticas. Brasília, DF. 2019a. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2019/censo_da_educacao_superior_2018-notas_estatisticas.pdf. Acesso em: 5 dez. 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Relatório do 2º Ciclo de Monitoramento das Metas do Plano Nacional de Educação- 2018. Brasília, DF. 2019b.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. SisNANO - Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias 2020a. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/incentivo_desenvolvimento/sisnano/sisnano.html. Acesso em: 10 jun. 2020.

BRASIL. Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais. Relatório Anual 2019. Brasília, DF. 2020b. Disponível em: http://cnpem.br/wp-content/uploads/2019/09/RelatorioCG_2019_Parte-I.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de.; GIL, Daniel Pérez. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. Coleção Questões da nossa época, v. 28. 10ª edição. São Paulo: Cortez, 2011.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia. **Edital nº 21/2018, de 01 de junho de 2018**. Disponível em: https://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/1062018Edital_21_PROCADA_mazonia.pdf. Acesso em: 12 dez. 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Materiais Avançados 2010-2022**. IN: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Org.). Brasília, DF: MCT, 2010.

CHAVES, Alaor.; SHELLARD, Ronald Cintra. **Física para o Brasil: pensando o Futuro**. In: CHAVES, A.; SHELLARD, R. C. (Org.) Sociedade Brasileira de Física, São Paulo: Livraria da Física, 2005.

CLEBSCH, Angelisa Benetti.; WATANABE, Marcio. Abordagem da Nanociência e Nanotecnologia a partir da escala. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 15 n. 1, p. 1-10, jul. 2017.

ELLWANGER, Anderson Luís *et al.* O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 1-10, jul. 2012.

FARIA JÚNIOR, Edvaldo Vieira. **Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

FEYNMAN, Richard Phillips. Há mais espaços lá em baixo: Um convite para penetrar em um novo campo da física. Tradução Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. **Revista digital ComCiência**. Campinas, 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>. Acesso em: 5 abr. 2020.

FILHO, Lisboa.; NORONHA, Paulo Monteiro.; MARIA, Amélia. Nanotecnologia e Nanociência em Livros Didáticos de Física do Nível Médio: discursos sobre a tecnologia e a educação científica e tecnológica. **Revista de Física**, n. 46E, p. 126-142, nov, 2013.

ANTUNES FILHO, Sérgio.; BACKX, Bianca Pizzorno. Nanotecnologia e seus Impactos na Sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**., Curitiba, v. 16, n. 40, p. 1-15, abr/jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9870>. Acesso em: 5 ago. 2020.

GARRIDO, Elza.; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Reflexão Sobre a Prática e Qualificação da Formação Inicial Docente. **Caderno de Pesquisa**, n.107, p. 149 -168, jul.1999.

GIL, Daniel Pérez *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HALLIDAY, David.; RESNICK, Robert.; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. vol.2, 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWSON, Peter. W.; HEWSON, Mariana. G. Science teachers conceptions of teaching: implications for teacher education. **International Journal of Science Education**, v. 9, n. 4, p. 425-440, 1987.

JESUS, Izabela Paulini de.; LORENZETTI, Leonir.; HIGA, Ivanilda. A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 10, 2015, Águas de Lindoia. **Anais [...]**. Águas de Lindoia: 2015. p. 1-8. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1200-1.PDF.PDF>. Acesso em: 2 mar. 2020.

JOACHIM Christian.; PLÉVERT, Laurence. **Nanociências: A Revolução Invisível**. Tradução André Telles. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 2009.

KONDER, Leandro. **O futuro da filosofia da práxis**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

KUHN, Thomas Samuel. **A Estruturas das Revoluções Científicas**. 5. ed. Tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva. 1998.

LEONEL, André Ary.; SOUZA, Carlos Alberto. Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7, 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009. p. 1-8.

LEONEL, André Ary. **Nanociência e Nanotecnologia: uma proposta de Ilha Interdisciplinar de Racionalidade para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2010.

IJIMA, Sumio. Helical microtubules of graphitic carbon. **Nature**, v. 354, p. 56–58, 1991.

LIMA, Maria Consuelo Alves.; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4401, 2012.

LOBATO, Teresa.; GRECA, Ileana María. Análise da Inserção de Conteúdos de Teoria Quântica nos Currículos de Física do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

MARTINS, Roberto de Andrade. 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*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

MINAYO, Maria Cecília de Sousa *et al.* Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade. 21. ed. *In: MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; SOUZA, E. R. (Org.). Petrópolis, Vozes, 2002.*

NÓVOA, António. Formação de professores e profissão docente. *In: Nóvoa, A. (Org.). Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

NÓVOA, António. **Formação de professores e trabalho pedagógico**. Lisboa: Educa, 2002.

NÓVOA, António. Firmar a posição como professor, afirmar a profissão docente. **Cadernos de Pesquisa**, v.47 n.166 p.1106-1133 out./dez. 2017.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. vol. 4. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Doenças não comunicáveis. 1 de junho de 2018. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. Acesso em: 12 jun. 2020.

ORELLANA, Juan. **Estado del arte: nanotubos de carbono**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Eletrônica) – Universidade Politécnica Salesiana, Cuenca- Equador, 2012.

OLIVEIRA, Matheus. **Mapa dos estados brasileiros em preto e branco (para colorir)**. Tudo Geo. 23 de fevereiro de 2019. Disponível em: <https://tudogeo.com.br/2019/02/23/mapa-dos-estados-brasileiros>. Acesso em: 14 jul. 2020.

PESSOA JÚNIOR, Osvaldo Frota. **Demônio de Maxwell e a Física da Computação**. Questão: Um robô nanométrico consegue violar a irreversibilidade? *In*: Osvaldo Frota Pessoa Junior. (Org.). Filosofia da Física Clássica, Cap. XXV. Universidade de São Paulo 2017. Disponível em: <http://opessoa.fflch.usp.br/sites/opessoa.fflch.usp.br/files/FiFi-17-Cap25.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2020.

REZENDE JÚNIOR, Mikael Frank.; CRUZ, Frederico Firmo de Souza. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência e Educação**, vol. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

RICARDO, Elio Carlos.; CUSTÓDIO, José Francisco.; REZENDE JÚNIOR, Mikael Frank. A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 135-147, 2007.

SILVA, Edison Zacarias da. **Nanociência: a próxima grande ideia?** Revista USP, São Paulo, n.76, p. 78-87, dez/fev. 2007-2008.

SCHULZ, Peter Alexander Bleinroth. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, mai. 2005.

SCHULZ, Peter Alexander Bleinroth. Há mais história lá embaixo - um convite para rever uma palestra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, n. 4, 2018.

TERRAZAN, Eduardo. Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.3, p.209-214, 1992.

TONET, Michele Duarte.; LEONEL, André Ary. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 431-456, ago. 2019.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação: o positivismo, a fenomenologia, o Marxismo**, São Paulo: Atlas, 1987.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Projeto Político Pedagógico do Curso de Licenciatura em Física. Florianópolis, SC. 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. Projeto Político Pedagógico do Curso (PPPC) de Licenciatura em Física. São Luís, MA. 2019.

ZABALA, Antoni. A Prática Educativa. Como ensinar. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

APRÊNDICE

Apêndice I- Questionário para caracterização dos professores de Física

Nome _____

1. Género?

Fem. Masc.

2. Idade?

25 25-29 30-39 40-49 50-59 60+

3. Graduação?

Bacharel Licenciatura

4. Habilitações Académicas?

Especialização Mestrado Doutoramento Pós-doutorado

5. Habilitação Profissional?

Substituto(a) Assistente Adjunto(a) Associado(a) Titular

6. Tempo de serviço na universidade onde trabalha atualmente?

7. Indique as disciplinas da graduação que abordam os conhecimentos da nanociência e nanotecnologia que tenha lecionado entre os anos de 2010 a 2019:

Física Moderna. Física Contemporânea. Mecânica Quântica.

Outras. Quais? _____

8. Abordou ou aborda esta temática em outras ocasiões

Grupos de pesquisas Orientações académicas

Disciplinas Pós-graduação estudos dirigidos.

Outras. Quais? _____

Aprêndice II- Roteiro da entrevista docente

- 1) Quais conhecimentos da Física você acredita que são mais importantes para a formação do licenciando e sua futura atuação profissional?
- 2) Em relação à Física Moderna e Contemporânea, qual a importância desses conhecimentos para a formação do licenciando? Você pode mencionar quais conteúdos relacionados à Física Moderna e Contemporânea são mais relevantes para a formação do licenciando?
- 3) Você costuma acompanhar as descobertas da Física Contemporânea (século XX)? (Em caso afirmativo perguntar, quais os meios de informações são utilizados na obtenção do conhecimento).
- 4) O que você entende por nanociência e a nanotecnologia? Para você, existe diferença entre esses termos?
- 5) Quais aplicações da nanociência e da nanotecnologia você conhece? Como se deu o seu contato com essas aplicações?
- 6) Em sua prática docente no curso de Licenciatura em Física o conhecimento proveniente da nanociência e da nanotecnologia é abordado? (Em caso positivo perguntar, quais recursos metodológicos são utilizados e se são abordados em outras situações como grupo de pesquisa e disciplinas da Pós-Graduação).
- 7) Em sua opinião, o conhecimento da ciência na nanoescala tem relevância para a formação do aluno do curso de Licenciatura em Física? Como este campo do saber pode ser trabalhado no curso de Licenciatura em Física? De que forma você avalia o currículo do curso de Licenciatura Física?
- 8) Em sua concepção os cursos de Licenciatura em Física vêm ofertando uma formação crítica ao licenciando diante dos avanços da tecnologia? Você acredita que uma abordagem de conteúdos da nanociência e da nanotecnologia pode contribuir para uma formação consciente? Se sim, por quê?

*Pretende-se investigar também as possibilidades de mudanças no currículo do curso de Física, abordagem mais profunda de assuntos da nanociência e nanotecnologia, vantagens, desvantagem e possibilidade de uma disciplina específica para abordagem da ciência na nanoescala.

Aprêndice III- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa: A temática da nanociência e nanotecnologia na formação inicial de professores de física abordada nas instituições de ensino superior UFSC e UFMA.

Objetivos da Pesquisa: Investigar as práticas didáticas (ou intencionadas) sobre nanociência e nanotecnologia e analisar as concepções do professor a respeito desta temática nos cursos de Licenciatura em Física ofertados pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Analisar a extensão do tema nanociência e nanotecnologia nos currículos dos cursos de licenciatura em física da UFMA e UFSC. Identificar a presença ou ausência do tema na práxis docentes (ou intencionadas) dos professores das universidades campo desta pesquisa. Investigar a formação dos professores de Física em exercício na UFMA e na UFSC sobre a nestas universidades sobre o conhecimento da temática nanotecnologia e nanociência. Analisar os recursos metodológicos que tratam da temática utilizados pelos sujeitos desta pesquisa.

Responsável pela Pesquisa: A pesquisa será desenvolvida por Erika Santos da Costa sob a orientação de Silvette Coradi Guerini e de José Francisco Custódio Filho. A apresentação do termo de consentimento será realizada por Erika Santos da Costa.

Dados e Contatos da Pesquisadora Responsável:

Erika Santos da Costa (erika.santos25@hotmail.com) aluna do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPECEM) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), graduada em Física pela Universidade Estadual do Maranhão (2014) e tem experiência docente na Educação Básica.

Participação na Pesquisa: A participação é voluntária, sendo que os sujeitos de pesquisa podem desistir da participação a qualquer momento e, ao confirmarem a participação, eles receberão uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

IMPORTANTE: Os nomes dos participantes não serão divulgados em momento algum e todo o material coletado será utilizado apenas para finalidades da pesquisa. As entrevistas não trazem riscos ou desconforto para o entrevistado. Após a análise, a essência do material constituirá a dissertação de mestrado da pesquisadora Erika Santos da Costa.

Eu, _____ (nome _____, nacionalidade, _____ idade, _____ estadocivil, _____ profissão, endereço) _____

_____, estou sendo convidado (a) a

participar de um estudo denominado “A temática da nanociência e nanotecnologia na formação inicial de professores de física abordada nas instituições de ensino superior UFSC e UFMA”. **Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.** Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação. Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação. Fui informado também que receberei uma via deste termo, devidamente assinado.

São Luís, ____ de _____ 2019.

Assinatura

Participante da Pesquisa Voluntário(a)

Assinatura

Pesquisadora Responsável

Erika Santos da Costa

ANEXO



Anexo I- Estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física da UFMA

Universidade Federal do Maranhão-UFMA Coordenação do Curso de Física Licenciatura Fluxograma do Curso-Disciplinas Obrigatória

Semestre 1		Semestre 2		Semestre 3		Semestre 4		Semestre 5		Semestre 6		Semestre 7		Semestre 8	
Cálculo Diferencial e Integral I	1	Álgebra Linear	7	Cálculo Diferencial e Integral III	13	Didática	19	Estágio Supervic. em Ciências	25	Complementar I	31	Complementar II	37	Atividades Complementares	43
	90		60		90		60		60		60		60		210
	6		4		6		4		4		4				
DEMA		DEMA		DEMA		DEII		DEFI							
Cálculo Vetorial e Geometria Analítica	2	Cálculo Diferencial e Integral II	8	Equações Diferenciais I	14	Experimentos de Física III	20	Experimentos de Física IV	26	Estágio Supervisionado no 1º Ano do EM	32	Estágio Supervisionado no 2º Ano do EM	38	Estágio Supervisionado no 3º Ano do EM	44
	60		90		60		60		30		120		120		120
	4		6		4		4		1						
DEMA		DEMA		DEMA		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI	
História e Filosofia da Educação	3	Experimentos de Física I	9	Experimentos de Física II	15	Física III	21	Física IV	27	Evolução dos Conceitos da Física	33	Física Computacional	39	Física do Meio Ambiente	45
	90		30		30		90		30		60		60		60
	6		1		1		6		1		4		4		4
DEII		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI		DIRIO	
Química Geral e Inorgânica	4	Física I	10	Física II	16	Política Educacional Inclusiva I	22	Instrumentação para o Ensino da Física	28	Experimentos de Física Moderna	34	Física Moderna II	40	Pesquisa em Ensino de Física	46
	60		90		60		90		60		30		90		60
	4		6		4		6		4		1		6		4
DEQU		DEFI		DEFI		DEII		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI	
Seminários Científicos	5	Política e Planejamento Educacional	11	Prática de Ensino de Física II	17	Prática de Ensino de Física III	23	Mecânica Clássica I	29	Física Moderna I	35	Libras	41	Sequencial Optativa II	47
	30		60		60		90		90		60		60		60
	2		4		4		6		6		4		4		4
DEFI		DEII		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI		DLER			
Sociologia da Educação	6	Prática de Ensino de Física I	12	Psicologia da Aprendizagem	18	Termodinâmica	24	Prática de Ensino de Física IV	30	Prática de Ensino de Física Moderna	36	Sequencial Optativa I	42	TCC	48
	60		60		90		60		60		60		60		60
	4		4		6		4		4		4		4		4
DEII		DEFI		DEII		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI		DEFI	

Disciplina	Número
	CH
Pré-requisito	Depõe.

Anexo II- Estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física da UFSC



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**
Pró-Reitoria de Graduação
Departamento de Administração Escolar

Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**
Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Documentação: Renovação de Reconhecimento - Portaria nº 921 de 27/12/2018 e Publicada no D.O.U em 28/12/2018. Curso Reconhecido pelo Decr. Federal 81759 de 06/06/1978, publicado no DOU de 07/06/1978.
Parecer Criação= 424-PREG/93
Portaria Criação= 218-02/31/073-GABINETE DO REITOR
Decreto Criação= 81759-06/06/78
Documento Criação=5-07/03/78
Curso Reconhecido pela Portaria nº 1.097 de 24.12.2015 e Publicada no D.O.U em 30.12.2015.

Objetivo: Formar docentes para o ensino de física em nível de 2-grau, através de um conhecimento amplo das principais teorias da física, física experimental e formação didático-pedagógica e educacional.

Titulação: Licenciado em Física

Diplomado em: Física Licenciatura

Período de Conclusão do Curso: Mínimo: 7 semestres Máximo: 12 semestres

Carga Horária Obrigatória: UFSC: 3534 H/A CNE: 3360 H

Número de aulas semanais: Mínimo: 16 Máximo: 28

Coordenador do Curso: Prof.ª Dr.ª Marínes Domingues Cordeiro
Telefone: 37212305



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 01

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
FSC5107 Física Geral - I-A	Ob	108	6	(FSC5101 ou FSC5110 eh FSC5111)		Introdução aos conceitos fundamentais da cinemática e dinâmica. Leis de conservação da energia e do momento linear.
FSC5911 Tópicos de Matemática Básica para Física Geral	Ob	72	4			Conteúdos de Matemática básica para Física geral.
MTM3100 Pré-Cálculo	Ob	72	4	FSC5911		Conjuntos e aritmética básica; Cálculo com expressões algébricas; equações; inequações; funções.
MTM3101 Cálculo 1	Ob	72	4	(MTM5115 ou MTM5161)	(FSC5911 ou MTM3100)	Cálculo de funções de uma variável real: limites; continuidade; derivada; aplicações da derivada (taxas de variação, retas tangentes e normais, problemas de otimização e máximos e mínimos, esboço de gráficos, aproximações lineares e quadráticas); integral definida e indefinida; áreas entre curvas; técnicas de integração (substituição, por partes, substituição trigonométrica, frações parciais); integral imprópria.
MTM5512 Geometria Analítica	Ob	72	4			Matrizes. Determinantes. Sistemas lineares. Álgebra vetorial. Estudo da reta e do plano. Curvas planas. Superfícies.



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 02

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
<p>-O papel social da escola. O direito à educação. A democratização da educação. Currículo e organização da escola. LDB: a organização da educação nacional e níveis e modalidades de ensino. Projeto Político Pedagógico: a gestão democrática da escola. Parâmetros Curriculares Nacionais. Propostas Curriculares estadual e municipal.</p>						
EED5187	Organização Escolar (PCC 18 horas-aula)	Ob	72	4		
<p>Noções de mecânica quântica. Relatividade. Partículas elementares: modelo padrão. Caos. Tópicos de Física contemporânea.</p>						
FSC5106	Introdução à Física Moderna	Ob	36	2		
<p>Medidas, instrumentos de medidas, erros e gráficos, experimentos envolvendo conceitos de cinemática e leis de Newton, energia e momento linear.</p>						
FSC5141	Laboratório de Física I	Ob	54	3		
<p>Rotação de corpos rígidos. Dinâmica do movimento de rotação. Gravitação. Equilíbrio e elasticidade. Movimento periódico. Ondas mecânicas. Interferência de ondas e modos normais. Som.</p>						
FSC5165	Física Geral II-A	Ob	72	4	(FSC5107) ou (FSC5101) e MTM3101 ou MTM5115)	
<p>Aplicações da integral definida. Funções de várias variáveis. Derivadas parciais. Máximos e mínimos de funções de várias variáveis. Equações diferenciais ordinárias de primeira ordem. Equações diferenciais ordinárias lineares homogêneas de ordem n. Equações diferenciais ordinárias lineares não homogêneas de ordem 2. Noções gerais de Transformada de Laplace.</p>						
MTM3102	Cálculo 2	Ob	72	4	MTM5116	(MTM3101 ou MTM5115)
-	Seminários	Ob	18	1		



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 03

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
FSC5142 Laboratório de Física II Experimentos sobre tópicos de oscilações, termologia, hidrologia, e ondas mecânicas.	Ob	54	3		FSC5141	
FSC5166 Física Geral II-B Mecânica dos fluidos. Temperatura e calor. Propriedades térmicas da matéria. Primeira lei da termodinâmica. Segunda lei da termodinâmica. Teoria cinética dos gases.	Ob	72	4		(FSC5107) ou (FSC5101) e MTM3101 ou MTM5115)	
FSC5171 Prática de Ensino de Física I (PCC 54 horas-aula) Elaboração e apresentação, pelos alunos, de módulos de ensino envolvendo conceitos tratados nas disciplinas Física Geral I-A (FSC 5107), Física Geral II-A (FSC 5165) e Física Geral II-B (FSC 5166). Nestes módulos os mesmos devem procurar utilizar experimentos ou demonstrações experimentais.	Ob	54	3		FSC5165	
MTM3103 Cálculo 3 -Integração múltipla: integrais duplas e triplas. Noções de cálculo vetorial: curvas e superfícies. Campos escalares e vetoriais. Integrais de linha e de superfícies. Teoremas de Green, Stokes e da Divergência.	Ob	72	4	MTM5117	(MTM3102) ou MTM5116) e (MTM5512)	
PSI5137 Psicologia Educacional: Desenvolvimento e Aprendizagem (PCC 12h-a) Introdução à Psicologia como ciência: histórico, objetivo e métodos. Interações sociais no contexto educacional e o lugar do professor. Introdução ao estudo do desenvolvimento e de aprendizagem - infância, adolescência, idade adulta. Contribuições da Psicologia na prática escolar cotidiana e na compreensão do fracasso escolar. Prática como componente curricular.	Ob	72	4			



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 04

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
Experimentos envolvendo conceitos de eletrostática, eletrodinâmica.						
FSC5143	Laboratório de Física III	Ob	54	3		(FSC5141 eh FSC5165 eh FSC5166)
Elaboração e apresentação, pelos alunos, de módulos de ensino envolvendo conceitos tratados nas disciplinas Física Geral III. Nestes módulos os mesmos devem procurar utilizar experimentos ou demonstrações experimentais.						
FSC5172	Prática de Ensino de Física II (PCC 36 horas-aula)	Ob	36	2		(FSC5166 eh FSC5171)
Introdução histórica ao eletromagnetismo. Carga elétrica e lei de Coulomb. Campo elétrico. Lei de Gauss. Potencial elétrico. Dielétricos e capacitores. Lei de Ohm. Circuitos elétricos de corrente contínua. Campo magnético. Leis de Ampere e Faraday. Indutância. Propriedades magnéticas da matéria. Leis de Maxwell na forma integral.						
FSC5193	Física Geral III	Ob	108	6		(FSC5165 eh MTM5116 eh MTM5512) ou (FSC5165 eh MTM3102 eh MTM5512)
Explicação de conceitos físicos e matemáticos em forma de algoritmos computacionais e sua implementação em alguma linguagem de alto nível compilável (C, Fortran, etc) ou de script (JavaScript, Python, Perl, Matlab, Matemática, Maple, etc) com ênfase no paradigma estruturado (não orientado a objeto) mediante a utilização e definição de variáveis numéricas e "string", comandos de entrada e saída, estrutura de decisão, estruturas de repetição, matrizes e subprogramas.						
FSC7114	Introdução à Física Computacional	Ob	72	4		(FSC5165 eh MTM5512)
Sequências e séries numéricas. Sequências e séries de funções: séries de potências e séries de Fourier. Equações diferenciais parciais: método da separação de variáveis nas equações clássicas da onda, do calor e de Laplace.						
MTM3104	Cálculo 4	Ob	72	4	MTM5118	(MTM3103 ou MTM5108 ou MTM5117)



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 05

Disciplina		Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
FSC5144	Experimentos envolvendo conceitos de eletromagnetismo e óptica. Laboratório de Física IV	Ob	54	3		FSC5143	
FSC5194	Corrente alternada. Ondas eletromagnéticas. Natureza e propagação da luz. Ótica geométrica. Instrumentos ópticos. Interferência. Difração. Polarização. Cinemática e dinâmica relativística. Física Geral IV	Ob	108	6		(FSC5165 eh FSC5193)	
FSC5705	Introdução a ferramentas computacionais em Física: editoração e processamento de textos científicos, programas de confecção de gráficos, bibliotecas livres, programas de manipulação algébrica, e linguagens de programação. Resolução de problemas físicos utilizando métodos computacionais. Física Computacional	Ob	72	4		FSC7114	
MEN5601	- Educação escolar como fenômeno histórico-social. Currículo e trabalho pedagógico no contexto escolar. As relações de ensino-aprendizagem em contexto escolar. Mediações pedagógicas e suas relações com o ensino da área específica do curso. Didática A - PCC 12 horas-aula	Ob	72	4		EED5187	
MEN7091	Estágio Supervisionado em Ensino de Física A	Ob	54	3		(EED5187 eh PSI5137)	
-	Seminários	Ob	18	1			



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**
Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 06

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
Leis de Newton. Oscilações lineares e não lineares. Forças centrais. Sistemas de muitas partículas. sistemas de coordenadas não inerciais.						
FSC5218 Mecânica Geral	Ob	72	4		(FSC5165) eh (MTM3103 ou MTM5117)	
Estudo das evidências que levaram ao surgimento da Física Moderna. Estrutura atômica da matéria e radiação. Modelos atômicos de Rutherford e Bohr. Dualidade onda-partícula. Teoria de Schrödinger. Soluções da equação de Schrödinger para problemas unidimensionais. Átomo de hidrogênio.						
FSC5506 Estrutura da Matéria I	Ob	108	6		FSC5194	
Desmistificação de idéias recebidas relativamente às línguas de sinais. A língua de sinais enquanto língua utilizada pela comunidade surda brasileira. Introdução à língua brasileira de sinais: usar a língua em contextos que exigem comunicação básica, como se apresentar, realizar perguntas, responder perguntas e dar informações sobre alguns aspectos pessoais (nome, endereço, telefone). Conhecer aspectos culturais específicos da comunidade surda brasileira.						
LSB7904 Língua Brasileira de Sinais I (PCC 18horas-aula)	Ob	72	4			
MEN7090 Metodologia de Ensino de Física (PCC 90horas/aula)	Ob	90	5		(EED5187 eh FSC5166 eh PSI5137)	
-	Seminários	Ob	18	1		



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 07

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
FSC5117 Instrumentação para o Ensino de Física A (PCC 72h/a)	Ob	72	4		FSC5193	
<p>O processo de ensino aprendizagem da Física. O papel e a influência das concepções alternativas, história da Física, transposição didática e modelização no ensino de Física. As relações CTS e o ensino de Física. Retrospectiva histórica do ensino de Física no Brasil. O estudo dos projetos de ensino de Física (nacionais e estrangeiros) da década de 60 (PSSC, Harvard, Nuffiel, Piloto, FAI, PEF, PBEF) e suas influências no ensino de Física no Brasil.</p>						
FSC5303 Fundamentos de Termodinâmica	Ob	72	4		(FSC5166 eh MTM5116)	
<p>Primeira lei da Termodinâmica. Entropia. Estabilidade e segunda lei da Termodinâmica. Aplicações (motores e refrigeradores): ciclos Otto, Diesel, Stirling e refrigeradores. Potenciais termodinâmicos (interpretação física e estabilidade). Terceira lei da Termodinâmica. Transições de fase (primeira ordem e contínuas).</p>						
FSC5539 Estrutura da Matéria II	Ob	72	4		FSC5506	
<p>Experimento de Stern-Gerlach. Spin. Átomo de hélio. Introdução à estatística quântica. Teoria do campo medio. Átomos multieletrônicos. Moléculas, espectro rotacional, vibracional e eletrônico.</p>						
MEN7092 Estágio Supervisionado em Ensino de Física B	Ob	144	8		MEN7091	
<p>Estágio Supervisionado: planejamento, colaboração e docência em sala de aula com responsabilidade docente de pelo menos uma unidade completa de ensino ao longo do bimestre letivo. Aplicação do projeto de ensino em sala de aula de escola conveniada com procedimentos metodológicos diferenciados: módulos impressos e digitais, filmes, kits, páginas web. Atividades conjuntas nas Escolas Conveniadas e Espaços Culturais com licenciandos de fases anteriores em seus projetos e prática docente. Planejamento e elaboração do relatório final em formato de ensaio.</p>						
QMC5125 Química Geral Experimental A	Ob	36	2			
<p>Matéria. Conceitos gerais. Teoria atômica. Estrutura atômica. Configuração Eletrônica. Orbital Atômico. Ligações químicas: iônicas, covalentes, metálicas. Leis dos gases. Conceito de Mol. Funções químicas. Misturas. Soluções. Concentração de soluções. Equações químicas. Reações redox. Introdução ao Equilíbrio químico; ácidos e bases; pH. Calor de reação. Introdução à Termoquímica.</p>						
QMC5138 Química Geral	Ob	36	2			
<p>Matéria. Conceitos gerais. Teoria atômica. Estrutura atômica. Orbital atômico. Transformações químicas. Gases, líquidos e pressão de vapor. Estequiometria. Conceito de mol. Termodinâmica. Geometria molecular. Momento dipolar. Solubilidade. Estruturas químicas cristalinas. Elétrons nos sólidos, Defeitos nos sólidos. Soluções e misturas, propriedades coligativas. Cinética e mecanismos de reações. Equilíbrio químico, Equilíbrio ácido-base. Reações de oxirreduções, eletroquímica, pilhas, corrosão e combustão.</p>						



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Fase 08

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
FSC5118	Instrumentação para o Ensino de Física B (PCC 72h/a)	Ob	72	4	(FSC5117 e h FSC5506)	
FSC5151	Laboratório de Física Moderna I	Ob	72	4	FSC5506	
FSC5173	Prática de Ensino de Física Moderna (PCC 36 horas - aula)	Ob	36	2	FSC5539	
FSC5540	Estrutura da Matéria III	Ob	72	4	FSC5539	
MEN7093	Estágio Supervisionado em Ensino de Física C	Ob	108	6	MEN7092	

Fase 09

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
FSC5119	Instrumentação para o Ensino de Física C (PCC 72h/a)	Ob	72	4	FSC5118	
FSC5174	Orientação TCC	Ob	54	3	MEN7093	
FSC5602	Evolução dos Conceitos da Física	Ob	72	4	FSC5539	
MEN7094	Estágio Supervisionado em Ensino de Física D + TCC	Ob	180	10	MEN7092	



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**

Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

Disciplinas Optativas						
Disciplina		Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito Conjunto
FSC5516	Ensino e História da Física	Op	72	4		FSC5506
FSC5517	Introdução à Mecânica dos Fluidos	Op	72	4		(FSC5166 eh MTM3103) ou (MTM5117)eh (MTM3104 ou MTM5118)
FSC5902	Seminário de Física	Op	36	2		FSC5194
FSC5907	Interações Fundamentais	Op	72	4		FSC5506
FSC5912	Solução de Problemas Físicos em Computadores	Op	72	4		FSC5193
FSC5921	Programa de Intercâmbio I	Op				
FSC5922	Programa de Intercâmbio II	Op				FSC5921
FSC5923	Programa de Intercâmbio III	Op				
FSC5924	Programa de Intercâmbio IV	Op				
MEN5911	Introdução ao Uso de Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação	Op	72	4		



Curso: **225 - FÍSICA - Licenciatura (noturno)**
Currículo: **20091**

Habilitação: Licenciatura em Física

ATIVIDADES ACADÊMICO-CIENTÍFICO-CULTURAIS

Carga mínima obrigatória 200 horas(240 horas-aula)

Disciplina	Tipo	H/A	Aulas	Equivalentes	Pré-Requisito	Conjunto
FSC5920	Atividades Acadêmico-Científico-Culturais	Ob				
(*) (*) A carga horária a ser atribuída às atividades acadêmico-culturais será definida pelo Colegiado do Curso a partir da apreciação de memorial descritivo, devidamente comprovado, apresentado pelo estudante e entregue na coordenadoria do curso. A apreciação se dará através de critérios estabelecidos pelo Colegiado do Curso e devidamente divulgados entre os estudantes. Portaria nº 325/pre/2009 de 15/10/2009.						

Observações

Estabelecer como optativas, para efeito de integralização curricular 1994.1 e 2009.1, do curso de graduação em Física - Licenciatura (225), as disciplinas obrigatórias dos currículos 1994.1 e 2009.1 do curso de graduação em Física - bacharelado (002). Portaria nº 087/prograd/2013 de 04/03/2013.

Parágrafo 1º - A disciplina FSC 5911 deve ser cumprida como obrigatória, para efeito de integralização curricular, pelos alunos com matrícula a partir de 2014.1, inclusive. Portaria nº 323/PROGRAD/2014.

Parágrafo 2º - A disciplina FSC 5911 cumprida como optativa no semestre 2014.1 será considerada obrigatória para efeito de integralização curricular. Portaria nº 323/PROGRAD/2014.

Parágrafo Único - Ficam dispensados do cumprimento do conjunto das disciplinas QMC5138 e QMC5125 os alunos pertencentes ao currículo 2009/1 dos cursos de Física (Bacharelado 2 e Licenciatura - 225) que cursaram com aprovação a disciplina QMC5104 OU QMC5106 OU QMC5126. Portaria nº 226/PROGRAD/2016.

Parágrafo 1º - Ficam dispensados do cumprimento da disciplina MTM3100 (Pré-Cálculo) todos os alunos com ingresso no curso até 2017.2, inclusive. Portaria 662/PROGRAD/2017.

Parágrafo 2º - Ficam dispensados do cumprimento do pré-requisito MTM3100 (Pré-Cálculo) da disciplina MTM3101 (Cálculo I) todos os alunos com ingresso no curso até 2017.2, inclusive. Portaria 662/PROGRAD/2017.

Parágrafo 3º - Será efetivada a matrícula na disciplina MTM3101 (Cálculo I) apenas se os alunos, com ingresso a partir de 2018.1 inclusive, cumprirem a disciplina MTM3100 (Pré-Cálculo) mediante a aprovação na prova de proficiência em cálculo prevista no calendário acadêmico ou se cursarem com aprovação a disciplina MTM3100 durante o semestre letivo. Portaria 662/PROGRAD/2017.

Legenda: Tipo: Ob=Disciplina Obrigatória; Op=Disciplina Optativa; Es=Estágio; Ex=Extracurso; H/A=Hora Aula Equivalente: Disciplina equivalente; Conjunto: Disciplinas que devem ser cursadas em conjunto