



INSERÇÃO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO: CONTRIBUIÇÕES À PROMOÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE

Maurisete Fernando Ferreira

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.

Orientador(es): Marcos Aurélio Vasconcelos

Freitas

Neilton Fidelis da Silva

Rio de Janeiro
Outubro de 2021

INSERÇÃO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO: CONTRIBUIÇÕES À PROMOÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE

Maurisete Fernando Ferreira

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Orientador(es): Marcos Aurélio Vasconcelos Freitas

Neilton Fidelis da Silva

Aprovada por: Marcos Aurélio Vasconcelos Freitas

Neilton Fidelis da Silva

David Alves Castelo Branco

Adriana Fiorotti Campos

Luciano Basto Oliveira

Renato Samuel Barbosa de Araújo

Rio de Janeiro

outubro de 2021

Ferreira, Maurisete Fernando

Inserção de sistemas solares fotovoltaicos em instituições de ensino: Contribuições à promoção da sustentabilidade / Maurisete Fernando Ferreira– Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2021.

XV, 137 p.:il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcos Aurélio Vasconcelos Freitas

Neilton Fidelis da Silva

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2021.

Referências Bibliográficas: p.108-117.

1.Energias Renováveis. 2. Ensino 3. Brasil. I. Freitas, Marcos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título

A meus pais, Adalir de Freitas
Ferreira e Maximiano Ferreira (*in
memorian*), que sempre me incentivaram,
me apoiaram e me amaram de forma
incondicional. À minha Esposa Helena que
está sempre ao meu lado me apoiando e
incentivando. E aos meus filhos que me
inspiram. Dedico este trabalho a eles com
todo o meu amor.

“DAS UTOPIAS

Se as coisas são inatingíveis... ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos, se não fora
A presença distante das estrelas!”

Mario Quintana

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela Luz, proteção e inspiração para superar a jornada que foi este doutorado, principalmente nestes tempos de pandemia.

Meu mais profundo agradecimento ao professor Neilton Fidelis, orientador e mentor nesta jornada que foi este doutorado. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos e fomentar excelentes debates e pelo empenho na formação de novos doutores.

Meus agradecimentos ao meu orientador Marcos Aurélio Vasconcelos Freitas pelo seu apoio, orientação e ensinamentos.

Meus agradecimentos aos professores do Programa de Planejamento Energético, professor Luiz Pinguelli Rosa, professor Emilio La Rovére, Amaro Olímpio, André Frossard, Marco Aurelio, Alessandra Magrini e Maurício Arouca.

Meus agradecimentos ao Professor Renato Samuel pela sua dedicação e competência frente a frente da coordenação Dinter/IFRN.

Meus agradecimentos aos meus amigos, companheiros de jornada desta incrível turma Dinter/IFRN, agradeço a parceria e amizade formada ao longo do curso.

Meus agradecimentos ao IFRN, a todos os professores que colaboraram com minha pesquisa respondendo aos questionários. E aos alunos que também fizeram parte da pesquisa. Um especial obrigado a aqueles professores que me ajudaram a coletar os dados, aplicando o questionário em seus *campi*. Muito obrigado!

Meus agradecimentos ao IFRN/Canguaretama, campus que atuo como professor. Agradeço aos meus colegas de trabalho de todo campus. Aos diretores Valderlucio e Flávio Ferreira, e ao diretor acadêmico Marcio Marreiro pelo apoio ao longo desta jornada.

Meu muito obrigado ao Professor Marcio Adriano Azevedo por me incentivar ao fazer este doutorado.

Agradeço aos meus amigos e colegas professores de física Alexandre Barros e Evanildo Vicente. Pelo apoio e ao longo do período que retornei do meu afastamento.

Quero, profundamente, agradecer aos meus Pais. Sra. Adalir e Sr. Maximiano (*in memoriam*), pelo amor incondicional, pelos puxões de orelha, pelo incentivo aos estudos e principalmente pelo exemplo que foram.

Aos meus filhos Arthur, Estevão e Igor, por serem minha maior razão de tudo isto. E a minha esposa e companheira de jornadas, Helena Lucia meu amor.

E enfim agradeço a todos os meus amigos que tiveram presentes nestes últimos anos. Só tenho a agradecer.

Obrigado a todos!

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

INSERÇÃO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM INSTITUIÇÕES
DE ENSINO: CONTRIBUIÇÕES À PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Maurisete Fernando Ferreira

Outubro/2021

Orientadores: Marcos Aurelio Vasconcelos de Freitas

Neilton Fidelis da Silva

Programa de Planejamento Energético

A forma como uma parte significativa dos atores sociais percebe o meio ambiente e formula uma espécie de senso comum, baseada na percepção cotidiana, define uma maneira estatisticamente dominante no modo de compreender o tema da sustentabilidade e agir para sua promoção. Os espaços formais de ensino são vistos como de relevante poder na promoção da sustentabilidade. Assim, além de (re)produtores de conhecimento, esses espaços devem assumir obrigações éticas para incorporar ações cotidianas voltadas para o desenvolvimento sustentável. Na atualidade, as bases conceituais e justificativas que assistem a inserção das tecnologias renováveis de energia nos espaços de ensino contemplam a apropriação dos conhecimentos, práticas e benefícios da promoção da sustentabilidade. Tal inserção busca promover ações sustentáveis, não somente para usufruir das vantagens da economia de kWh, mas também para disseminar boas práticas, conhecimentos e benefícios socioambientais derivados das tecnologias renováveis de energia, através da incorporação direta ao processo de ensino-aprendizagem e/ou pela formação e capacitação dos atores envolvidos. Nesse contexto, explorando o Projeto de Implantação de Painéis Solares Fotovoltaicos em unidades do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Projeto IFRN Solar, constrói-se um quadro representativo das diferentes percepções dos docentes e discentes quanto à presença da tecnologia fotovoltaica no cotidiano escolar. Apresentam-se também ações necessárias à efetiva contribuição ao processo de ensino-aprendizagem, bem como à publicização e apropriação dos seus benéficos pela sociedade, via políticas públicas dirigidas a uma maior participação dos conteúdos referentes às fontes renováveis na política nacional de educação.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the
requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

INSERTION OF PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEMS IN EDUCATION
INSTITUTIONS: CONTRIBUTIONS TO THE PROMOTION OF
SUSTAINABILITY

Maurisete Fernando Ferreira

October /2021

Advisor: Marcos Aurelio Vasconcelos de Freitas

Neilton Fidelis da Silva

Department: Energy Planning

The way many social actors apprehend the environment and formulate a type of common sense, which is based on everyday perceptions, defines a statistically prevailing manner of understanding and acting. Formal teaching spaces are acknowledged as relevantly powerful to promote sustainability. Thus, in addition to (re)producing knowledge, such spaces must assume the ethical obligation of incorporating daily actions aimed at sustainable development. Currently, the conceptual bases and grounds for the insertion of renewable energy technologies in teaching spaces entail the appropriation of knowledge, practices and benefits of promoting sustainability. Such an insertion aims at fostering sustainable actions not only for saving kWh, but also for disseminating good practices, knowledge and socio-environmental advantages derived from these renewable energy technologies, by incorporating them into the teaching-learning process and/or by training personnel and students. For this reason the Project for the Implementation of Photovoltaic Solar Panels on campuses of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte - Projeto IFRN Solar was explored and a representative board was made containing teachers' and students' various perceptions of the presence of photovoltaic technology in everyday school life, accounting for. Some actions are proposed in order to enable Projeto IFRN Solar's contribution to instruction as well as to the appropriation of its benefits by society and bestowing a greater role to topics related to renewable energy in education, which is proposed by the National Curricular Parameters

SUMÁRIO

Introdução Geral.....	1
Capítulo I - Educação e Sustentabilidade.....	11
1.1 Introdução	10
1.2 Paradigma dominante versus emergente: Um novo desafio	12
1.3 Educação: transdisciplinaridade e religação dos saberes	17
1.4 Educação para o Desenvolvimento Sustentável	22
Capítulo II - Adoção da Energia Solar Fotovoltaica nos Espaços Formais de Ensino – Oportunidade à Promoção da Sustentabilidade na RFEPCT	33
2.1 Introdução	33
2.2 Energia Renovável e Sustentabilidade.....	34
2.2.1 Energia Solar	37
2.2.2 Energia Solar Fotovoltaica	39
2.3 Energia Solar Fotovoltaica na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica - RFEPCT	43
2.3.1 A RFEPCT	43
2.3.2 O Projetos IFRN Solar	46
2.3.3 Projeto IFRN Solar.....	49
2.4 Sustentabilidade e Processo de Ensino-Aprendizagem nos IFRN	55
Capítulo III - Percurso Metodológico	59
3.1 Metodologia.....	59
3.2 Determinação da amostra.....	63
3.3 Pré-teste	66
3.4 A aplicação dos questionários.....	67
3.5 Quanto a análise dos dados e aplicação do Teste qui-quadrado (χ^2)	68
Capítulo IV - Percepções da Comunidade Acadêmica Quanto a Aderência do Projeto IFRN Solar à Promoção da Sustentabilidade e sua Incorporação no Processo de Ensino-Aprendizagem.	70
4.1 Introdução	70
4.2 Avaliação do Grupo Docente	71
4.2.1 Conhecimento sobre Diferentes Fontes de Energia Renovável – Docentes.	72
4.2.2 Fonte de Conhecimento dos Docentes sobre Fontes Renováveis de Energia	79

4.2.3	Ciência sobre a Existência de Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos <i>Campi</i> do IFRN – Docentes	83
4.2.4	Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos <i>Campi</i> do IFRN: Presença no Processo de Ensino-Aprendizagem e Contribuições à Sustentabilidade	85
4.3	Avaliação do Grupo Discente.....	92
4.3.1	Conhecimento sobre Diferentes Fontes de Energia Renovável – Discentes	93
4.3.2	Fonte de Conhecimento dos Discentes sobre Fontes Renováveis de Energia	96
4.3.3	Ciência sobre a Existência de Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos Campi do IFRN – Discentes	98
4.3.4	Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos Campi do IFRN: Presença no Processo de Ensino-Aprendizagem e Contribuições à Sustentabilidade partindo da perspectiva dos discentes	100
	Conclusões	104
	Referências	108
	APÊNDICE I.....	118
	APÊNDICE II	129

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	65
Equação 2:.....	65
Equação 3:.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Radiação Solar Média Anual No Brasil.....	42
Figura 2: Localização Do 20 Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Rio Grande Do Norte (Ifrn) Distribuídas Em Todo O Rio Grande Do Norte.	52
Figura 3: Fluxograma Do Percurso Metodológico.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: EXPANSÃO DA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL, CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA.....	45
GRÁFICO 2: DISTRIBUIÇÃO DE ALUNOS POR CURSO NO IFRN EM 2018.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
GRÁFICO 3: NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELO QUADRO TOTAL DE DOCENTES SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL.....	73
GRÁFICO 4: NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELOS DOCENTES DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL.....	73
GRÁFICO 5: NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELOS DOCENTES DA ÁREA TECNOLÓGICA SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL.....	74
GRÁFICO 7: NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELOS DOCENTES DAS ÁREAS DE LINGUAGENS E CÓDIGOS SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIA RENOVAVÁVEL.....	75
GRÁFICO 8 (A - B): DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELOS DOCENTES DAS ÁREAS DE LINGUAGENS E CÓDIGOS SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIAS FOTOVOLTAICA(A) E EÓLICAS (B).....	76
GRÁFICO 9 (A - B): DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELOS DOCENTES DAS ÁREAS DE CIÊNCIAS HUMANA E SUAS TECNOLOGIAS SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIAS FOTOVOLTAICA(A) E EÓLICAS (B).	77
GRÁFICO 10 (A - B): DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELOS DOCENTES DAS ÁREAS DE CNM E SUAS TECNOLOGIAS SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIAS FOTOVOLTAICA(A) E EÓLICAS(B).....	78
GRÁFICO 11(A - B): DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DECLARADO PELOS DOCENTES DAS ÁREAS DE TECNOLOGIAS SOBRE AS DISTINTAS FONTES DE ENERGIAS FOTOVOLTAICA E EÓLICAS.	78
GRÁFICO 12: DOCENTES QUESTIONADOS QUE TEM CIÊNCIA DA EXISTÊNCIA DE FONTES RENOVÁVEIS INSTALADAS NA CIDADE QUE TRABALHAM OU MORAM.....	85
GRÁFICO 13 (A-B): DOCENTES QUESTIONADOS QUE TEM CIÊNCIA DA EXISTÊNCIA DE FONTES RENOVÁVEIS FOTOVOLTAICAS INSTALADAS NOS CAMPI DO IFRN.....	85
GRÁFICO 14: SISTEMATIZA OS PERCENTUAIS REFERENTES AO CONHECIMENTO SOBRE ENERGIA RENOVÁVEL A PARTIR DO QUE DECLARA O CORPO DISCENTE	94

GRÁFICO 15: SISTEMATIZA OS PERCENTUAIS REFERENTES AO CONHECIMENTO SOBRE FONTE EÓLICA E FONTES FOTOVOLTAICAS A PARTIR DO QUE DECLARA O CORPO DISCENTE.....	95
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: CRONOLOGIA DE DECLARAÇÕES RELACIONADAS À SUSTENTABILIDADE NA EDUCAÇÃO SUPERIOR.	28
TABELA 2: RELAÇÃO ENTRE TEMAS COMUNS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR	29
TABELA 3: TABELA COMPARATIVA BRASIL E PAÍSES DESENVOLVIDOS DE GERAÇÃO ELÉTRICA DE FONTES RENOVÁVEIS	41
TABELA 4: APRESENTA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA E OS ÍNDICES DE IRRADIAÇÃO SOLAR REGISTRADOS NO BRASIL, ALEMANHA, FRANÇA E ESPANHA E SUAS DIMENSÕES TERRITORIAIS.....	41
TABELA 5: QUANTITATIVOS DA EXPANSÃO DA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL, CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO PERÍODO DE 1909 A 2016.	44
TABELA 6: INFORMAÇÕES TÉCNICAS DAS USINAS FOTOVOLTAICAS JÁ INSTALADAS NO PROJETO IFRN SOLAR.	54
TABELA 7: DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRA DE PROFESSORE(A)S POR CAMPUS.....	65
TABELA 8: DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRA DE ESTUDANTES POR CAMPUS.	66
TABELA 9: FONTE DE CONHECIMENTO DOS DOCENTE SOBRE FONTES RENOVÁVEIS.....	81
TABELA 10: AVALIAÇÃO DOCENTE QUANTO A EXISTÊNCIA DE UMA PRÁTICA PEDAGÓGICA QUE ABORDA CONTEÚDOS REFERENTES ÀS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO COTIDIANO ESCOLAR	87
TABELA 11: AVALIAÇÃO DOCENTE QUANTO SEU CONHECIMENTO E DEMANDAS NECESSÁRIA A INSERÇÃO DOS CONTEÚDOS REFERENTES ÀS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO COTIDIANO ESCOLAR	89
TABELA 12: FONTE DE CONHECIMENTO DOS DISCENTE SOBRE FONTES RENOVÁVEIS.....	98

TABELA 13: PERCENTUAL DE ESTUDANTES DO IFRN QUE CONHECEM O EMPREGO DA TECNOLOGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM ALGUMA ESCOLA, NÃO SE REFERINDO NECESSARIAMENTE AO PRÓPRIO IFRN**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

TABELA 14: AS TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS CONHECIDAS PELOS DISCENTES INSTALADA NA CIDADE QUE MORA OU QUE ESTUDA E O DE CONHECIMENTO DE AÇÕES VOLTADA PARA O USO DE TECNOLOGIAS RENOVÁVEIS NO CAMPUS IFRN QUE ESTUDA. 100

TABELA 15: AVALIAÇÃO DISCENTE QUANTO A EXISTÊNCIA DE UMA PRÁTICA PEDAGÓGICA QUE ABORDA CONTEÚDOS REFERENTES ÀS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO COTIDIANO ESCOLAR. 103

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CHT	Ciências Humanas e suas Tecnologias
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNMT	Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias
DEDS	Educação para o Desenvolvimento Sustentável
DS	Desenvolvimento sustentável
ECO92	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992
EDS	Educação Orientada ao Desenvolvimento Sustentável
EpS	Educação para a Sustentabilidade
GEE	Gás de Efeito Estufa
GIZ	Agência de Cooperação Alemã de Desenvolvimento Sustentável
IEA	Agência Internacional de Energia
IFRN	Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
IFSULMINAS	Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia Sul de Minas
IUCN	Workshop Internacional Sobre Educação Ambiental

LCT	Linguagens, Códigos e suas Tecnologias
MMA	Ministério do Meio Ambiente
RFEPCT	Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica
SETEC/MEC	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação
TEC	Área de Tecnologias
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura.
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development

Introdução Geral

Em que pesem os diferentes ideários condutores da formação dos saberes e percursos metodológicos aplicados aos objetivos postos à educação, o que se observa no curso histórico é que esta se configura como a maneira mais ajustada à transformação da sociedade. Paulo Freire defende que a educação deve estar pautada na pedagogia ética de respeito aos outros e na autonomia do educando. Uma educação capaz de formar sujeitos históricos, transformadores e éticos que se negam a reproduzir o individualismo (MENDES; NASCIMENTO; SILVA, 2013).

A complexidade do tema sustentabilidade demanda e deve provocar mudanças no comportamento dos indivíduos, das organizações e da sociedade. O mundo tecnológico atual, em que a produção e consumo ditam as formas prementes de lidar com os recursos disponíveis na natureza, privilegiam o capital, em detrimento ao meio social e ao meio ambiente. A forma como uma parte significativa dos atores sociais percebe o meio ambiente e formula uma espécie de senso comum, baseados na percepção cotidiana, define uma maneira estatisticamente dominante no modo de compreender o tema da sustentabilidade e agir para sua promoção. Tal formato majoritário ação-reação, pautado na percepção socialmente criada das coisas, é intensificado ou rechaçado pela escola, sendo então inexoravelmente vinculado ao processo de ensino-aprendizagem.

Sachs (2004) vê sustentabilidade como um modelo econômico, social, político, cultural e ambiental equilibrado capaz de satisfazer as necessidades das gerações atuais sem retirar a possibilidade das gerações futuras também satisfazerem suas necessidades, preconiza assim a educação transformadora na forma idealizada por Freire (1997) como uma prática educativa progressista, curiosa e crítica que por ser insatisfeita e indócil é capaz de formar pessoas solidárias com valores éticos e construtoras de saberes inseridos na ação social.

[...] toda prática educativa libertadora, valorizando o exercício da vontade, da decisão, da resistência, da escolha; o papel das emoções, dos sentimentos, dos desejos, dos limites; a importância da consciência na história, o sentido ético da presença humana no mundo, a compreensão da história como possibilidade jamais como determinação, é substantivamente esperançosa e, por isso mesmo, provocadora da esperança (FREIRE, 2000, p.23).

A educação tem, portanto, uma relação direta para com a sustentabilidade e, dessa forma, a escola detém um papel de extrema importância, podendo ser considerada protagonista das transformações, uma vez que o ambiente escolar propicia às crianças e

aos jovens a concepção de opinião, de conduta, e mesmo parte dos valores que se pode adquirir ao longo desta fase de amadurecimento.

O modo tradicional de transmissão de conhecimento e, por consequência, de ensino, de forma hegemônica nos leva a separar os objetos de seu meio - as disciplinas são postas em gavetas, os saberes e conhecimentos são fragmentados, separados - ao invés de reunir aquilo que faz parte de um “mesmo tecido”. É cada vez mais ampla, profunda e grave a inadequação de um saber fragmentado em elementos desconjugados e compartimentados nas disciplinas. Por outro lado, há o desafio global de realidades multidimensionais, transnacionais, planetárias e seus problemas cada vez mais transversais, polidisciplinares e até mesmo transdisciplinares. Isso nos impõe a condução de uma complexa “reforma do pensamento necessário à celebração da sustentabilidade, que gera um pensamento do contexto e do complexo” (MORIN, 1998).¹

Para construção da sustentabilidade deve-se ter a educação como eixo central, já que a “crise [da sustentabilidade] não pode ser solucionada pelo mesmo tipo de educação que ajudou a criar os problemas. E presumivelmente outra das exigências da sustentabilidade é a diversidade cultural expressamente defendida no Princípio 22 da Agenda 21 e realçada nas afirmações de que a política de participação dos povos indígenas e suas comunidades, assim como outras comunidades locais, desempenham um papel fundamental na ordenação do meio ambiente e no desenvolvimento devido a seus conhecimentos e práticas tradicionais. E que a diversidade cultural deve ser vista como uma forma de diversidade adaptativa e, como tal, uma condição primeira da sustentabilidade (UNESCO, 1999).

Para Dovers e Handme (1992) o conceito de sustentabilidade seria a capacidade de um sistema humano, natural ou misto resistir ou se adaptar à mudança endógena ou exógena por tempo indeterminado, e o conceito de desenvolvimento sustentável (DS) seria uma via de mudança intencional e melhoria que mantém ou aumenta esse atributo do sistema, ao responder às necessidades da população presente. O DS é um projeto de humanidade que busca promover, de forma emergencial, a orientação de esforços no sentido de encontrar caminhos para sociedade sustentável (SALAS-ZAPATA; RÍOS-

¹ Complexo, aqui, refere-se à teoria da complexidade de Edgar Morin: [...] *a complexidade é um tecido (complexus: o que é tecido junto) de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas: ela coloca o paradoxo do uno e do múltiplo. Num segundo momento, a complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico.* (MORIN, 2005, p.13).

OSORIO; *et al.*, 2011). Numa primeira visão, o DS é o caminho para se alcançar a sustentabilidade, isto é, a sustentabilidade é o objetivo final, de longo prazo.

O conceito de desenvolvimento sustentável tem uma conexão direta com a educação, generalizado pelo termo de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS). Ao mesmo tempo existe um debate acerca das relações entre EDS² e as dimensões ou abordagens educativas, a Educação Ambiental, está imprescindível ao contexto da EDS.

O trabalho educativo, em qualquer nível, requer um conjunto de exigências, principalmente em se tratando da educação profissional e tecnológica. Neste, há uma complexidade maior, uma vez que, mais que o trabalho puramente acadêmico, acentua a exigência de formadores com domínio de conteúdos e técnicas laborais e de metodologias de aprendizagem que estejam sintonizados com a realidade concreta. O que reúne conhecimento, apropriação das tecnologias, desenvolvimento nacional, local e regional sustentável e incita os sujeitos da educação profissional para que se coloquem verdadeiramente como sujeitos da reflexão e da pesquisa, abertos ao trabalho coletivo e à ação crítica cooperativa, o que se traduz como um lidar reflexivo que realmente trabalhe a tecnociência. Isto significa a superação de dicotomias entre ciência/tecnologia e teoria/prática; a superação da visão compartimentada de saberes e a apropriação com maior profundidade do conhecimento, hoje em ritmo cada vez mais acelerado de construção e desconstrução. É esse lidar com a tecnociência, em acelerada superação, que traz para dentro do processo de construção do conhecimento a necessidade de definitivamente instalar a pesquisa como princípio educativo, além do científico.

Os fatores motivadores desta pesquisa decorrem das ações protagonizadas pela ONU, no contexto da Educação para o Desenvolvimento Sustentável, da Criação do Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética, pelo MEC, em 2015, objetivando a promoção do desenvolvimento sustentável alinhado à expansão da formação profissional, da Política Pública de Adoção

² Usa-se aqui o termo Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) a partir da avaliação feita por Góes (2015), que afirma que EDS é o mais frequentemente encontrado em documentos internacionais e ainda é endossado por diversos governos e agências internacionais, como a Unesco. Outros termos igualmente válidos também existem como por exemplo: Educação para a Sustentabilidade (EpS); Educação sobre Sustentabilidade; Educação para um Futuro Sustentável (STERLING, 2012). Góes (2015) ressalta que no Brasil o termo utilizado é Educação Ambiental (que na concepção engloba as múltiplas dimensões da sustentabilidade: ambiental, social, ética, cultural, econômica, espacial e política) e não há unanimidade na comunidade de educadores quanto à adoção do termo EDS.

de Fontes Renováveis de Energia na Rede Federal de Educação Tecnológica – Projeto IFRN Solar, pela SENTEC, em 2015, além do Projeto IFRN Solar, de 2015. Somam-se também às pesquisas realizadas no âmbito do PPE/COPPE-UFRJ: as teses de Constantino (2019) e Góes (2015), os artigos de Constantino *et al.* (2018), Pinheiro *et al.* (2020), Góes (2016).

Esta tese apresenta o diferencial de realizar suas investigações a partir de uma realidade escolar que já conta com um conjunto de usinas a partir de fontes renováveis, instaladas com o desígnio de promover atitudes voltadas para o uso eficiente dos recursos e disseminar no espaço de ensino aprendizagem os pressupostos da sustentabilidade.

Os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, com uma proposta singular de organização e gestão, passam a fazer parte indissociável da educação nacional. Na autonomia que lhes é conferida, traduzem a realidade com que dialogam, regional e localmente, considerados em sintonia com o global, na perspectiva do desenvolvimento sustentável (MEC, 2017).

No âmbito da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação, foi criado, em 2015, o Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética, para promover o desenvolvimento sustentável alinhado com a expansão da formação profissional e o treinamento de recursos humanos em energia solar fotovoltaica, energia eólica, biogás e eficiência energética. Cabe frisar que o referido comitê conta com apoio técnico e científico da Agência de Cooperação Alemã de Desenvolvimento Sustentável (GIZ) (MEC, 2017).

Em decorrência das ações do Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética as instituições públicas federais de ensino, no Brasil, especialmente os Institutos Federais, têm sido incentivadas a adotar políticas de promoção da eficiência energética em seus ambientes de ensino e administração, como um desdobramento de sua atuação para a promoção da sustentabilidade.

As ações a serem implementadas pelo Comitê almejam reduzir os custos com a manutenção das instituições envolvidas, e em seguida, difundir a cultura da eficiência energética e a sustentabilidade em seus espaços, seja na formação de alunos, capacitação de professores, processos de certificação e na pesquisa ou na inovação.

Em um ambiente de orientação institucional favorável à sustentabilidade, ganha relevo a adoção de ações que promovam a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e dissemine, no espaço de ensino-aprendizagem, os pressupostos da sustentabilidade. Como resposta a esse ambiente se formulou o projeto denominado IFRN

Solar, cujo objetivo se expande à implantação de usinas fotovoltaicas para geração de energia elétrica nas instalações em todas as unidades da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Segundo o Instituto Federal do Sul de Minas (IFSULDEMINAS, 2017) buscar fontes alternativas de geração de energia tem sido uma dificuldade para a maioria das instituições, daí a motivação para um projeto inovador e pioneiro, unindo sustentabilidade, economia de recursos financeiros e intervenções no processo de ensino-aprendizagem que leve para os diferentes atores da instituição a ciência concernente aos benefícios do aproveitamento das fontes renováveis, com acento na energia solar fotovoltaica. Além da perspectiva de economia de recursos financeiros públicos, o projeto IFRN Solar também contempla o uso das unidades de geração na condição de laboratórios para seu corpo docente e discente com a finalidade de difundir o valor das fontes alternativas, bem como, expandir o conhecimento, a pesquisa e a inovação nesta área, tanto sobre o viés técnico, quanto o social e o ambiental como forma de promover e disseminar ações para o desenvolvimento sustentável.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), estruturado em 21 *campi*, distribuídos pelo estado do Rio Grande do Norte, tem como função social promover a educação científico-tecnológico-humanística visando à formação integral do profissional-cidadão crítico-reflexivo, competente técnica e eticamente e comprometido efetivamente com as transformações sociais, políticas e culturais e em condições de atuar no mundo do trabalho na perspectiva da edificação de uma sociedade mais justa e igualitária, através da formação inicial e continuada de trabalhadores; da educação profissional técnica de nível médio; da educação profissional tecnológica de graduação e pós-graduação e da formação de professores, fundamentadas na construção do conhecimento.

Através do projeto denominado IFRN Solar, o Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) implantou em 2013, em sua reitoria, a primeira usina de energia solar de geração de energia elétrica do Instituto. O sistema conta com a compensação de energia através da produção de fontes alternativas, como as placas solares, permitida pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012).

A formulação e implementação do projeto IFRN Solar no âmbito nacional, e sua versão regional, através do IFRN Solar, tem claramente o objetivo de:

- Promover a eficiência energética
- Promover a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis;

- Proporcionar redução nos custos com energia elétrica das instituições de ensino que compõem a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica;
- Disseminar no espaço de ensino-aprendizagem, os pressupostos da sustentabilidade;
- Publicizar, junto os diferentes atores que formam o espaço educacional, as boas práticas e benefícios ao desenvolvimento sustentável advindos da adoção da energia solar fotovoltaica na geração descentralizada e pela eficiência energética.

Em termos de apropriação da sociedade dos conhecimentos e benefícios ao desenvolvimento sustentável, advindos da adoção da energia solar fotovoltaica e da eficiência energética, faz-se imperativo que tais conhecimentos, e, por consequência seus benefícios, se incorporem ao processo educativo, sejam eles formais ou não. A educação é, portanto, basilar para a promoção de ações que visem à sustentabilidade. O (re)conhecimento de certos limites impostos pelo meio ambiente ou pelos nossos deveres com a geração presente e futuras, são processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a atenção ao meio ambiente, bem de uso comum, essencial à saudável qualidade de vida.

A proposta de pesquisa, suportada pela contextualização apresentada e pelo problema formulado, considera que o processo de implantação, bem como os resultados do Projeto IFRN Solar, permitem ancorar o objeto da pesquisa: “Inserção de Sistemas Solar Fotovoltaicos em Instituições de Ensino: Contribuições à promoção da Sustentabilidade”. A pesquisa orienta-se no pressuposto de que as bases conceituais e justificativas do Projeto IFRN Solar contemplam a apropriação, por parte de seu quadro de atores: docentes; discentes; servidores e comunidade, dos conhecimentos saberes, práticas e benefícios ao desenvolvimento sustentável advindos da adoção da energia solar fotovoltaica. Dessa forma, a pesquisa está orientada a afirmar ou negar as seguintes hipóteses:

- Os benefícios promovidos pelo projeto IFRN Solar devem contemplar a flexibilização da lógica estrita da avaliação econômica, devendo as questões dos custos superarem a análise direta dos kWh evitados *versus* vida útil dos sistemas, incorporando também quais reflexos do projeto no processo de ensino-aprendizagem e a apropriação dos saberes e conhecimentos pela comunidade;

- A promoção da sustentabilidade fomentada pelo projeto IFRN Solar se torna efetiva na medida em que cada segmento (docentes, discentes, servidores e comunidade) seja incorporado a um processo educativo que contemple, através de diferentes métodos de ensino, saberes vinculados aos sistemas fotovoltaicos, conexos às distintas áreas do conhecimento.

A proposta busca, portanto, a apropriação, por parte dos diferentes segmentos que compõem as instituições de ensino, dos saberes, técnicas e a contribuição à sustentabilidade derivada do emprego da tecnologia solar fotovoltaica, ou seja, visa promover ações de sustentabilidade não somente pelos benefícios do kWh evitados com a instalação das usinas fotovoltaicas, mas também disseminar as boas práticas, conhecimentos e os benefícios socioambientais dela derivados, seja pela incorporação direta ao processo de ensino-aprendizagem e ou publicização, formação e capacitação dos atores envolvidos, por ações diretas de ensino e educação.

Assim torna-se imperativo neste trabalho avaliar a aderência do Projeto de Implantação de Painéis Solares Fotovoltaicos para geração de energia elétrica em unidades da Rede Federal de Educação, Profissional, Científica e Tecnológica - Projeto IFRN Solar, quanto à sua contribuição para promoção da sustentabilidade, no que concerne ao papel da educação e sua incorporação no processo de ensino-aprendizagem, internalização, publicização e apropriação dos seus benefícios pela sociedade. Para tanto, faz-se um estudo de caso que toma como referência e experiência do projeto IFRN Solar. Objetivando:

- I. Construir um quadro representativo das diferentes percepções quanto à aderência do Projeto IFRN no que concerne à sua contribuição para a promoção da sustentabilidade, incorporação no processo de ensino-aprendizagem, publicização e apropriação dos seus benefícios pela sociedade.
- II. Mensurar, a partir do quadro representativo acima descrito, ações necessárias à efetiva contribuição do projeto IFRN Solar ao processo de ensino-aprendizagem, bem como na publicização e apropriação dos seus benefícios pela sociedade.
- III. Apresentar propostas de políticas públicas para uma maior participação dos conteúdos referentes às fontes renováveis de energia na política nacional de educação, contemplado na abordagem os Parâmetros Curriculares Nacionais.

Com o escopo de lograr os objetivos propostos na presente tese, ela segue um percurso metodológico que utiliza mais de uma técnica de pesquisa, sendo estas alinhadas com os objetivos específicos a serem buscados. Como ponto de partida desenvolve-se um

estudo bibliográfico e documental que permite expor o referencial teórico que norteia as discussões em curso sobre os diferentes ideários condutores da formação dos saberes aplicados aos objetivos da educação, no que concerne ao papel das Instituições de Ensino como entidades de relevante potencial na promoção da sustentabilidade, contemplando também os julgamentos postos à Educação Ambiental e Educação para o Desenvolvimento Sustentável.

Utilizando-se um estudo bibliográfico e documental constrói-se um quadro teórico que apresenta as avaliações em voga sobre o papel da adoção das fontes renováveis de energia nos espaços educativos como promotoras da sustentabilidade através de técnicas de publicização e intervenções no processo de ensino-aprendizagem. Aborda-se também as dificuldades metodológicas de inserir os saberes e conhecimentos próprios das fontes renováveis de Energia, com acento para a Energia Solar Fotovoltaica – nos conteúdos por área de conhecimento, benefícios socioeconômicos e ambientais e barreiras à sua implementação – no cotidiano escolar e nas práticas de sala de aula.

Isso posto, parte-se para uma avaliação das narrativas obtidas pela Análise de Conteúdo. Em primeiro lugar detalha-se os níveis de compreensão e absorção dos saberes, conhecimento e benefícios advindos do Projeto IFRN Solar para todos os segmentos de atores que compõem o IFRN. Retrata-se não somente o ambiente percebido *a priori* quanto à inserção da energia solar fotovoltaica no ambiente escolar, os esforços da instituição despendidos em investimentos e ganhos financeiros, mas também os entraves à inserção do Projeto IFRN Solar na prática educativa do IFRN, como por exemplo, as conexões dos saberes e conhecimento específicos da energia solar fotovoltaica com os Parâmetros Curriculares Nacionais, seus vínculos com a Educação Ambiental ou Educação para o Desenvolvimento Sustentável e às percepções da comunidade à chegada dos sistemas fotovoltaicos.

Feito o levantamento das narrativas, procede-se à construção de alternativas que proporcionem a inserção dos saberes e conhecimentos próprios dos sistemas solar fotovoltaicos empregados no Projeto IFRN Solar na prática educativa de todos os segmentos que compõem o IFRN. Curso de formação, seminários, feiras de ciências, publicações, uso das redes sociais, entre outros, compõem a cesta de alternativas possíveis de estruturação e aplicação.

Para lograr os objetivos propostos, esta tese é desenvolvida em cinco capítulos assim estruturados:

No Capítulo I é feita uma avaliação histórico-crítica da educação e do papel das instituições de ensino e de seus atores diante de uma ordenação orientada a uma sociedade sustentável. Os espaços formais de ensino são condutores de relevantes intervenções para transformação e promoção do desenvolvimento sustentável. Já no Capítulo II avalia-se a adoção da energia fotovoltaica nos espaços formais de ensino, a partir do uso dessa tecnologia na Rede Federal de Educação, ciência e Tecnologia viabilizadas no âmbito principalmente nos institutos federais através dos projetos IFRN Solar e IFRN Solar. O Capítulo III apresenta a metodologia adotada na pesquisa, o processo de elaboração e emprego dos questionários. Os dados coletados na pesquisa, sua avaliação e resultados são apresentados no Capítulo IV. E por fim as conclusões da pesquisa.

Capítulo I - Educação e Sustentabilidade

1.1 Introdução

Designadamente, os espaços formais de ensino têm o dever de gerar conhecimento e pensamentos orientados à crítica ao estabelecido, empoderando o conjunto de atores que conformam este espaço a apontarem e abordarem temas de interesses coletivos para assim estruturar e desenvolver alternativas de soluções que ordenem uma sociedade sustentável (MARTENS, 2007). Assim, os espaços formais de ensino são vistos como instituições de relevante potencial de transformação e de promoção da sustentabilidade. Assumem, então, obrigações éticas de incorporar sistematicamente, no seu cotidiano e nas suas práticas pedagógicas, ações de sustentabilidade em suas redes de intervenções e operações, não devendo atuar apenas como reprodutoras de saberes (UNEP, 2006). Esses espaços devem ter o compromisso de formar cidadãos eticamente responsáveis com a sustentabilidade preparando-os, nestes termos, também para o mundo do trabalho que responde aceleradamente às diferentes demandas postas na sociedade em constante mudança (LÓPEZ-ALCARRIA, 2019).

Os atores que dão corpo à arena de ensino (a saber: Escolas; Centro de Formação; Institutos Técnicos e Científicos e Universidades) formam e conformam cidadãos que produzem e reproduzem valores, saberes e práticas que atuam no ordenamento da sociedade. Neste contexto, o papel da educação na busca da sustentabilidade vem sendo debatido desde sua menção na Agenda 21, mais especificamente no Capítulo 36, que trata da Promoção do Ensino, da Conscientização e do Treinamento (MMA, 2020). O documento sugere que uma educação voltada à promoção da sustentabilidade deve estar integrada a todas as disciplinas, empregando métodos formais e informais e meios efetivos de comunicação, permitindo assim o estabelecimento de um processo em que os seres humanos e as sociedades possam desenvolver suas potencialidades de forma integrada. A abordagem de temas relacionados a um desenvolvimento que seja sustentável e sua inserção no contexto de sala de aula, segundo a Agenda 21, abrange a transmissão de conhecimentos e valores na educação infantil, científica, profissionalizante e, ainda, nos treinamentos e no ensino informal. Nestes termos, cada

etapa deve ter sua peculiaridade de acordo com a idade e grau de instrução do público alvo (GÓES, 2015).

A educação tem, portanto, uma relação direta com a promoção da sustentabilidade e, dessa forma, a escola assume um papel de extrema importância, podendo ser considerada protagonista das transformações, uma vez que o ambiente escolar propicia às crianças e aos jovens a concepção de opinião, de conduta, e mesmo parte dos valores que se pode adquirir ao longo desta fase de amadurecimento (FERREIRA; FREITAS *et al.*, 2020).

Educar para a sustentabilidade deve apontar para construção de um conjunto de habilidades e competências estimuladoras do engajamento social daqueles que compõem o grupo de atores que dão contorno ao ambiente de ensino aprendizagem. López-Alcarria *et al.* (2019) argumentam que estas competências devem vincular-se a aspectos conceituais, metodológicos e socioafetivos que envolvam uma abordagem inovadora e integrem conhecimento ao ser. Esse conhecimento, por sua vez, deve ser adquirido com uma forma de ensino que se utilize de critérios éticos de justiça social, equidade, solidariedade e respeito ao meio ambiente (CAEIRO, 2015; WIEK; WITHYCOMB; REDMAN, 2011). Uma sociedade sustentável é viável quando superada a visão utilitarista e simplista que guia o processo civilizatório moderno, e adote uma leitura ampla nas relações entre humanos e natureza, onde seja possível a materialização de mudanças de atitude: o humano se vendo como parte de uma espécie, dialogando, com mútua responsabilidade por cada um e por todos e pelo lugar que habita, com respeito à alteridade e à vulnerabilidade de cada ser (MENDES; NASCIMENTO; SILVA, 2013).

A Educação Orientada ao Desenvolvimento Sustentável (EDS), segundo o paradigma,³ molda as competências essenciais para permitir que os alunos se desenvolvam harmoniosamente, atuem ativamente no presente, tomem decisões responsáveis e apoiem o desenvolvimento sustentável da sociedade (TILBURY; STEVENSON, 2003). Assim, um desenvolvimento que seja sustentável deve possibilitar que os sistemas naturais se mantenham, permitindo que as economias e as sociedades atinjam os objetivos do desenvolvimento humano. Ou seja, um desenvolvimento sustentável significa que as ações atuais não devem prejudicar a

³ Um paradigma se mostra como um sistema estruturado de regras, pressupostos, métodos e princípios, aceitos e reproduzidos pela prática de uma comunidade científica (KUHN, 1997).

capacidade das gerações futuras de atender suas necessidades (UNESCO, 2002). A EDS visa capacitar e equipar as gerações presentes e futuras para atender às suas necessidades, utilizando uma abordagem equilibrada e integrada às dimensões econômica, social e ambiental (GÓES, 2016). E, neste sentido, a educação deve reforçar o conceito de sustentabilidade, que preconiza que o uso dos recursos naturais seja feito de forma a garantir sua disponibilidade também para as gerações futuras. Dentro dessa perspectiva, o conhecimento dos potenciais benefícios e aproveitamento das fontes renováveis de energia pode se revestir em uma alternativa para que a humanidade adote um caminho sustentável de desenvolvimento.

1.2 Paradigma dominante versus emergente: Um novo desafio

As últimas décadas (final século XX e início século XXI) trouxeram significativos progressos científicos, que fazem parecer que as décadas anteriores não são mais que apenas pré-história, no sentido de estarem distantes, longínquas. Mas se verificar atentamente verá que as grandes mentes – cientistas, artistas – que constituíram e mapearam o campo teórico do conhecimento humano entre os séculos XVIII e as duas primeiras décadas do século XX foram os que estabeleceram o campo teórico que ainda hoje nos movimenta, como Lavoisier, Darwin, Smith, Marx, Durkheim, Max Weber, Humboldt, Planck, Poincaré, Einstein e outros. Em termos científicos, pode-se dizer, segundo Santos (2008) que ainda vivemos sob os paradigmas do século XIX e que não começamos nem o século XX.

A civilização passa por um período de diversas crises, transições e profundas mudanças na racionalidade e nos caminhos da ciência moderna, tendo como origem os grandes avanços da tecnologia e da globalização. Isso resultou, consequentemente, em uma outra crise mais ampla e abrangente: a crise paradigmática pela qual atravessa o conhecimento, cujos reflexos se deram na educação. Educação esta, protagonista atuante, enquanto fonte produtora deste mesmo conhecimento em crise, até porque está intrinsecamente relacionada com os conceitos de sociedade, de valores e das identidades. Nossa forma de ensinar e aprender, as mesmas dos séculos anteriores, é procedente destes paradigmas. E tal como em períodos de transição de um novo paradigma, períodos de crises, de dificuldades de entender e de percorrer, é necessário voltar às coisas simples. Precisa ser capaz, assim como Einstein dizia, de fazer perguntas como uma criança; perguntas que, depois de feitas, são capazes de trazer uma nova luz

à esta perplexidade (SANTOS, 2008). Assim fez Jean-Jacques Rousseau no início do ciclo de produção científica. Em *Discours sur les Sciences et les Arts* de 1750 (FLETCHER; ROUSSEAU, 1947) ele formulou uma série de questões. Uma delas, também razoavelmente infantil, era: “O progresso das ciências e das artes contribuirá para purificar ou para corromper nossos costumes?” (ROUSSEAU, 1971, p. 52). E tomando Rousseau, traz-se à baila esta questão e outras para o entendimento deste novo paradigma:

- O progresso tecnológico nas últimas décadas levou a uma forma de ensinar que purifica, evolui ou somente replica, corrompe, realimentando um modo de vida predatório e desumano?
- Pode-se hoje vislumbrar alguma relação entre a ciência e a virtude?
- Qual razão leva a ensinar à sociedade o conhecimento científico produzido por poucos e inacessível à maioria?
- O ensino de ciências e artes contribui para reduzir o fosso crescente da sociedade?
- O que é e o que aparenta ser o saber dizer e o saber fazer entre a teoria e a prática?

Ainda hoje, mais de duzentos anos depois, não consegue se de fato dar uma resposta positiva para todas estas questões. Para Santos (2008) instalou-se uma sensação de perda irreparável tanto mais estranha quanto não saber ao certo o que está em via de perder. Talvez essa sensação de perda somente seja uma cortina de medo atrás da qual se escondem novas e abundantes coisas para vida individual e coletiva. A questão que fica é: todo conhecimento científico e artístico de que se dispõe (acumulado) serve para quê? Para enriquecimento ou empobrecimento prático da vida. Ou seja, para felicidade individual ou somente para reprodução de um estilo vida.

A ciência moderna, que se constituiu a partir da Revolução Científica do século XVI, basicamente sob o domínio das Ciências Naturais, impõe um modelo de racionalidade, um paradigma⁴ dominante. Somente a partir do século XIX é que este modelo de racionalidade se estendeu para ciências humanas emergentes, que passaram a ser tratadas dentro de um modelo global de racionalidade científica. Este modelo

⁴ Na concepção platônica, paradigma é um modelo, um tipo de exemplar que se encontra no mundo abstrato, e que existe como cópia imperfeita no mundo concreto. Dessa forma, o paradigma deve ser entendido como uma versão da teoria platônica das formas ou ideias e tem sentido ontológico forte, designando aquilo que é real, o ser enquanto causa determinante do que existe no mundo concreto, dele derivado. Para Thomas Kuhn (1997) os paradigmas podem ser vistos como realizações passadas dotadas de caráter exemplar. É aquilo que os membros de uma comunidade científica que consiste em seres humanos partilham.

admite variedade interna de duas formas de conhecimento não científico que são distinguíveis, defendidas e ostensivamente policiadas. As duas formas são o senso comum e as ciências humanas (história, filosofias, direito entre outras). Tem-se então um modelo global e totalitário na medida em que nega o caráter racional a todas as formas de conhecimento que não são pautados nos princípios epistemológicos e pelas regras metodológicas.

A ciência moderna, antagônica à ciência aristotélica, desconfia sistematicamente do conhecimento originário das sensações imediatas. Tais sensações ou evidências (ilusórias) estão na base do conhecimento vulgar. Um exemplo entre o antagonismo da ciência moderna e a ciência aristotélica é mostrado por Galileu em seu livro *Diálogo sobre os Grandes Sistemas do Mundo*, em que ele se esforça denodadamente para demonstrar que a hipótese dos movimentos de rotação e de translação da terra não é refutada pelo fato de não se observar quaisquer efeitos mecânicos desses movimentos, ou seja, pelo fato de a Terra parecer parada e quieta.

Provar que a ciência é somente o que se comprova pela experiência e pela pesquisa foi a revolução trazida pela modernidade, abandonando todas as outras formas de saber, presumindo-se que a natureza e o ser humano são separados, que a natureza é tão somente extensão e movimento. É passiva, eterna e reversível; submetida às leis deterministas. Isso leva a crer que a quantificação e a separação pudessem explicar toda a complexidade da natureza que, na atualidade, insiste em sinalizar o quanto se ressentido de estar há tempos sendo pressuposta tal qual uma máquina e, insistentemente, manipulada e transformada.

O determinismo mecanicista mostrou um horizonte certo de uma forma de conhecimento que se aspira utilitário e funcional, reconhecido mais pela sua capacidade de o dominar e transformar e menos pela capacidade de compreender profundamente o real. No horizonte cognitivo que se iluminava, a burguesia via, no plano social, este conhecimento a dominar o estado final da evolução da humanidade (o estado positivo de Comte; a sociedade industrial de Spencer; a solidariedade orgânica de Durkheim). A ciência moderna foi convertida no modelo de racionalidade devido a leis simples que reduziam toda a complexidade da ordem cósmica. Tornou-se tão hegemônica que pouco a pouco estendeu do estudo da natureza para o estudo da sociedade: tal como foi possível descobrir as leis da natureza, seria igualmente possível descobrir as leis da sociedade.

Nesse contexto, a matemática assume um lugar central na ciência moderna. Ela fornece à ciência moderna um instrumento privilegiado de análise, como também a

lógica da investigação e o modelo de representação da própria estrutura da matéria. Para Galileu e Einstein, o grande livro da natureza é escrito por caracteres geométricos. As consequências deste lugar central nas ciências da natureza são duas principalmente: em primeiro lugar, conhecer significa quantificar. O rigor científico afere-se pelo rigor das medições. As qualidades intrínsecas do objeto são, por assim dizer, desqualificadas e em seu lugar passam a imperar as quantidades em que eventualmente se podem traduzir. O que não é quantificável é cientificamente irrelevante. Em segundo lugar, o método científico se assenta na redução da complexidade, já que a mente humana não pode compreender a complexidade do mundo completamente. Assim, parte para separação e classificação para depois poder determinar relações sistemáticas entre o que se separou. O método de Descartes consiste precisamente em dividir cada uma das dificuldades em tantas partes quanto for necessário para melhor as resolver. Mas a divisão primordial se dá em “condições iniciais” e “leis da natureza”. Nas condições iniciais reside a complexidade, em que é necessário selecionar quais são as condições relevantes dos fatos a observar. Nas leis da natureza reside a simplicidade e a regularidade, o que é possível observar e medir com rigor. A construção da ciência moderna se fundamenta na ideia que ela é o único modelo de conhecimento e qualquer outra forma de produção de conhecimento só terá sentido se for o da racionalidade única e por isto denominada científica (BASSALOBRE, 2007).

Esta concepção de ciência moderna, em nome de uma lei universal e imutável não mais sustenta a necessidade de negar a possibilidade do novo e do diverso (PLASTINO, 2007). Na perspectiva do paradigma científico dominante, o conhecimento científico, apesar de ganhar em rigor, sem dúvidas se encontra em profunda crise. Entretanto, “os sinais nos permitem tão só especular acerca do paradigma que emergirá desse período revolucionário” (SANTOS, 2008, p 41).

Atualmente, na ciência moderna, a construção do conhecimento dentro do paradigma dominante é cada vez mais inviabilizada por novas descobertas científicas. A crise⁵ não é só profunda, mas também irreversível. Este período de revolução

⁵ Uma crise de paradigma caracteriza-se como uma mudança conceitual ou mudança de visão de mundo, consequência de uma insatisfação com modelos anteriores predominantes de explicação. A crise de Paradigma leva geralmente à mudança do paradigma. Segundo Kuhn (1997), causas internas e externas provocam mudanças. As causas internas são resultadas de desenvolvimento teórico e metodológico dentro de uma mesma teoria e, também, do esgotamento dos modelos tradicionais de explicação oferecidos pela mesma, o que leva a buscar novas alternativas. As causas externas são as mudanças na sociedade que fazem com que uma teoria de certa época deixe de ser satisfatória perdendo seu poder explicativo e substituído por outra teoria. Assim a crise do paradigma se opõe ao que se chama de ciência normal.

científica inicia-se com Einstein e a mecânica quântica e não se sabe quando e onde vai acabar. Para Santos (2008) a primeira observação, que não é tão trivial quanto parece, é que a indicação dos limites da insuficiência estrutural do paradigma científico moderno é o resultado do avanço no conhecimento que ele próprio propiciou. O aprofundamento do conhecimento mostrou a fragilidade dos pilares em que se funda. Assim, “a configuração do paradigma que se anuncia no horizonte só pode obter-se por via especulativa”, (SANTOS, 2008, p.59). É uma especulação fundamentada nos sinais da crise, mas não determinada por eles. Este emergente paradigma não pode ser somente um paradigma científico, como que aconteceu no século XVI, mas também um paradigma social, que se preocupe com a qualidade de vida dos seres humanos. O conhecimento deste novo paradigma que se manifesta tende superar distinções tais como sujeito/objeto, mentes/matéria, natureza/cultura etc. e a distinção dos caminhos que levam para construção dos saberes. Uma característica marcante neste paradigma emergente é a rejeição do modelo de fragmentação da ciência moderna, cujo rigor aumenta na proporção direta em que se divide o real e cujas mazelas são reconhecidas. Hoje, através da criação de novas disciplinas para resolver os problemas ocasionados pelas antigas, depara-se com a reprodução desses mesmos problemas, sob outra forma dicotômica entre ciências naturais e ciências sociais, que vem imperando. A crise paradigmática pela qual atravessa o conhecimento, cujo reflexo a educação é, não só herdeira passiva, mas também, protagonista atuante, enquanto fonte produtora desse mesmo conhecimento em crise.

Este novo paradigma emergente determina a forma, as concepções de conhecimento e a atuação profissional aplicadas também ao campo educacional. Esse movimento paradigmático influencia ainda o processo de formação de professores, bem como o respectivo modelo pedagógico adotado nos diferentes períodos históricos e científicos. Zeichner (2008) designa por paradigma orientado para a investigação ou reflexivo a possibilidade de os docentes serem coautores da pesquisa pedagógica, ampliando assim a legitimidade das investigações desenvolvidas pelos próprios professores. A visão fornecida pelos paradigmas subjaz as concepções que os professores elaboram acerca de suas relações, conceitos, percepção de mundo, de sociedade, de ser humano, de universidade, processo ensino-aprendizagem, desdobrando no significado que atribuem à sua identidade profissional e à própria prática pedagógica que desenvolvem em sala de aula. Os professores, em sua grande maioria, tendem a reproduzir as metodologias que vivenciaram no seu processo

educativo. Nessa assertiva parece residir a dificuldade dos docentes em alterar suas práticas pedagógicas e buscarem referenciais em novos paradigmas de trabalho educativo.

1.3 Educação: transdisciplinaridade e religação dos saberes

A construção de um mundo sustentável deve ter a educação como eixo central, uma vez que a forma de educação hoje ajuda a criar os problemas que moldam a “crise” da sustentabilidade. Para Morin (1998), o modo tradicional de transmissão de conhecimento e, como consequência, do ensino, leva-se a separar metaforicamente objetos de seu ambiente; o conhecimento é colocado em gavetas de maneira fragmentada, separada e sem conexão aparente, desarticulada e compartimentada em disciplinas, não trazendo à tona o que faz parte do mesmo tecido. Ao mesmo tempo se vive em um mundo globalizado, que apresenta uma realidade multidimensional, transnacional e planetária, onde os problemas são cada vez mais transversais, multidisciplinares, interdisciplinar e transdisciplinares, o que impõe, segundo Morin (1998), uma “reforma” complexa e emergencial do pensamento para materializar a sustentabilidade.

Na educação, o conhecimento ligado à formação do ser humano tem em vista um modelo, um paradigma. Paradigma este influenciado pelo método cartesiano, que é uma abordagem analítica dos saberes e que busca separar, dividir e fragmentar o conhecimento. Isso, aplicado à educação, reduz os saberes a um certo número de disciplinas. Então esta forma fragmentada e compartimentada de enxergar o mundo como se algo que necessite ser dominado, de se cegar perante as dificuldades do ser humano, de rejeitar os sentimentos do indivíduo, de manter o erro distante como algo desprezível repercutiu na educação diretamente:

A visão fragmentada levou os professores e alunos a processos que se restringem à reprodução do conhecimento. As metodologias utilizadas pelos docentes têm estado assentadas na reprodução do conhecimento, na cópia e na imitação. A ênfase do processo pedagógico recai no produto, no resultado, na memorização do conteúdo, restringindo-se em cumprir tarefas repetitivas que, muitas vezes, não apresenta sentido ou significado para quem as realiza (BEHRENS; RODRIGUES, 2015, p.23).

Essa forma de reprodução, segundo Moraes (1997), acarretará perda da criatividade, da visão crítica de diversos fenômenos. Então esta especialização levou o

ser humano à busca de uma maior eficácia, porém, perdendo igualmente a percepção do global. Portanto, o objetivo é romper o paradigma ainda vigente baseado em modelos mentais newtonianos e cartesianos, mecanicistas, com abordagem puramente analítica, que conduz a estruturas disciplinares que dificultam abordagens interdisciplinar e transdisciplinar necessárias para a EDS.

Para Morin (1998) há uma necessidade de religação dos saberes. E para operacionalizar esta religação, ele propõe inicialmente mostrar que o modelo vigente é fundamentado numa abordagem somente analítica. Ele estabelece uma comparação com abordagem sistêmica, sendo esta a que fundamenta a perspectiva de uma educação transdisciplinar, que considera suas dinâmicas de evolução e suas relações temporais. Dessa forma, ele olha para o complexo, superando a abordagem analítica e não a negando. Este olhar para o complexo torna imperativa a busca da complementaridade através de uma abordagem não somente analítica, mas também sistêmica que concentra nas interações entre parâmetros e entre fenômenos.

Situando-se no ensino médio, há duas questões fundamentais. O que deve ser ensinado? E como estabelecer elos entre diferentes conhecimentos? Tradicionalmente os saberes são tratados pelo método analítico. Disseca-se estes saberes na forma de disciplinas. Este conhecimento passado ao aluno de forma fragmentada não permite ao aluno compreender a complexidade, o todo. Para Rosnay (*apud* MORIN, 1998)⁶ é imprescindível que o conhecimento seja desfragmentado para melhor ensinar. Logo é imperativa uma complementariedade, e ela ocorre com a abordagem analítica e a abordagem sistêmica, de maneira paralela e integrada. Enquanto a abordagem analítica focaliza-se sobre os elementos, a abordagem sistêmica estabelece as relações entre estes elementos. A precisão dos detalhes tem primazia na abordagem analítica, enquanto a abordagem sistêmica ganha força a percepção global e seus efeitos. Há, na abordagem sistêmica, a comparação do funcionamento do modelo com a realidade, ao passo que, na abordagem analítica, os fatos serão validados por provas experimentais no campo de uma teoria. Isso leva, em um caso, para ação programada no tempo e a outro, para uma ação programada no objetivo. Logo as duas abordagens se complementam, permitindo o exercício da lógica e da razão.

⁶ Doutor em ciências, diretor de estratégia da *Cité des sciences et de l'industrie de la Ville*. Ex-orientador de pesquisas aplicadas no Instituto Pasteur, ex-pesquisador no *Massachusetts Institut of Technology* (MIT) no campo da biologia e da informática.

Há certo número de características comuns a sistemas complexos diferentes uns dos outros na qual deve se debruçar para entender o que é a relação dos saberes. Rosnay (apud MORIN, 1998) enumera sete pontos ou características comuns a sistemas complexos:

- São sistemas abertos sobre seu meio ambiente, sendo atravessados por fluxos de matérias, de informações e energia em constante interação com o ecossistema no qual se encontram. Isso acontece com um sistema urbano, com um sistema econômico ou mesmo com uma célula viva;
- Têm como característica a variedade dos elementos que os constituem e que estão em permanente interação. Por exemplo, moléculas, formigas, abelhas e até mesmo pessoas no mercado;
- Há níveis de hierarquia de complexidade e de organização;
- Há redes de comunicação. Os agentes que compõem estes sistemas complexos se comunicam uns com os outros por redes de troca de informações que vão de telefonia ao sistema nervoso. Em nível microscópico, pode se tratar de fótons, íons etc.;
- Há interdependência dos elementos. A abordagem analítica, isolando um deles, negligencia as propriedades emergentes, que resultam da interação entre eles;
- Seus circuitos permitem remeter uma informação da saída do sistema em direção à entrada, dando o *feedback*. Essa informação é covariante – ela varia como causa, daí o sistema pode ser amplificado ou não. Por exemplo: ações do mercado cujos lucros são reinvestidos em um certo número de empresas, ou informações remetidas de um sensor na saída de um forno para manter a temperatura interna constante;
- Seu comportamento no tempo não é nem linear nem extrapolável. Apresenta às vezes variações abruptas, períodos de estabilização, bem como períodos de inibição em que se anulam uns aos outros a partir da complexidade das trocas e de suas interações. Sendo assim a evolução de um sistema no tempo não é uma sucessão de elementos estáticos, mas sim um sucessivo de complexidade e caos, níveis de “desordens” altamente complexos e de ordens que não se conhecem no momento.

Pode-se e deve-se trazer para os estudantes do ensino fundamental e médio alguns sistemas complexos que fazem parte do seu cotidiano. Alguns desses exemplos

de sistemas estão no mundo da biologia, da economia e da ecologia, como sugere Rosnay (*apud* MORIN, 1998), entre outros.

Isto remete novamente à complementaridade entre abordagens analíticas e sistêmicas, já que a abordagem analítica é necessária para extrair da natureza os elementos e fatos que permitem desenvolver teorias, enquanto a abordagem sistêmica permite obter uma visão do todo, ou seja, uma visão mais global dos sistemas, tornando possível a ação. Isso permite organizar os conhecimentos tendo em vista uma maior eficácia da ação. A ação de aprender-ensinar não deve ser somente acumulativa, mas de compreensão dos resultados e dos objetivos através de uma relação analítica e sistêmica, favorecendo o exercício da razão e da lógica.

Não se trata de trazer e de oferecer um quadro mais amplo, de motivar os estudantes a fim de permitir que tenham ações mais eficientes, mas também de auxiliá-los a adquirir uma cultura da complexidade. Cultura essa que é argamassa para construção de mundo sustentável, de tolerância e respeito ao ser humano e à natureza, dando sentido e respeito pelo outro. Deve-se estimular o estudante a buscar, de forma apaixonante, plena e aventureira, o saber.

Na ação aprender-ensinar vem a questão fundamental: como construir a capacidade de aprender? Piaget (*apud* LIMA, 1979) traz luz sobre a questão. Numa abordagem epistemológica da ciência, Piaget distingue quatro campos denominados campo material, campo conceitual, campo da teoria e campo epistemológico externo. O campo material, concreto, é conjunto de objetos dos quais trata a ciência. A partir do momento que o objeto é definido, passa-se a um trabalho de abstração necessário para a abordagem direta dos objetos. Nesta fase tem-se o campo conceitual, ou campo das concepções. Depois deste campo vem o campo das teorias, formuladas no interno das disciplinas. Nesta fase, entra em jogo funcionamento dos conceitos que são alimentados pelos conceitos da ciência. E por último há o que Piaget chama de nível epistemológico externo, o quarto campo, em que se põe em evidência o alcance epistemológico mais geral dos resultados obtidos pela ciência considerada, comparando com outras. Nesta última fase é onde pode estabelecer a “Religação dos saberes”, como afirma Lerbet (*apud* MORIN, 1998),⁷ momento em que é possível estabelecer relação entre saberes de um mesmo objeto, ou seja, aprender sobre este objeto sob diversos pontos de vista. Por exemplo: no ensino médio, o objeto “energia” pode ser ensinado em várias disciplinas:

⁷ Foi professor na universidade de Tours, em ciências da educação. Autor das obras: *L'Autonomie masquée, Paris, L' Harmattan, 1998* e *Pédagogie et systémique, Paris, PUF, 1997*.

física, química, biologia, geografia e outras. Dessa forma, o aluno pode aprender sobre o mesmo objeto de formas diferentes, já que são ensinados com enfoques diferentes. É possível fazer que o aluno se dê conta concretamente da quantidade de formas possíveis como ele pode ver o objeto e possibilitar que ele o abstraia, olhando de um nível mais externo. Assim, o aluno, através das diferentes ciências, pode juntar e desconjuntar o conhecimento do objeto.

Piaget considera a abstração uma coisa extremamente dinâmica, que interioriza os dados do mundo e, ao mesmo tempo, necessariamente, torna o processo descentralizado, o que força a relativização do objeto. Outro ponto que Lerbet (*apud* MORIN, 1998) nos traz é a racionalidade aberta, também chamada de estatuto da razão. Piaget define a razão como uma axiomática da inteligência. Já Morin afirma que toda axiomática é aberta. Logo colocar a razão como axiomática da inteligência implica uma axiomática aberta, ou seja, uma racionalidade aberta. Daí dificilmente é possível contentar-se em identificar a razão a uma racionalidade que remete estritamente às lógicas do tipo “médio termo”, “identidade” e “não contradição”. Isso, por sua vez, implica que esta razão integre uma outra forma de racionalidade, que se pode chamar de analógica.

É extremamente importante compreender o funcionamento cognitivo do aluno, pois ele utiliza outros aspectos da razão que comportam abertura para o imaginário, sem por isso ser irracional. Quando um aluno que cursa o ensino científico questiona de forma embaraçosa, impertinente e com aparência utilitarista “para que serve o que estou estudando?”, “como ligar isto a minha vida?”, o que está em jogo é uma questão deste imaginário. A ordem poética da ciência é esquecida. Ela é só reservada às pessoas que já estudaram muito e que vão ampliar seu campo de conhecimento e a partir daí fazer um trabalho transdisciplinar. Há então um dilema. Aceitar que apreender as coisas seria uma continuação do *status quo*, que não há poética na ciência e que alunos estão lá para aprender sem pensar no todo, somente para empilhar conhecimento. E que alguns irão progredir assim, que a abordagem aos objetos científicos é inteiramente suficiente e que permite a poucos progredir, tornando-os especialistas muito preciosos, sem grande descentralização. Ou acreditar que o raciocínio abduutivo e transdedutivo são fundamentais. E que o trabalho de problematização é saber o sentido que se pode dar a uma questão, mas que é preciso reconhecer que há uma questão. Em síntese, é ter uma ação de aprender-ensinar que busque soluções para os problemas relacionados a

sustentabilidade, fora do modo de pensar e saber que criaram estes problemas. Bachelard (1953, p. 167) alerta que:

Chega a uma altura em que o espírito gosta mais daquilo que confirma seu saber do que aquilo que o contradiz, prefere as respostas às perguntas. Passa então a dominar o instinto conservativo e o crescimento espiritual cessa.

1.4 Educação para o Desenvolvimento Sustentável

A Educação Ambiental (EA), num sentido moderno, tem seu aparecimento por volta dos anos de 1960 a 1970 (CARIDE; MEIRA, 2004; FREITAS, 2004; PARDO DÍAZ, 2002; TEIXEIRA, 2003). A grande catástrofe ambiental de Londres em 1952, sintoma da inadequação do estilo de vida do ser humano, provocou a morte de 1.600 pessoas e desencadeou o processo de sensibilização sobre a qualidade ambiental na Inglaterra, culminando com a provocação da Lei de Ar Puro pelo Parlamento, em 1956 (DIAS, 2004). Esse fato também provocou uma série de discussões ambientais, causando o ambientalismo nos Estados Unidos a partir de 1960.

Nos idos de 1970, as questões ambientais começam a se apresentar quando eclodiu um conjunto de manifestações, incluindo a liberação feminina, a revolução estudantil de maio de 1968 na França e o endurecimento das condições políticas na América Latina, com a instituição de governos autoritários, em resposta às exigências de organização democrática dos povos em busca de seus direitos à liberdade, ao trabalho, à educação, à saúde, ao lazer e à definição participativa de seus destinos (PADUA; TABANEZ, 1997). No Reino Unido foi criado o Conselho para a Educação Ambiental; os países nórdicos procederam a revisão curricular para contemplar tal abordagem. Os festejos do Dia da Terra, em 1969, nos EUA, a celebração do Ano Europeu da Conservação da Natureza (1970) e a realização, nesse mesmo ano, do Workshop Internacional sobre Educação Ambiental (IUCN), em Carson City (EUA), são alguns dos momentos e fatos referenciais da gênese da EA.

A Educação Ambiental foi se formulando em termos conceituais e metodológicos em diversos outros espaços de negociações internacionais de relevância. A Conferência Intergovernamental do Ambiente Humano das Nações Unidas, em Estocolmo, no ano 1972, foi considerada por muitos como um marco fundamental de institucionalização formal da EA.

Na sua origem, a EA esteve orientada para as preocupações vinculadas à promoção da sustentabilidade no âmbito ecológico, mas logo sua conceituação passou a incorporar outros aspectos. Ela estabeleceu pontes com outras dimensões educativas emergentes como a educação para a paz, educação para cidadania etc. Em direta relação com o conceito de Desenvolvimento Sustentável (DS), foi também generalizado o conceito de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS). Ao mesmo tempo, tem havido grande debate acerca das relações entre a EDS e outras dimensões ou abordagens educativas, nomeadamente, a Educação Ambiental (EA).

A importância da EA é contextualizada ora como uma componente fundamental, ora como uma fonte de inspiração referencial da EDS. A ideia de que a Educação (em uma lógica de educação ao longo da vida) constitui um dos principais motores da construção de um futuro sustentável é, pois, uma perspectiva cada vez mais amplamente partilhada e agradada. Nesta perspectiva, é imperativa a formação e conformação⁸ de professores para EDS e, por que não dizer, para um futuro sustentável. Assim uma formação de qualidade e inovadora para professores e professoras é parte fulcral da educação para um futuro sustentável. Como assinala a Declaração de Incheon:

Políticas e regulamentações de ensino precisam ser aplicadas para garantir que todos os professores e educadores sejam empoderados, contratados e remunerados adequadamente, bem treinados, qualificados profissionalmente, motivados, distribuídos de forma equitativa e eficiente em todo o sistema educacional e apoiados por sistemas bem financiados e governados com eficiência (UNESCO, 2016, p.33).

O conceito de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) ocupou espaço na comunidade internacional e como tal, fora da comunidade educativa propriamente dita. A ideia de EDS começa a ser explorada no momento que o Desenvolvimento Sustentável (DS) foi assumido como meta global na Assembleia das Nações Unidas de 1977 (Declaração de Tbilisi).⁹ Tal como aconteceu com o conceito de DS, a ideia EDS já está claramente presente na estratégia mundial de conservação da natureza, se bem que ainda “amarrada” ao tema EA (TILBURY, 2002).

⁸ A Comissão Econômica para a Europa das Nações Unidas salienta que “os educadores, *leaders* e decisores de todos os níveis educativos necessitam de aprofundar o seu conhecimento sobre a Educação para o Desenvolvimento Sustentável” (UNECE. 13/2004/8, p. 9).

⁹ Um dos momentos mais importantes na evolução das declarações internacionais referentes à sustentabilidade relacionada à educação. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), UNESCO-PNUMA (1977, 1978), a Declaração de Tbilisi é considerada um dos pontos de partida para a educação ambiental internacional formal.

As proposições que dão forma à EDS visam à superação do conhecimento técnico de elementos de áreas específicas e buscam estabelecer mudanças de abordagem no processo de ensino-aprendizagem, incorporando perspectivas mais abrangentes para a formação de profissionais com competências específicas para examinar e analisar objetos e argumentos de ampla complexidade em distintos contextos.

Na EDS estão inseridas a transmissão do conhecimento, a capacitação e treinamentos, o desenvolvimento de habilidades, ou toda forma de captação da atenção do público que vise a criar uma compreensão ampliada das conexões existentes entre os aspectos do desenvolvimento sustentável e gerar a capacidade crítica perceptiva dos valores relevantes para o desenvolvimento da sociedade, na percepção qualitativa do termo.

Sterling (2004) aponta oito mudanças nos métodos de ensino necessárias para o estabelecimento de uma EDS:

- i. de aprendizagem transmissiva para aprendizagem pela descoberta;
- ii. de abordagem centrada no professor para abordagem centrada no aluno;
- iii. de aprendizagem individual para aprendizagem colaborativa;
- iv. de teoria dominando o aprendizado para aprendizado orientado para a prática;
- v. de ênfase nos objetivos cognitivos para ênfase nos objetivos cognitivos afetivos e habilidades pessoais;
- vi. de ensino baseado no conhecimento do professor e da instituição para ensino baseado no conhecimento de pessoas externas à instituição;
- vii. de ensino com baixo nível cognitivo para ensino com alto nível cognitivo;
- viii. de acúmulo de conhecimento e conteúdo para aprendizado autorregulador e orientado para questões reais.

A Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (Eco 92), teve como resultado a Agenda 21, cujo capítulo 36 trata especificamente da educação (BRASIL, 2020). Conforme sugerido nesse documento, de forma a contribuir plenamente para o DS, a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) deve integrar-se em todas as disciplinas, empregar métodos formais e informais e meios efetivos de comunicação.

O citado Capítulo 36, que trata da “Promoção do Ensino, da Conscientização e do Treinamento” (BRASIL, 2020), reconheceu as diretivas anteriores de sustentabilidade da universidade e afirmou que a Declaração de Tbilisi fornecia os

princípios fundamentais para as propostas listadas na Agenda 21. Os cometimentos principais são:

- Reorientar a educação para o desenvolvimento sustentável;
- Aumentar a consciência pública sobre as questões ambientais e
- Promover a capacitação ambiental entre educadores.

Desde sua menção na Agenda 21, o papel da EDS vem sendo debatido. Conforme recomendado nesse documento, a EDS deve abranger desde a educação infantil até a profissionalizante e científica obtida nas Instituições de Ensino Superior (IES) e ainda nos treinamentos e no ensino informal, em que cada etapa deve ter a sua peculiaridade de acordo com a idade e grau de instrução do público-alvo, com relação à abordagem de temas relacionados ao Desenvolvimento Sustentável e sua inserção no contexto do que está sendo ministrado. O relatório *Declaração de Thessaloniki – Educação para um Futuro Sustentável* (UNESCO, 1999),¹⁰ reforça a necessidade de uma reorientação da educação em todos os níveis. Ele aponta iniciativas que indivíduos, governos e nações podem tomar para garantir o desenvolvimento sustentável, reconhecendo que vários países desenvolverão seus próprios programas de acordo com suas necessidades, políticas e responsabilidades específicas. No Capítulo 36, reconhece uma falta de consciência ambiental em todo o mundo e indica a educação formal e informal como uma solução para o comportamento ambientalmente insustentável (WRIGHT, 2002).

Dessa forma, a Organização das Nações Unidas instituiu a década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (DEDS), no período de 2005-2014. Decisão tomada na 57ª sessão do *Johannesburg World Summit on Sustainable Development - 2002*, através da Resolução 57/254, quando as partes interessadas reconheceram que a educação havia sido a prioridade esquecida da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992 (Eco 92).

¹⁰ Este evento foi uma continuação, 20 anos depois, da conferência da UNESCO em Tbilisi (UNESCO, 1977). Ele destaca que uma mudança social radical deve ocorrer antes que a mudança ambiental possa acontecer. Reconhece que as iniciativas de sustentabilidade devem ocorrer em todos os níveis da sociedade e devem ter caráter interdisciplinar. Defende que o conceito de sustentabilidade ambiental deve estar claramente vinculado a pobreza, população, segurança alimentar, democracia, direitos humanos, paz e saúde e respeito aos conhecimentos tradicionais culturais e ecológicos. Afirma que as disciplinas devem abordar questões relacionadas ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável e que os currículos universitários devem ser reorientados para uma abordagem holística da educação.

No que concerne à Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (DEDS), a Unesco foi designada como responsável pela efetiva materialização dessa iniciativa, destinada a promover e melhorar a integração da EDS nas estratégias educacionais e nos planos de ação em todos os níveis e setores da educação, em todo o mundo. A DEDS reflete o reconhecimento do papel de destaque da educação nas possíveis interações sociais indispensáveis para um futuro que seja sustentável, contemplando valores, comportamentos e estilos de vida. Assim, estrutura ações que viabilizem que os humanos compreendam de forma clara o mundo em que habitam, de forma também a perceberem seu papel na abordagem de problemas complexos que ameaçam o futuro, como a pobreza, o consumismo, a degradação ambiental, o crescimento populacional, entre outros (ONU, 2007).

Segundo a ONU (2014) a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) é conceituada como:

Aquela que permite que todo(a)s os aluno(a)s adquiram valores, competências, habilidades e conhecimentos necessários para contribuir na construção de uma sociedade mais sustentável. Isso implica rever conteúdos de ensino para responder aos desafios globais e locais. Deve ainda promover métodos de ensino que permitam a(o)s estudantes adquirirem habilidades como pensamento interdisciplinar, planejamento integrado, a compreensão da complexidade, cooperando com os outros em processos de tomada de decisão e participação em processos locais, nacionais e globais para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2014, p.1).

Nomeadamente as universidades são vistas como instituições de relevante potencial na promoção de ações para as sustentabilidades. Estes espaços de pesquisa, ensino e extensão concentram um significativo corpo de cientistas e especialistas em diversas áreas do conhecimento. São, portanto, institutos de pesquisa de reconhecida capacidade, qualidade, infraestrutura de ponta, e alunos dedicados a uma cesta variada de objetos de investigação (CAEIRO; LEAL FILHO, 2013).

Destaca-se também que as instituições de ensino superior estão vinculadas ao governo, à sociedade civil e ao setor produtivo e que toda produção de saberes e conhecimento produzido e disseminado no meio acadêmico tem um grande potencial de promover mudanças de práticas e condutas, o que, por consequência, repercute no processo de desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Destarte as instituições de ensino superior conformam-se como atores-chave na promoção de uma educação e adoção de métodos orientados a promoção da sustentabilidade, não apenas como geradoras e reprodutoras de princípios, mas

assumindo obrigações éticas de incorporar sistematicamente as ações sustentáveis em suas redes de intervenções e operações (UNEP, 2006).

Segundo Góes (2015) o reconhecimento do importante papel desempenhado pelas universidades e outras Instituições de Ensino Superior (IES) na promoção da sustentabilidade é ainda refletido nas dezenas de declarações assinadas por líderes dessas instituições, estabelecendo e comunicando um compromisso informal com o EDS e de incorporação das filosofias e princípios da sustentabilidade em todas as funções da instituição. A cronologia das principais declarações relacionadas à sustentabilidade em IES e/ou somente às universidades é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Cronologia de declarações relacionadas à sustentabilidade na educação superior.

Ano	Declaração	Entidade	Escopo
1972	A Declaração de Estocolmo	Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP)	Global
1977	Declaração de Tbilisi.	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco)	Global
1990	Declaração de Talloires	University Leaders for a Sustainable Future (ULSF)	Global
1991	Declaração de Halifax	Consortium of Canadian Institutions, International Association of Universities (IAU), United Nations University (UNU)	Global
1993	Declaração de Kyoto	Associação Internacional de Universidades (IAU)	Global
1992	Declaração de Swansea 1994	Association of Australian Government Universities	Global
1994	Carta de Copernicus – Carta Universitária para o DS	Association of European Universities (Copernicus Alliance)	Regional (Europa)
1997	Declaração de Thessaloniki 2000	Unesco	Global
2000	Carta a Terra	Global	Global
2001	Declaração de Lünenburg	Global Higher Education for Sustainability Partnership (GHESP)	Global
2002	Declaração de Ubuntu	UNU, UNESCO, IAU, Third World Academy of Science, African Academy of Science, The Science Council of Asia, Copernicus- Campus, GHESP, ULSF, Copernicus-Campus,	Global
2003	Abril de 2003 - 2ª conferência sub-regional para EDS em Bishkek, Declaração dos participantes da conferência.	CAREC and five Central Asian countries: Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, Uzbekistan, in cooperation with partners and donors	Regional
2004	Memorando “Re-Pensando a Academia. Reorientação no horizonte da sustentabilidade”	Grupo 2004 (grupo interdisciplinar de professores alemães, todos comprometidos com a política de ensino superior)	Alemanha
2005	Declaração de Graz sobre o Compromisso das Universidades com o DS	Copernicus-Campus, Karl-Franzens, University Graz, Thecnical University Graz, Oikos International, Unesco	Global
2005	Comunicado de Bergen	European Union (EU) education ministers, European Commission, and other consultative members	Europa
2008	Declaração da Conferência Regional em Educação Superior na América Latina e Caribe (CRES)	Unesco	Caribe e América Latina
2008	Declaração de Sustentabilidade do G8 University Summit Sapporo Hokkaido	G8 University Network	Global
2009	Declaração de Turin	G8 University Network	Global
2010	Declaração de Bonn	Unesco	Global
2011	Declaração das Américas —por la sustentabilidade de y desde la universidadl 2012	Inter-American Organization for Higher Education (IOHE/OUI) Unesco,	Regional (Inter-Américas)
2012	Iniciativa das Unesco para Educação Superior Sustentável na Rio+20	UNESCO, UNU, UNEP, The Global Compact, Prime, Academic Impact	Global

Fonte: elaboração própria a partir de Wright (2002), Rio+20 Traty on Higher Education (ONU, 2014) Disterheft (DISTERHEFT, A. *et al.*, 2013), Góes (2015).

A partir do quadro das declarações relacionadas à sustentabilidade na educação superior, referenciada nas exposições de Wright, destaca-se que, de forma geral, todas as declarações apontam na direção da promoção e contribuição para o DS dentro das universidades: “talvez o tema unificador entre todas as declarações e políticas seja a responsabilidade ética e moral das universidades para liderarem a promoção da sustentabilidade” (WRIGHT, 2002, p. 115). Estabelecer como várias instituições se estruturam para se tornarem sustentáveis não é simples de responder. Alguns casos tratados por Wright (2002) mostram que abordagens da sustentabilidade muda de campus para campus, país para país, de política para política e de declaração para declaração. No entanto existem temas comuns entre a maioria das instituições de ensino superior, políticas institucionais e nas declarações nacionais e internacionais. Esses temas são ações físicas sustentáveis, pesquisa acadêmica sustentável, alfabetização ambiental, responsabilidade ética e moral, cooperação entre universidades e países, o desenvolvimento de currículo interdisciplinar, parcerias com governo, organizações não governamentais e indústria e divulgação pública, como se observa na Tabela 2.

Tabela 2: Relação entre temas comuns nas instituições de ensino superior

\	Responsabilidade Ética e Moral	Ações físicas sustentáveis	Incentivo a pesquisa sustentável	Alcance público	Cooperação interuniversitária	Parcerias com governo, ONGs e indústria	Desenvolvimento de currículo interdisciplinar	Alfabetização ecológica
A Declaração de Estocolmo	x			x				x
Declaração de Tbilisi.	x		x	x		x		x
Declaração de Talloires	x	x	x	x	x	x	x	x
Declaração de Halifax	x			x	x	x		x
Declaração de Kioto	x	x	x	x	x	x		x
Declaração de Swansea 1994	x	x	x	x	x			x
Carta de Copernicus – Carta Universitária para o DS	x		x	x		x		x
Declaração de Thessaloniki 2000	x			x		x	x	x

Fonte: elaboração própria.

As ações físicas sustentáveis são de importância primária nas declarações nacionais e internacionais. A Declaração de Kyoto de 1997, por exemplo, incentiva as universidades a revisar suas ações físicas para refletir as melhores práticas de desenvolvimento sustentável. A Declaração de Talloires de 1990 e Swansea também apela para ações físicas mais sustentáveis e para que o ensino superior dê o exemplo de responsabilidade ambiental, “estabelecendo políticas ecológicas institucionais e práticas de conservação de recursos, reciclagem, redução de resíduos e operações ambientalmente saudáveis” (ULSF, 1990). No entanto, nenhuma declaração oferece ações práticas a serem tomadas a fim de garantir ações físicas mais sustentáveis. Para políticas específicas da instituição, as ações físicas sustentáveis são fundamentais, com a maioria das políticas listando tarefas precisas a serem realizadas pela universidade. As ações físicas sustentáveis são mencionadas em todas as políticas institucionais examinadas (WRIGHT, 2002), sendo que na maioria vezes são o principal impulso das iniciativas de sustentabilidade no campus. Como principais exemplos estão a Universidade de Buffalo, com 15 políticas diferentes focadas especificamente em ações físicas, e a Universidade de Swansea, País de Gales, que também se concentra em ações físicas (WRIGHT, 2002).

O incentivo a pesquisa sustentável aparece em várias declarações. Por exemplo, o Princípio 4 da Declaração de Kyoto demanda que as universidades empreendam pesquisas e ações para o desenvolvimento sustentável. Em nível institucional, a pesquisa ambientalmente responsável e voltada para a sustentabilidade é desejada porque, a longo prazo, tem vantagens econômicas e sociais, como afirma a Universidade de Colúmbia Britânica. Uma outra abordagem tomada pela Universidade de Waterloo é centrada no aluno, incentivando projetos de ação do aluno e pesquisa no campus fornecendo apoio a iniciativas de sustentabilidade.

Todas as declarações citadas na Tabela 2 discutem a necessidade as universidades se situarem na comunidade em que residem. Ou seja, que os professores e alunos procurem conhecimentos, mas também conhecimentos que apliquem na resolução de problemas complexos da sociedade em que está inserida. O contexto que leva as iniciativas de sustentabilidade ambiental origina-se da crença de que, para que a mudança ambiental ocorra, todas as faces da sociedade devem estar envolvidas. A Declaração de Talloires encorajou as universidades a usar todas as oportunidades para aumentar a conscientização do público, governo, indústria, fundações e universidades,

abordando abertamente a necessidade urgente de caminhar em direção a um futuro ambientalmente sustentável (ULSF, 1990).

Uma proposição comum a quatro das declarações citadas na Tabela 2 é a cooperação entre universidades. Por exemplo, a Declaração de Swansea afirma que as universidades signatárias devem “cooperar umas com as outras e com todos os segmentos da sociedade na busca de medidas práticas e políticas para alcançar o desenvolvimento sustentável e, assim, salvaguardar os interesses das gerações futuras” (IAU, 1993). E o Plano de Ação da Declaração de Halifax prevê estabelecer uma rede entre as universidades para compartilhar informações sobre o esverdeamento das universidades (IAU, 2001).

Parcerias com governo, ONGs e indústria são mencionadas na maioria das declarações citadas, mas são menos discutidas nas políticas institucionais segundo Wright (2002). A Declaração de Halifax, por exemplo, clama por uma maior interação entre a comunidade universitária e as organizações preocupadas com o desenvolvimento sustentável. O exemplo da Universidade George Washington aclara o desenvolvimento de parcerias com o governo, pois trabalha em estreita colaboração com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) para desenvolver modelos e conhecimentos relacionados à gestão ambiental e sustentabilidade.

Desenvolvimento de currículo interdisciplinar e alfabetização ambiental estão conectados fortemente. O princípio 7 da Declaração de Talloires orienta reitores e profissionais do meio ambiente a desenvolver currículos para um futuro ambientalmente sustentável. O projeto de política ambiental da Dalhousie University é um exemplo que incentiva a inclusão de conceitos e princípios ambientais em todos os currículos. A alfabetização ecológica é um tema frequentemente encontrado nas declarações e políticas institucionais, principalmente na Declaração de Talloires, que afirma o dever das universidades de criar programas para desenvolver a capacidade do corpo docente da universidade de ensinar alfabetização ambiental a todos os alunos de graduação, pós-graduação e escolas profissionais (ULSF, 1990). Além disso, ela reconhece a necessidade de professores e funcionários ambientalmente alfabetizados, bem como de uma comunidade ambientalmente alfabetizada. O Princípio 4 da Declaração de Halifax (IAU, 2001) afirma que as universidades devem “aumentar a capacidade da universidade de ensinar e praticar os princípios de desenvolvimento sustentável, para aumentar a alfabetização ambiental e para melhorar a compreensão da ética ambiental entre professores, alunos e o público em geral”. Outra declaração que faz alusão à

alfabetização ecológica é A Carta CRE-Copernicus de 1994, que afirma o dever das universidades de incorporar “uma perspectiva ambiental em todos os seus trabalhos e estabelecer programas de educação ambiental envolvendo professores e pesquisadores, bem como alunos - todos os quais devem ser expostos aos desafios globais de ambiente e desenvolvimento, independentemente do seu campo de estudo”. As universidades têm uma obrigação moral, ou seja, a responsabilidade ética e moral frente a liderança na promoção da sustentabilidade. Um exemplo excelente pode ser encontrado na Carta CRE-Copernicus que incorpora o tom geral de todos os documentos examinados até agora.

As universidades e instituições equivalentes de ensino superior treinam as próximas gerações de cidadãos e têm experiência em todos os campos de pesquisa, tanto em tecnologia como nas ciências naturais, humanas e sociais. É, portanto, seu dever propagar a literacia ambiental e promover a prática da ética ambiental na sociedade, de acordo com os princípios enunciados na Carta Magna das Universidades Europeias e subsequentes declarações universitárias, e de acordo com as recomendações da UNCED para o ambiente e o desenvolvimento da educação para promoção da sustentabilidade.

Enfim os temas que permeiam as declarações e políticas institucionais recomendam atender prioridades para sustentabilidade no ensino superior. Ao identificá-los, entende-se melhor como as instituições estruturam seu compromisso com a sustentabilidade. Esses temas e prioridades mudarão e crescerão à medida que as instituições e organizações reformulam sua compreensão da sustentabilidade.

Capítulo II - Adoção da Energia Solar Fotovoltaica nos Espaços Formais de Ensino – Oportunidade à Promoção da Sustentabilidade na RFEPCT

2.1 Introdução

A narrativa em curso que credita às fontes renováveis de energia elevada faculdade na solução do problema da oferta global de energia de forma sustentável e a superação de desafios postos ao desenvolvimento sustentável, populariza seu conceito e aceitação, tornando-a poderosa e universal. A Agência Internacional de Energia (IEA) define Energia Renovável com aquela derivada de processos naturais que são reabastecidos em uma taxa mais rápida do que são consumidos e menciona as fontes solar, eólica, geotérmica, hídrica e biomassa como exemplos (IEA, 2020).

Segundo dados do IEA (2020) cerca de 80% da energia primária ofertada no planeta é proveniente de combustíveis fósseis cujo aproveitamento em diferentes setores da economia mundial contribui sobremaneira para o denominado aquecimento global, o qual credita às atividades antropogênicas o aumento médio da temperatura no planeta. A elevada participação dos combustíveis fósseis na matriz energética mundial, adicionada às crescentes demandas de energia, imposta pela “sociedade de consumo”, amplia a dependência global por esses combustíveis, levando à sua continua exploração a taxas crescentes, resultando, por consequência impactos socioambientais de diferentes monta, impondo, assim, graves riscos a humanidade. O desafio colocado requer a garantia do fornecimento de energia, como forma de seguir ofertando os benéficos advindos de seu uso, para que se possa seguir promovendo o desenvolvimento e prosperar a civilização, sem que com isso se ponha em risco a sobrevivência e o progresso de dessa mesma civilização. Nesse contexto, as fontes renováveis de energia ampliam seu leque de desejo e interesse, sendo apontada como um caminho a ser seguido, de forma a promover a sustentabilidade dos mercados de energia.

No Brasil, país de reconhecida vocação para aproveitamento dos recursos energéticos renováveis, a transição para o uso em escala das energias renováveis se apresenta menos adverso, uma vez que já há elevada participação de fontes renováveis em sua matriz, 46% e 82% de participação em sua matriz energética e elétrica,

respectivamente. Essa elevada parecida das fontes renováveis se dá, fundamentalmente pela presença das hidrelétricas e do uso dos biocombustíveis na oferta nacional de energia (IEA, 2020).

No que tange a expansão das novas renováveis, em particular a energia solar fotovoltaica, as condições que o Brasil oferece para a atração dessa tecnologia, requer uma formação especializada de cientistas, engenheiros e gestores que seja distribuída em uma ampla área do território, visto que esta fonte se encontra amplamente disseminada em todo país. Faz-se necessário também promover uma ampla apropriação dos conhecimentos científicos inerentes a produção e uso dessa tecnologia por parte dos alunos, professores e grupos sociais formuladores de opinião.

Os espaços formais de ensino têm papel relevante na formação e difusão de conhecimentos que possibilitem gerar e ampliar ganhos socioeconômicos e ambientais advindos dos usos da tecnologia solar fotovoltaica. Ela requer uma atenção voltada a educação em ciência e tecnologia, como forma de difundir as habilidades e competência necessária à sua implementação e manutenção de forma eficiente, nesse sentido a escola se apresenta como ator nesse processo.

E termos formais, os conteúdos referentes a energia renováveis, em particular o tema energia solar fotovoltaica, podem e devem ser tratados em ambiente escolar de maneira transversal, abrangendo o ensino da física, matemática, química biologia e demais disciplinas de forma contextualizada e abrangente. Demanda, portanto, de uma abordagem pedagógica que possibilite ao discente uma visão analítica e sistêmica do significado amplo de energia, sua transversalidade – social, econômica, ambiental e cultural – permitindo a ele entender a complexidade e urgência geracional do tema, revelando a sua importância para sociedade. Isso desenvolve um aprendizado crítico e profundamente humanizado, formando cidadãos que podem interferir de forma sistemática na construção de uma sociedade sustentável.

2.2 Energia Renovável e Sustentabilidade

Considerando os benefícios provenientes do uso da energia principalmente aqueles que buscam oferecer melhor qualidade de vida à população, sua disponibilidade a todos é desejável e fundamental ao desenvolvimento humano. No entanto, na escala em que esta produção se realiza, se registram severos danos no meio ambiente,

estabelecendo uma relação de causa e efeito entre oferta e uso da energia e geração de agravantes ao meio ambiente, com fortes repercussões socioeconômicas, podendo, inclusive, a gerar esgotamento de determinados recursos naturais.

Em decorrência da expansão da oferta e uso de energia, o setor vem provocando impactos de abrangência planetária, onde se pode listar: mudanças climáticas; depleção da camada de ozônio; perda de biodiversidade e esgotamento dos recursos abióticos. Registram-se também impactos regionais e locais, tais como acidificação do solo, poluição atmosférica, escassez de recursos hídricos e poluição de águas superficiais e subterrâneas; acidentes graves, poluição visual, resíduos sólidos perigosos, entre outros. Estes impactos decorrem do fato de que o setor energético em suas etapas de exploração, transformação, distribuição e uso, gerar expressivos danos ao meio ambiente natural e antrópico (CIRIMINN *et al.*, 2016).

Do ponto de vista ambiental, está cada vez mais evidente que os hábitos praticados pela humanidade em relação a oferta e formas de uso da energia não se mostram sustentáveis em um horizonte breve. É mister, portanto, promover mudanças de práticas e culturas hasteadas pelo consumo perdulário de energia, como saída singular para que se possa reduzir riscos significativos atinentes ao funcionamento do setor energético, aos quais a sociedade está exposta. Deve-se, portanto, nesse contexto, estimular o desenvolvimento de alternativas ao uso dos combustíveis convencionais, pondo em curso uma transição energética norteada pela busca da sustentabilidade na totalidade de suas dimensões. Dessa forma, serão estruturadas ações ao enfrentamento das inquietações promovidas pela necessária garantia da segurança energética que ocupa o topo das agendas das políticas dos Estados Nacionais, em termos econômicos e disputa de interesses regionais e globais.

No contexto da mudança global do clima, o setor energético em suas etapas de exploração, transformação, distribuição e uso, responde pela maior parcela de emissões de CO₂. Na década em curso, entre 2010 e 2019 as emissões antropogênicas de gás de efeito estufa (GEE) cresceram a uma taxa de 2,2% ao ano, levando a um aumento total de 10 GT CO₂ (CONSTANTINO *et al.*, 2018).

As repercussões ambientais originadas da produção e o uso dos recursos energéticos têm promovido um grande desafio para os países desenvolvidos e emergentes em superá-las, tornando imperativa a busca e adoção de modelos de crescimento que afiancem um desenvolvimento que seja sustentável, sem que se aumentem os efeitos negativos ao meio ambiente. Neste cenário, o emprego de novas

tecnologias de produção e uso dos recursos renováveis mostra-se como uma escolha viável em termos ambientais. Assim, a sociedade industrial é levada a redescobrir os fluxos energéticos com base nos recursos naturais renováveis e nos processos de produção em escalas harmonizadas com a vida humana e a capacidade de suporte dos ecossistemas.

Dentre as tecnologias renováveis, registram-se os avanços obtidos em termos de aplicação da energia solar térmica e fotovoltaica, aproveitamentos eólicos, resíduos sólidos, biocombustíveis, dentre outros. O desenvolvimento e ampliação das tecnologias de produção de energia baseada em recursos renováveis contribui para a formação de sistemas energéticos diversos e flexíveis que aproveitam de forma integral e coordenada as diferentes fontes energéticas e tecnologias disponíveis em cada país ou região. Assim, é possível minimizar os impactos sobre o meio ambiente e viabilizar o desenvolvimento sustentável em suas dimensões: social, ambiental; econômica, cultural e ética (Silva, 2006). A promoção da sustentabilidade no setor energético abrange não apenas a necessidade imperiosa de garantir uma oferta adequada de energia para atender as necessidades futuras, mas fazê-lo de modo que:

- a) seja compatível com a preservação da integridade fundamental dos sistemas naturais essenciais, inclusive evitando contribuições para a ocorrência de eventos climáticos extremos, bem como para a mudança global do clima;
- b) estenda os serviços básicos de energia aos mais de três bilhões de pessoas em todo o mundo que atualmente não têm acesso às modernas formas de energia;
- c) reduza os riscos à segurança e potenciais conflitos geopolíticos que de outra forma possam surgir devido a uma competição crescente por recursos energéticos irregularmente distribuídos.

A viabilidade e a acessibilidade à eletricidade e a combustíveis limpos, de alta qualidade e preços acessíveis, são fatores essenciais ao acesso de seus benefícios para as populações de menor renda no mundo. Como consequência ameniza a luta diária para garantir os meios básicos de sobrevivência.

Para a promoção da sustentabilidade, impera também a necessidade de educar os cidadãos, não apenas para a aquisição de conhecimento, mas também para o seu uso ético e responsável (HARTMANN; ZIMMERMANN, 2007). Nestes termos, segundo Freire (1999) é fundamental que se atue nos níveis do sistema educativo para auxiliar os alunos a compreender que muitas das ações locais tem influências globais, fazê-lo reconhecer os impactos de um mundo globalizado nas vidas das pessoas e dessa forma

encontrar alternativas que deem sustentabilidade a esse processo. Neste contexto, a inserção dos conhecimentos relativos às fontes renováveis de energia, tanto em termos tecnológico, como de ordem socioeconômica e ambiental é imprescindível no ambiente escolar. Sua adoção no sistema de ensino pode ser direcionada ao uso adequado das fontes renováveis de energia; a pesquisa e desenvolvimento tecnológico, além de uma abordagem interdisciplinar que possibilite a apropriação desses conhecimentos em sua abrangência social, econômica e ambiental (SALAS-ZAPATA *et al.*, 2011).

A implementação do estudo de fontes renováveis de energia no ambiente escolar torna-se fundamental na educação de cidadãos, não apenas para a aquisição de conhecimento, mas para o seu uso ético e responsável, conforme Hartmann e Zimmermann (2007).

A energia renovável é frequentemente associada a sustentabilidade, o que para muitos faz parecer que esta, em sua totalidade, é sustentável. Mas, para compreensão exata de sua extensão e faculdade, faz-se necessário se debruçar sobre a definição do que se enuncia como desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. Originalmente a definição dada ao desenvolvimento sustentável pelo Relatório Brundtland em 1987 era aquele desenvolvimento que deve atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades. Esse conceito segue mais definições, que enfatizam de alguma forma um pensamento de linha de base tripla (SLAPER; HALL, 2011), incluindo os domínios social, ambiental e econômico. Por sua vez, a sustentabilidade diz respeito à promoção equilibrada da exploração dos recursos naturais disponíveis, se vincula intrinsecamente com o conceito de desenvolvimento sustentável, nasce dele e o origina também, uma vez que o desenvolvimento enquanto sustentável é a base da sustentabilidade.

É fato de amplo reconhecimento que nenhuma forma de produção de energia ocorre sem que se origine algum impacto social e ambiental. Então adota-se uma extensão pragmática da usual definição de sustentabilidade. A energia sustentável é, portanto, aquela que permite o desenvolvimento da sociedade que está amplamente, desvinculado da crescente degradação ambiental no futuro previsível.

2.2.1 Energia Solar

Entre as fontes renováveis de energia e os desafios de sustentabilidade está a energia solar. Essa fonte é vista como um abundante recurso energético limpo e

inesgotável, devido ao fato de que a Terra recebe do sol em uma única hora maior quantidade de energia que toda produção combinada de energia fóssil. Em teoria, esta energia fornecida pelo sol abasteceria o planeta Terra por milhões de anos. No entanto, a mesma apresenta baixa densidade de fluxo de energia por metro quadrado, quando comparada as outras fontes.

O aproveitamento da energia solar pode se dá de duas formas fundamentais:

I. Aproveitamento Passivo:

- Através do aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento.
- Através do uso oportunizado pela arquitetura - O projeto arquitetônico estabelece parâmetros de forma tornar a edificação a mais eficiente possível do ponto de vista energético. Nesses casos o aproveitando da energia solar é oportunizado de forma a contribuir na regulação das condições ambientais da edificação, permitindo o aproveitamento direto da radiação solar para um fim específico: iluminação de ambientes e regulação de temperatura. O projeto também deve prever situações em que a radiação solar direta se torna indesejável.

II. Aproveitamento Ativo, que se realiza pelo uso de diferentes tecnologias:

- Energia Solar Fotovoltaica: utiliza o efeito fotovoltaico para transformar a energia solar diretamente em eletricidade que pode ser utilizada em sistemas isolados ou interligada na rede de distribuição;
- Energia Solar Térmica: transforma a energia solar em energia térmica que pode ser aproveitada no aquecimento de água, secagem de grãos, refrigeração, aquecimento de piscinas, aquecimento industrial e uso em concentradores para aquecimento de fluidos. Existem três tipos de aproveitamento da energia solar térmica:
- Usinas de alta temperatura que são usadas para gerar eletricidade. Elas trabalham com temperaturas acima de 500°C (773 K). Usam concentradores (espelhos) para aquecer um fluido gerando vapor e ao expandi-lo em uma turbina acoplada a um gerador produz eletricidade.

- Plantas de média temperatura trabalham com temperaturas entre 100°C e 300°C. Usam coletores solares a vácuo ou coletores solares de concentração¹¹.
- As instalações de baixa temperatura são comumente usadas em residências. Elas trabalham com temperaturas abaixo de 65°C.

2.2.2 Energia Solar Fotovoltaica

As formas de aproveitamento da energia solar, notadamente a energia solar fotovoltaica, acomodam alternativas que podem possibilitar que a humanidade estabeleça uma forma sustentável de desenvolvimento. Nesse contexto, o aproveitamento da energia disponibilizada diariamente pelo sol, através de placas fotovoltaicas, está aderente aos condicionantes da sustentabilidade, por ser esta uma fonte limpa, renovável e abundante. A saber, o planeta Terra recebe, anualmente, cerca 885 milhões de TWh/ano de energia solar o que corresponde a oito mil vezes o consumo de energia mundial em 2013 (IEA, 2014). Esses valores conferem à fonte solar, considerando seus múltiplos usos, o maior potencial técnico de aproveitamento frente a outras fontes renováveis (EDENHOFER *et al.*, 2011).

Importa destacar que um dos desafios à sustentabilidade presente nessa tecnologia vincula-se a sua baixa densidade energética, o que resulta em altos requisitos de material (BROOK; BRADSHAW, 2015; VIDAL *et al.*, 2013) e a necessidade de minerar grandes volumes de matérias-primas potencialmente escassas, como telúrio e índio para energia solar fotovoltaica (GRANDELL; HÖÖK, 2015; TAO *et al.*, 2011). A produção viável e confiável dessas fontes significa que, o sistema em sua totalidade precisa combinar:

- i) grandes sistemas de armazenamento de energia,
- ii) capacidade de geração e transmissão “super construída”, e
- iii) aceitação da redução do nível de serviço.

¹¹ Os coletores solares a vácuo são formados por tubos de vidro a vácuo alojados linearmente formando uma estrutura em pente com um mastro que conduz o fluido de transferência de calor a esta série de tubos com pontas onde a radiação solar é capturada. O coletor solar de concentração é formado por um espelho de cilindro parabólico que reflete toda a radiação solar recebida em um tubo de vidro que fica ao longo da linha focal do espelho. Dentro deste tubo está a superfície absorvente em contato com o transportador de calor e fluido.

A necessidade de grandes sistemas de armazenamento e de uma capacidade de geração e transmissão “superconstruída” aumentam ainda mais os requisitos de material e área de terreno para fornecer o serviço de energia.

De toda forma, em 2019 a geração de energia fotovoltaica teve um aumento de 22% (+131 TWh) em relação a 2018, chegando a 720 TWh, representando o segundo maior crescimento absoluto da geração de energia elétrica dentre as tecnologias renováveis - excetuando-se os grandes aproveitamentos hidroelétricos – conforme dados da IEA (2020). Ficando atrás somente da energia eólica.

Observa-se desde o início do século que os custos dos equipamentos de captação e transformação solar fotovoltaica vem caindo significativamente no mundo, fazendo com que esta tecnologia já seja apontada como uma das maneiras mais promissora de se promover ações voltadas à sustentabilidade (CIRIMINNA *et al.*, 2016). Podendo, a partir de rígidos controles na sua produção, usos e descarte, impactar positivamente na mitigação dos danos ambientais advindos do setor energético, uma vez que os equipamentos utilizados na sua produção, transformação e distribuição são duráveis e requerem baixo investimento em manutenção, o que proporciona mais autonomia, em longo prazo, para grandes e pequenos usuários.

O Brasil apresenta em sua matriz elétrica uma participação predominante de energias renováveis. Segundo IEA (2020) em 2019 o país teve em sua oferta de energia elétrica, 82,2% de fontes renováveis, sendo 63,5% de geração hidroelétrica, 8,7% biomassa, 8,9% eólica e 1,1% de fotovoltaica. Essa significativa presença de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira garante uma posição privilegiada entre os países desenvolvidos quando se trata das contribuições do setor elétrico nas emissões nacionais de GEE. Como mostra a Tabela 3 e a Tabela 4. No entanto comparado a geração fotovoltaica do Brasil com Alemanha, França e Espanha, observa que contribuição de energia elétrica fotovoltaica é pequena. Se levar em conta que o Brasil tem maior extensão territorial e com maior índice de radiação média solar.

Tabela 3: Tabela comparativa Brasil e países desenvolvidos de geração elétrica de fontes renováveis

País	Fontes Renováveis (%)	Geração hidrelétrica (%)	Geração Biomassa (%)	Geração Eólica (%)	Geração Fotovoltaica (%)
Alemanha	41,7	4,2	9,3	20,4	7,7
França	16,0	11,6	2,1	0,1	2,1
Espanha	38,1	9,8	2,5	20,3	3,4
Brasil	82,2	63,5	8,7	8,9	1,1

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2020).

Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha, França e Espanha, onde projetos para aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados (INPE, 2006).

Tabela 4: Geração de energia elétrica fotovoltaica e os índices de irradiação solar registrados no Brasil, Alemanha, França e Espanha e suas dimensões territoriais.

País	Geração Fotovoltaica (%)	Irradiação média Solar (kW/m²)	Área territorial do país (km²)
Alemanha	7,7	2,95	357,02
França	2,1	3,49	543,97
Espanha	3,4	4,18	504,97
Brasil	1,1	5,5	8515,77

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2020).

Em que pese as diferentes características climáticas observadas no Brasil, pode-se destacar que a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, com valores relativamente altos em todo país. Essa afirmativa pode ser observada na Figura 1, na qual está apresentado no mapa da média anual do total diário de irradiação solar global incidente no território brasileiro. Nela se pode observar que, em média, a radiação solar do país é de cerca de 5700 Wh/m² a 6100 Wh/m². O valor máximo de irradiação global ocorre no estado da Bahia, próximo à divisa com o Piauí. Essa é uma área de semiárido com baixa precipitação ao longo do ano (330 mm/ano), tendo a média anual de cobertura de nuvens mais baixa do Brasil, ao contrário do estado de Santa Catarina, caracterizado pela ocorrência de precipitações bem distribuídas ao longo do ano, é a região com menor irradiação solar do país – 4250Wh/m² (INPE, 2006).

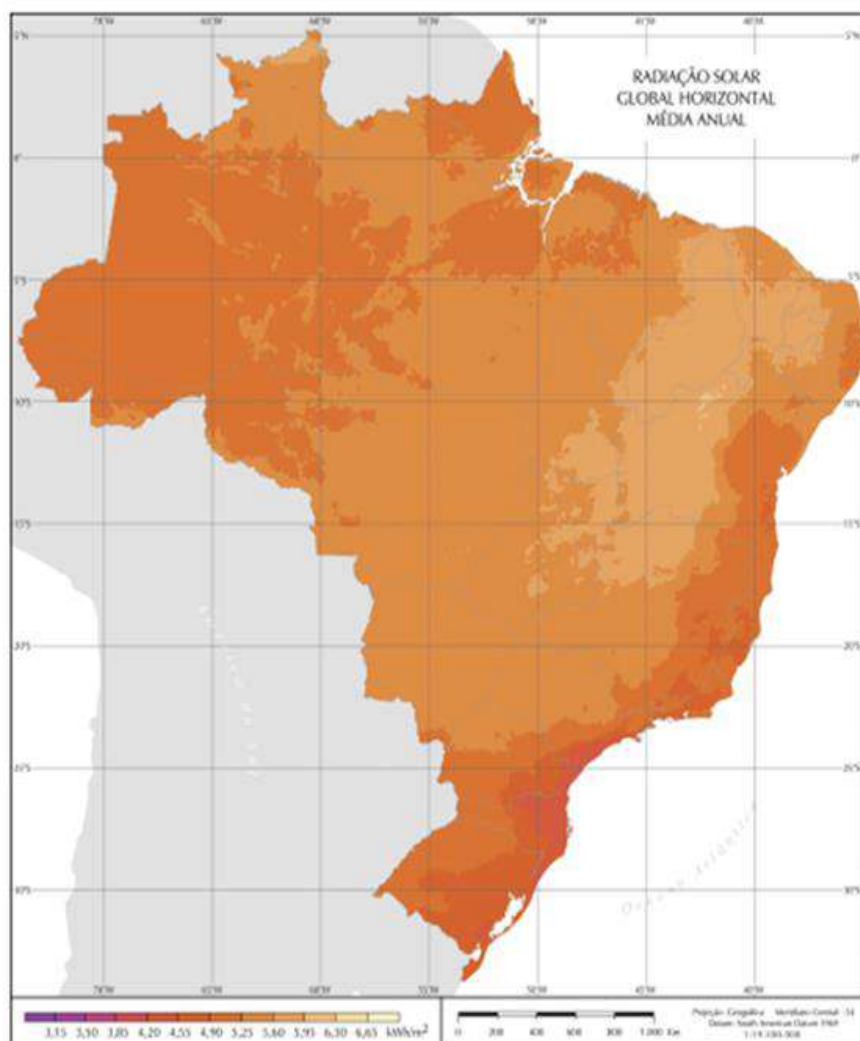


Figura 1: Radiação solar média anual no Brasil.
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE, 2006)

2.3 Energia Solar Fotovoltaica na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica – RFEPCT

2.3.1 A RFEPCT

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) teve sua origem em 1909, quando o então Presidente da República Nilo Peçanha criou 19 escolas de Aprendizes e Artífices (BRASIL, 1909) que, mais tarde, deram origem as Escolas Técnicas Federais, os Centros Federais de Educação Profissional e Tecnológica (CEFETS) e mais recentemente os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e as Universidades Tecnológicas. O que justificou a criação das escolas de aprendizes foi o aumento constante da população nas cidades, as dificuldades das classes proletárias de vencer as dificuldades sempre crescentes da luta pela existência. Isso exigiu por parte do estado criação de uma forma de habilitar os filhos dos desfavorecidos o preparo técnico e intelectual para o mundo do trabalho, afastando estes jovens da ociosidade ignorante, do vício e do crime.

Concebida inicialmente como instrumento de política voltado para as “classes desprovidas”, a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica se configura hoje como importante estrutura para que se possa oferecer a todas as pessoas o efetivo acesso às conquistas científicas e tecnológicas. Espalhada em todo o território nacional, a Rede Federal tem a função social de qualificar profissionais para os diversos setores da economia brasileira, realizar pesquisa e desenvolver novos processos, produtos e serviços em colaboração com o setor produtivo.

Em 29 dezembro de 2008 a Lei nº 11.892/2008 (BRASIL, 2008), institui 31 centros federais de educação tecnológica (CEFETs), 75 unidades descentralizadas de ensino (UNEDs), 39 Escolas Agrotécnicas, sete Escolas Técnicas Federais e oito escolas vinculadas a Universidades deixaram de existir para formar a Rede de Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

Essa Rede vivenciou, nas décadas de 2000 e 2010, a maior expansão de sua história. De 1909 a 2002, foram construídas 140 Escolas Técnicas no país. Entre 2003 e 2016, o Ministério da Educação concretizou a construção de mais de 500 novas Unidades referentes ao plano de expansão da educação profissional, totalizando 644 campi em funcionamento (gráfico 1).

Na atualidade – outubro de 2020 – são 38 os Institutos Federais presentes em todos os Estados da Federação, oferecendo cursos de qualificação, ensino médio integrado, cursos superiores de tecnologia e licenciatura, mestrados e doutorados. A Tabela 5 apresenta os quantitativos registrados no processo de Expansão vivenciado pela Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Tabela 5: Quantitativos da expansão da rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica no período de 1909 a 2016.

Período	Preexistente	Desvinculado	Incorporação	Incorporação CPII	Expansão 2002- 2010	Expansão 2011- 2014	Expansão 2015-2016	Polo de inovação	Total
1909- 2002	140	0	0	0	0	0	0	0	140
2003- 2010	0	-1	3	0	214	0	0	0	216
2011- 2014	0	0	0	14	0	208	0	0	222
2015- 2016	0	0	0	0	0	0	61	5	66

Fonte: elaboração própria.

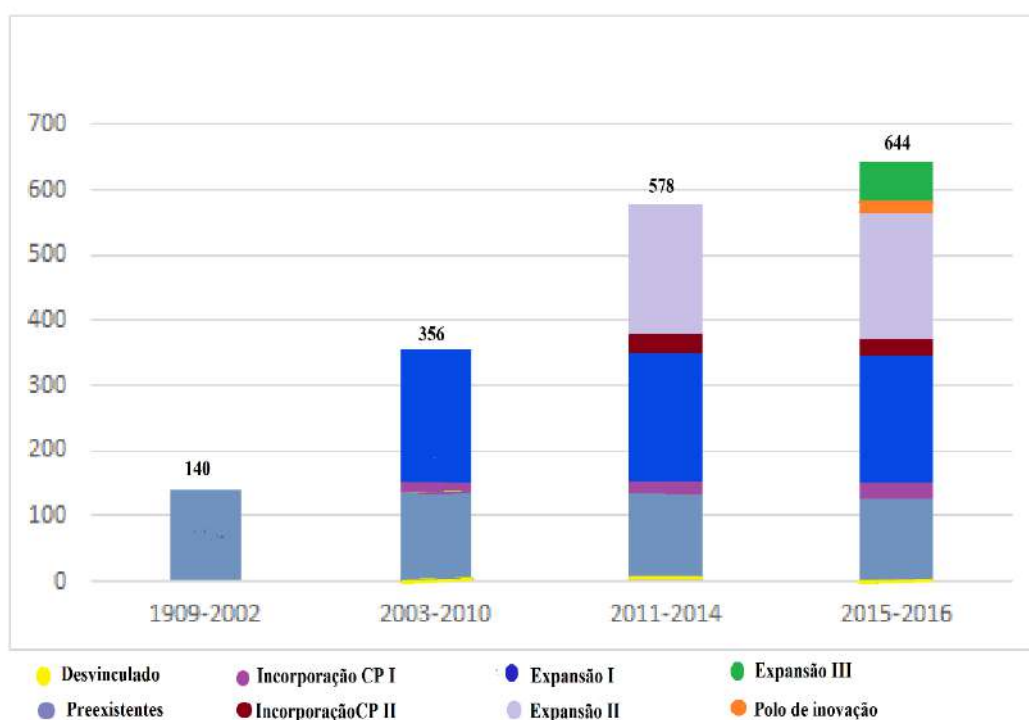


Gráfico 1: Expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Fonte: MEC (2017).

Segundo o MEC (2017), a expansão da Rede Federal de Educação Profissional integra-se à agenda pública que prevê a presença do Estado na consolidação de políticas educacionais no campo da escolarização e da profissionalização. Assume, portanto, o ideário da educação como direito e da afirmação de um projeto societário que corrobore uma inclusão social emancipatória. Foi evidente no processo de expansão da Rede a atuação do governo federal no sentido da ampliação da oferta pública e da melhoria do padrão de qualidade da educação brasileira, em especial da educação profissional e tecnológica em todo o território nacional, articulando-a com ações voltadas ao desenvolvimento sustentável, orientando-se na formação integral de cidadãos-trabalhadores emancipados.

Os Institutos Federais, com uma proposta singular de organização e gestão, passam a fazer parte indissociável da educação nacional. Na autonomia que lhes é conferida, traduzem a realidade com que dialogam, regional e localmente, considerados em sintonia com o global, na perspectiva o desenvolvimento sustentável (MEC, 2020).

O trabalho educativo, em qualquer nível, requer um conjunto de exigências. Principalmente em se tratando da educação profissional e tecnológica, onde se verifica

uma complexidade maior, uma vez que, mais que o trabalho puramente acadêmico, acentua a exigência de formadores com domínio de conteúdos e técnicas laborais e de metodologias de aprendizagem que estejam sintonizados com a realidade concreta. Por conseguinte, reúne conhecimentos, apropriação de tecnologias, vincula-se na sua dinâmica ao desenvolvimento nacional, local e regional. Conforma-se também em centro irradiador de ações voltadas a sustentabilidade, incitando seus sujeitos a se colocarem verdadeiramente como tributários da reflexão e da pesquisa, abertos ao trabalho coletivo e à ação crítica cooperativa, o que se traduz como um lidar reflexivo que realmente trabalhe a tecnociência. Isto significa a superação de dicotomias entre ciência/tecnologia, entre teoria/prática; a superação da visão compartimentada de saberes; e a apropriação com maior profundidade do conhecimento, hoje em ritmo cada vez mais acelerado de construção e desconstrução. É esse lidar com a tecnociência, em acelerada superação, que traz para dentro do processo de construção do conhecimento a necessidade de definitivamente instalar a pesquisa como princípio educativo, além do científico.

2.3.2 O Projetos IFRN Solar

No âmbito da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação (SETEC/MEC) foi criado, em 2015, o Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética, para promover o desenvolvimento sustentável alinhado com a expansão da formação profissional e o treinamento de recursos humanos em energia solar fotovoltaica, energia eólica, biogás e eficiência energética, o referido Comitê conta com apoio técnico e científico da Agência de Cooperação Alemã de Desenvolvimento Sustentável (GIZ), entre seus objetivos e atividades estão (MEC, 2017):

- Reuniões setoriais para estabelecimento de diálogos com o setor produtivo vinculado ao mercado de Energia Renováveis;
- Promoção de Seminários e Workshop para publicização de tecnologias e ações de promoção da Energia Renovável;
- Desenvolvimento de material didático referentes à Energia Renovável e Desenvolvimento Sustentável;

- Adequação de conteúdos já elaborados referentes à Energia Renovável e Desenvolvimento Sustentável para aplicação em Instituições de Ensino no Brasil para as especificações dos Institutos Federais;
- Capacitação de professores dos Institutos Federais para novos conteúdos vinculados a Energia Renovável, eficiência energética e sustentabilidade;
- Avaliação de qualidade e efetividade das ações implementadas

Segundo o MEC (2017), deseja-se reduzir o custeio dessas instituições, e posteriormente, disseminar a cultura da eficiência em seus núcleos básicos, seja na preparação de alunos, seja em processos de certificação, seja na pesquisa ou nas inovações. O objetivo é colocar os 644 campi dos 41 Institutos Federais na vanguarda do ensino e da eficiência energética.

Em decorrência das ações do Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética as instituições públicas federais de ensino, no Brasil, especialmente os Institutos Federais, têm sido incentivadas a adotar políticas de promoção da eficiência energética em seus ambientes de ensino e administração. As ações propostas pelo Comitê almejam também a difusão da cultura da sustentabilidade em seus espaços, seja na formação de alunos, capacitação de professores, processos de certificação, na pesquisa ou na inovação.

Em um ambiente de orientação institucional favorável à sustentabilidade, ganha relevo a adoção de ações que promovam a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis alinhada aos pressupostos da sustentabilidade.

Como resposta a esse ambiente e seguido às orientações do Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), em 2015, formulou o projeto denominado IF Solar, cujo objetivo se expande à implantação de usinas fotovoltaicas para geração de energia elétrica nas instalações do próprio instituto, e também em outras 82 unidades da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica que aderiram à licitação, no total planejou-se a aquisição de 20.172 painéis fotovoltaicos de 265 Wp por painel. Caso implementado em sua totalidade, a capacidade de todas as usinas será de 5.470 MWp, potência suficiente para atender uma cidade com cerca de 16 mil habitantes. O valor do investimento poderá chegar a R\$ 39.032.000,00 (IFSULMINAS, 2017).

Para viabilizar a proposta, o IFSULDEMINAS realizou a maior aquisição pública de usinas solares por meio do Regime Diferenciado de Compras (RDC) e pelo

Regime da Contratação Integrada do governo federal, o que permitiu contratar o projeto e a execução da obra no mesmo processo.

A experiência interna do IFSULDEMINAS apresenta que os valores disponibilizados para a aquisição dos sistemas fotovoltaicos alcançaram a soma de R\$ 467.438,00 cada um, sendo estes instalados nas coberturas, estacionamentos dos *campi* e nos prédios da Reitoria, as avaliações financeiras apontam uma economia anual para o IFSULDEMINAS que soma R\$ 600 mil reais. O tempo esperado para o retorno dos investimentos na implantação do projeto é de quatro anos.

Em âmbito nacional o projeto IF Solar contempla a licitação para o atendimento das oitenta e duas unidades da Rede Federal de Educação Tecnológica, totalizando um investimento aproximado de R\$ 41 milhões. Entre as instituições beneficiadas com o projeto, o IFBAIANO estima uma economia de 40% de seu consumo anual de energia elétrica, já o IFSULDEMINAS espera uma economia de R\$ 27 mil por mês. No total, a economia em todos os institutos que aderiram ao projeto é estimada em R\$ 7,38 milhões por ano (IFSULMINAS, 2017). O IFRN participa do projeto em uma condição diferenciada, uma vez que licitou suas unidades de geração fora do escopo do projeto IF Solar e totalizava uma capacidade instalada de 1,369 MWp distribuídos em 14 sistemas conectados à rede, em mesmo número de *campi*.

Segundo o IFSULMINAS (2017) buscar tecnologias renováveis de geração de energia elétrica tem sido uma dificuldade para a maioria das instituições, daí a motivação para um projeto inovador e pioneiro, unindo economia de recursos financeiros e promoção da sustentabilidade nas instituições de ensino. Adicionalmente, e não menos importante, o Projeto IF Solar se qualifica a atrair recursos também porque tem nos seus objetivos a intervenção no processo de ensino-aprendizagem de maneira a levar para os diferentes atores da instituição a ciência concernente aos benefícios do aproveitamento das fontes renováveis, com acento na energia solar fotovoltaica.

Além da perspectiva de economia de recursos financeiros públicos, o projeto IF Solar também contempla o uso das unidades de geração na condição de laboratórios para seu corpo docente e discente com a finalidade de difundir o valor das fontes renováveis, bem como, expandir o conhecimento, a pesquisa e a inovação nesta área, tanto sobre o viés técnico, quanto o social e o ambiental como forma de promover e disseminar ações para um desenvolvimento que seja sustentável.

2.3.3 Projeto IFRN Solar

Estruturado em 21 *campi*, distribuídos pelo estado do Rio Grande do Norte, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) tem como função social promover a educação científico-tecnológico-humanística visando a formação integral do profissional-cidadão crítico-reflexivo, competente técnica e eticamente e comprometido efetivamente com as transformações sociais, políticas e culturais e em condições de atuar no mundo do trabalho na perspectiva da edificação de uma sociedade mais justa e igualitária, através da formação inicial e continuada de trabalhadores; da educação profissional técnica de nível médio; da educação profissional tecnológica de graduação e pós-graduação; e da formação de professores, fundamentadas na construção do conhecimento.

A análise da implantação do projeto IFRN Solar sob a perspectiva de suas repercussões no processo de ensino aprendizagem e promoção da sustentabilidade no espaço educacional, a partir das percepções do cotidiano mostra aceitação e uma avaliação positiva por parte dos segmentos que compõem a instituição: docentes, discentes, servidores e comunidade usuária. Essa aceitação, desprovida de uma avaliação baseada em experiências e/ou em um método, parece refletir o senso comum difundido amplamente pelos veículos de comunicação sobre os benefícios das fontes renováveis de energia frente às questões ambientais e os riscos à humanidade advindas dos problemas hoje enfrentados no nível local, regional e global, com destaque àqueles decorrentes da mudança global do clima. É incontestável, frente à opinião pública, os benefícios à sustentabilidade advindos da adoção do projeto IFRN Solar.

Nesses termos, é imperativo que o IFRN Solar amplie seu espaço de “alcance” superando a leitura de sua oportunidade pela ótica única do kWh evitado em função da vida útil dos sistemas utilizados. Faz-se necessário então apropriar os segmentos que compõem a instituição dos saberes e competências proporcionadas pelo emprego dos sistemas fotovoltaicos no espaço e na prática do ensino. Isto se justifica pois o IFRN conta atualmente com 1596 professores, para atender cerca de 26 mil alunos, distribuídos em todos os níveis de ensino.

Sua estrutura oferece 109 cursos de médio, graduação e pós-graduação nas áreas de Controle e Processos Industriais; Desenvolvimento Educacional e Social; Gestão e Negócios; Informação e comunicação; Infraestrutura; Produção de alimentos; Produção Cultural e Design; Turismo, Hotelaria e Lazer; Produção Industrial e Recursos Naturais

e Energia. Também atua na formação inicial e continuada de professores, principalmente em áreas onde a carência docente é maior, como Matemática, Química, Biologia e Física. O Gráfico 2 apresenta a distribuição de matrículas de acordo com o nível educacional. Assim, justifica-se que os docentes incorporem tais saberes e competências na sua praxe, seja através da inclusão dos conteúdos próprios da energia solar fotovoltaica às diretrizes curriculares e/ou atividades de ensino, pesquisa e extensão, seja como um ato de cidadania indispensável a qualquer sujeito que faz uso dos recursos naturais.

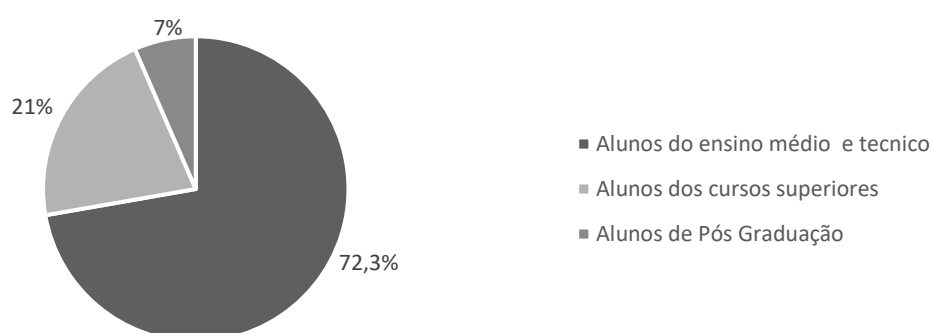


Gráfico 2: Distribuição de alunos por curso no IFRN em 2018
Fonte: IFRN (2018)

O corpo discente precisa vivenciar, conhecer e dar materialidade e pertencimento ativo aos sistemas instalados em suas unidades de ensinos, trazendo essa vivência para o cotidiano da sala de aula. Este cotidiano, por sua vez, deve ser orientado pelo corpo docente ao incorporar os saberes vinculados aos sistemas fotovoltaicos, conexos às distintas áreas do conhecimento, ao processo de ensino-aprendizagem.

Os desafios postos ao projeto IFRN Solar em seu objetivo de promover a sustentabilidade, demanda de ações que mensurem as percepções dos diferentes atores que formam o espaço educacional quanto às contribuições do projeto à promoção da sustentabilidade nos espaços de ensino. A partir desse diagnóstico, podem ser estruturadas ações específicas direcionadas a cada segmento (docentes, discentes, servidores e comunidade) como parte do processo educativo, de modo a promover métodos de ensino e formação orientados à sustentabilidade, não apenas como geradoras e reprodutoras de códigos e normas, mas sim, incorporando sistematicamente tais ações à vida escolar em suas diferentes dimensões.

Impera, dessa forma, a necessidade de somar à prática docente experiências que dialoguem com outras fontes e métodos de acesso e transmissão do conhecimento, para que o(a) aluno(a) possa, ao encontrar e obter as informações necessária à sua formação, transformação. Nesse busca, serve de exemplo a experiência vivenciada na Copenhagen International School (PODER, 2018), que ao investir em uma unidade de geração fotovoltaica projetada para suprir metade da demanda da instituição, projeta a escola como um centro promotor da sustentabilidade e faz uso de uma estratégia pedagógica na qual educa seus alunos para um futuro sustentável global. O sistema fotovoltaico instalado está presente no cotidiano do aluno. Todos os números gerados e conhecimentos vinculados fazem parte da educação formal do aluno(a), são distribuídos a estes diariamente. Aluno(a)s e professore(a)s acompanham a produção diária de energia e utilizam seus dados nas disciplinas de física e matemática e outras áreas do conhecimento. Esta ação dá aos professore(a)s e aluno(a)s a consciência e conhecimento sobre energia renovável e sua importância a promoção da sustentabilidade.

Em 107 anos de história o IFRN soma na atualidade cerca de 30 mil alunos e 109 cursos de níveis médio e superior, nas modalidades presencial e à distância. Oferece assim educação profissional e tecnológica por meio de Cursos de Pós-Graduação; Cursos Superiores de Tecnologia; Cursos de Licenciatura; e Cursos Técnicos de Nível Médio, nas formas integrada ao ensino médio e subsequente. Convém destacar que o IFRN tem atuado, nas últimas décadas, com a difusão de conhecimentos e tecnologias voltados para as questões ligadas à energia e seus desdobramentos ambientais, tanto no nível de ensino, quanto no superior (graduação e pós), bem como com a produção científica e tecnológica desenvolvida pelos núcleos de pesquisas da instituição. A Figura 2 mostra localização das 20 unidades do IFRN em sua área de atuação no RN.

Nas áreas ambiental e energética o IFRN desenvolve ações de ensino e pesquisa, ofertando cursos técnico e superior. Atualmente são ofertados cursos de formação continuada, cursos técnicos, tecnológicos, superior e de pós-graduação lato sensu na área ambiental e cursos de nível técnico e tecnológico nas áreas de petróleo e gás e de eletromecânica em diversos campi, além do Curso de Engenharia da Energia, sediado no Campus Natal Central.

O Plano de Desenvolvimento Institucional do IFRN 2014-2018, revisão 2015, (IFRN, 2015), prevê para as unidades do IFRN, projetos arquitetônicos que inserem conceitos relacionados à eficiência energética, tais como: ventilação, iluminação natural e proteção da fachada contra radiação solar, como também coleta e reaproveitamento de

investimento é de 13 anos considerando para tanto que a vida útil dos painéis alcance 25 anos, e a manutenção necessária se restringirá a simples limpeza dos painéis e a revisão das conexões elétricas (MEC, 2017). Neste mesmo período as emissões de CO₂ evitadas totalizaram cerca 10 toneladas (CONSTANTINO *et al.*, 2018).

A Tabela 6 resume as principais informações referentes aos sistemas fotovoltaicos já instalados no IFRN, nela é possível inferir que o projeto fez uso de aporte financeiro público de 5,3 milhões de Dólares.

Tabela 6: Informações Técnicas das Usinas Fotovoltaicas já instaladas no Projeto IFRN solar.

Unidade	Inauguração	Investimento em Dólar (US\$)	Tipo de Instalação	Potência instalada (kWp)
Reitoria	12/2013	136.121,00	cobertura	56,40
	11/2017	66.632,00	cobertura	27,83
Ceará Mirim	03/2014	273.843,00	cobertura	112,80
São Paulo do Potengi	04/2014	284.896,00	cobertura	112,80
Canguaretama	02/2015	236.425,00	solo	112,80
Currais Novos	05/2015	214.531,00	solo	112,80
Parelhas	08/2015	91.951,00	cobertura	50,00
São Gonçalo do Amarante	11/2015	131.723,00	estacionamento	56,35
Natal Central	01/2016	157.356,00	cobertura	112,80
	01/2016	141.880,00	cobertura	84,53
Pau dos Ferros	06/2016	224.941,00	cobertura	114,40
Caicó	08/2016	311.588,00	estacionamento	114,40
João Câmara	09/2016	303.684,00	estacionamento	114,40
Lajes	12/2016	93.443,00	cobertura	50,00
Mossoró	05/2017	199.956,00	cobertura	83,48
	10/2017	133.807,00	cobertura	55,65
Santa Cruz	04/2017	208.741,00	cobertura	84,80
	11/2017	66.358,00	cobertura	27,83
Natal Cidade Alta	10/2017	282.724,00	estacionamento	83,48
Parnamirim	/10/2017	282.724,00	estacionamento	83,48
Natal Zona Norte	10/2017	201.200,00	cobertura	83,48
	10/2017	67.067,00	cobertura	27,83
Nova Cruz	11/2017	274.282,00	estacionamento	88,20
Apodi	11/2017	272.974,00	estacionamento	88,20
Ipanguaçu	12/2017	361.281,00	estacionamento	117,60
Macau	12/2017	270.961,00	estacionamento	83,48

Fonte: Elaboração própria a partir de IFRN (2020)

2.4 Sustentabilidade e Processo de Ensino-Aprendizagem no IFRN

A formulação e implementação do projeto IFRN Solar no âmbito nacional, e sua versão regional, através do IFRN Solar, tem claramente o objetivo de promover a eficiência energética, bem como proporcionar redução nos custos com energia elétrica das instituições através da geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Estes objetivos têm como base a imperativa necessidade posta às instituições de ensino em disseminar no processo de ensino-aprendizagem, os pressupostos da sustentabilidade e para tanto se faz necessário publicizar, junto os diferentes atores que formam o espaço educacional, as boas práticas e benefícios advindos de um desenvolvimento que seja sustentável.

Em termos da apropriação da sociedade dos conhecimentos e benefícios, sobrevivendo da adoção da energia solar fotovoltaica e da eficiência energética, faz-se imperativo que tais conhecimentos, e, por consequência seus benéficos, se incorporem ao processo educativo, sejam eles formais ou não. A educação é, portanto, basilar para a promoção de ações que visem à sustentabilidade: O (re)conhecimento de certos limites impostos pelo meio ambiente ou pelos deveres com a geração presente e futuras, são processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a atenção ao meio ambiente, bem de uso comum, essencial à profícua qualidade de vida.

A Resolução do Conselho Nacional de Educação CNE (MEC, 2020), ao instituir as diretrizes curriculares nacionais, em seu artigo terceiro,¹² organiza as áreas do conhecimento e orienta a educação à promoção da sustentabilidade e a solidariedade como atributos de cidadania. Aponta, portanto, de que forma o aprendizado de ciências naturais, geografia e matemática devem encontrar complementação e aprofundamento no percurso do ensino. Definindo que os objetivos do ensino, em cada área do conhecimento científico e matemático envolve, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos contextualizados, e por que não dizer sustentável. Conhecimentos estes que devem responder às necessidades da vida

¹² Art. 3º As Diretrizes Curriculares Nacionais específicas para as etapas e modalidades da Educação Básica deve evidenciar o seu papel de indicador de opções políticas, sociais, culturais, educacionais, e a função da educação, na sua relação com um projeto de Nação, tendo como referência os objetivos constitucionais, fundamentando-se na cidadania e na dignidade da pessoa, o que pressupõe igualdade, liberdade, pluralidade, diversidade, respeito, justiça social, solidariedade e sustentabilidade (MEC, 2020).

contemporâneas e o desenvolvimento do conhecimento mais amplo e abstrato, que correspondam a uma cultura geral e a visão de mundo.

A crescente valorização do conhecimento e da capacidade de inovar demanda dos cidadãos a aptidão em aprender continuamente, para uma formação geral que promova a sustentabilidade e não apenas treinamentos específicos. O aprendizado das disciplinas de ciências naturais, geografia e matemática pretende promover competências e habilidades que venham servir para exercícios, intervenções e julgamentos práticos. Em outras palavras, significa o entendimento de procedimentos teóricos, obtenção e análise de informações, avaliação de riscos e benefícios dos processos de adoção de tecnologias e de um significado amplo da cidadania e da sustentabilidade.

Os objetivos do ensino, em cada área do conhecimento científico e matemático envolve, de forma combinada o desenvolvimento de conhecimentos práticos contextualizados e por que não dizer sustentável. Conhecimentos que respondam as necessidades da vida contemporâneas e o desenvolvimento do conhecimento mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e visão de mundo.

Quando analisada, ainda que de forma pouco estruturada, a partir das percepções do cotidiano, a implantação do projeto IFRN Solar, com 2,14MWp, de capacidade instalada, distribuídos em 20 campi mais a reitoria, tem sua aceitação muito bem avaliada pelos segmentos que compõem a instituição: docentes, discentes, servidores e comunidade usuária. Essa aceitação, desprovida de uma avaliação baseada e vivência e/ou um método, parece refletir o senso comum difundido amplamente pelos veículos de comunicação sobre os benefícios das fontes renováveis de energia frente às questões ambientais e os riscos a humanidade advindas do aquecimento global. É inconteste, frente a opinião pública, os benefícios à sustentabilidade advindos da adoção do projeto IFRN Solar.

Quando se avaliam os benefícios promovidos pelo projeto, tendo como mote de análise o comprometimento orçamentário da instituição – uso de recursos públicos – faz-se necessário a flexibilização da lógica estrita própria do termo “mercado”, devendo as questões dos custos serem discutidas de forma mais ampla e detalhada para permitir que se aprofunde o estudo visando a avaliar quais reflexos – a montante e a jusante – da expansão das fontes renováveis (GUERRA, 2008; SILVA, 2006).

Nesses termos, é imperativo que o IFRN Solar amplie seu espaço de abrangência, superando a leitura de oportunidades pela ótica única do kWh evitado em

função da vida útil dos sistemas utilizados. Faz-se necessário, então apropriar os segmentos que compõem a instituição dos saberes e competências proporcionadas pelo emprego dos sistemas fotovoltaicos no espaço e na prática do ensino.

Aos docentes cabe incorporar tais saberes e competências na sua praxe, seja através da incorporação dos conteúdos próprios da energia solar fotovoltaica às diretrizes curriculares e/ou atividades de ensino, pesquisa e extensão. O tema referente à energia solar acende trazendo a física, por exemplo, articulada à educação ambiental e a educação para desenvolvimento sustentável. Isso fomenta na educação básica o desenvolvimento da cidadania consciente. Os conteúdos referentes ao tema energia, em particular o tema energia fotovoltaica, podem e devem contribuir para o desenvolvimento de uma leitura crítica de mundo, possibilitar a interferência na construção de uma sociedade sustentável e mais equilibrada além da formação de cidadãos conscientes e ativos (LISETE; GROENWALD, 2005; PAULINO *et al* 2017).

As dimensões do ensino de física, matemática, química, biologia e demais disciplinas presentes nos Parâmetros Curriculares Nacional (PCNs) devem promover a contextualização do conhecimento integrado a vida do aluno, dando uma visão analítica e sistêmica deste conhecimento. Podendo então, o aprendizado sobre energia, energia fotovoltaicas, células fotovoltaicas e das radiações presentes no cotidiano ser uma parte importante na compreensão dos princípios gerais que permitem ao entendimento da estrutura de conhecimentos sobre energia.

O corpo discente precisa vivenciar, conhecer e dar materialidade e pertencimento ativo aos sistemas instalados em suas unidades de ensino. Importa trazer essa vivência para o cotidiano da sala de aula. Este cotidiano, por sua vez, deve ser orientado pelo corpo docente ao incorporar os saberes vinculados aos sistemas fotovoltaicos, conexos às distintas áreas do conhecimento, ao processo de ensino-aprendizagem.

Para aproximar os discentes, o corpo de servidores e a comunidade cabe utilizar-se de diferentes ferramentas de divulgação, bem como da realização de cursos de formação e capacitação para a promoção da sustentabilidade, onde os sistemas fotovoltaicos instalados nas unidades de ensino possam ganhar visibilidade e real pertencimento.

O desafio posto ao projeto IFRN Solar, em seu objetivo de promover a sustentabilidade, demanda de ações que mensurem junto ao diferentes atores que formam o espaço educacional suas percepções quanto às contribuições do projeto à sustentabilidade e a partir desse diagnóstico se estruture ações específicas, direcionadas

a cada segmento (docentes, discentes, servidores e comunidade), de modo a promover, como parte do processo educativo, métodos de ensino e formação orientados ao desenvolvimento sustentável, não apenas como geradoras e reprodutoras de códigos e normas, mas sim, incorporando sistematicamente ações orientadas à sustentabilidade em suas diferentes dimensões.

Capítulo III - Percurso Metodológico

3.1 Metodologia

Para a consecução dos objetivos definidos nesta tese, o percurso metodológico, preconizado no fluxograma na Figura 3, utiliza a estratégia de pesquisa aplicada, em uma abordagem qualiquantativa do problema, com uma descrição de uma dada população ou fenômeno. Para tanto, faz uso do processo caracterizado na literatura de “levantamento de dados” no qual podem ser utilizados três procedimentos: pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e contatos diretos por possibilitar a interrogação direta dos atores cujo comportamento deseja-se conhecer através de algum tipo de questionário, para em seguida, mediante análise quantitativa, obter-se as conclusões correspondentes aos dados coletados (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

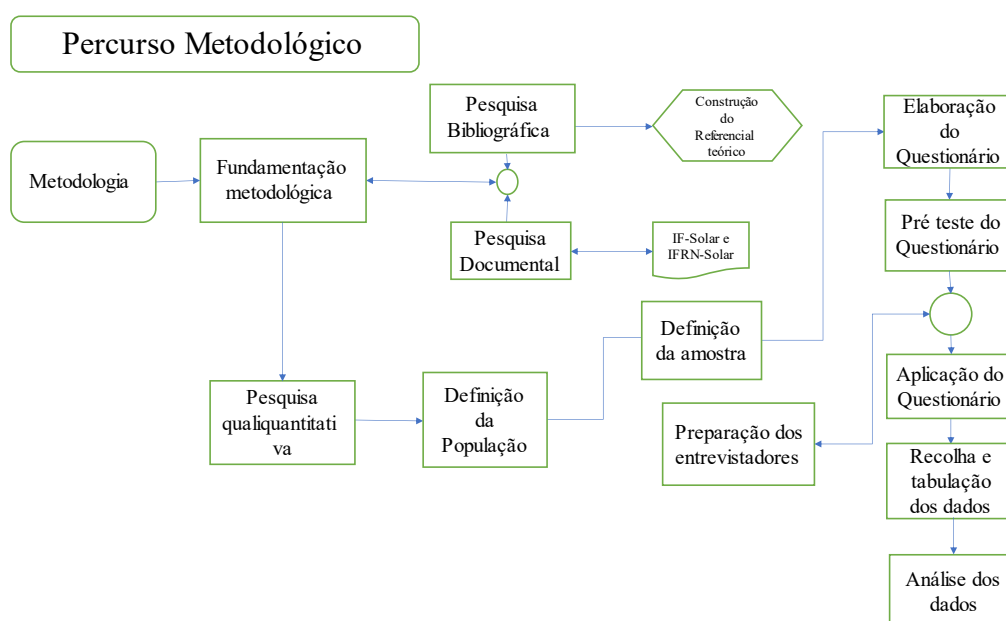


Figura 3: Fluxograma do percurso metodológico.

Fonte: Autor

Como ponto de partida os estudos bibliográfico e documental realizado permitem expor o referencial teórico que norteia as discussões em curso sobre os diferentes ideários condutores da formação dos saberes aplicados aos objetivos da educação, no que concerne ao papel das Instituições de Ensino como entidades de relevante potencial na promoção da sustentabilidade, contemplando também os

julgamentos postos a educação ambiental e Educação para o Desenvolvimento Sustentável.

No percurso seguinte foi dada voz aos professores sobre “os desafios que hoje se lhes colocam” em relação a sua prática pedagógica, no que concerne às contribuições para a inclusão, de forma institucional, do tema da sustentabilidade nos currículos e no cotidiano escolar, frente à política pública de incentivo a adoção de sistemas solares fotovoltaico nos espaços de ensino. Para tanto, foi utilizado um questionário por meio do qual foi possível obter informações e dados que não seriam coletados apenas por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Pôde-se então capturar elementos que revelam informações determinadas pela experiência e pontos de vista individuais. Para Vilelas (2009), essa ferramenta sintetiza em si todo o trabalho de pesquisa anterior, resume as aproximações do referencial teórico ao fenômeno a ser estudado e, portanto, as variáveis ou conceitos aplicados. Assim, Vilelas (2009) afirma que através de instrumentos e uma construção adequada da coleta de dados a pesquisa alcança a correspondência necessária entre teoria e fatos.

Alicerçado em estudo bibliográfico e documental, foi construído um quadro teórico apresentando as avaliações em voga sobre o papel da adoção das fontes renováveis de energia nos espaços educativos como promotoras da sustentabilidade através de técnicas de publicização e intervenções no processo ensino-aprendizado. Abordam-se também as dificuldades metodológica de inserir os saberes e conhecimentos próprios das fontes renováveis de Energia, com acento para a Energia Solar Fotovoltaica – conteúdos por área de conhecimento, benefícios socioeconômicos e ambientais e barreiras a sua implementação – no cotidiano escolar e nas práticas de sala de aula.

O quadro representativo das diferentes percepções quanto à aderência do Projeto IFRN Solar, no que concerne a sua contribuição à promoção da sustentabilidade e sua incorporação no processo ensino-aprendizado, é elaborado a partir de uma avaliação documental associada. Utilizam-se documentos, depoimentos e práticas pedagógicas que representem a expressão discursiva dos seguimentos docentes e discentes que compõe o IFRN que, de alguma forma, respondem ou são afetados por políticas envolvendo as ações educativas, tanto na condição de educador como de educando. A reunião dessas informações e sua categorização permite confrontá-las com as ações observadas nas várias etapas da implementação do Projeto IFRN Solar (BARDIN, 2011; RICHARDSON, 1999). Isso na tentativa de se encontrar as conexões, a coerência destas

narrativas junto aos conceitos como sustentabilidade, Educação para o Desenvolvimento Sustentável e práticas educativas sustentáveis.

A Análise de Conteúdo utilizada é uma técnica desenvolvida por Bardin (2011), que integra

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

A escolha dessa técnica reside no fato de que ela se ajusta ao estudo das motivações, atitudes, valores, crenças, tendências e, para o desvendar das ideologias que possam existir nos dispositivos legais, princípios, diretrizes etc., que, à simples vista, não se apresentam com a devida clareza. Ou seja, tem por finalidade efetuar deduções lógicas e justificadas, referentes à origem das mensagens tomadas em consideração (BARDIN, 2011).

Com o objetivo de obter e coletar dados que não seriam possíveis somente através de uma pesquisa documental e bibliográfica, fez-se uso de um questionário constituído por um encadeamento de perguntas que devem ser respondidas na presença do aplicador. A aplicação da técnica de observação direta extensiva através do questionário possibilita a captação de elementos subjetivos e revelam informações determinadas pela experiência e pontos de vistas próprio do informante e configura-se em um processo na aquisição de informações a partir das experiências e conhecimentos pertencentes aos informantes que venha complementar e/ou compor os dados coletados sobre um determinado tema científico (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Os questionários foram aplicados a 311 professores e 462 alunos para o diagnóstico de diferentes percepções e atitudes em relação à inclusão de fontes renováveis de energia nas instituições de ensino e/ou suas possíveis interações, ajustes ou reformas no ensino e processo de aprendizagem. Nesse processo, foram considerados diferentes *campi* do IFRN instalados em todo o estado do Rio Grande do Norte. Seu objetivo era captar o estágio do conhecimento dos corpos docente e discente referente a:

- i. Fontes de energia renováveis e suas tecnologias de conversão;

- ii. Desenvolvimento sustentável;
- iii. Usinas solares fotovoltaicas instaladas nos campi;
- iv. Nível de incorporação dos conhecimentos gerados pelo Projeto IF Solar nos processos de ensino-aprendizagem, internalização, publicação e apropriação quanto à sua contribuição para o desenvolvimento sustentável.

Portanto, foi utilizado o questionário semiestruturado, que permitia aos informantes refletir sobre o tema da pesquisa. Ele foi elaborado de acordo com Morgado (2013) sendo composto por:

- a) Perguntas fechadas ou dicotômicas: perguntas restritas nas quais o entrevistado recebe alternativas fixas com apenas duas opções de resposta, bipolar ou dicotômica, como: sim / não; concordar discordar; gosto / não gosto. Em alguns casos, uma terceira alternativa é oferecida, indicando ignorância ou falta de opinião sobre o assunto;
- b) Perguntas de múltipla escolha: perguntas fechadas que oferecem um grupo de respostas possíveis, onde o entrevistado elege uma das alternativas ou um determinado número permitido de opções de resposta;
- c) Perguntas com respostas pontuadas: perguntas de múltipla escolha, nas quais as opções têm como objetivo capturar a intensidade das respostas dos entrevistados, dadas por um nível de frequência ou hierarquia em que são enumeradas.

Isso posto, parte-se para uma avaliação das narrativas obtidas. Em primeiro lugar detalha-se os níveis de compreensão e absorção dos saberes, conhecimento e benefícios advindos do Projeto IFRN Solar para todos os seguimentos investigados. Retrata-se também não somente o ambiente percebido *a priori* quanto à inserção da energia solar fotovoltaica no ambiente escolar; os esforços da instituição despendidos em investimentos e ganhos financeiros, mas também os entraves à inserção do Projeto IFRN Solar na prática educativa do IFRN, como por exemplo, as conexões dos saberes e conhecimento específicos da energia solar fotovoltaica com os Parâmetros Curriculares Nacionais, seus vínculos com a Educação Ambiental ou Educação para o Desenvolvimento Sustentável e às percepções da comunidade à chegada dos sistemas fotovoltaicos.

Feito o levantamento das narrativas, procedeu-se à construção de alternativas que proporcionem a inserção dos saberes e conhecimentos próprios dos sistemas solar fotovoltaico empregados no Projeto IFRN Solar na prática educativa de todos os seguimentos que compõe o IFRN. Curso de formação, seminários, feiras de ciências,

publicações, uso das redes sociais, entre outros, compõe a cesta de alternativas possíveis de estruturação e aplicação.

3.2 Determinação da amostra

A população que constitui o universo da pesquisa é composta por professores e estudantes do IFRN ativos no ano letivo de 2018, totalizando 1596 professore(a)s e 11888 aluno(a)s distribuídos em 20 campi que compõem a instituição (IFRN, 2018). Participaram do estudo professore(a)s de diversas áreas do conhecimento, tanto da área propedêutica quanto profissional e estudantes do ensino médio e técnico. A homogeneidade de cada campus e a heterogeneidade entre eles permitiu fazer uma amostra estratificada.

Dessa forma, os elementos amostrais foram escolhidos de maneira aleatória e estatisticamente representativa, utilizando uma técnica da família probabilística de amostras, que consiste em dividir a população total em diferentes subgrupos para que o indivíduo possa fazer parte de apenas um estrato (LOHR; GROVE *et al.*, 2000). A população foi dividida em 20 estratos, ou seja, nos 20 campi que compõem o IFRN. As amostras de professore(a)s e estudantes de cada um desses estratos foram proporcionais ao número de docentes e discentes que cada *campus* possui em relação às suas populações totais. A equação (1) foi utilizada para determinar a amostra, considerando um erro amostral de 5% e uma nível de confiança de 95%, como se segue (LOHR; GROVE *et al.*, 2000):

Equação 1

$$n = \frac{\frac{z_{\alpha}^2}{2}}{\frac{z_{\alpha}^2 S^2}{e^2 + \frac{2}{N}}} S^2 = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Equação 2

$$n_0 = \frac{\frac{z_{\alpha}^2 S^2}{2}}{e^2}$$

Equação 3

$$n_0 = \frac{1,96^2}{4e^2}$$

z é a Variável Normal padronizada associada ao nível de conformidade. O índice de confiança usado é de 95%, z com uma largura máxima de $2e$, onde $e = 5\%$ (erro de amostragem) ou 0,05.

Considerando a população de professores como $N = 1596$, uma amostra $n = 310$ foi determinada pela Equação (1). Uma vez estabelecida a amostra total de professore(a)s do IFRN, as amostras para cada um dos campus foram determinadas por um cálculo direto de proporcionalidades (MORETTIN; BUSSAB, 2010). A Tabela 7 apresenta a distribuição total do questionário aplicado aos professore(a)s de cada unidade do IFRN.

Tabela 7: Distribuição de amostra de Professore(a)s por campus.¹³

Campus	População de professore(a)s em cada campus (N_h)	Professore(a)s de amostra de cada campus (n_h)
Apodi	65	14
Caicó	67	11
Canguaretama	64	13
Ceará Mirim	63	15
Currais Novos	71	16
Ipanguaçu	70	12
João Câmara	65	11
Lajes	30	9
Macau	72	15
Mossoró	108	19
Natal Central	340	51
Natal Cidade Alta	73	12
Natal Zona Norte	68	15
Nova Cruz	71	14
Parelhas	31	5
Parnamirim	68	14
Pau dos Ferros	73	12
São Paulo do Potengi	64	19
Santa Cruz	67	20
São Gonçalo	66	14
Total	1596	311

Fonte: elaboração própria.

Os mesmos parâmetros foram utilizados para determinar as amostras do corpo discente. Considerando a população de discentes $N = 11888$, uma amostra $n = 440$ foi também determinada pela Equação (1). Uma vez estabelecida a amostra representativa de estudantes do IFRN foram então determinadas as amostras para cada campus por meio de um cálculo direto de proporcionalidade. A Tabela 8 apresenta a distribuição total do questionário aplicado aos aluno(a)s de cada unidade do IFRN.

¹³ Os aplicadores foram orientados a aplicar um número maior o igual ao determinado pela equação 1, resultando um número maior de questionários do que o calculado.

Tabela 8: Distribuição de amostra de Estudantes por campus.¹⁴

Campus	População de Discentes em cada campus (N_h)	Amostras Discentes de cada campus (n_h)
Apodi	646	25
Caicó	722	25
Canguaretama	411	19
Ceará Mirim	554	20
Currais Novos	616	19
Ipanguaçu	483	17
João Câmara	475	15
Lajes	322	12
Macau	615	20
Mossoró	630	35
Natal Central	1831	56
Natal Cidade Alta	371	15
Natal Zona Norte	473	20
Nova Cruz	535	20
Parelhas	326	17
Parnamirim	620	21
Pau dos Ferros	699	22
São Paulo do Potengi	532	20
Santa Cruz	502	38
São Gonçalo	525	25
Total	11888	462

Fonte: elaboração própria.

3.3 Pré-teste

Segundo Lakatos (LAKATOS; MARCONI, 2003), um pré-teste, que é aplicação previa do questionário, deve ser realizado em uma pequena amostra de respondente para identificar e eliminar seus possíveis problemas. Em maio de 2018, após determinar o número de amostra, como forma de acompanhar as reações dos informantes, atitudes e possíveis embaraços. realizaram-se os pré-testes, com a aplicação de 70 questionários, 10% da amostra. Durante essa fase, questões sobrepostas, perguntas ambíguas e/ou pouco claras, poderiam ser detectadas. O pré-teste permitiu a análise de codificação e detecção de problemas e, conseqüentemente, o ajuste do questionário para obter as

¹⁴ Os aplicadores foram orientados a aplicar um número maior ou igual ao determinado pela equação 1, resultando um número maior de questionários do que o calculado.

informações desejadas. A seleção aleatória de participantes do pré-teste garantiu gênero, área de especialização e paridade de desempenho do corpo docente. Os professore(a)s e discentes que participaram do pré-teste foram excluídos da amostra após a aplicação do questionário final.

3.4 A aplicação dos questionários

O questionário, instrumento de coleta de dados usados na pesquisa, é constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e na presença do aplicador. Uma equipe de 15 colaboradores atuou como aplicadores instruídos a atender os critérios de aplicação do questionário. Estes colaboradores foram instruídos a estabelecer certa relação de confiança com o respondente para maior êxito aplicação do questionário. Para atender os objetivos foram observadas e cumpridas algumas normas estabelecidas pelo pesquisador, obedecendo aos seguintes critérios propostos por Lakatos e Marconi (2003):

- a) O aplicador, ao entrar em contato com o respondente, deve estabelecer, desde o primeiro momento, uma conversação amistosa, explicando a finalidade da pesquisa, seu objeto, relevância e ressaltar a necessidade de sua colaboração. É importante obter e manter a confiança do respondente, assegurando-lhe o caráter confidencial de suas informações. Deve-se também criar um ambiente que estimule e que leve o respondente a ficar à vontade e a se manifestar de forma espontânea e naturalmente, sem tolhimentos de qualquer ordem, mantendo a aplicação do questionário numa atmosfera de cordialidade.
- b) Os aplicadores foram instruídos a fazerem a escolha dos respondentes de forma aleatória para compor a amostra de uma população bem definida, atribuindo a cada um deles uma probabilidade igual de pertencer à amostra.
- c) As respostas devem ser anotadas a tinta pelos respondentes e na frente do aplicador para maior fidelidade e veracidade das informações. O respondente não pode levar o questionário para responder em casa ou em local que não fosse na frente do aplicador.
- d) Os informantes podem fazer qualquer pergunta referente ao tema para o aplicador para esclarecer dúvidas a respeito do entendimento de alguma pergunta que de alguma forma não foi compreendida.

- e) Os aplicadores foram instruídos a não limitar o tempo da entrevista, portanto, o respondente poderia usar o tempo que julgasse necessário.
- f) Cada aplicador foi instruído a aplicar quantos ou mais questionários, de acordo com cada *campus*. O número de questionários registrados nas Tabelas 2 e 3 são superiores ou iguais aos determinados pelos cálculos das amostras.
- g) O término da aplicação do questionário deve ocorrer como começou, isto é, em ambiente de cordialidade. Uma condição para o êxito da entrevista é que mereça aprovação por parte do respondente. Após responder, o respondente deve entregar imediatamente o questionário ao entrevistador. E os questionários preenchidos devem ser depositados e mantidos em envelope até serem entregues ao pesquisador principal.

3.5 Quanto a análise dos dados e aplicação do Teste qui-quadrado (χ^2)

Todos os questionários foram aplicados dentro de uma mesma janela de tempo, de maio a agosto de 2018. Após coletar todos os questionários da amostra, foi feita a tabulação destes dados na plataforma Excel. Após esta tabulação, teve início a análise dos dados, construções de tabelas e gráficos, de forma a estabelecer relações e inferências. As variáveis trabalhadas na pesquisa apresentam possíveis realizações ou tributos de indivíduos pesquisados e não possíveis realizações numéricas resultados de uma contagem ou mensurações, logo estas variáveis são qualiquantitativas. Para saber se entre as amostras havia diferenças estatisticamente significantes fez-se uso do teste qui-quadrado.

O teste do qui-quadrado (χ^2) foi aplicado para verificar a existência de diferenças estatisticamente significantes em relação às percepções e atitudes dos professores de diferentes áreas do conhecimento, em relação à inclusão de fontes de energia renovável em instituições de ensino e/ou suas possíveis interações, e em relação aos dados obtidos quando esses grupos foram reunidos em grupos de professores e discentes do IFRN. O mesmo teste também foi aplicado para verificar a existência de diferenças estatisticamente significantes em relação às percepções e atitudes dos estudantes.

Isso posto, parte-se para uma avaliação das narrativas obtidas pela Análise de Conteúdo do questionários. Em primeiro lugar são detalhados os níveis de compreensão e absorção dos saberes, conhecimento e benefícios advindos do Projeto IFRN Solar para docentes e discentes que compõem o Instituto. Buscou-se retratar não somente o

ambiente percebido *a priori* quanto à inserção da energia solar fotovoltaica no ambiente escolar; os esforços da instituição despendidos em investimentos e ganhos financeiros, mas também os entraves à inserção do Projeto IFRN Solar na prática educativa do IFRN, como por exemplo, as conexões dos saberes e conhecimento específicos da energia solar fotovoltaica com os Parâmetros Curriculares Nacionais, seus vínculos com a Educação Ambiental ou Educação para o Desenvolvimento Sustentável e às percepções docentes e discentes à chegada dos sistemas fotovoltaicos.

Capítulo IV - Percepções da Comunidade Acadêmica Quanto a Aderência do Projeto IFRN Solar à Promoção da Sustentabilidade e sua Incorporação no Processo de Ensino-Aprendizagem.

4.1 Introdução

Esta tese tem sua centralidade na compreensão dos nexos entre a adoção de tecnologias renováveis de energia no espaço formal de educação e o fomento dos pressupostos da sustentabilidade. Ela também tem a intenção de disseminar os conhecimentos originados nesta ação no processo de ensino-aprendizagem.

Para tanto, busca compreender como a comunidade dos diferentes *campi* do IFRN compreende as Usinas Solar Fotovoltaicas instaladas no IFRN, dentro do Projeto IFRN Solar, através do emprego de questionários aplicados a um conjunto amostral de docentes e discentes. Busca-se, portanto a compreensão de questões relevantes vinculadas ao aproveitamento das fontes renováveis – tecnologias, técnicas e o universo de conhecimentos que estas mobilizam – sua inclusão no processo de ensino aprendizagem e a promoção da sustentabilidade nos espaços de ensino.

A pesquisa buscou revelar quais os conhecimentos da comunidade acadêmica do IFRN atinentes às energias renováveis e sustentabilidade. Investigou-se também como e se a presença das usinas fotovoltaicas instaladas nos *campi* passou a fazer parte do processo ensino-aprendizagem, além das práticas pedagógicas orientadas para a promoção da sustentabilidade em curso na Instituição. Se elas estão presentes na prática formal, como são aplicadas? O panorama obtido abre espaço para que se possa estruturar e propor alternativas pedagógicas que possibilitem atingir os objetivos assumidos quando da adoção de fontes renováveis nas instituições de ensino, a exemplo do Projeto IFRN Solar.

Neste capítulo, é feita uma análise sobre o conjunto de informações coletadas junto ao corpo docente e discente, buscando o entendimento de como a adoção de Usinas Solares Fotovoltaica podem contribuir no processo de ensino-aprendizagem e na promoção da sustentabilidade nos espaços formais de ensino.

4.2 Avaliação do Grupo Docente

De um universo de 1.596 docentes que formam o IFRN, um total de 310 questionários foram aplicados nos 20 *campi* avaliados: erro amostral de 5% e; nível de confiança de 95%. Do total de questionários aplicados, 73% foram respondidos por professores e 27%, por professoras. Essa distribuição percentual é representativa da população docente no IFRN, uma vez que a instituição possui 67% de professores e 33% de professoras. Embora a experiência sucedida do tempo de trabalho em sala de aula do corpo docente seja de fundamental importância, não houve separação em termos de idade e tempo de serviço, uma vez que o objetivo central da pesquisa é mensurar como os docentes percebem e/ou incorporam no processo de ensino-aprendizagem os saberes e atitudes advindas da presença de Sistemas Solares Fotovoltaicos nos espaços de ensino. Nesse processo, houve uma preocupação de identificar as áreas de conhecimento de atuação dos docentes, dado que estas podem, direta ou indiretamente, assentar na prática pedagógica relações de proximidades com os conhecimentos atinentes às energias renováveis, recursos naturais, tecnologias de conversão de energia e sustentabilidade.

Em relação aos professore(a)s que responderam à pesquisa, 15,7% lecionam na área de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (LCT), enquanto 18,3% são da área de Ciências Humanas e suas Tecnologias (CHT), 36,6% são da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (CNMT) e 29,4% são da área Tecnológica. Quanto aos percentuais distribuídos por área de conhecimento, fica evidente uma distribuição equilibrada entre as áreas, o que permite uma visão caleidoscópica da pesquisa.

Os docentes que atuam nas Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, como física, química, biologia e matemática, têm na sua formação e vida cotidiana em sala de aula uma base que favorece uma maior possibilidade de dialogar com conhecimentos relacionados a energias renováveis e sustentabilidade, de acordo com os conteúdos abordados em suas disciplinas. Para discentes da área Tecnologia, essa possibilidade é ampliada, pois o conhecimento sobre energia renovável pode compor o currículo do ensino universitário, como por exemplo, na engenharia.

4.2.1 Conhecimento sobre Diferentes Fontes de Energia Renovável – Docentes

A avaliação de como os docentes autodescrevem seu conhecimento em energia renovável é feita partindo da questão 4 do questionário aplicado aos docentes (Apêndice I), elaborada com esse escopo, e da pergunta controle, questão 6 do mesmo questionário.

A pergunta controle tem por objetivo ponderar a aderência das respostas da questão 4, que é uma autoavaliação quanto ao conhecimento sobre energias renováveis externada pelos docentes.

Nesses termos, Zyadin *et al.* (2012, 2014) consideram não ser uma prática comum na academia indagar aos professore(a)s como ele(a)s avaliam seus conhecimentos sobre um determinado tema que pode estar vinculado a sua prática pedagógica. No entanto, esta abordagem se fez necessária para cotejar o nível de conhecimento dos docentes a partir de sua própria avaliação.

Borg *et al.* (2002) afirmam que docentes de diferentes áreas constroem e avaliam seus conhecimentos sobre um determinado tema de forma diferente, ou seja, são influenciados por suas próprias tradições no assunto. Pode-se, por exemplo, adquirir competência em Física, Psicologia e Linguística, sem gerar cooperação entre as disciplinas. Assim, com a intenção de captar tais diferenças, fez-se a estratificação do nível de conhecimento docente por área de atuação, já que os docentes realizam suas análises separadamente, na ótica de suas disciplinas levando uma série de conhecimentos sem que se tenha uma síntese integradora (MAX-NEEF, 2005).

Nas respostas obtidas, 99,7% dos docentes afirmaram ter conhecimento na área, o que se acentua quando se trata das tecnologias eólica e fotovoltaica. Este conhecimento se distribui nos diferentes níveis declarados conforme julgamento feito por estes, a partir de seus conhecimentos relativos a Energia Renovável, conforme apresenta o Gráfico 3.

Quando estratificados pela área de conhecimento, conforme mostram os Gráficos 4 a 7, docentes da Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias relatam ter maior conhecimento sobre fontes renováveis de energia, bem como seus diferentes recursos, seguidos por aqueles da área Tecnológica, área de Ciências Humanas e suas Tecnologias e, finalmente, área de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias. Este parece ser um escalonamento previsível, uma vez que os conteúdos vinculados às fontes renováveis são prioritariamente vistos como tecnológicos e de base matemática, enquanto a abordagem socioeconômica e ambiental parece ser vista como pertencente a um plano secundário, aderente às ciências sociais.

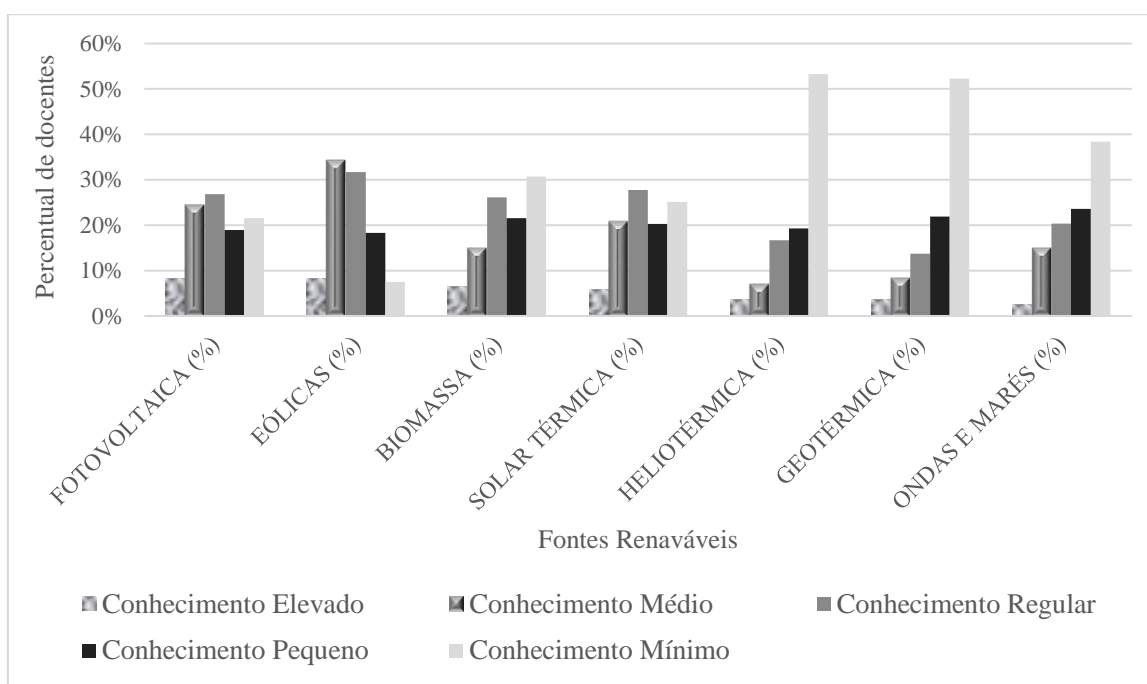


Gráfico 3: Nível de conhecimento declarado pelo quadro total de docentes sobre as distintas Fontes de Energia Renovável
Fonte: Elaboração própria

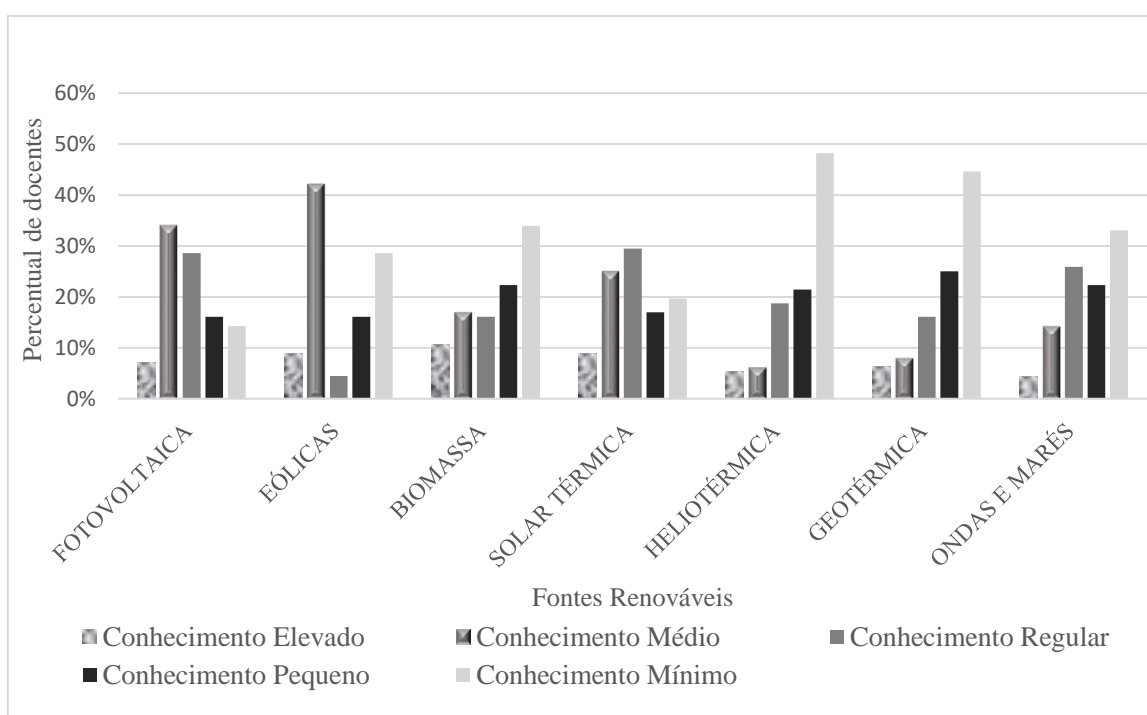


Gráfico 4: Nível de Conhecimento Declarado pelos Docentes da Área de Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias sobre as Distintas Fontes de Energia Renovável
Fonte: Elaboração própria.

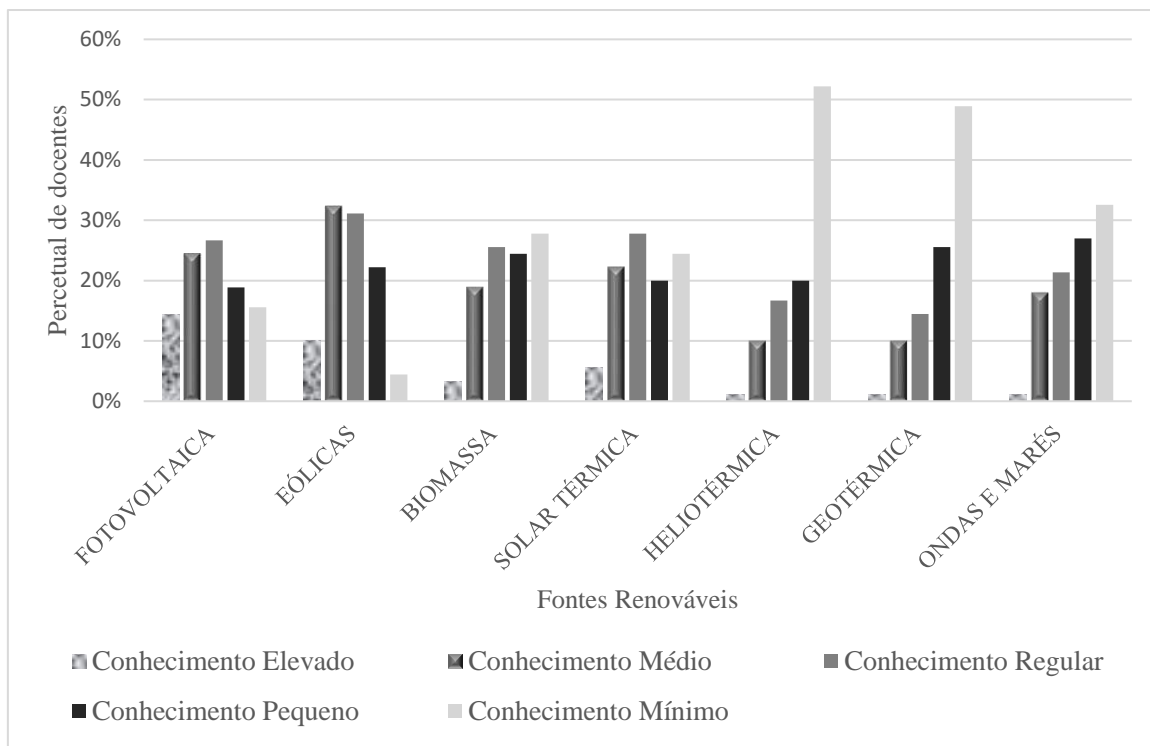


Gráfico 5: Nível de Conhecimento Declarado pelos Docentes da Área Tecnológica sobre as Distintas Fontes de Energia Renovável
Fonte: Elaboração própria.

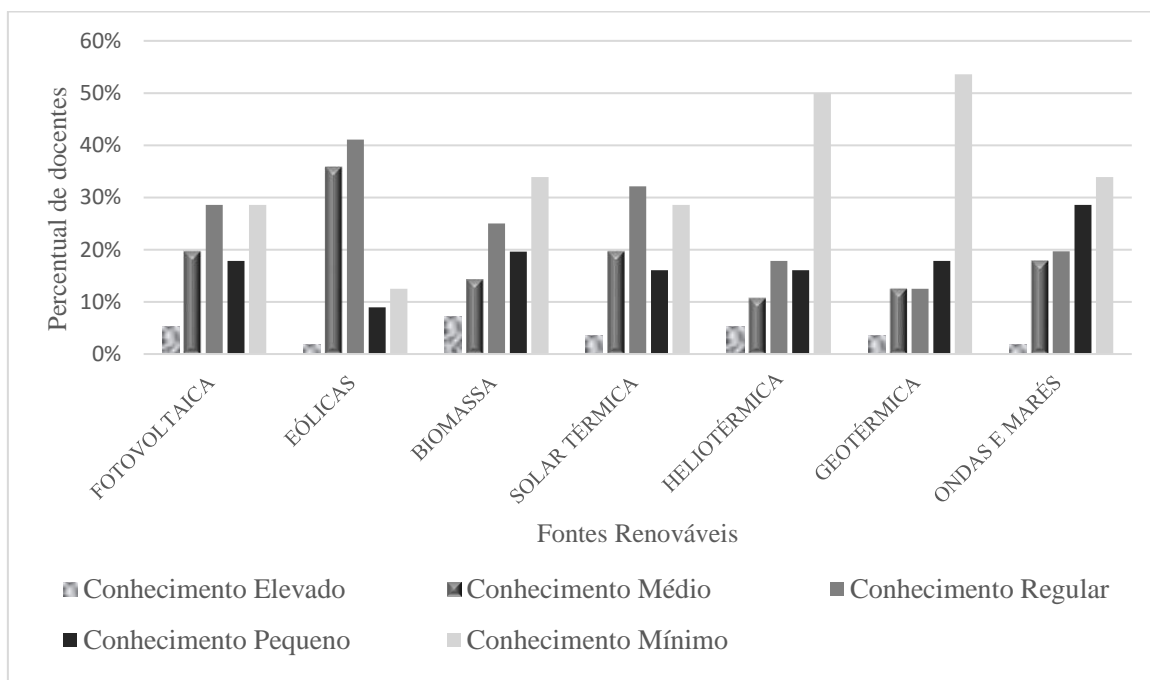


Gráfico 6: Nível de conhecimento declarado pelos docentes da área de Ciências Humanas sobre as distintas fontes de energias renováveis
Fonte: Elaboração própria.

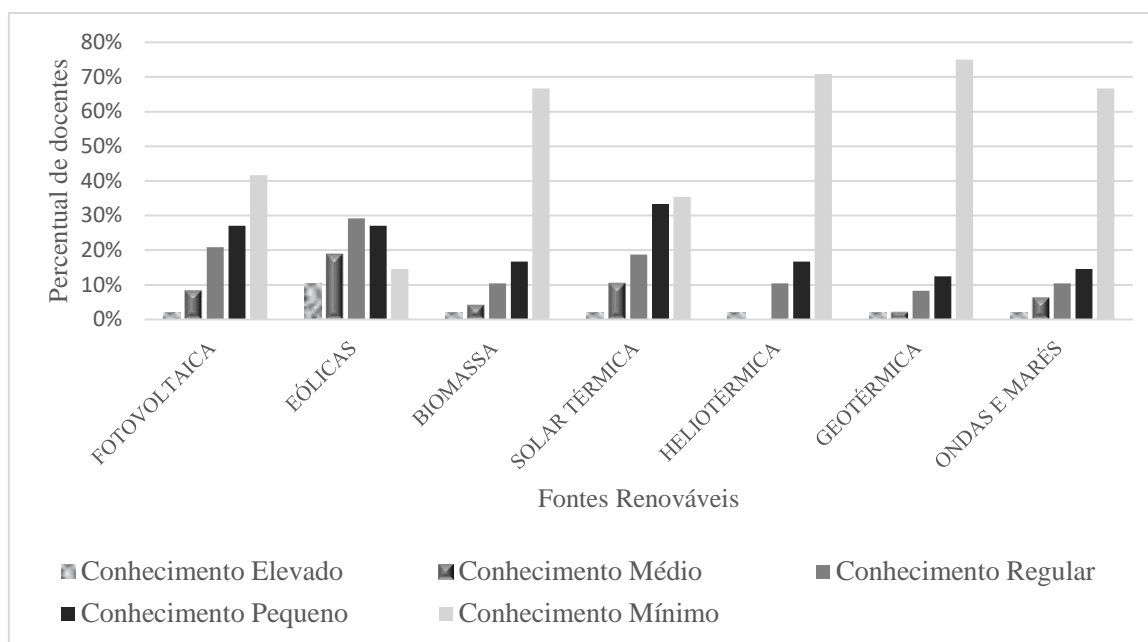


Gráfico 7: Nível de conhecimento declarado pelos docentes das áreas de Linguagens e Códigos sobre as distintas fontes de energia renovável
Fonte: Elaboração própria.

A construção dos Gráficos 3 a 11 faz uso de variáveis quali-quantitativas, uma vez que apresentam possíveis realizações ou atributos do indivíduo pesquisado e não são passíveis de quantificação em números resultantes de uma contagem ou medida. Assim, esses Gráficos podem ser aplicados em outras formas de análise, a exemplo do teste do qui-quadrado, posto que os grupos de professores por área de conhecimento são independentes. Para o caso, o nível de significância α (isto é, o risco de rejeitar uma hipótese verdadeira) foi estabelecido antes da análise dos dados e fixado em 5% ($p = 0,05$).

Aplicado o teste do qui-quadrado, verificou-se a associação dos grupos de ensino por área, pelo nível de conhecimento sobre fontes de energia renováveis. Como resultado, observou-se que o grupo de professor(a)s de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias ($p < 0,05$) apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação ao conhecimento declarado sobre energias renováveis apresentado pelos grupos de docentes das outras áreas. Para os demais grupos docentes, fica evidente a distribuição equilibrada entre os professores(as) das Áreas de Ciências Naturais, Matemática e suas tecnologias, Ciências Tecnológicas e Ciências Humanas e suas tecnologias, conforme revela o teste do qui-quadrado ($p > 0,05$), ou seja, não apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

O conjunto de informação disponibilizada na pesquisa de campo possibilitou constatar que energia renovável como peça curricular e objeto de interesse extracurricular pode mobilizar docentes de todas as áreas e tornar-se um “eixo articulador” a metodologia

de ensino, não se configurando como uma disciplina e sim como tema transversal capaz de promover a transdisciplinaridade. Por exemplo, ao tratar do tema Energia Renovável, o docente seria convidado a considerar a sua prática e ensinaria o conteúdo específico de sua disciplina como também aspectos da natureza do tema associados a energias renováveis e a sustentabilidade. Essas inferências extrapolam o potencial de influência do Projeto IFRN Solar no espaço de ensino, podendo estar intimamente relacionadas a um movimento global que, desde a década de 1970, difunde com sucesso a noção de que fontes de energia renováveis são uma alternativa conceitual e sócio ambientalmente aceita às fontes convencionais de energia, como carvão, derivados de petróleo, energia nuclear e grandes centrais hidroelétricas. Para Harjanne e Korhonen (2019), o conceito de energia renovável tornou-se poderoso e universal na medida em que foi consensualmente incluído nas negociações sobre o aquecimento global, e suas ações e apelos alcançaram significativamente cidadãos comuns em todo o planeta através da mídia global.

Apresentam-se, nos Gráficos 8 a 11 os conhecimentos dos docentes, por área de formação, sobre fontes fotovoltaicas e eólicas. No Gráfico 8 há o nível de conhecimento declarado pelos docentes das áreas de Linguagens e Códigos e suas Tecnologias (LCT) sobre as distintas Fontes de Energias Fotovoltaica e Eólicas, o qual revela que, mesmo sendo mais acentuado no que concerne às fontes renováveis, um percentual representativo dos docentes das áreas LCT demonstra pouco ou nenhum entendimento sobre o tema.

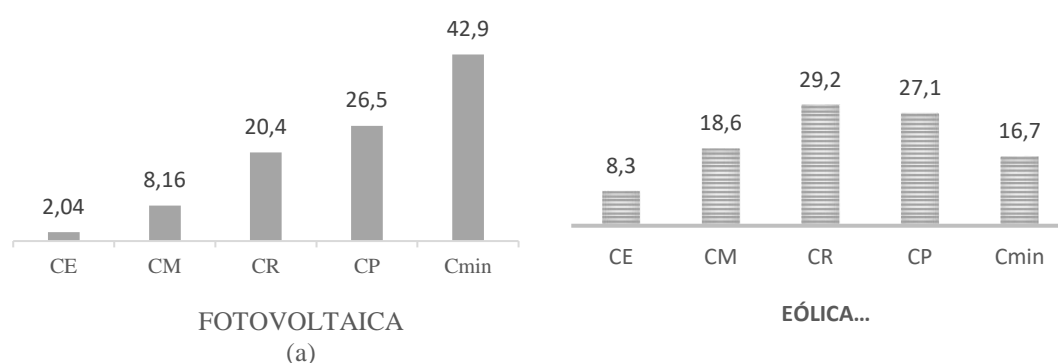


Gráfico 8 (a-b): Distribuição do nível de conhecimento declarado pelos docentes das áreas de Linguagens e Códigos sobre as distintas Fontes de Energias Fotovoltaica(a) e Eólicas (b)

Fonte: Elaboração própria.

Os professores e professoras de LCT atuam junto a todo o corpo discente dos distintos cursos oferecidos pelo IFRN. Como, nessa área de formação, a leitura e

interpretação são os principais fundamentos da prática docente, eles se tornam primordiais como potenciais agentes de divulgação e compreensão semântica das bases conceituais da sustentabilidade. Isso exige, portanto, uma atenção maior na capacitação destes profissionais quanto aos saberes atinente às fontes renováveis.

O nível de conhecimento declarado pelos docentes das áreas de Ciências Humanas e suas Tecnologias (CHT) indicados nos Gráfico 9 indicam um maior conhecimento em relação ao grupo de docentes de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (LCT). As diferenças de conhecimento entre os grupos docentes encontram amparo nos percursos formativos docentes que se mostram distintos. Os docentes dos grupos de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (LCT) e Ciências Humanas e suas Tecnologias (CHT) ainda não têm em seus currículos, de maneira estruturada, conteúdos relacionadas às energias renováveis e sustentabilidade. À exceção dos docentes de geografia, que já encoram tais conteúdos em sua formação específica. Destarte, é imperativo então capacitá-los para que, apropriando-se dos conhecimento fundamentais, tornem-se difusores e participantes do processo de formação dos discentes quanto às questões vinculadas às energias renováveis e à promoção da sustentabilidade.

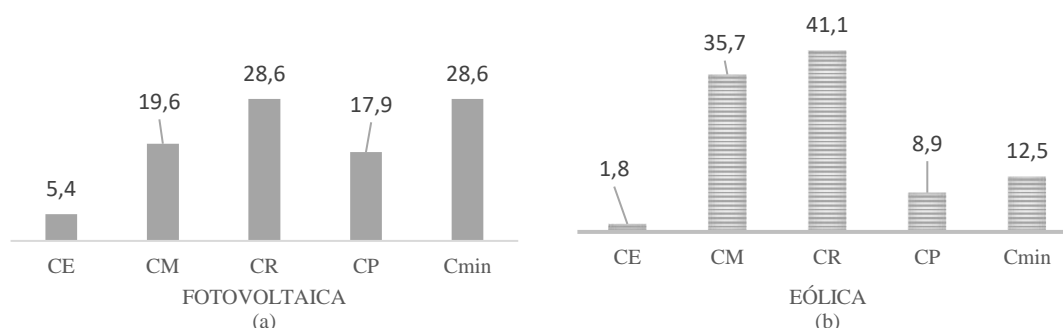


Gráfico 9 (a-b): Distribuição do nível de conhecimento declarado pelos docentes das áreas de Ciências Humana e suas tecnologias sobre as distintas Fontes de Energias Fotovoltaica(a) e Eólicas (b)
Fonte: Elaboração própria.

O nível declarado de conhecimentos dos docentes das Áreas de Tecnologias e de Ciências Naturais, Matemática e suas Tecnologias (CNMT) sobre as fontes de energias Fotovoltaica e Eólica mostram-se maiores do que as demais áreas do conhecimento. Isto pode ser explicado pelo fato de que seus profissionais tenham a sua formação e cotidiano em sala de aula atravessados por conhecimentos relacionados a energias renováveis e o tema da sustentabilidade, em maior ou menor grau, de acordo com o conteúdo coberto em

suas atividades. Justifica-se o nível de conhecimento declarado (Gráfico 10) por estes docentes sobre as distintas Fontes de Energias Fotovoltaica e Eólicas serem mais elevados em relação aos outros grupo citados.

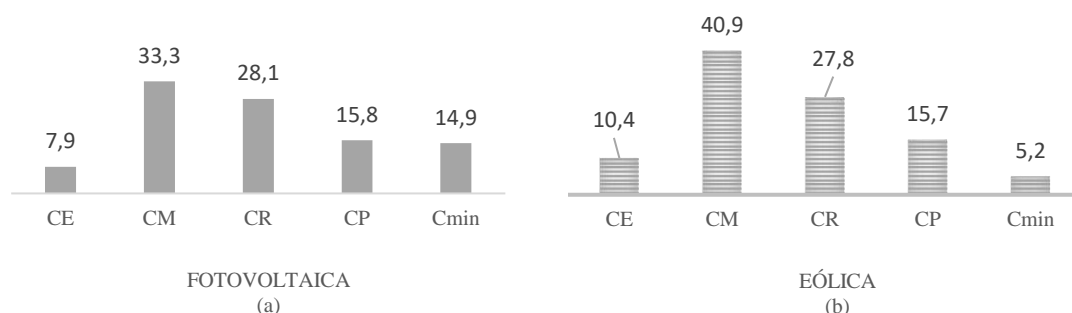


Gráfico 10 (a-b): Distribuição do nível de conhecimento declarado pelos docentes das áreas de CNMT e suas tecnologias sobre as distintas Fontes de Energias Fotovoltaica(a) e Eólicas(b)

Fonte: Elaboração própria.

Particularmente para professore(a)s da Área de Tecnologia, essa possibilidade é mais evidente, uma vez que os conhecimentos relativos a energias renováveis estão, na atualidade, frequentemente presentes nos currículos do ensino técnico, tecnológico e superior, com destaque para aqueles que atuam nas engenharias. No entanto, vale observar (Gráfico 11) que um percentual relevante de docentes dessas áreas declara ter um baixo conhecimento sobre o tema. Esta ocorrência pode estar relacionada ao fato de alguns docentes das Áreas de Tecnologias não atuarem nos cursos de engenharia e áreas afins.

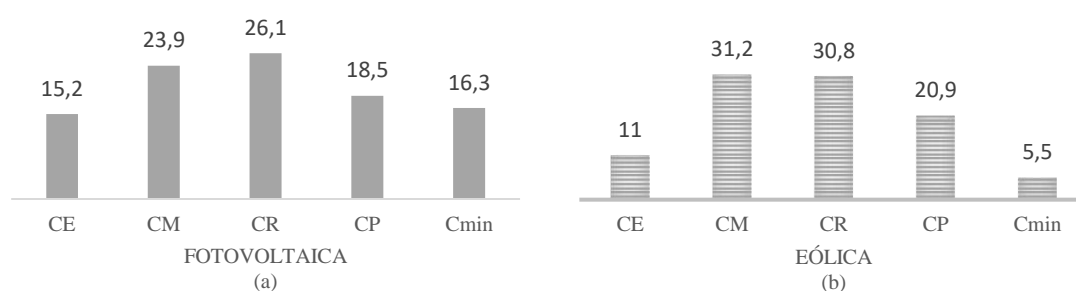


Gráfico 11(a-b): Distribuição do nível de conhecimento declarado pelos docentes das áreas de tecnologias sobre as distintas Fontes de Energias Fotovoltaica e Eólicas

Fonte: Elaboração própria.

O conjunto de dados obtidos revela ser necesssária a estruturação de um processo de formação e capacitação para o corpo docente. Este é o primeiro passo para se planejar uma estrutura curricular que contemple uma formação orientada à sustentabilidade no

IFRN e que possa ser modelo para uma transformação dos currículos e da prática docente na educação profissional, técnica e tecnológica e superior no Brasil.

4.2.2 Fonte de Conhecimento dos Docentes sobre Fontes Renováveis de Energia

A Base Nacional Comum Curricular definida pelo Ministério da Educação (MEC, 2018) norteia os currículos e ordena as propostas pedagógicas dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas. Estabelece, portanto, conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo de seu percurso formativo. Nela, se constata que a inserção curricular do tema sustentabilidade ocorre, de forma explícita, apenas na área de Ciências da Natureza, apontando para a necessidade construir nos discentes a seguinte habilidade:

Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicações digitais específicas, as transformações e conservações em sistemas que envolvem a quantidade de matéria, energia e movimento para fazer previsões sobre seus comportamentos nas situações cotidianas e nos processos de produção que priorizam o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (MEC, 2018, p.555).

É compreensível que professore(a)s de diferentes áreas do conhecimento expressem níveis variados de conhecimento sobre o assunto, em alguns casos próximos ao senso comum. A fragmentação do conhecimento em diversas categorias disciplinares faz com que estes se distanciem uma das outras à medida que se aprofundam em cada especialidade. Dessa forma, o docente especialista em sua disciplina, preparado e formado na sua graduação, enfrenta dificuldades contemporâneas pedagógicas que enfocam soluções transdisciplinares para integrar o conhecimento de campos mais amplos (JÖRG; DAVIS; NICKMANS, 2007). Lidar com este arcabouço epistemológico e buscar soluções exigem uma visão holística e compreensão do mundo e esta visão contrasta com a tradicional compartimentalização que prepara especialistas em suas graduações. Logo, enfrenta-se um dilema do desenho curricular que precisa combinar essas abordagens epistemológicas para superar a dicotomia generalista *versus* especialista (SANTOS; INFANTE-MALACHIAS, 2008).

No interesse de avaliar a fonte de conhecimento dos docentes sobre as energias renováveis e suas tecnologias, investigou-se o objeto a partir da questão 8 do questionário aplicado aos docentes (ver apêndice I), elaborada com este propósito.

A fonte de conhecimento sobre Energia Renovável dos docentes entrevistados registrada a partir dessa questão 8 (ver apêndice I) encontra-se sintetizada na Tabela 9.

A Tabela 9 permite observar que, no quadro geral dos docentes, 51% demonstram que seus conhecimentos advêm de interesse pessoal através de literaturas, sem vínculo com o seu cotidiano escolar; 52% dos docentes afirmam trocar informações entre colegas educadores(a)s sobre o tema energias renováveis e suas tecnologias.

Quanto à presença do tema relativo às energias renováveis no conteúdo das disciplinas e atividades acadêmicas, 43% do quadro geral de docentes relatam que este temas são presentes. Ao fazer uma análise dos grupos de docentes por áreas, destaca-se os docentes das Áreas de Ciências da Natureza e Matemática e os docentes das Áreas de Tecnologias, que apresentaram percentuais de 56% e 42% respectivamente. Percentuais baixos, tendo em vista que o tema relativo às Energias Renováveis é rico às disciplinas das Ciências da Natureza e Matemática e primordial em determinadas Áreas de Tecnologia. É importante ponderar na análise que não são todas as disciplinas de tecnologias que apresentam em seus currículos temas pertinentes a sustentabilidade e energias renováveis, fato que pode ter contribuído para os valores percentuais apresentados.

Chama a atenção o fato de que 36% do quadro geral dos docentes afirmam ter sua fonte de conhecimento sobre energias renováveis creditada à propaganda e divulgação de TV, rádio e revistas. Importa destacar que estas fontes não têm seu objetivo orientado ao ensino formal, dessa forma não se configuram necessariamente em fontes fiáveis sobre o ponto de vista da acuidade científica.

Os dados na Tabela 9, sobre a origem dos conhecimentos dos docentes sobre Fontes de Energias Renováveis, decorrem, em parte, do interesse pessoal através de literaturas, sem vínculo com o seu cotidiano escolar. Isso permite inferir que estes comportamentos evidenciam uma carência na oferta de capacitação e formação docente no âmbito do IFRN sobre Energia Renovável. Essa constatação amplia sua relevância na medida em que o IFRN é uma instituição que formalmente assume ter uma política que visa a promoção da sustentabilidade (IFRN, 1999) e que desenvolve projetos e programas que têm por finalidade o uso racional de energia e outras fontes de recursos naturais limitados, a exemplo dos recursos hídricos, que na atualidade são um dos grandes problemas vividos no país, em especial no Semiárido Nordeste, território de atuação da Instituição.

Tabela 9: Fonte de Conhecimento dos Docente sobre Fontes Renováveis

Fonte de conhecimento	%	Docentes
Interesse pessoal através de leituras individuais sem vínculo com o seu cotidiano escolar.	51	Quadro Geral
	56	Natureza e Matemática
	50	Tecnológica
	55	Humanas
	33	Linguagens e Códigos
A socialização familiar onde me são apresentados temas referentes às Energias Renováveis	9,5	Quadro Geral
	6,3	Natureza e Matemática
	5,6	Tecnológica
	14	Humanas
	19	Linguagens e Códigos
A propaganda de TV, Rádio e revistas	36	Quadro Geral
	32	Natureza e Matemática
	32	Tecnológica
	39	Humanas
	50	Linguagens e Códigos
Ao cotidiano escolar através de troca de informações com outros professores.	52	Quadro Geral
	59	Natureza e Matemática
	43	Tecnológica
	52	Humanas
	52	Linguagens e Códigos
A presença do tema relativo às energias renováveis no conteúdo das disciplinas e atividades acadêmicas.	43	Quadro Geral
	56	Natureza e Matemática
	42	Tecnológica
	38	Humanas
	19	Linguagens e Códigos
Não tenho conhecimento sobre Energias Renováveis.	1,9	Quadro Geral
	0,9	Natureza e Matemática
	2,2	Tecnológica
	0	Humanas
	6,8	Linguagens e Códigos
Outra fonte	2,0	Quadro Geral
	2,7	Natureza e Matemática
	3,3	Tecnológica
	8,9	Humanas
	2,1	Linguagens e Códigos

Fonte: Elaboração própria.

Os dados obtidos revelam uma homogeneidade quanto a origem da fonte de conhecimento sobre energias renováveis de pelo menos 50% dos docentes, sendo que nenhuma delas tem origem em uma fonte de natureza acadêmica. Logo, se faz necessário integrar à formação do professor(a) os saberes necessários atinentes às fontes renováveis de energia e suas tecnologias em termos de suas repercussões socioeconômicas e ambientais.

Conforme declarado por mais de 50% dos docentes, os conhecimentos que estes detêm sobre o tema fontes renováveis são adquiridas através de colegas de trabalho ou em outros espaços informais. Nesse contexto, esse frágil aprofundamento científico sobre o tema dificilmente motivará mudanças profundas na prática docente relativa ao desenvolvimento de saberes e competências e, por consequência, pouco terá reflexo no percurso formativo discente. Portanto, a apropriação dos saberes referentes às fontes renováveis não deve se restringir àqueles conhecimentos elaborados, individual ou coletivamente, pelos próprios docentes no processo de reflexão sobre suas práticas, mas também incorporar conhecimentos emanados da comunidade científica. O aspecto inovador desta perspectiva é fornecer elementos concretos para elevar o estatuto dos saberes produzidos pelos professore(a)s em sua experiência, sem restringir o conhecimento a esse tipo de saber (SCHIAVETTI, 2013).

A apropriação dos saberes necessários ao exercício da docência resulta em grande parte da formação inicial que os profissionais adquirem, uma vez que é nesse momento que se projeta e se idealiza, de forma consubstanciada, o futuro da profissão. Mas há outros saberes que são construídos ao longo do exercício de seu ofício, que tanto o docente quanto a instituição escolar são responsáveis pela sua construção, conforme as escolhas que são realizadas nesse âmbito e na definição dos currículos.

O saber é, antes de tudo, o resultado de uma produção social. Nesse sentido, é maior que o fruto de uma interação entre sujeitos ou de uma interação linguística em um determinado contexto, e somente “terá valor na medida em que permita manter um processo aberto de questionamento” (NUNES, 2001, p.34). Assim, o saber dos professore(a)s é argumentativo e social (GAUTHIER; STÉPHANE; JEAN-FRANÇOIS, 1998). Enquanto sujeitos situados em um contexto específico, que está preparado para alcançar objetivos pedagógicos, o(a)s professore(a)s se utilizam de situações inusitadas, fazem julgamentos e mobilizam os saberes necessários para o seu processo de tomada de decisão.

Assim, analisando as várias fontes nas quais o(a)s professore(a)s afirmam ter adquirido conhecimento sobre energias renováveis, pode-se reiterar, na mesma linha de pensamento de Tardif (2005), que as relações do(a)s professore(a)s com os saberes não são estritamente cognitivas, isto é, não se resumem aos conhecimentos da sua área específica de trabalho, mas são mediadas por saberes oriundos de outras fontes, tais como os saberes pedagógicos e os saberes construídos ao longo da experiência de cada docente na profissão. Portanto, em uma concepção de educação que ultrapassa as fronteiras do conhecimento disciplinar, o(a)s professore(a)s necessitam de formação continuada, que deve ser de responsabilidade compartilhada com a instituição, para que possam se apropriar de outros saberes tão necessários quanto os disciplinares. Assim, entende-se que o(a)s professore(a)s tratam da gestão dos conteúdos e da gestão da sala de aula e, por isso, necessitam de recorrer a diferentes saberes, necessários para concretizar os objetivos previamente definidos, no que concerne à formação cidadã dos discentes.

4.2.3 Ciência sobre a Existência de Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos *Campi* do IFRN – Docentes

Investigou-se o conhecimento dos docentes sobre a existência de usinas fotovoltaicas instaladas nos diferentes *campi* do IFRN, com o objetivo de se ter a dimensão da presença e participação do Projeto IFRN Solar no cotidiano escolar. Para tanto, foi inicialmente explorado o conhecimento dos docentes sobre a existência de algum sistema de energia renovável instalado na cidade onde vivem ou trabalham. A partir de uma resposta afirmativa, o entrevistado foi levado a apontar dentre as tecnologias listadas qual aquela utilizada no sistema instalado de seu conhecimento. Neste sentido a questão 5 do questionário aplicado aos docentes (ver apêndice I) foi elaborada para avaliar o conhecimento dos docentes sobre a existência de usinas fotovoltaicas nos diferentes *campi* do IFRN.

As opções disponíveis permitiu revelar a natureza dos sistemas sobre os quais os entrevistados têm ciência, bem como sua localização: privada (indústria, comércio, residência e outras) ou pública (hospital, escola, instituto de pesquisa e outras).

Devido à natureza e à presença do Projeto IFRN Solar na totalidade dos *campi* do IFRN, a expectativa inicial gerada pela pergunta era de que as usinas fotovoltaicas do IFRN fossem aqui largamente identificadas. No entanto, a hipótese não se confirmou.

Do total de docentes questionados, 88,6% registraram ter ciência de algum aproveitamento de energia renovável na cidade em que mora ou trabalha (Gráfico 12). Já quando a pergunta é feita de forma específica sobre a existência de alguma ação exclusivamente voltada ao uso de tecnologias de aproveitamento dos recursos renováveis no *campus* do IFRN que o entrevistado leciona, a existência de usinas solares fotovoltaicas é apontada por 70% do total de docentes (Gráfico 13-a). Elas foram identificadas por 29,2% dos docentes da Área de Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias (CNMT); 22,4%, dos docentes da Área de Tecnologia (TEC); 11,2% dos docentes da Área de Ciências Humanas e suas Tecnologias (CHT) e 7,4% dos docentes da Área de Linguagens e Códigos e suas Tecnologias (LCT) como mostra o Gráfico 13-b. Esses valores são esperados e reafirmam o já anunciado no item 4.2, no qual se pondera que é demandado a esses docentes, pela natureza das habilidades e competência que norteiam sua prática, terem proximidades acadêmicas com essas tecnologias.

Já os docentes das áreas de Ciências Humanas e suas Tecnologias (CHT) e de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (LCT) expressam um menor percentual (16% e 12% respectivamente) de ciência quanto a instalação das Usinas Fotovoltaica em suas unidades de trabalho. A natureza deste desconhecimento está no conceito já arraigado que separa técnica e tecnologia das ciências humanas, impondo um valor que separa números de letras. Reside no conjunto de docentes que atuam na área de Ciências Humanas e suas Tecnologias (CHT) um elevado potencial de disseminações das atitudes e valores da educação para a sustentabilidade, uma vez que estes podem fazer transitar esses valores nas diversas formas de linguagem as quais fazem uso, superando um enquadramento restrito aos apontamentos das disciplinas: livros, revistas, teatro, redes sociais, coletivos entre outros.

Importa dar relevo ao fato de que 34% daqueles que têm conhecimento de alguma iniciativa de aproveitamento de fontes renováveis de energia na sua cidade desconhecem as usinas solares fotovoltaicas instaladas no campus do IFRN de sua cidade de moradia ou trabalho. Esse percentual se amplia quando acrescido dos 11,4% dos docentes que declaram não ter conhecimento da existência de qualquer ação voltada ao das fontes renováveis de energia.

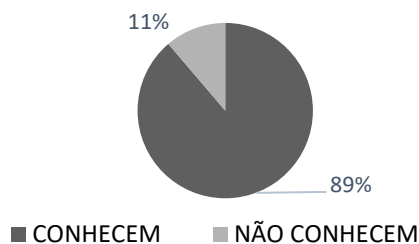


Gráfico 12: Docentes questionados que tem ciência da existência de fontes renováveis instaladas na cidade que trabalham ou moram.

Fonte: Elaboração do própria.

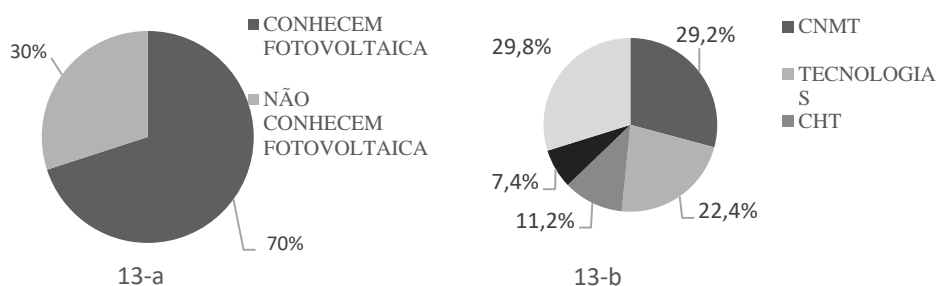


Gráfico 13(a-b): Docentes questionados que tem ciência da existência de fontes renováveis fotovoltaicas instaladas nos *campi* do IFRN.

Fonte: Elaboração própria.

4.2.4 Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos *Campi* do IFRN: Presença no Processo de Ensino-Aprendizagem e Contribuições à Sustentabilidade

Com escopo de identificar a aderência dos objetivos do projeto IFRN Solar à realidade vivenciada pelos docentes quanto à disseminação das bases conceituais, princípios da sustentabilidade, interações com o currículo e conteúdos formais nos *campi* pesquisados, as questões 11 e 12 do questionário aplicado aos docentes (ver apêndice I) - foram estruturadas para possibilitar o mapeamento das percepções do corpo docente quanto às repercussões da instalação dos sistemas fotovoltaicos na sua prática pedagógica.

As percepções sobre a prática pedagógica do(a)s professor(a)s em relação aos desafios da inclusão do tema relativo às energias renováveis no cotidiano escolar é sumarizada nas Tabelas 10 e 11. Na Tabela 10, observa-se que o julgamento dado pelo quadro geral dos docentes revela que 41,7 % destes avaliam que os conteúdos relacionados às Energias Renováveis se fazem presentes de forma pouco satisfatória no cotidiano escolar. Destaca-se também o elevado percentual de professor(a)s – 27,8% – que não têm

opinião formada sobre a questão. Como desdobramento, 25,4% do quadro geral de professores reconhecem que não trabalham os conteúdos sobre Energia Renovável na sua prática docente. O que surpreende nos resultados é o fato de que 47% dos entrevistados preferiram não opinar, sugerindo que o percentual daqueles que não trazem para a sala de aula o tema da Energia Renovável é bem superior aos 25,4% declarado.

Quando perguntado se as ações conduzidas pelo IFRN são levadas aos alunos no cotidiano escolar – fundamentalmente sobre a existência das usinas fotovoltaicas – 29% do quadro geral dos professores avaliam que essas ações são insatisfatórias ou não estão presentes na prática de sala de aula e/ou nas atividades acadêmicas. Novamente registra-se um alto percentual de professores que preferem não opinar, 44%.

No que concerne à divulgação do conceito de sustentabilidade nos *campi* do IFRN, a opinião de seu quadro docente se mostra dividida: 41% avaliam que tal conceito é trabalhado de forma bastante satisfatória ou satisfatória e 33,1% afirmam o consideram que não é trabalhado de forma Satisfatória ou que não é trabalhado, além dos 25,8% dos docentes que revelam não ter opinião. São números expressivos, que mostram uma clara divisão sobre a divulgação do tema sustentabilidade.

É importante destacar que o conceito de sustentabilidade vem ocupando um espaço privilegiado na televisão, rádio e jornais. Isso indica que esse objeto é levado ao cotidiano escolar por meio de trocas de informações entre professore(a)s e aluno(a)s, sem ser incluído de maneira estruturada, formal e sistêmica na prática escolar. Conformar-se, portanto, em um debate dentro do senso comum ao invés de uma prática pedagógica.

Destaca-se também que as elevadas ocorrências percentuais daqueles que afirmaram não ter opinião formada podem ser avaliadas como descortinadoras do distanciamento do quadro docentes com temas transversais aos conteúdos formais trabalhados em sala de aula. Essa ausência de opinião está fortemente vinculada ao desconhecimento do objeto, bem como da prática de se eximir de polêmicas e/ou opiniões que possam ser interpretadas como críticas ao corpo docente e/ou a seus gestores.

As questões tratadas na Tabela 10, quando estratificadas por área de conhecimento, mantêm as porcentagens de resposta na mesma faixa que as apresentadas pelo quadro geral de docentes. Avalia-se aqui, a partir do julgamento dos docentes, uma forte sinalização de um distanciamento dos objetivos que justificaram adoção dos sistemas fotovoltaicos. Registra-se que os conteúdos não passaram a inserir o tema da sustentabilidade, tão pouco aqueles vinculados às fontes renováveis. Assim, é observado um sinal claro de que as ações conduzidas pelo IFRN Solar não estejam sendo levadas ao corpo docente. Tais inferências

mostram a importância de se avançar no diagnóstico para então projetar ações sob as quais se possa potencializar a capacidade de intervenção das políticas públicas orientadas a integrar a cultura da sustentabilidade alinhada a implementação de sistemas solares fotovoltaicos nos *campi*.

Tabela 10: Avaliação Docente Quanto a Existência de uma Prática Pedagógica que Aborda Conteúdos Referentes às Fontes Renováveis de Energia no Cotidiano Escolar

	De forma bastante satisfatória	Satisfatoriamente	Não tem opinião formada	De forma pouco satisfatória	Não estão presentes nas disciplinas e/ou atividades acadêmicas	Docentes do IFRN Áreas
	Percentual (%)					
Os conteúdos vinculados às ER estão presentes no cotidiano escolar	2,4	24,7	27,8	41,7	3,4	Quadro Geral
	2,8	30,8	16,8	47,7	1,9	Natureza e Matemática
	2,3	21,8	28,7	40,2	6,9	Tecnológica
	3,6	23,6	34,5	36,4	1,8	Humanas
	0,0	17,4	43,5	37,0	2,2	Linguagens e Códigos
Os professores trabalham os conteúdos sobre ER	1,7	24,7	45,4	25,4	2,7	Quadro Geral
	1,9	29,9	38,3	29,0	1,0	Natureza e Matemática
	1,1	20,7	47,1	26,4	4,6	Tecnológica
	1,8	27,3	31,0	36,4	3,6	Humanas
	2,2	17,4	54,3	23,9	2,2	Linguagens e Códigos
As ações conduzidas pelo IFRN sobre ER são levadas aos alunos	2,7	23,7	44,4	27,5	1,7	Quadro Geral
	3,7	26,2	36,4	25,2	8,4	Natureza e Matemática
	2,3	19,5	46,0	27,6	4,6	Tecnológica
	0,0	20,0	52,7	27,3	0,0	Humanas
	4,3	15,2	50,0	30,5	0,0	Linguagens e Códigos
O conceito de DS é trabalhado no <i>campus</i>	7,1	33,9	25,8	32,2	1,0	Quadro Geral
	3,7	34,6	27,1	33,6	1,0	Natureza e Matemática
	12,6	39,1	23,0	23,0	2,3	Tecnológica
	3,6	38,2	23,6	34,6	0,0	Humanas
	8,7	17,4	30,9	43,5	0,0	Linguagens e Códigos

Fonte: Elaboração própria.

Já a Tabela 11 mostra “afirmações” apresentadas aos docentes para que estes, de forma escalonada, externassem sua concordância ou divergência. Tais afirmações têm como objetivo avaliar o que os professores(a)s ponderam como imperativo à inserção dos conteúdos referentes às fontes renováveis de energia no cotidiano escolar, considerando a

existência de unidades de geração fotovoltaica nos *campi* onde trabalham, e por consequência, aferir elementos que venham contribuir para o aprimoramento e eficácia do Projeto IFRN Solar no que concerne à promoção da sustentabilidade.

De maneira geral, o quadro de professore(a)s se divide quanto ao domínio do conhecimento que lhes capacita a abordar em sala de aula tópicos relacionados ao tema Energia Renovável: 44% concordam plenamente ou concordam em possuir tal competência, já 39% discordam plenamente ou discordam, 17% não tem opinião formada. É na Área de Códigos, Linguagem e suas Tecnologias (LCT) que os docentes demonstram ter menor formação para tratar o tema: 68% discordam plenamente ou discordam terem conhecimentos que os credenciem a incluir o tema Energia Renovável e seus conhecimentos em suas atividades.

Mesmo divididos de acordo com suas habilidades e competências para levar os conhecimentos relativos às energias renováveis a uma prática pedagógica, 94% da equipe geral manifestaram interesse em elevar seu nível de conhecimento sobre o assunto e 84% concordam que a implementação de um programa de capacitação permitiria prover tal demanda. Números semelhantes foram observados ao avaliar esta questão por área de conhecimento, o que mostra que nenhum dos grupos pesquisados demonstrou falta de interesse no tocante a elevar o nível de conhecimento relativos às energias renováveis.

O desenvolvimento de material didático relacionado às energias renováveis, bem como a maior promoção desse tema nos diversos *campi* conta com o apoio de 90% do docentes. Estes números se assemelham quando avaliados por área de conhecimento separadamente. Isto é, essa questão tem o mesmo nível de aceitação em qualquer um dos grupos investigados.

Questionados sobre a necessidade da inclusão de conteúdos relacionados a energias renováveis nos currículos, os docentes, em grande maioria, 86%, concordaram, afirmando ser necessário não só para os cursos técnicos e superiores, mas para currículo do ensino médio em geral. Isso mostra que por parte dos docentes há uma mentalidade aberta para trazer estes conteúdos à sua prática escolar.

Tabela 11: Avaliação Docente Quanto seu Conhecimento e Demandas Necessária a Inserção dos Conteúdos Referentes às Fontes Renováveis de Energia no Cotidiano Escolar

Conhecimento Docente e Demandas Necessárias a Inserção dos Conteúdos Referentes às Fontes Renováveis de Energia no Cotidiano Escolar						
	Percentual (%)					
	Concordo plenamente	Concordo	Não tenho opinião formada	Discordo	Discordo completamente	Docentes Áreas
O nível de conhecimento que tenho sobre ER me credencia a incluir tópicos relacionados tema nas minhas atividades de sala de aula.	9,8	34,6	17,0	29,5	9,2	Quadro Geral
	11,2	41,1	13,1	26,2	8,4	Natureza e Matemática
	9,2	34,5	20,7	28,7	6,9	Tecnológica
	10,9	36,4	21,8	23,6	7,3	Humanas
	6,5	17,4	13,0	45,7	17,4	Linguagens e Códigos
É necessário um programa de capacitação para que possa ampliar meus conhecimentos e desenvolver minhas habilidades no ensino de aspectos de ER.	32,2	51,9	11,9	4,8	0,0	Quadro Geral
	26,2	59,8	8,4	5,6	0,0	Natureza e Matemática
	37,9	47,1	12,6	2,3	0,0	Tecnológico
	38,2	41,8	10,9	9,1	0,0	Humanas
	28,3	54,4	15,2	2,2	0,0	Linguagens e Códigos
Eu gostaria de aprender mais sobre ER.	34,6	58,6	5,4	1,4	0,0	Quadro Geral
	36,4	53,3	8,4	1,9	0,0	Natureza e Matemática
	34,5	62,1	3,5	0,0	0,0	Tecnológica
	38,2	54,6	3,6	3,6	0,0	Humanas
	30,4	65,2	4,3	0,0	0,0	Linguagens E Códigos
É necessário que se desenvolva material didático relacionado à ER que consiga dar conta do caráter interdisciplinar presente nesse tipo de conteúdo.	32,9	56,3	9,4	1,7	0,0	Quadro Geral
	32,7	57,0	8,4	1,9	0,0	Natureza e Matemática
	26,4	60,9	11,5	1,1	0,0	Tecnológica
	41,8	45,9	10,9	1,8	0,0	Humanas
	26,1	69,6	4,3	0,0	0,0	Linguagens e Códigos
O IFRN precisa promover mais o tema das ER no campus.	32,2	56,3	8,8	2,7	0,0	Quadro Geral
	32,7	56,1	6,5	4,7	0,0	Natureza e Matemática
	28,7	54,0	15,0	2,3	0,0	Tecnológica
	38,9	52,7	7,3	1,8	0,0	Humanas
	30,4	65,2	4,3	0,0	0,0	Linguagens e Códigos
Minha carga horária e demais atividades acadêmicas não me permitem tempo para lecionar o conteúdo fora do que é formalmente exigido no currículo.	15,9	31,2	16,3	36,6	0,0	Quadro Geral
	14,0	33,6	15,9	36,5	0,0	Natureza e Matemática
	13,8	33,3	16,1	36,8	0,0	Tecnológico
	20,0	25,9	16,4	38,2	0,0	Humanas
	19,6	28,3	17,4	34,9	0,0	Linguagens e Códigos
Os conteúdos referentes às ER devem ser introduzidos oficialmente nos currículos de maneira interdisciplinar	20,0	52,9	19,0	8,1	0,0	Quadro Geral
	19,6	56,1	17,8	6,6	0,0	Natureza e Matemática
	16,1	50,6	25,3	8,1	0,0	Tecnológica
	23,6	50,9	14,6	10,9	0,0	Humanas
	23,9	52,2	15,2	8,7	0,0	Linguagens e Códigos
O tema da tomada de consciência sobre o papel da energia na vida das pessoas e sociedade deve ficar a cargo dos pais e não da escola.	1,0	6,1	5,4	56,6	30,3	Quadro Geral
	0,0	2,8	5,6	61,7	29,9	Natureza e Matemática
	1,1	8,0	10,3	51,7	28,8	Tecnológica
	1,8	10,9	0,0	54,6	32,7	Humanas
	2,2	4,3	2,2	56,5	34,8	Linguagens e Códigos
Não vejo que exista necessidade de inclusão de conteúdos relacionados a ER nos currículos escolares, exceto no caso de cursos técnicos e superior da área tecnológica.	0,3	5,1	7,8	58,6	28,1	Quadro Geral
	0,0	2,8	8,4	61,7	27,1	Natureza e Matemática
	1,1	6,9	9,2	55,2	27,6	Tecnológica
	0,0	7,3	7,3	56,4	29,1	Humanas
	0,00	4,34	4,3	60,9	30,5	Linguagens e Códigos
A área de conhecimento que atuo não possui vínculo algum com os conteúdos referentes a ER.	2,0	9,8	6,8	45,1	36,3	Quadro Geral
	0,0	3,7	1,9	51,4	43,0	Natureza e Matemática
	1,1	9,2	12,6	40,2	36,8	Tecnológica
	3,6	14,6	3,6	40,0	38,2	Humanas
	6,5	9,6	10,9	45,7	17,4	Linguagens e Códigos

Fonte: Elaboração própria

A inclusão oficial, de maneira interdisciplinar, dos conteúdos referentes à energia renovável nos currículos é defendida por 73% dos docentes, percentual que se mantém quando se avalia a questão por área de ensino. Destaca-se que os docentes em geral, em suas avaliações, rechaçam ideia de que a inclusão dos conteúdos referentes à energia renovável nos currículos se limite aos cursos técnicos e superiores da área tecnológica. Advogam, portanto, que as disciplinas de formação geral das Áreas de Ciências Humanas e suas Tecnologias, Linguagem, Códigos e suas Tecnologias e Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias possam ser inseridas no esforço de promover os pressupostos da sustentabilidade na instituição, bem como dar maior ênfase aos propósitos do projeto IFRN Solar.

É importante ressaltar que apenas 11,2% dos docentes consideram que a área de conhecimento em que atuam não possui vínculo com conteúdos relacionados às energias renováveis. Essa percepção aumenta quando a avaliação é realizada por área de conhecimento, em 18% para docentes da Área de Ciências Humanas e suas Tecnologias e 26% para docentes das Áreas de Linguagem, Códigos e suas Tecnologias. Esse comportamento reflete e/ou reforça um pensamento ainda em voga, que considera que nestas áreas do conhecimento a formação docente e sua prática pedagógica têm pouco ou nenhum vínculo com os conteúdos referentes a conhecimentos sobre Energias Renováveis e Sustentabilidade. Tal concepção emoldura estes saberes e limita sua atuação, reforçando uma dicotomia – que deve ser superada – que separa o conhecimento geral e específico, nutrindo um sulco entre ciência e técnica, técnica e social. É, preciso que a escola, através da sua prática, imbrique o conhecimento técnico às vivências e descobertas de seus discentes nos distintos campos do conhecimento.

Quando perguntado sobre a promoção da tomada de consciência do papel da energia na vida das pessoas e na sociedade, 87% do quadro geral dos docentes concordam que essa é uma das atribuições da escola. Quando avaliado por área de conhecimento, essa posição se mantém com seguintes percentuais de concordância: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias 92%; Áreas de Tecnologias 81%, Áreas de Ciências Humanas e suas Tecnologias 87%; Áreas de Linguagem, Códigos e suas Tecnologias 89%. Existe aqui uma concordância do corpo docente quanto ser a escola a principal promotora de tomada de consciência do papel da energia na vida das pessoas. Isso se justifica porque a escola é o espaço formal de ensino. É onde se tem o domínio do modelo de racionalidade e o conhecimento nela produzido é rigorosamente pautado nos princípios epistemológicos e

regras metodológicas. Mesmo não sendo o único lugar que se desenvolve o saber, é na escola que este saber é regulamentado, normalizado.

Mesmo que hoje a escola viva um contraste sociocultural, resultado das mudanças sociais ocorridas ao longo dos anos devido a processos de industrialização, desenvolvimento tecnológicos e outras mudanças na sociedade, ela é, apesar das dicotomias, o lugar propício às mudanças. O que favorece a tomada de consciência sobre diversos problemas de ordem socioeconômica e ambiental, o que inclui o papel das energias na vida das pessoas e a promoção da sustentabilidade. E essa tomada de consciência passa, inevitavelmente, pelos espaços formais de ensino.

A elevada carga horária em sala de aula associada a outras atividades acadêmicas são argumentos apresentados por 47% do quadro geral de professores como barreiras à introdução de temas relacionados às fontes renováveis na prática escolar, percentual este que se mantém quando avaliado por áreas de conhecimento. Estes argumentos pesam a favor dos professore(a)s como justificativa de não serem capacitados e qualificados para trabalharem estes temas nas salas de aula. E nestes contexto destaca-se a Lei nº 9795, de 27 de abril de 1999 (BRASIL, 1999) que dispõe sobre a educação ambiental, juntamente com Decreto de nº 4281 de 25 de junho de 2002 (BRASIL, 2002), que regulamente a Lei que estabelece no seus artigos 8 a 11 que a educação ambiental deve ser desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino público e privado, englobando todos os níveis formais da educação desde básica a superior, profissional, especial e jovens e adultos. Consequentemente deve ser dada aos docentes capacitação periódica, o que não ocorre, devido à elevada carga horária citada por 47% dos docentes pesquisados. A soma do fato dos docentes terem uma carga elevada em sala de aula e a falta de capacitação sobre temas relacionados ao desenvolvimento sustentável, energias renováveis e sustentabilidade são as principais barreiras para não cumprimento da Lei nº 9795/1999 (BRASIL, 1999).

Quando questionados se área de conhecimento em que atuam não possui vínculo algum com os conteúdos referentes a energias renováveis, 81% dos docentes discordaram, o que mostra existir algum vínculo em suas disciplinas com energias renováveis em maior ou menor grau. Este fato leva a uma reflexão: qual nível de relação com suas respectivas disciplinas? Em algumas são bem explícitas, como as disciplinas das áreas de ciências da natureza e das áreas de tecnologias. Nas outras áreas, qual é esta relação e em que nível? Identificar estas relações e seus níveis é fundamental para elaboração de currículo que submerja o tema.

O planejamento de um *curriculum* em que o tema energias renováveis esteja presente trará contribuição na educação para desenvolvimento sustentável, possibilitando aos alunos desenvolverem níveis de consciência cognitiva e afetiva em relação aos recursos de energia renovável, o que se revela em uma efetiva contribuição ao enfrentamento dos problemas ambientais relacionados à produção e consumo de energia (ÇAKIRLA; ALTUNTAŞ; TURAN, 2018).

Uma forma de incluir nos currículos o tema energias renováveis a todos discentes – e não só àqueles que estejam em formação técnica que exija conhecimentos específicos em energias renováveis – é através da interdisciplinaridade e da transdisciplinaridade, entendida por Morin (1998) como uma forma diferente de ver o mundo, mais sistêmica e holística. Assim, estabelece-se uma relação com um mundo complexo e uma Natureza complexa, exigindo um pensamento complexo. Ou seja, desenvolve-se um pensamento capaz de estabelecer *loops* de *feedback* em termos de conceitos como todo/parte, ordem/desordem, observador/observado, sistema/ecossistema, de modo que permaneçam simultaneamente complementares e antagônicos (MORIN, 1992)

A pesquisa mostra que os docentes no geral têm consciência que o tema energia renováveis é fundamental para tomar consciência das ameaças ao meio ambiente e que a sensibilidade aos problemas ambientais pode ser trabalhada através da educação formal. Por outro lado, os dados coletados na pesquisa mostram que a maioria docente não trabalha estes tema de forma satisfatória, demonstrando sobre ele fragilidade presente no cotidiano dos *campi* do IFRN através dos objetivos postos quando da adoção de usinas fotovoltaicas instaladas em cada um deles. A pesquisa deixa clara a necessidade de um planejamento que estruture um novo currículo e proporcione a capacitação do corpo docente quanto ao tema.

4.3 Avaliação do Grupo Discente

O universo do corpo discente pesquisado no IFRN totaliza 11.888 aluno(a)s. Para este segmento, um total de 461 questionários foram aplicados nos 20 *campi* IFRN avaliados nesta pesquisa: erro amostral de 5% e nível de confiança de 95%. A população discente masculina foi responsável por 45% dos questionários respondidos, as mulheres responderam por 54% e outros gêneros por 1%. Essas porcentagens são bem

representativas da população de ensino no Instituto, que se distribui por 49% de alunos e 51% de alunas (IFRN, 2020).

A pesquisa feita tem como objetivo avaliar como o(a)s estudantes percebem e/ou incorporam os conhecimentos e atitudes decorrentes da presença dos Sistemas Solar Fotovoltaicos no ambiente escolar, bem como suas repercussões no processo de ensino-aprendizagem em espaços formais de ensino. Investiga-se também se a prática pedagógica aplicada a este(a)s estudantes estreita as relações com o conhecimento relacionado às energias renováveis, seus recursos e tecnologias de conversão, trazendo para o corpo discente conhecimento e mudança conceituais que possibilitem a promoção dos pressupostos da sustentabilidade no ambiente escolar.

O questionário aplicado aos discentes busca informações para traçar um mapa que manifeste qual impacto trazido pelo projeto IFRN Solar no processo de ensino-aprendizado, contribuindo para apropriação dos conhecimentos relativos às Energias Renováveis, recursos naturais, tecnologias de conversão de energia e sustentabilidade pelo corpo discente. As informações provenientes do questionário permitem formar uma ideia das implicações deste projeto dentro da comunidade escolar.

4.3.1 Conhecimento sobre Diferentes Fontes de Energia Renovável – Discentes

O conjunto de informações disponibilizadas na pesquisa permite desvelar que a energia renovável como elemento curricular e tema gerador de ações extracurriculares pode mobilizar todo o corpo discente. A difusão dos conhecimentos relativos a fontes renováveis de energia e seus benefícios socioambientais configura-se como uma forma poderosa e universal de tratar temas de repercussão global, a exemplo da promoção da sustentabilidade e do aquecimento global.

Os discentes do IFRN têm sua formação e seu cotidiano no ambiente escolar atravessado por conhecimentos relacionados às energias renováveis, bem como à sustentabilidade em maior ou menor grau, de acordo com as disciplinas que cursam. Particularmente nesse segmento a maior possibilidade de acesso a estes conhecimentos encontra-se naqueles que registram vivências nas disciplinas de Ciências da Natureza e Tecnológicas voltadas para engenharias.

O(a)s estudantes são submetidos, em seu dia a dia escolar, a um abrangente espectro de conhecimentos que vão das artes, linguagens, ciências humanas, ciências naturais, matemática, e disciplinas técnicas específicas dos cursos técnico-profissionalizantes. A

este conjunto de atores – elemento central de todo esforço escolar – submeteu-se um questionário, cuja questão 4 (ver apêndice II) objetiva avaliar como os mesmos autodescreviam seus conhecimentos em energias renováveis. A esta questão se adiciona uma pergunta controle (questão 6) que tem por objetivo ponderar a aderência da resposta da questão 4.

Segundo a pesquisa, 96% do grupo de discentes revelou saber o que são Energias Renováveis. O Gráfico 14 sistematiza os percentuais referentes ao conhecimento sobre energia renovável a partir do que declara o corpo discente.

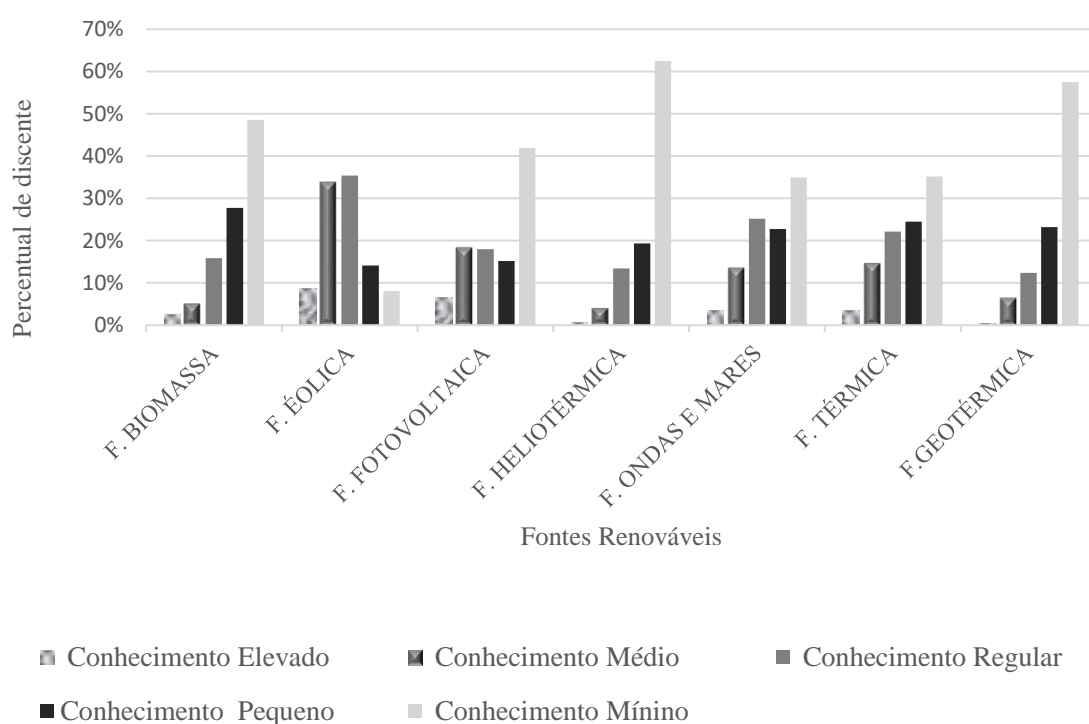


Gráfico 14: Sistematiza os percentuais referentes ao conhecimento sobre energia renovável a partir do que declara o corpo discente

Fonte: Elaboração própria.

Constatou-se que estes conhecimentos estão mais presentes quando se trata das fontes Eólica e Fotovoltaica: 43% dos discentes têm maior conhecimento sobre a fonte Eólica e 25%, sobre a fonte fotovoltaica. Estes percentuais, destacados no Gráfico 15, revelam um escalonamento previsível, uma vez que estas fontes têm na atualidade um maior apelo, ocupando espaço destacado na mídia, a qual as vincula, no senso comum, à promoção da sustentabilidade.

Destarte, as fontes renováveis Eólica e Fotovoltaica estão presentes no cotidiano discentes, seja através das vivências no espaço escolar, mesmo que apartado do currículo, ou ao destaque que a mídia tem dado a estas fontes como alternativa de mitigação dos danos ambientais advindos do setor de energia, além de seu potencial de mitigação dos gases de efeito estufa. Já as outras tecnologias assumem um espaço secundário, são colocadas no campo da especialidade técnica o que torna sua divulgação, e, por consequência, sua difusão no espaço escolar e social limitada.

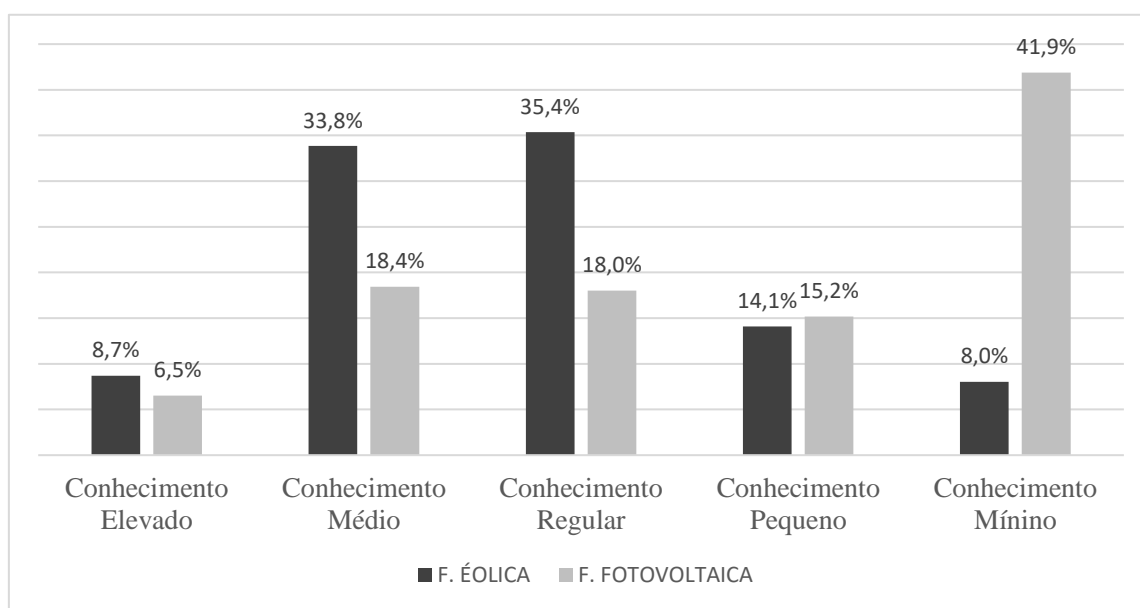


Gráfico 15: Sistematiza os percentuais referentes ao conhecimento sobre Fonte Eólica e Fontes Fotovoltaicas a partir do que declara o corpo discente
Fonte: Elaboração própria.

Essa abordagem se faz necessária para comparar o nível de conhecimento do(a)s estudantes aferidos com base em suas próprias avaliações. Estas questões não têm como objetivo verificar qualquer nível de conhecimento, mas a presença do objeto fontes renováveis de energia e sustentabilidade como tema presente na sua vivência estudantil.

Importa destacar que, mesmo sendo as fontes Eólica e Fotovoltaica aquelas que aparecem com maiores percentuais de conhecimento por parte do corpo discente não apontam para um maior destaque em relação à fonte fotovoltaica, contrariando o que era intuído. Nesse contexto, esperava-se uma contribuição destacada do projeto IFRN Solar, uma vez que este proporcionou a instalação de uma usina Solar Fotovoltaica em cada um dos *campi* do IFRN, e, por consequência, uma maior projeção para a fonte fotovoltaica.

Isto porque o referido Projeto objetiva a maior compreensão e publicização da Energia Solar Fotovoltaica, tornando-a presente no dia a dia escolar, além de fomentar uma prática de ensino orientada a promoção da sustentabilidade.

4.3.2 Fonte de Conhecimento dos Discentes sobre Fontes Renováveis de Energia

Buscou-se, através da questão 8 do questionário aplicado aos discentes (ver apêndice II), conhecer as fontes de informação e de construção do conhecimento relativos às Fontes Renováveis de Energia. Nesta questão, os discentes escolheram as opções que julgavam ser suas fontes de conhecimentos, podendo também citar outras fontes que não constavam da lista previamente apresentada.

A sistematização das informações disponibilizadas por esta questão permite mapear o percentual de aluno(a)s que consignam seu conhecimentos a uma determinada fonte de informação. Ela revela, como mostra a Tabela 12, que 24% dos discentes demonstram interesse pessoal pelo tema e creditam seus conhecimentos ao acesso a literaturas sem vínculo com seu cotidiano escolar. Totaliza 52% o percentual de estudantes que afirmam ter seus conhecimentos referentes às energias renováveis vinculados aos conteúdos das disciplinas e atividades acadêmicas realizadas no interior do IFRN. Destaca-se o fato de que 34% dos discentes afirmarem creditar esses conhecimentos às informações veiculadas TV, Rádio, fontes estas que não possuem como finalidade o ensino formal, e, dessa forma, podem não se configurar como referências depositáveis do ponto de vista do apuro científico. Todavia é necessário compreender que as nuances são aqui filosoficamente decisivas e uma distinção muito delicada separa conhecimento comum e o conhecimento científico (BACHELARD, 1953). Sendo o saber um processo da interação entre sujeitos e resultado de uma produção social, toda a forma de conhecimento buscado pelos discentes tem seu valor (TARDIF, 2005). Porém se faça a distinção clara da natureza destes conhecimentos, se são “comuns” ou científicos.¹⁵

¹⁵ O conhecimento científico “acontece do modelo de racionalidade” científica (SANTOS, Boaventura, 2008), que tem o conhecimento rigorosamente pautado por princípios epistemológicos e regras metodológicas, constituindo desse modo um modelo totalitário. Também há o conhecimento de natureza social, cujo argumento fundamental é a ação e o comportamento humano, ao contrário dos fenômenos naturais. E, por buscar compreender os fenômenos sociais a partir das atitudes mentais e do sentido que os agentes conferem às suas ações as ciências sociais. As ciências sociais não são objetivas como as ciências naturais. Ao contrário, são subjetivas: necessitam utilizar os mesmos critérios epistemológicos, porém métodos de investigação diferentes dos correntes nas ciências naturais, métodos qualitativos com vista à

Partindo desta perspectiva ao analisar os dados provenientes das respostas a questão 8, pode-se inferir que as relações dos discentes com os saberes não são exclusivamente adquiridos no ambiente acadêmico, mas também são mediadas por saberes oriundos de outros espaços não formais e informais de ensino. Os espaços diferem dos espaços formais creditados à escola como território no qual o ensino nesta normalizado, cujos conteúdo e disciplinas são historicamente construídos. Os espaços não formais são demarcados por ambientes fora da escola, mas capacitam o indivíduo, mesmo sem lhe dar um diploma ou título, ou seja, tornam-no cidadão do mundo. Nos espaços informais há construção do senso comum, pois são ambientes demarcados por referências como família, localidade, igrejas, clubes etc., locais onde o indivíduo desenvolve suas relações sociais, hábitos, comportamentos e linguagens, segundo grupos que pertence e frequenta (GOHN, 2006). Estes espaços não formais e informais pavimentam de forma indireta a obtenção de conhecimentos sobre energias renováveis e a prática da sustentabilidade expressas pelos discentes.

Portanto, em uma concepção de ensino aprendizagem que ultrapassa as fronteiras do conhecimento disciplinar, os discentes necessitam de ações, fomentada pela escola, que ampliem seu espaço de formação no que concerne à saberes relativos às energias renováveis, vinculando-se a um profundo compromisso com a priorização da promoção da sustentabilidade. A existência desses vínculos é um dado relevante, na medida em que o IFRN é uma instituição que formalmente assume uma política comprometida com a promoção da sustentabilidade (IFRN, 1999) e que, para tanto, deve desenvolver projetos e programas que têm por finalidade o uso racional dos recursos naturais e a promoção da eficiência energética.

Nesta acepção, entende-se que os discentes devem ser apresentados aos conteúdos vinculados às fontes renováveis como uma forma de se apropriarem dos diferentes saberes e dominarem aqueles mandatórios à sua formação cidadã e com isso efetivar os objetivos previamente definidos pelo projeto IFRN Solar. Porém, surge uma questão sobre o quão especializado (disciplina restrita) ou geral (disciplina ampla) é o conhecimento de que os discentes necessitam efetivamente apoderar-se para contribuir com a promoção do desenvolvimento sustentável na sociedade e quão profundamente o IFRN está comprometido e prioriza práticas que possam ser implementadas, considerando as

obtenção de um conhecimento intersubjetivo, descritivo e compreensivo, em vez de um conhecimento objetivo, explicativo e nomotético (SANTOS, 2008). Ambos os conhecimentos são válidos academicamente.

questões socioeconômica e ambiental, como delineada no tripé do Desenvolvimento Sustentável (FRIMAN; SCHREIBER *et al.*, 2018). Os currículos do IFRN podem ser uma ferramenta indicada no ajuste de rota da curva de aprendizado do corpo discente, bem como configurar-se como um espaço aberto para germinar novas ideias a serem adicionadas à busca pela sustentabilidade.

Tabela 12: Fonte de Conhecimento dos Discente sobre Fontes Renováveis.¹⁶

Fonte de conhecimento	Discentes %
Interesse pessoal através de leituras individuais sem vínculo com o seu cotidiano escolar.	24
A socialização familiar onde me são apresentados temas referentes às Energias Renováveis	8
A propaganda de TV, rádio, revistas e a internet	34
A presença do tema relativo às energias renováveis no conteúdo das disciplinas e atividades acadêmicas.	52
Não tenho conhecimento sobre Energias Renováveis.	4

Fonte: Elaboração própria.

4.3.3 Ciência sobre a Existência de Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos Campi do IFRN – Discentes

Com o objetivo de ter a dimensão da presença do Projeto IFRN Solar no cotidiano escolar, investigou-se o conhecimento dos discentes sobre a existência de usinas fotovoltaicas instaladas nos diferentes *campi* do IFRN. No processo, primeiramente o(a)s estudantes foram questionados se tinham conhecimento de algum sistema de aproveitamento de Energia Renovável instalado na cidade que mora ou na cidade onde estuda. A partir de uma resposta afirmativa, o(a) estudante(a) foi levado(a) a apontar a tecnologia utilizada no sistema instalado que era de seu conhecimento, entre as tecnologias listadas. A Tabela 13, construída a partir das respostas do corpo discente, apresenta o percentual de estudantes do IFRN que declaram conhecer o emprego da tecnologia solar fotovoltaica em alguma escola. Nela se observa que 59% do total de estudantes entrevistado(a)s declaram conhecer um sistema fotovoltaico instalado em alguma escola, não se referindo necessariamente ao próprio IFRN.

¹⁶ O dados percentuais da Tabela 12 foram retirados da amostra total dos questionários respondidos, ou seja, N= 461 estudantes. Houve estudantes que creditaram a mais de uma fonte de conhecimento.

Tabela 13: Percentual de estudantes do IFRN que conhecem o emprego da tecnologia solar fotovoltaica em alguma escola, não se referindo necessariamente ao próprio IFRN

Fontes Renovável	Total Sim (%)	Escola pública (%)	Escola privada (%)	Escola pública/escola Privada (%)
Fotovoltaica	59,2	51,4	1,5	6,3

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 14 apresenta as tecnologias de fontes renováveis instaladas na cidade que mora ou que estuda declaradas como conhecidas pelos discentes, bem como o de conhecimento da existência de ações voltada para o uso de tecnologias renováveis no *campus* IFRN que estuda.

Quando arguidos sobre o conhecimento de algum sistema de aproveitamento de energia renovável instalado na cidade que mora ou estuda além da fotovoltaica, 32% dos discente entrevistados afirmaram conhecer um sistema de aproveitamento de Energia Eólica, 12% sabem da existência de uma Usina Termelétrica, 2% têm ciência da existência de uma usina Energia de Biomassa e 2% têm conhecimento da existência de outros sistemas.

Do total de entrevistados, 80% afirmaram saber da existência do uso de tecnologias de aproveitamento de energias renováveis e cerca de 54% dos discentes têm ciência de que tais ações ocorrem através de construção de usinas fotovoltaicas em cada *campus* do IFRN. A Tabela 14 permite contabilizar um percentual de cerca 30% de discentes que sabem da existência de ações voltada para o uso de tecnologias renováveis no *campus* do IFRN que estuda, mas desconhecem que ações são estas. Isto porque, apenas 69% do(a)s estudantes afirmam ter ciência do aproveitamento da Energia Renovável no *campus*, bem como ser a solar fotovoltaica a tecnologia utilizada nesta exploração.

Dessa forma, a partir dos dados expressos na Tabela 14, é possível afirmar que 46% dos discentes não conhecem a respeito de fontes renováveis fotovoltaicas, mesmo estudando em um *campus* que possui uma usina solar fotovoltaica em funcionamento, cujo objetivo, entre outros, é a difusão da tecnologia como um meio de promover os pressupostos da sustentabilidade.

Tabela 14: As tecnologias de fontes renováveis conhecidas pelos discentes instalada na cidade que mora ou que estuda¹⁷ e o de conhecimento de ações voltada para o uso de tecnologias renováveis no campus IFRN que estuda.

	sim
5- Tem conhecimento de algum sistema de aproveitamento de Energia Renovável instalado na cidade que mora ou trabalha?	83%
10-Tem conhecimento de alguma ação no <i>campus</i> do IFRN que você estuda voltada ao uso de tecnologias de aproveitamento dos recursos renováveis?	80%
5-Qual a tecnologia do sistema instalado na sua cidade que você conhece?	Fotovoltaica 59%
	Eólica 32%
	Térmica 12%
	Biomassa 2,0%
	Outras 2%
10-Qual a tecnologia usada nesta ação do IFRN no <i>campus</i> que você estuda?	Fotovoltaica 54%
	Eólica 2%
	Térmica 80%
	Biomassa 1,0%
	Outras 0,4%
10- A tecnologia usada nesta ação do IFRN gera?	Eletricidade 69%
	Biocombustível 1%
	Não sabe 30%

Fonte: Elaboração própria.

4.3.4 Usinas Fotovoltaicas Instaladas nos Campi do IFRN: Presença no Processo de Ensino-Aprendizagem e Contribuições à Sustentabilidade partindo da perspectiva dos discentes

Com objetivo de possibilitar o mapeamento das percepções dos discentes quanto às repercussões da instalação dos sistemas fotovoltaicos – no âmbito do projeto IFRN Solar e na sua vivência pedagógica – foi inserida a questão 11 no questionário dos discentes (ver apêndice II). A partir das respostas obtidas, fez-se um mapeamento que possibilita compreender a aderência dos objetivos do projeto IFRN Solar à realidade experimentada por esses atores quanto à disseminação dos princípios da sustentabilidade, interações com o currículo em curso e conteúdos formais praticados nos *campi* pesquisados.

¹⁷ Alguns estudantes mostraram ter conhecimento do aproveitamento de mais de uma fonte renovável de energia.

Ao comparar as respostas dos discentes por grupos de idades e por *campus*, não se encontra nestas evidências estatísticas que possam estabelecer uma correlação entre idade e os conteúdos vinculados às energias renováveis presentes no cotidiano escolar desses discentes. Já informações colhidas dos discentes em relação ao *campus* que estudam apresentam evidências estatísticas, indicando uma possível correlação entre os *campi* e as respostas dos discentes às questões dos conteúdos vinculados às energias renováveis no cotidiano escolar. Estas evidências estatísticas se constataram ao submeter as respostas da Tabela 15 e as resposta colhidas em cada *campus* ao teste qui-quadrado (verifica se evidência para $p < 0,05$). A comparação, através da aplicação do teste qui-quadrado, revela que, na avaliação dos discentes, existe diferença entre os *campi* na prática pedagógica que aborda conteúdos referentes às Fontes Renováveis de Energia no cotidiano escolar.

Dos discentes pesquisados, 33% da totalidade avalia que os conteúdos vinculados às Energias Renováveis estão presentes no cotidiano escolar de forma pouco satisfatória e concordam que o tema não é trabalhado de forma satisfatória na instituição. Já 44% do corpo discente veem como satisfatórios os conteúdos sobre Energias Renováveis presentes no seu cotidiano escolar. E por fim 23% do total de discentes entrevistados manifestaram *não ter opinião formada* a respeito, um valor razoavelmente alto para a instituição que se pauta por formar cidadãos profissionais que atentam aos problemas ambientais e aos desafios implementados das novas tecnologias e que leva nos currículos de seus cursos temas como energias renováveis presentes em maior ou menor grau.

Quanto à avaliação da atuação dos professore(a)s no que se refere ao trabalho dos conteúdos sobre Energias Renováveis na sua prática de sala de aula, os discentes apresentaram evidências estatísticas (teste qui-quadrado) que puderam estabelecer uma correlação entre os conteúdos vinculados às energias renováveis e os conteúdos ministrados pelos professores nas salas de aula em relação aos *campi* que estudam. Esta correlação apresenta o nível de significância p menor do que foi estabelecido antes da análise dos dados, fixado em 5% ($p = 0,05$), ou seja, $p < 0,05$. O julgamento dos discentes revelou que 45% destes consideram que o trabalho docente é satisfatório e que o tema Energias Renováveis está presente nas disciplinas e/ou atividades acadêmicas.

No alusivo às ações conduzidas pelo IFRN sobre energias renováveis, as respostas dos questionário indicam um certo equilíbrio de impressões. Na avaliação dos discentes, 32% disseram que estas ações são levadas a eles de forma muito satisfatória e satisfatória; já 33% responderam “não ter opinião formada” sobre o tema e os demais, 35%, afirmam que o tema não é levado a eles ou ocorre de maneira pouco satisfatória. Ao comparar as

resposta de cada um dos *campus* com o resultado da avaliação geral dos discentes observa-se apenas que cinco *campi* não respondem a estes números como mostra o teste qui-quadrado novamente aplicado. Nesta avaliação, o *campus* de João Câmara e outros três *campi* apresentam 53% de resposta “não tenho opinião formada”.

Destaca-se uma vez mais que os dados referentes ao *campus* de João Câmara revelam um índice de resposta “Não tenho Opinião formada” de 60%, índice elevado para um *campus* que se destaca por ter um curso de energias renováveis. Este índice pode ser um indicador que não há no *campus* uma divulgação sistemática sobre o tema energias renováveis, sendo este assunto tratado somente nos cursos de energia. Em particular, um resultado preocupante tendo em vista a condição do *campus* de João Câmara ser referência em energias renováveis.¹⁸

Quanto à percepção de que o conceito de sustentabilidade está presente nas atividades realizadas no *campus*, os discentes dividem em suas afirmações: 43% consideram muito satisfatória e satisfatória a forma como a instituição trabalha o tema, 31% consideram que o tema é trabalhado de forma pouco satisfatória ou que não estão presentes nas disciplinas ou atividades acadêmicas e 26% responderam que não têm opinião formada sobre o assunto. Estes dados são indicadores de que o tema Energia Renovável, de grande relevância, precisa ter maior participação no cotidiano escolar do IFRN. Isto porque, além possuir em todos os seus *campi* uma usina fotovoltaica, trata-se de uma instituição de ensino que tem seu projeto curricular estruturado em 1999:

A proposta de formar profissionais que atendam, com eficiência, à resolução dos problemas ambientais detectados pelas mudanças ocorrentes no meio ambiente, participando de um desenvolvimento sustentável diante dos desafios implementados pelas novas tecnologias que o parque industrial brasileiro e mundial estão desenvolvendo, em função dos novos requisitos de qualidade ambiental para os seus processos e produtos. (IFRN, 1999, p.89).

O IFRN, sendo também uma instituição de ensino superior (IES), deve apresentar um profundo compromisso com a promoção da sustentabilidade, objetivando apoiar práticas que melhorem as condições das sociedades com respeito a questões sociais, econômicas e ambientais. Deve, portanto, formar cidadãos que trabalhem enfrentando os desafios do mundo contemporâneo, fazendo deste planeta um lugar sustentável. Uma forma

¹⁸ *Campus* de João Câmara encontra-se na região do Mato Grande, onde estão concentrados 17.5% dos parques eólicos instalados no Brasil (68% de todo o estado) e onde se expande o aproveitamento de usinas solares fotovoltaica, com 0,7% dos parques fotovoltaicos instalados (5% em todo estado em relação à geração total produzida no Brasil).

para que esta estrutura formativa aconteça é, entre outras, a promoção da inclusão oficial, de maneira interdisciplinar, dos conteúdos referentes à Energia Renovável e à promoção da sustentabilidade nos currículos, tanto geral, ou seja, nas disciplinas propedêuticas, quanto por área de específicas de conhecimento. Deve, portanto, considerar no processo a existência de unidades de geração fotovoltaica nos *campi* e, por consequência, conferir os elementos que venham contribuir para o aprimoramento e eficácia do Projeto IFRN Solar no que concerne à promoção da sustentabilidade.

Tabela 15: Avaliação Discente Quanto a Existência de uma Prática Pedagógica que Aborda Conteúdos Referentes às Fontes Renováveis de Energia no Cotidiano Escolar

Inserção dos Conteúdos Referentes às Fontes Renováveis de Energia no Cotidiano Escolar					
	De forma bastante satisfatória	Satisfatoriamente	Não tem opinião formada	De forma pouco satisfatória	Não estão presentes nas disciplinas e/ou atividades acadêmicas
Percentual (%)					
Os conteúdos vinculados às ER estão presentes no cotidiano escolar	9	35	23	27	6
Os professores trabalham os conteúdos sobre ER	13	32	21	25	9
As ações conduzidas pelo IFRN sobre ER são levadas aos estudantes	8	24	33	26	9
O conceito de DS é trabalhado no <i>campus</i>	17	35	26	17	4

Fonte: Elaboração própria.

Conclusões e Recomendações Para Estudos Futuros

Os argumentos favoráveis à expansão do aproveitamento dos recursos renováveis de energia se ampliaram para além do debate sobre esgotamento e danos ambientais provocados pela dependência global dos combustíveis fósseis. A convergência desse ideário no nível planetário adiciona aos atrativos da energia renovável sua potencialidade de promover a mitigação dos gases que intensificam o efeito estufa em bases sustentáveis. Dito de outra maneira, em um planeta onde as fontes de origem fósseis respondem por cerca de 75% das emissões de CO₂, as fontes renováveis de energia se tornam a principal alternativa de enfrentamento das mudanças climáticas.

Por isso, os Estados Nacionais envidam esforços para promover e integrar as fontes renováveis em seus planos e programas estratégicos de desenvolvimento pautados na promoção da sustentabilidade. De forma destacada, os benefícios das fontes solar e eólica têm sido amplamente publicizados, visando a um melhor entendimento e, por consequência, sua aceitação social.

Nesse contexto, as instituições de ensino têm potencial de desempenhar papel importante na incorporação de saberes e competências relativos às Energias Renováveis em sua prática pedagógica, incluindo seus conteúdos nos currículos e/ou atividades de ensino, pesquisa e extensão, com vistas a disseminar a cultura da sustentabilidade no processo ensino aprendizagem. Dessa forma, possibilita-se aos discentes compreender a importância das fontes renováveis em seu espectro socioeconômico e ambiental e incorporá-las ao seu cotidiano.

Nesse âmbito, a tese investigou como a implantação de Sistemas Solares Fotovoltaicos nos espaços de ensino alterou a percepção dos corpos docente e discente sobre Desenvolvimento Sustentável, tanto no processo de ensino-aprendizagem quanto na prática pedagógica. Para isso, efetuou-se um estudo de caso referente à instalação de 2,14 MWp, distribuídos em 21 sistemas conectados à rede nos *campi* do IFRN – Instituto Técnico Federal do Rio Grande do Norte.

A aplicação de questionário foi a ferramenta utilizada para obter informações de aluno(a)s e professor(a)s pertencentes aos campi contemplados com essa tecnologia. Foram criadas perguntas que desvelassem o conhecimento, a prática e as vinculações dadas pelos professor(a)s quanto aos conteúdos e valores possíveis de serem extraídos

da presença das unidades de geração fotovoltaica. Como resultado, foi possível avaliar que o objetivo de disseminar os pressupostos da sustentabilidade no processo de ensino-aprendizagem não foi alcançado de forma satisfatória.

De maneira geral, observou-se que os docentes são conhecedores do papel das fontes renováveis, mas tais conhecimentos são majoritariamente obtidos a partir do interesse pessoal, sem que isso forme vínculo com sua prática escolar. No entanto, um elevado percentual manifestou não ter opinião formada sobre o tema, ainda que trabalhe em uma instituição de ensino cujo projeto pedagógico é formar cidadãos críticos e profissionais que atendam, de forma eficiente, às demandas e aos problemas ambientais detectados pelas mudanças decorrentes do desenvolvimento em todas as suas faces e, principalmente, sobre seus efeitos no meio ambiente.

No que concerne aos discentes do IFRN, um alto percentual também manifestou não ter opinião formada sobre o tema Energias Renováveis e Sustentabilidade. Isso mostra um número representativo de discentes e docentes que não estão inseridos na narrativa da promoção da sustentabilidade e, dessa forma, encontram-se apartados das necessárias ações voltadas a sua promoção no seu espaço de atuação.

A pesquisa apresenta ainda o julgamento do corpo docente e discente do IFRN sobre a existência de uma prática pedagógica que aborda conteúdos referentes às formas de Energias Renováveis no cotidiano escolar. 60% do público pesquisado consideram que a prática é inexistente ou está presente de forma insatisfatória no cotidiano escolar. Isto é, estes temas apresentam-se de forma pouco significativa ou não estão internalizadas nas disciplinas e/ou atividades acadêmicas.

A percepção dos discentes e docentes revela um distanciamento entre a prática pedagógica da instituição, as Energias Renováveis e seus vínculos com a promoção da sustentabilidade. Como o tema não é levado de forma sistêmica para o espaço escolar, prescinde-se de um ambiente de aprendizagem inovador, no qual os saberes e competências aderentes a esta abordagem permeiem o processo de ensino.

Tomando como referência as ações conduzidas pelo IFRN sobre o tema, cabe avaliar como pode ser criado um ambiente de aprendizagem no qual os saberes e competência relativas às Energias Renováveis se faça presente em todo o percurso acadêmico. A questão é desafiadora porque envolve a utilização de laboratórios, visitas a locais autênticos no mundo real e, especialmente, deve permitir que os discentes construam de forma ativa e cooperativa artefatos orientados a uma melhor compreensão das competências relativa às energia renováveis.

Os(as) professore(a)s reconhecem a importância do tema e apontam que a forma mais contundente de torná-lo presente no cotidiano escolar é a capacitação continuada que incorpore os conteúdos relacionados a sustentabilidade e fontes renováveis. Esta capacitação é uma das prerrogativas para a inclusão dos conteúdos referentes às Energias Renováveis nas disciplinas e atividades acadêmicas, uma vez que somente cerca de um terço dos docentes se consideram aptos e possuem o nível de conhecimento que os credenciam a incluir tópicos relacionados ao tema em suas atividades de sala de aula. A pesquisa indica que o programa de capacitação é necessário para ampliar os conhecimentos e desenvolver as habilidades do quadro docente no que concerne às Energias Renováveis e a suas contribuições à sustentabilidade.

A pesquisa mostrou também que apenas trazer para o espaço escolar unidades de geração fotovoltaica é insuficiente, e não favorece por si só a consolidação do conceito e a adoção de práticas pedagógicas que a materializem a importância das Energias Renováveis no processo de ensino-aprendizagem. Assim a implementação de uma prática alicerçada em um processo de construção do conhecimento que se sobrepõe ao ensino fragmentado adere-se perfeitamente ao projeto IFRN-Solar na perspectiva de se tornar um tema integrador em uma prática interdisciplinar. Porém adotar sistemas renováveis de geração de energia fotovoltaica e, através destes, promover no ambiente escolar uma prática interdisciplinar orientada à cultura da sustentabilidade demandam conhecimentos e formação de atitudes no corpo docente.

Sendo o IFRN uma instituição que abriga curso de formação superior de professores e professoras, faz-se necessário garantir a materialização de ações didático-pedagógicas que possibilitem que essa formação seja orientada à sustentabilidade. É urgente que haja atualizações contínua dos currículos para que se possa participar do debate relativo às questões ambientais e ao papel da geração e uso da energia na sociedade.

É imprescindível que conteúdos referentes às Energias Renováveis sejam inseridos formalmente nos currículos e que se desenvolva material didático capaz de dar conta do seu caráter interdisciplinar. Além dos conteúdos, é importante afirmar que a finalidade educacional da instituição escolar ultrapassa as fronteiras da instrução, sendo responsável também pela formação de sujeitos responsáveis socialmente pelo seu *habitat* e pela vida em sociedade, o que inclui a promoção de um desenvolvimento orientado à sustentabilidade.

A pesquisa desenvolvida nesta tese revela que a efetiva participação dos docentes adotando a ciência das fontes renováveis de energia como tema articulador e promotor da interdisciplinaridade é um caminho a se fazer por meio da integração de diferentes áreas do conhecimento. Assim, a apropriação dos saberes e técnicas relativas às fontes renováveis por parte dos diferentes segmentos que compõem o IFRN é uma ação efetiva para a sustentabilidade.

A publicização, formação e capacitação em fontes renováveis pelos atores envolvidos no processo de ensino são ações diretas que trazem mudanças na cultura e de atitudes dos diferentes atores e novas gerações, refletindo na sociedade mudanças no sentido da promoção da sustentabilidade. Assim, os quadros docente e discente da instituição serão capazes de se integrar a esse debate e nele envolver, com o objetivo de disseminar conhecimento sobre ações sustentáveis, em especial a geração de energia.

É fundamental que a instalação de Energias Renováveis em escolas públicas ou privadas seja mais bem exploradas não só economicamente, mas também com uma prática associada a um processo pedagógico que realmente sirva para educar todos os atores do processo ensino-aprendizagem e integre diversas áreas do conhecimento de forma interdisciplinar, desenvolvendo competências e habilidades que promovam a sustentabilidade.

A partir deste trabalho, podem se desenvolver outros estudos de caráter pedagógico e disseminador do conhecimento das ciências das Energias Renováveis. O Programa Escolas Solares, que visa instalar miniusinas fotovoltaicas e laboratórios nas escolas públicas do Rio Grande do Norte e, mais amplamente, o Projeto de Lei 4946/20 (BRASIL, 2021), que cria um programa para financiar a instalação de sistemas de geração distribuída de energia elétrica baseados em fontes renováveis nas escolas públicas brasileiras também dialogam com o tema desta tese. Uma vez aprovados, esses projetos abrirão uma vasta gama de temas para estudos, já que trarão inúmeras questões que necessitarão pesquisa e avaliações antes, durante e após o processo de instalação nas escolas de sistemas fotovoltaicos ou outras fontes renováveis.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório ANEEL-2012**. Brasília: ANEEL, 2013. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Relatorio_Aneel_2012.pdf. Acesso em: 08 mar. 2021.
- BACHELARD, G. **A epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 1953.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 4. ed. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BASSALOBRE, J. A educação em tempos de crise paradigmática: análise da proposta de Edgar Morin. **Cadernos de Educação**, [Pelotas], n. 29, p. 173-189, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/1987>. Acesso em 26fev.2021.
- BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. 5. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2005.
- BEHRENS, M. A.; RODRIGUES, D. G. Paradigma emergente: um novo desafio. **Pedagogia em Ação**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, p. 51-64, abr. 2015. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/pedagogiacao/article/view/9233>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- BORG, C.; GERICKE, N.; HÖGLUND, H.; BERGMAN, E. The barriers encountered by teachers implementing education for sustainable development: Discipline bound differences and teaching traditions. **Journal Research in Science & Technological Education**, [s. l.], v. 30, n. 2, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/02635143.2012.699891>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02635143.2012.699891>. Acesso em: 08 mar. 2021.
- BRASIL. **Decreto Nº 7.566/1909**, DE 23 DE SETEMBRO DE 1909, p. 1-4, 1909. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto_7566_1909.pdf.
- BRASIL. **Lei nº 11.892/2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2008. p. 96-112. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm. Acesso em 08 mar 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2018. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em 08 mar. 2021

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Comitê discute qualificação profissional na área de energia**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/209-564834057/45681-comite-debate-oferta-de-cursos-na-area-de-energia-renovavel>. Acesso em: 5 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Projeto IFRN Solar**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2017. Disponível em: <https://portal.ifrn.edu.br/campus/natalcentral/observatorio-da-energia/lateral/documentos/energia-solar-no-ifrn/view>. Acesso em: 08 mar. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>

BRASIL. **Projeto de Lei 4946/20**, Brasília: Câmara dos deputados, 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/706394-proposta-cria-programa-para-financiar-geracao-de-energia-solar-e-eolica-nas-escolas-publicas/>. Acesso em:

BROOK, B. W.; BRADSHAW, C. J. A. Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 702-712, 2015.

CAEIRO, S.; LEAL FILHO, W.; JABBOUR, C.; AZEITEIRO, U. **Sustainability Assessment Tools in Higher Education Institutions**. Switzerland: Springer, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02375-5>

ÇAKIRLAR ALTUNTAŞ, E.; TURAN, S. L. Awareness of secondary school students about renewable energy sources, **Renewable Energy**, [s. l.], v. 116, p. 741-748, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.034>.

CARIDE, J.; MEIRA, P. **Educação Ambiental e Desenvolvimento Humano**. 1ª ed. Lisboa: Piaget, 2004.

CIRIMINNA, R.; MENEGUZZO, F.; PECORAINO, M. *et al.* Rethinking solar energy education on the dawn of the solar economy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], 1 set. 2016.

CONSTANTINO, G.; FREITAS, M.; FIDELIS, N. *et al.* Adoption of photovoltaic systems along a sure path: A life-cycle assessment (LCA) study applied to the analysis of GHG

emission impacts. **Energies**, [s. l.], v. 11, n. 10, 2018. DOI: <http://doi.org/10.3390/en11102806>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/10/2806/htm>.

CONSTANTINO, G. **Eficiência Energética e Energia Solar Fotovoltaica em Prédios Públicos no Setor de Educação no Nordeste do Brasil: o Caso da Expansão do IFRN**. 2019. 164 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra De Pós-graduação E Pesquisa De Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Gabriel_Constantino- DOUTORADO 2019.pdf.

COPERNICUS. Copernicus: The University Charter For Sustainable Development. Geneva, May 1994.

A DECLARAÇÃO Talloires Sobre os Papéis Cívicos e Responsabilidade Social do Ensino Superior. **Talloires Network**, [s. l.], 2000. Disponível em: <https://talloiresnetwork.tufts.edu/wp-content/uploads/DeclarationinPortuguese.pdf>.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 9ª ed. Rio de janeiro, 2010.

DOVERS, S. R.; HANDMER, J. W. Uncertainty, sustainability and change. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992. DOI: [http://doi.org/10.1016/0959-3780\(92\)90044-8](http://doi.org/10.1016/0959-3780(92)90044-8).

EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R., SOKONA, Y. *et al.* IPCC, 2011: Summary for Policymakers. **SRREN Report**, [s. l.], 2011. Disponível em: <http://srren.ipcc-wg3.de/report>.

ESD SECTION. UN Decade of Education for Sustainable Development: the first two years. **Journal of Education for Sustainable Development**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 117-126, mar. 2007. DOI: <http://doi.org/10.1177/097340820700100120>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/097340820900300116>. Acesso em: 26 fev. 2021.

FELTRIN, A., FREUNDLICH, A. Material considerations for terawatt level deployment of photovoltaics, **Renewable Energy**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 180-185, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.renene.2007.05.024>.

FERREIRA, M. F.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F. *et al.* Insertion of Photovoltaic Solar Systems in Technological Education Institutions in Brazil: Teacher Perceptions Concerning Contributions Towards Sustainable Development. **Sustainability**, Switzerland, v. 12, n. 4, 1 fev. 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/su12041292>.

- FLETCHER, F. T. H.; ROUSSEAU, J.-J. Discours sur les Sciences et les Arts. **The Modern Language Review**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 269, 1947. DOI: <http://doi.org/10.2307/3717250>.
- FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 23. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.
- FREIRE, P. **Pedagogia da indignação: Cartas pedagógicas e outros escritos**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-32832001000100016>.
- FREITAS, M. A Educação para o Desenvolvimento Sustentável e a Formação de Educadores/Professores. **Perspectiva**, Florianópolis, [s. l.], v. 22, n. 02, p. 547-575, jul./dez. 2004. Disponível em: <http://www.ced.ufsc.br/nucleos/nup/perspectivas.html>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- FRIMAN, M.; SCHREIBER, D.; SYRJÄNEN, R. *et al.* Steering sustainable development in higher education: Outcomes from Brazil and Finland. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 186, p. 364-372, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.090>.
- GAUTHIER, C.; STÉPHANE, M.; JEAN-FRANÇOIS, D. **Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 1998.
- GÓES, H. C. de A. **Análise comparativa de instrumentos para avaliação da sustentabilidade em universidades visando uma proposta para o Brasil**. 2015. 189 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra De Pós-Graduação E Pesquisa De Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/doutorado/Heloisa_Cronemberger_de_Araujo_Góes.pdf. Acesso em: 26 fev. 2021.
- GÓES, H. C. de A.; MAGRINI, A. Higher Education Institution Sustainability Assessment Tools: Considerations on Their Use in Brazil. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 322-341, jan. 2016. DOI: <http://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2014-0132>. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1100702>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- GOHN, G. M. Da Sociedade Civil E Estruturas Colegiadas Nas Escolas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PEDAGOGIA SOCIAL, 1., 2006, São Paulo. **Anais [...]**: São Paulo: USP, 2006. p. 27-38.
- GRANDELL, L.; HÖÖK, M. Assessing rare metal availability challenges for solar energy

technologies. **Sustainability**, Switzerland, v. 7, n. 9, p. 11818-11837, 2015. DOI: <http://doi.org/10.3390/su70911818>.

GUERRA, S. M. G. Apresentação: algumas reflexões sobre energia, ambiente e sociedade. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 18-19, 2008.

HARJANNE, A.; KORHONEN, J. M. Abandoning the concept of renewable energy. **Energy Policy**, [s. l.], v. 127, Dec. 2018, p. 330-340, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.029>.

HARTMANN, A. M.; ZIMMERMANN, E. O trabalho interdisciplinar no Ensino Médio: A reaproximação das “Duas Culturas”. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, 2007. <https://doi.org/10.1111/cobi.12433>. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cobi.12433>. Acesso em: 08 mar. 2021.

HOPKINS, C.; MCKEOWN RTILBURY, E. D.; STEVENSON, R. B., FIEN, J. *et al.* **Education and Sustainability: Responding to the Global Challenge**. [S.l: s.n.], 2003. v. 4.

IFRN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. **Sistema Unificado de Administração Pública/IFRN – SUAP-IFRN**. 2018. Disponível em: <https://suap.ifrn.edu.br>.

IFRN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Projeto de reestruturação curricular. Natal: CEFET, 1999. Disponível em: <https://portal.ifrn.edu.br/institucional/projeto-politico-pedagogico-1>.

IFSULMINAS. IFRN Solar. 2017. Disponível em: <https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/ultimas-noticias-ifsuldeminas/78-noticias-da-prodi/1008-IFRN Solar>. Acesso em: 5 jun. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY IEA. Solar Photovoltaic Energy. **Technology Roadmap**, [s. l.], p. 60, 2014. DOI: http://doi.org/10.1007/SpringerReference_7300. Disponível em: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf.

IAU - International Association of Universities. **The Swansea Declaration**, 1993. Disponível em: https://www.iau-hesd.net/sites/default/files/documents/the_swansea_declaration.pdf.

Acesso em 04 de ago. 2021.

IAU - International Association of Universities. **The Halifax Declarations**, 2001.

Disponível em: https://www.iau-hesd.net/sites/default/files/documents/rfl_727_halifax_2001.pdf. Acesso em 04 de ago. 2021.

JÖRG, T.; DAVIS, B.; NICKMANS, G. Towards a new, complexity science of learning and education. **Educational Research Review**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 145-156, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.09.002>.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. [São Paulo]: Atlas, 2003.

LEAL FILHO, W.; MANOLAS, E.; PACE, P. The Future We Want: Key Issues on Sustainable Development in Higher Education After Rio and the UN Decade of Education for Sustainable Development. **International Journal of Sustainability in Higher Education**. [S. l.], v. 16, n. 1, p. 112-129, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2014-0036>. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1054283>. Acesso em: 26 fev. 2021.

LIMA, L. de O. A epistemologia genética de Jean Piaget. **Arquivo brasileiro de psicologia**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 155-159, 1979.

LISETE, C.; GROENWALD, O. Energia solar no ensino da Matemática: uma proposta para o Ensino Médio. **Acta Scientiae**, [Canoas], v. 7, n. 1, p. 111-122, 2005. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/download/192/176>. Acesso em: 08 mar. 2021.

LOHR, S. L., GROVE, P., BELMONT, A. **Sampling: Design and Analysis**. [S. l.]: Duxbury Press, 2000. Disponível em: https://drive.uqu.edu.sa/_/maatia/files/Sampling.pdf.

LÓPEZ-ALCARRIA, A.; OLIVARES-VICENTE, A.; POZA-VILCHES, F. A Systematic Review of the Use of Agile Methodologies in Education to Foster Sustainability Competencies. **Sustainability**, Switzerland, v. 11, n. 10, p. 2915, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3390/su11102915>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/10/2915>.

LÓPEZ-ALCARRIA, A.; GUTIÉRREZ-PÉREZ, J.; POZA-VILCHES, F. Sustainable Management of Pre-school Education Centers: A Case Study in the Province of Granada. **Procedia1: Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 237, fev. 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.104>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042817301040>. Acesso em: 26 fev. 2021.

MARTENS, P. Sustainability: Science or fiction? **IEEE Engineering Management**

Review, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 70, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1109/EMR.2007.4296430>.

MAX-NEEF, M. A. Foundations of transdisciplinarity. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 53, n. 1, p. 5-16, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.014>.

MEC. **Comitê Temático de Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/209-564834057/45681-comite-debate-oferta-de-cursos-na-area-de-energia-renovavel>. Acesso em: 5 jun. 2019.

MEC. **Projeto IFRN Solar**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2017. Disponível em: <http://portal.ifrn.edu.br/ifrn/campus/natalcentral/observatorio-da-energia/lateral/documentos/energia-solar-no-ifrn>.

MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.

MMA. **Agenda 21**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>.

MORAES, M. C. **O paradigma educacional emergente**. Campinas: Papirus, 1997.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 2010.

MORGADO, J. C. **O Estudo de Caso na Investigação em Educação**. Santo Tirso: De Facto, 2013.

MORIN, E. **A religação dos saberes**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MORIN, E. Introdução ao pensamento complexo. Tradução de Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2003.

NUNES, C. M. F. Saberes docentes e formação de professores: um breve panorama da pesquisa brasileira. **Educação & Sociedade**, ano XXII, n. 74, abr. 2001. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302001000100003>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Higher Education Sustainability Initiative for Rio+20**. [S. l.]: ONU, 2014.

ONU. UN Decade of Education for Sustainable Development. **Journal of Education for Sustainable Development**, v. 1, n. 1, p. 117-126, mar. 2007. DOI: <http://doi.org/10.1177/097340820700100120>.

PADUA, S. M.; TABANEZ, M. F. **Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil**. 1. ed. [Belo Horizonte]: Ipê, 1997.

PARDO DÍAZ, A. **Educação Ambiental como Projeto**. 2ª ed. Porto Alegre: Penso, 2002.

PAULINO, T.; PINTO, M.; COSTA, G.; BAMBIRRA, M.; PAULINO, E. Oficinas educacionais: atividade de extensão como método para a melhor utilização da energia para estudantes do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 139-151, 30 dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2016.v11.2353>. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2353>. Acesso em: 08 mar. 2021.

PLASTINO, C. A. A crise do paradigma e a crise do conceito de paradigma. In: BRANDÃO, Z. (org.). **A crise dos paradigmas e educação**, São Paulo: Cortez, 2007. p. 108.

PINHEIRO, H. H. C.; SILVA, N. F. D.; Branco, D. A. C.; PEREIRA, M. G. Photovoltaic Solar Systems in Multi-Headquarter Institutions: A Technical Implementation in Northeastern Brazil. **Energies** **2020**, [s. l.], v. 13, n. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13102659>.

PODER, S. H. **Potentials and challenges of facade mounted PV in urban areas**: with Copenhagen International School as case. Master's Thesis – Technical University of Denmark/Department of Electrical Engineering Centre for Electric Power and Energy (CEE), Copenhagen, 2018.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book Metodologia do Trabalho Cientifico.pdf>.

RAZAK, D.A.; CAEIRO, S.; LEAL FILHO, W. *et al.* **Sustainability Assessment Tools in Higher Education Institutions**. [S. l.]: Springer, 2013.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social, métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: incluyente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SALAS-ZAPATA, W.; RÍOS-OSORIO, L.; CASTILLO, J. Á. Del. La ciencia emergente de la sustentabilidad: de la práctica científica hacia la constitución de una ciencia. **Interciencia**, [s. l.], v. 36, n. 9, p. 699-706, 2011.

SANTOS, B. **Um discurso sobre as ciências**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

SANTOS, S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Interdisciplinaridade e resolução de problemas: algumas questões para quem forma futuros professores de ciências. **Educação & Sociedade**, [s. l.], v. 29, n. 103, p. 557-579, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1590/s0101-73302008000200013>.

SCHIAVETTI, R. L. Desenvolvimento de sequência didática para o Ensino Fundamental I: Formas de Energias e Sustentabilidade. 2013. Monografia (Pós-Graduação Latu Sensu) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, PAULO DIAS; MENDES, F. A.; NASCIMENTO, V. S. **Paulo Freire e sustentabilidade: educação para a sociedade sustentável: resultados e discussão** In: SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., Crato, 2013. Crato: URCA, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/8451082-Paulo-freire-e-sustentabilidade-educacao-para-a-sociedade-sustentavel.html>.

SILVA, N. F. da. **Fontes de energia renováveis complementares na expansão setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica**. 2006. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

SLAPER T.F.; HALL, T. J. **The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work?**. Indiana Bus. Rev., v. 86, n. 1, 2011, p. 4-8.

STERLING, S. Sustainability, and the Role of Systemic Learning. In: CORCORAN, P. B.; WALS, A. E. J. (org.). **Higher Education and the Challenge of Sustainability**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. p. 49-70. DOI: <http://doi.org/10.1007/0-306-48515-X>. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/0-306-48515-X>.

TAO, C. S.; JIANG, J.; TAO, M. Natural resource limitations to terawatt-scale solar cells. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, [s. l.], v. 95, n. 12, p. 3176-3180, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.solmat.2011.06.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927024811003527?via%3Dihub>.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2005.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1590/s1516-73132003000200003>.

ASSOCIATION OF LEADERS FOR A SUSTAINABLE FUTURE. **Talloires Declaration**. [S. l.]: ULSF, 1990. Disponível em: <https://ulsf.org/talloires-declaration/>.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Knowledge for Change. **UNEP 2006 Annual Report**, [s. l.], 2006. Disponível em: [http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7476/-UNEP 2006 Annual Report-2007755.pdf?sequence=5&isAllowed=y](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7476/-UNEP%202006%20Annual%20Report-2007755.pdf?sequence=5&isAllowed=y).

UNESCO. **Sustainable development education, the force of change**. [S. l.]: UNESCO, 1999.

UNESCO. **Teaching and Learning for a Sustainable Future**. [S. l.]: UNESCO, 2002.

Disponível em: <http://www.unesco.org/education/tlsf>.

UNESCO. **Educação 2030**: Declaração de Incheon e Marco de Ação para a implementação do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4: Assegurar a educação inclusiva e equitativa de aprendizagem ao longo da vida para todos. [S. l.]: UNESCO, 2016.

Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_por

VIDAL, O.; GOFFÉ, B.; ARNDT, N. Metals for a low-carbon society. **Nature Geoscience**, [s. l.], v. 6, n. 11, p. 894-896, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1038/ngeo1993>.

VILELAS, J. C. **Investigação: o processo de construção do conhecimento**. Lisboa: Sílabo, 2009.

WIEK, A.; WITHYCOMBE, L.; REDMAN, C. L. Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. **Sustainability Science**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 203-218, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>.

WRIGHT, T. S. A. Definitions and frameworks for environmental sustainability in higher education. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 203-220, 2002. DOI: <http://doi.org/10.1108/14676370210434679>.

ZEICHNER, K. M. Uma análise crítica sobre a “reflexão” como conceito estruturante na formação docente. **Educação e Sociedade**, [s. l.], v. 29, n. 103, p. 535-554, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1590/s0101-73302008000200012>.

ZYADIN, A., PUHAKKA, A., AHPONEN, P. *et al.* Secondary school teachers' knowledge, perceptions, and attitudes toward renewable energy in Jordan, **Renewable Energy**, [s. l.], v. 62, p. 341-348, fev. 2014. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.renene.2013.07.033>.

ZYADIN, A., PUHAKKA, A., AHPONEN, P. *et al.* Scholl students' knowledge, perceptions, and attitudes toward renewable energy. in Jordan. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 45, p. 78-85, mar. 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.renene.2012.02.002>.

Anexo I

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA APLICADO AOS

DOCENTES

MAIO 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa
de Engenharia**

Programa de Planejamento Energético - PPE/COPPE/UFRJ

Questionário de Pesquisa

Direcionado a professores(as) do IFRN

Para Tese de Doutorado:

**INSERÇÃO DE SISTEMAS SOLARES
FOTOVOLTAICOS EM INSTITUIÇÕES DE
ENSINO: CONTRIBUIÇÕES À PROMOÇÃO
DA SUSTENTABILIDADE**

Aluno: Maurisete Fernando Ferreira

Orientação: Marcos Aurélio V.

Freitas

Neilton Fidelis da Silva

Maio de 2018

Questionário

Docentes do IFRN

- 1- Campus **IFRN** que leciona: _____
- 2- Gênero
Homem *mulher* *outros*
☐ ☐ ☐
- 3- Área de conhecimento que atua:
☐ *Linguagens, Códigos e suas Tecnologias*
☐ *Ciências Humanas e suas Tecnologias*
☐ *Tecnológico*
☐ *Ciências da natureza e Matemática*

4- Você sabe o que é “Energia Renovável”?

☐

Não

☐

Sim,

Então marque com X os tipos de energia renovável que você tem conhecimento juntamente com o julgamento que você faz de seu nível de conhecimento? Considere;

- Conhecimento Elevado – Se você tem o domínio sobre o assunto tanto teórico como prático, estuda, pesquisa ou leciona o tema;

- Conhecimento Médio – Se você tem seu conhecimento baseado na literatura científica e/ou tem o estudado em cursos ou por meio de leitura pessoal;

- Conhecimento Regular – Se você tem algum conhecimento baseado na literatura científica e por meio de veículos de informações como rádio, TV, Internet e revistas não especializadas.

- Conhecimento Pouco - Se você tem o conhecimento baseado no senso comum.

- Conhecimento Mínimo – Se você não tem nenhum conhecimento e o mínimo de conhecimento sobre o assunto e baseado no senso comum.

	Conhecimento Elevado	Conhecimento médio	Conhecimento regular	Conhecimento pouco	conhecimento mínimo
Fonte Eólica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Biomassa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Térmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Fotovoltaica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Heliotérmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Geotérmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Ondas e Mares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se marcou " Outras ", especifique a fonte:_____

5- Tem conhecimento de algum sistema de aproveitamento de Energia Renovável instalado na cidade mora ou trabalha?

☐ **Sim**

Qual a tecnologia do sistema instalado na sua cidade que você conhece?	Onde está instalado este sistema?
<input type="radio"/> <i>Eólica</i>	<input type="radio"/> Em uma propriedade Privada:
<input type="radio"/> <i>Biomassa</i>	<input type="radio"/> <i>Industria</i>
<input type="radio"/> <i>Solar Térmica</i>	<input type="radio"/> <i>Comercio</i>
<input type="radio"/> <i>Solar Fotovoltaica</i>	<input type="radio"/> <i>Residência</i>
<input type="radio"/> <i>Heliotérmica</i>	<input type="radio"/> <i>Outro:</i>
<input type="radio"/> <i>Energia Geotérmica</i>	_____
<input type="radio"/> <i>Energia das Ondas e Marés</i>	Em um local :
<input type="radio"/> <i>Outras:</i> _____	<input type="radio"/> <i>Hospital</i>
	<input type="radio"/> <i>Escola</i>
	<input type="radio"/> <i>Instituto de Pesquisa</i>
	<input type="radio"/> <i>Outro</i>
	<input type="radio"/> _____

☐ **Não**

6- Marque com x as afirmações que você considera verdadeiras:

- ☐ O aquecedor solar térmico é usado para aquecer a água para uso doméstico, hospitalar e industrial.
- ☐ A placa solar fotovoltaica é uma tecnologia usada para converter energia solar em eletricidade.
- ☐ A turbina eólica é um exemplo de conversão da energia do vento em eletricidade.
- ☐ A hidroeletricidade é um exemplo de uma fonte não renovável de energia
- ☐ O sol produz eletricidade em usinas termoelétricas

7- No quadro abaixo marque com X o seu julgamento:

	Concordo plenamente	concordo	não tenho opinião formada	Discordo	Discordo completamente
Energia Renovável Reduz custo com energia Elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável Reduz custo com derivado de petróleo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável reduz a dependência do petróleo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável promove o desenvolvimento sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável é muito cara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os custos de instalação da energia renovável superam os benefícios ambientais que podem ser obtidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8- Você **credita** seu conhecimento sobre Energia Renovável:

- ☐ *Ao interesse pessoal através de leituras individuais sem vínculo com o seu cotidiano escolar.*
 - ☐ *A socialização familiar onde me são apresentados temas referentes as Energias Renováveis.*
 - ☐ *A propaganda de TV, Rádio e revistas.*
 - ☐ *Ao cotidiano escolar através de troca de informações com outros professores.*
 - ☐ *A presença do tema das Energias Renováveis nos conteúdos das disciplinas e atividades acadêmica.*
 - ☐ *Não tenho conhecimento sobre Energias Renováveis.*
- Outra fonte: _____

9- Os termos " aquecimento global / mudança Climática". É de seu conhecimento?

☐ **Não**

☐ **Sim**

Então marque com X as afirmações que você considera verdadeiras

- ☐ *A temperatura média do planeta está aumentando*
- ☐ *As geleiras estão aumentando devido ao aquecimento Global*
- ☐ *O nível do mar está aumentando devido ao aquecimento Global*
- ☐ *As fontes renováveis de energia contribuem para aquecimento Global*
- ☐ *O aumento das emissões de gases de efeito estufa estão causando o aquecimento Global*

10- Tem conhecimento de alguma ação no Campus do IFRN que você leciona voltada ao uso de tecnologias de aproveitamento dos recursos renováveis?

☐ **Sim**

<p>Qual a tecnologia usada nesta ação do IFRN no Campus que você leciona?</p> <p><input type="radio"/> <i>Eólica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Biomassa</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Solar Térmica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Solar Fotovoltaica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Heliotérmica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Energia Geotérmica</i></p>	<p>A tecnologia usada nesta ação do IFRN:</p> <p><input type="radio"/> <i>Produz biocombustíveis</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Produz calor</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Gera eletricidade</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Não sabe responder</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Produz bioenergia</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Energia das Ondas e Marés;</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Outras:</i></p> <p>_____</p>
--	--

☐ **Não**

11- No quadro abaixo marque com x o seu julgamento:

	De forma bastante satisfatória	satisfatoriamente	Não tenho opinião formada	De forma pouco satisfatória	Não estão presentes nas disciplinas e/ou atividades acadêmica
Os conteúdos vinculados às Energias Renováveis estão presentes no dia escolar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os professores trabalham os conteúdos sobre Energias Renováveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As ações conduzidas pelo IFRN no Campus que estudo sobre Energias Renováveis são levadas aos alunos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conceito de desenvolvimento sustentável e trabalhado no Campus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 12- Quanto a sua prática pedagógica frente aos desafios de incluir o tema das Fontes Renováveis de Energia no cotidiano, no quadro abaixo marque com x o seu julgamento:

	Concordo plenamente	Concordo	Não tenho opinião formada	Discordo	Discordo Completamente
O nível de conhecimento que tenho sobre Fontes Renováveis de Energia me credencia a incluir tópicos relacionados a Fontes Renováveis de Energia nas minhas atividades de sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
É necessário um programa de capacitação para que possa ampliar meus conhecimentos e desenvolver minhas habilidades no ensino de aspectos de Fontes Renováveis.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu gostaria de aprender mais sobre Fontes Renováveis de Energia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O IFRN precisa promover mais o tema das Fontes Renováveis de Energia no Campus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Minha carga horária e demais atividades acadêmicas não me permitem tempo para lecionar aos conteúdos fora do que é formalmente exigido no currículo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Concordo
plenamente

Concordo

Não tenho
opinião
formada

Discordo

Discordo
Completamente

Os conteúdos
referentes às
Fontes
Renováveis de
Energia devem
ser introduzidos
oficialmente nos
currículos de
maneira
interdisciplinar

☐☐☐☐☐

O tema da
tomada de
consciência
sobre o papel da
energia na vida
das pessoas e
sociedade deve
ficar a cargo dos
pais e não da
escola

☐☐☐☐☐

Não vejo que
exista
necessidade de
inclusão de
conteúdos
relacionados a
Fontes
Renováveis de
Energia nos
currículos
escolares,
exceto no caso
de cursos
técnicos e
superior da área
tecnológica

☐☐☐☐☐

A área de
conhecimento
que atuo não
possui vínculo
algum com os
conteúdos
referentes a
fonte renováveis
de energia

☐☐☐☐☐

Anexo II

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA APLICADO AOS
DISCENTES
MAIO 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa
de Engenharia**

Programa de Planejamento Energético - PPE/COPPE/UFRJ

Questionário de Pesquisa

Direcionado aos Discentes do IFRN

Para Tese de Doutorado:

**INSERÇÃO DE SISTEMAS SOLARES
FOTOVOLTAICOS EM INSTITUIÇÕES DE
ENSINO: CONTRIBUIÇÕES À PROMOÇÃO
DA SUSTENTABILIDADE**

Aluno: Maurisete Fernando Ferreira

**Orientação: Marcos Aurélio V.
Freitas**

Neilton Fidelis da Silva

Maio de 2018

Questionário aplicado aos Discentes do IFRN

1- Campus **IFRN** que estuda: _____

2- Gênero

☐☐☐

Homem *mulher*

outros

3- Idade: _____

4- Você sabe o que é “Energia Renovável”?

☐ **Não**

☐ **Sim**

Então marque com X os tipos de energia renovável que você tem conhecimento juntamente com o julgamento que você faz de seu nível de conhecimento? Considere;

- Conhecimento Elevado – Se você tem o domínio sobre o assunto tanto teórico como prático, estuda, pesquisa.

- Conhecimento Médio – Se você tem seu conhecimento baseado na literatura científica e/ou tem o estudado em cursos ou por meio de leitura pessoal;

- Conhecimento Regular – Se você tem algum conhecimento baseado na literatura científica e por meio de veículos de informações como rádio, TV, Internet e revistas não especializadas.

- Conhecimento Pouco - Se você tem o consentimento baseado no senso comum.

- Conhecimento Mínimo – Se você não tem nenhum conhecimento e o mínimo de conhecimento sobre o assunto e baseado no senso comum.

	Conhecimento Elevado	Conhecimento médio	Conhecimento regular	Conhecimento pouco	conhecimento mínimo
Fonte Eólica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Biomassa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Térmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Fotovoltaica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Heliotérmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Geotérmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fonte Ondas e Mares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se marcou " Outras ", especifique a fonte:_____

5- Tem conhecimento de algum sistema de aproveitamento de Energia Renovável instalado na cidade mora ou trabalha?

☐ **Sim**

<p>Qual a tecnologia do sistema instalado na sua cidade que você</p> <p><input type="radio"/> conhece?</p> <p><input type="radio"/> <i>Eólica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Biomassa</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Solar Térmica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Solar Fotovoltaica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Heliotérmica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Energia Geotérmica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Energia das Ondas e Marés</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Outras:</i> _____</p> <p><input type="radio"/></p>	<p>Onde está instalado este sistema?</p> <p>Em uma propriedade Privada:</p> <p><input type="radio"/> <i>Industria</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Comercio</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Residência</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Outro:</i> _____</p> <p><input type="radio"/></p> <hr/> <p>Em um local público:</p> <p><input type="radio"/> <i>Hospital</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Escola</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Instituto de Pesquisa</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Outro</i> _____</p> <p><input type="radio"/></p>
--	--

☐ **Não**

6- Marque com x as afirmações que você considera verdadeiras:

- ☐ O aquecedor solar térmico é usado para aquecer a água para uso doméstico, hospitalar e industrial.
- ☐ A placa solar fotovoltaica é uma tecnologia usada para converter energia solar em eletricidade.
- ☐ A turbina eólica é um exemplo de conversão da energia do vento em eletricidade.
- ☐ A hidroeletricidade é um exemplo de uma fonte não renovável de energia
- ☐ O sol produz eletricidade em usinas termoeletricas

7- No quadro abaixo marque com X o seu julgamento:

	Concordo plenamente	concordo	não tenho opinião formada	Discordo	Discordo completamente
Energia Renovável Reduz custo com energia Elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável Reduz custo com derivado de petróleo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável reduz a dependência do petróleo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável promove o desenvolvimento sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia Renovável é muito cara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os custos de instalação da energia renovável superam os benefícios ambientais que podem ser obtidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8- Você **credita** seu conhecimento sobre Energia Renovável:

- ☐ *Ao interesse pessoal através de leituras individuais sem vínculo com o seu cotidiano escolar.*
 - ☐ *A socialização familiar onde me são apresentados temas referentes as Energias Renováveis.*
 - ☐ *A propaganda de TV, Rádio e revistas.*
 - ☐ *Ao cotidiano escolar através de troca de informações com outros professores.*
 - ☐ *A presença do tema das Energias Renováveis nos conteúdos das disciplinas e atividades acadêmica.*
 - ☐ *Não tenho conhecimento sobre Energias Renováveis.*
- Outra fonte: _____

9- Os termos " aquecimento global / mudança Climática". É de seu conhecimento?

- ☐ **Não**
- ☐ **Sim**

Então marque com X as afirmações que você considera verdadeiras

- ☐ *A temperatura média do planeta está aumentando*
- ☐ *As geleiras estão aumentando devido ao aquecimento Global*
- ☐ *O nível do mar está aumentando devido ao aquecimento Global*
- ☐ *As fontes renováveis de energia contribuem para aquecimento Global*
- ☐ *O aumento das emissões de gases de efeito estufa estão causando o aquecimento Global*

10- Tem conhecimento de alguma ação no Campus do IFRN que você leciona voltada ao uso de tecnologias de aproveitamento dos recursos renováveis?

☐ **Sim**

<p>Qual a tecnologia usada nesta ação do IFRN no Campus que você estuda?</p> <p><input type="radio"/> <i>Eólica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Biomassa</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Solar Térmica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Solar Fotovoltaica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Heliotérmica</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Energia Geotérmica</i></p>	<p>A tecnologia usada nesta ação do IFRN:</p> <p><input type="radio"/> <i>Produz biocombustíveis</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Produz calor</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Gera eletricidade</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Não sabe responder</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Produz bioenergia</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Energia das Ondas e Marés;</i></p> <p><input type="radio"/> <i>Outras: _____</i></p>
---	---

☐ **Não**

11- No quadro abaixo marque com x o seu julgamento:

	De forma bastante satisfatória	satisfatoriamente	Não tenho opinião formada	De forma pouco satisfatória	Não estão presentes nas disciplinas e/ou atividades acadêmica
Os conteúdos vinculados às Energias Renováveis estão presentes no dia escolar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os professores trabalham os conteúdos sobre Energias Renováveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As ações conduzidas pelo IFRN no Campus que estudo sobre Energias Renováveis são levadas aos alunos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conceito de desenvolvimento sustentável e trabalhado no Campus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>