



**UESB**  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO SUDOESTE DA BAHIA



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MOHAMMED LUIZ SANTOS COUTO**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO INTERDISCIPLINAR ATRAVÉS DO TEMA  
ENERGIA EÓLICA: APROXIMAÇÕES ENTRE AS ESTRATÉGIAS FLEXQUEST E  
ILHAS DE RACIONALIDADE**

**VITÓRIA DA CONQUISTA  
JULHO DE 2020**

**MOHAMMED LUIZ SANTOS COUTO**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO INTERDISCIPLINAR ATRAVÉS DO TEMA  
ENERGIA EÓLICA: APROXIMAÇÕES ENTRE AS ESTRATÉGIAS FLEXQUEST E  
ILHAS DE RACIONALIDADE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação (PPG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Duarte José

Coorientadora: Profa. Dra. Simara Santos Campos

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**JULHO DE 2020**

C911p

Couto, Mohammed Luiz Santos.

Uma proposta de ensino interdisciplinar através do tema energia eólica: aproximações entre as estratégias *FlexQuest* e ilhas de racionalidade. / Mohammed Luiz Santos Couto, 2020.

153f. il.

Orientador (a): Dr. Wagner Duarte José.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F. 103 - 111.

1. Alfabetização Científica e Tecnológica. 2. Ilha Interdisciplinar de Racionalidade - Estatégia *FlexQuest*. 3. Flexibilidade cognitiva. 4. Energia eólica– Eletromagnetismo. I. José, Wagner Duarte. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 530

**Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA



### **ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado**

Aos vinte e um dias do mês de agosto de 2020, às 14h00, através de plataforma virtual , instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada “Uma proposta de ensino interdisciplinar através do tema energia eólica: aproximações entre as Estratégias Flexquest e Ilhas de Racionalidade.”, de autoria de Mohammed Luiz Santos Couto, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Wagner Duarte José, orientador do mestrando e contou com a participação das professoras Dra. Camila Messias Barbosa Santos e Dra. Fabiane Alexandra Andrade de Jesus, na condição de examinadoras; tendo sido **APROVADO**. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser enviada para a secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Prof. Dr. Wagner Duarte José  
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Profa. Dra. Camila Messias Barbosa Santos  
Examinadora externa

Profa. Dra. Fabiane Aleksandra Andrade de Jesus  
Examinadora externa

Mohammed Luiz Santos Couto  
Discente

Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves  
Coordenadora do PPG-MNPEF



Documento assinado eletronicamente por Fabiane Aleksandra A. Jesus, Professor Adjunto, em 21/08/2020, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por Camila Messias Barbosa Santos, Professor Adjunto, em 21/08/2020, às 16:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por Cristina Porto Gonçalves, Professor Titular, em 21/08/2020, às 16:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por Wagner Duarte Jose, Professor Pleno, em 21/08/2020, às 17:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por MOHAMMED LUIZ SANTOS COUTO, Usuário Externo, em 24/08/2020, às 20:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 00021431780 e o código CRC D81E70D8.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional  
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF  
Área de concentração: Ensino de Física



**UMA PROPOSTA DE ENSINO INTERDISCIPLINAR ATRAVÉS DO TEMA ENERGIA EÓLICA:  
APROXIMAÇÕES ENTRE AS ESTRATÉGIAS FLEXQUEST E ILHAS DE RACIONALIDADE**

AUTOR: MOHAMMED LUIZ SANTOS COUTO

DATA DE APROVAÇÃO: 21 DE AGOSTO DE 2020

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Wagner Duarte José  
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Profa. Dra. Camila Messias Barbosa Santos  
Examinadora externa

Profa. Dra. Fabiane Alexandra Andrade de Jesus  
Examinadora externa

2020



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB  
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA  
CEP: 45031-300



## Agradecimentos

Ao meu Deus, Jesus Cristo, aquele que me dá paz e guia minhas decisões.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wagner Duarte José, pela dedicação, atenção e paciência em todas as orientações, minha maior referência profissional, um grande mestre.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Simara Campos, pela sua disponibilidade e significativa contribuição.

Aos colegas de turma, sem eles o fardo seria mais pesado, em especial, Matheus, meu companheiro de estudos e amigo desde a graduação, me acolheu com casa e transporte, minimizando as diversas dificuldades de se estudar à 270 km de casa; ao meu xará mineiro, Mohramady, companheiro que tornou as inúmeras viagens à Vitória da Conquista menos traumáticas. Imagino a dificuldade que passaria se tivesse que ir de ônibus todas as semanas. Tenho certeza que Deus colocou vocês em meu caminho com um propósito.

Aos demais professores do mestrado, carrego influências de vocês na construção da minha identidade como docente. Poderia falar exatamente o quê de cada um, mas o texto ficaria muito longo.

Aos meus pais, Luiz Couto e Leda, exemplos de pessoas com caráter firme e reto, fizeram-me compreender que a opção mais certa que poderia fazer eram os estudos, e que não existe atalhos para o sucesso.

Ao meu irmão, Pablo, um exemplo de profissional e de determinação para correr atrás dos seus objetivos, inspiração para mim.

Aos meus amigos Denis e Jonathan, presentes nos principais episódios da minha vida, companheiros e motivadores, outras duas inspirações que me fazem evoluir enquanto pessoa.

À Dona Lourdes, sempre prestativa, me forneceu seu apartamento novinho em folha para me abrigar em Vitória da Conquista durante todo o mestrado, sou eternamente grato à senhora.

À minha tia Nenzinha (vó também, por consideração), Elane e Nandinha, por todo apoio de sempre.

Á minha vó Heron, que sempre torceu por mim.

Ao meu sogro, sogra e cunhada (Neném, Leia e Lorrany, respectivamente) sempre enxergando coisas positivas em minhas escolhas, isso sempre me deixou em paz.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), e a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) que tornaram o meu sonho possível.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro.

À minha esposa Evelaine, sempre parceira, motivadora, um dos meus alicerces nesta trajetória.

Enfim, a todos os meus tios, primos e amigos que contribuíram indiretamente para que eu chegasse até aqui.



## Resumo

Esta dissertação teve o propósito de verificar se é possível promover a Alfabetização Científica e Tecnológica segundo os pressupostos de Fourez por meio de uma sequência didática interdisciplinar desenvolvida em sala de aula do ensino médio segundo a estratégia *FlexQuest 2.0* proposta por Santos (2016). O trabalho foi desenvolvido em uma turma do 3º ano do Ensino Médio do Centro Estadual de Educação Profissional em Saúde e Gestão (CEEP), na cidade de Guanambi-BA. A sequência didática foi estruturada em torno do tema energia eólica, destacando conceitos e fenômenos físicos envolvendo a indução eletromagnética, transmissão de calor relacionada a formação dos ventos, energia cinética do vento e das pás das torres, entre outros ligados à Geografia, Meio Ambiente, Sociologia, além da possibilidade dos estudantes desenvolverem relações interpessoais. A análise dos dados ocorreu a partir dos áudios gravados durante as aulas, diários de bordo e registros feitos pelos alunos na plataforma da *FlexQuest* e nos manuscritos. A partir da análise, sinalizou-se que, desde que bem planejada e estruturada, a estratégia pode ser apontada como um potencial meio para promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica, proporcionando ao aluno o desenvolvimento da autonomia, comunicação e domínio do conhecimento.

Palavras-chave: Energia eólica. Alfabetização científica e tecnológica. FlexQuest. Ilha Interdisciplinar de Racionalidade. Flexibilidade Cognitiva, Eletromagnetismo

## LISTA DE SIGLAS

AC – Alfabetização Científica

ACT - Alfabetização Científica e Tecnológica

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CHESF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COP - Conferência das Partes

CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA - Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente

ELETRORAS - Centrais Elétricas Brasileiras

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

FQ - FlexQuest

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IIR - Ilha Interdisciplinar de Racionalidade

INEMA - Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

MEC – Ministério da Educação

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

REDA - Regime de Direito Administrativo

SD – Sequência Didática

SEB – Secretaria de Educação Básica

SEMENTE - Sistema para Elaboração de Estratégias e Materiais de Ensino suportados pelas Tecnologias

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SIN - Sistema Integrado Nacional

TFC - Teoria da Flexibilidade Cognitiva

UA - Universidade de Aveiro

UESB - Universidade Estadual do Sudoeste Da Bahia

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disposição dos tópicos de uma FlexQuest .....	39
Figura 2 - (a) ímã em forma de ferradura e (b) ímã em forma de C.....	49
Figura 3 - Demonstração do fenômeno da corrente induzida .....	50
Figura 4 - Geometria cilíndrica percorrida por um fluido. ....	51
Figura 5 - Perfil do vento em função da extração da energia mecânica.....	53
Figura 6 - Seção transversal de uma pá de um aerogerador. ....	57
Figura 7 - Forças atuantes numa pá de turbina eólica. ....	58
Figura 8 - Destaque para o raio do rotor considerado.....	59
Figura 9 - Curva ideal de $C_p$ em função da velocidade do vento. ....	61
Figura 10 - Circulação geral da atmosfera conforme o modelo das três células.....	62
Figura 11 - Interface gráfica da FlexQuest. ....	64
Figura 12 - Interface do tópico Casos. ....	65
Figura 13 - Estruturação dos casos e minicasos da S.D.....	66
Figura 14 - Disposição das questões na FlexQuest .....	74
Figura 15 - Questão 72 do caderno de provas azul da prova do ENEM 2014, em sua versão original. ....	78
Figura 16 - Processos da FlexQuest .....	84
Figura 17 - Atividades propostas para a etapa <i>Transferência</i> .....	88
Figura 18 - Dois novos casos elaborados pelos alunos. ....	89
Figura 19 - Novo caso 1 e seus minicasos.....	89
Figura 20 - Novo caso 2 e seus minicasos.....	90

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição das atividades dentro da carga horária.....	69
Quadro 2 - Comparação entre os momentos da IIR e da Flexquest.....	93

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 PRESSUPOSTOS DIDÁTICOS-METODOLÓGICO</b> .....	23
2.1 A importância da interdisciplinaridade.....	23
2.2 Movimento CTS .....	25
2.3 Alfabetização científica e tecnológica .....	28
2.4 As Ilhas Interdisciplinares de Racionalidades .....	31
2.5 A FlexQuest 2.0 .....	37
<b>3 A ENERGIA EÓLICA</b> .....	43
3.1 A relação entre energia, sociedade e ambiente .....	44
3.2 Legislação para a instalação de parques eólicos.....	46
3.3 Lei de Faraday-Lenz .....	48
3.4 Potência extraída do vento .....	51
3.5 Forças aerodinâmicas numa pá.....	57
3.6 Formação dos ventos.....	61
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	64
<b>5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	70
5.1 Análise das respostas obtidas oralmente na etapa contexto .....	70
5.2 Análise das respostas da etapa <i>contexto</i> .....	71
5.3 Análise das respostas da etapa Questões.....	73
5.3.1. Questão 1 .....	75
5.3.2 Questão 2 .....	75
5.3.3 Questão 3 .....	77
5.3.4 Questão 4 .....	80
5.3.5 Questão 5 .....	81
5.4 Análise das respostas dadas na etapa <i>Processos</i> .....	83
5.4.1 Processo 1 .....	84
5.4.2 Processo 2 .....	86
5.4.3 Processo 3.....	87
5.5 Análise dos materiais produzido na etapa <i>Transferência</i> .....	88
5.6 Aproximações entre as duas estratégias .....	91

<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNCICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>110</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ainda durante a graduação em Licenciatura em Física na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em 2012 pude ter minhas primeiras experiências na docência quando assumi turmas do ensino fundamental II, no Colégio Polivalente de Vitória da Conquista. Posteriormente, em 2013, pela primeira vez ministrei a disciplina de Física na Educação de Jovens e Adultos (EJA). Ali, pude despertar minhas atenções para a necessidade de estratégias de ensino que pudessem servir de meios facilitadores do processo de ensino-aprendizagem.

Entre os anos de 2014 e 2015, trabalhei sob o Regime de Direito Administrativo (REDA) na cidade de Tremedal-Ba, onde lecionei para minhas primeiras turmas de Ensino Médio. O ano seguinte, após a conclusão do curso em 2015, foi de mudanças e lecionei a disciplina de Física na Rede Estadual de Ensino, na cidade de Pindaí-Ba, além de trabalhar na iniciativa privada em Guanambi-Ba, cidade a qual passei a residir, ministrando as disciplinas de Matemática e Geometria no Ensino Fundamental II. Atualmente sou professor efetivo da Rede Estadual, trabalhando com turmas do Ensino Médio no Centro Estadual de Educação Profissional em Saúde e Gestão (CEEP), na mesma cidade, e também ministro aulas nos cursos de Engenharia do Centro Universitário, na mesma cidade, desde 2017.

Desde que me dei conta das dificuldades dos alunos em aprenderem Física, fui tomado por uma inquietação que me fez buscar estratégias com simulações virtuais através de heurísticas e experimentos. Então, atrelado à necessidade de qualificação no campo pedagógico e valorização profissional, ingressei no Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) em 2018, onde as reflexões feitas durante as aulas e na elaboração do produto educacional serviram como propulsor de uma busca contínua pela melhoria da prática docente.

Tal melhoria é necessária pois, cada vez mais se torna importante o desenvolvimento de conhecimentos relacionados à ciência por parte da população. Entretanto um problema fica evidente quando o espaço da escola não fomenta esta ação, mas segue numa prática disciplinar centrada no conteúdo do livro, muitas vezes



distante das situações reais. Pietrocola, Alves-Filho e Pinheiro (2003, p.135) apontam que

É importante lembrar que os livros didáticos dirigidos ao Ensino Médio refletem o mesmo enfoque disciplinar presente no meio universitário, levando os professores a consolidarem, na sua prática pedagógica, o estilo reprodutivista e disciplinar adquirido em sua formação.

A análise de Salgado, Moço e Silva (2019) corrobora com essas ideias e vai além, afirmando que mesmo com a implementação de alterações curriculares nos cursos de formação de professores em 2015 com as novas Diretrizes Curriculares Nacionais o ensino disciplinar segue dominante.

Ao mesmo tempo, as aulas maçantes com cálculos e os livros didáticos como guias do estudo são vistos como desinteressantes e desestimulantes (MENDES, 2017), ou seja, a forma como tem acontecido a transposição didática no ensino de Física não tem contemplado os anseios dos estudantes.

Em contraste, as redes digitais estão sendo utilizadas como meio que tem aumentado a divulgação da ciência. Através da plataforma de compartilhamento de vídeos, Youtube, trazemos o exemplo do canal Nerdologia<sup>a</sup> que, destinado à divulgação de conhecimentos ligados à História e Ciências, possui 2,88 milhões de usuários inscritos e aproximadamente 293 milhões de visualizações em seus vídeos. Conforme Reale e Martyniuk (2016) “Estes vídeos possibilitam que a ciência se aproxime a diversos públicos, permitindo o primeiro contato a assuntos importantes para a formação do cidadão, especialmente o público jovem”.

Diante dessa realidade, se faz necessário investigar e desenvolver situações que tornem as aulas de Física mais interessantes para o aluno. Conforme Moreira (2018), a pesquisa na área do ensino de Física foi intensificada a partir dos anos 1980, a partir da realização de encontros nacionais, simpósios, oficinas e outros eventos de divulgação de materiais desenvolvidos para a área. Um dos vieses da pesquisa está na produção de sequências didáticas que, segundo Kobashigawa (2008), compõem um conjunto de etapas e processos, bem planejados que tem o objetivo de promover

---

a

Disponível em: <https://www.youtube.com/user/nerdologia> Acesso em 13/05/2020.

o aprendizado dos alunos, acerca de algum tema. É importante que estejam claras as competências e habilidades que serão desenvolvidas além das dificuldades que poderão ocorrer no processo.

Visando potencializar o aprendizado de conhecimentos e habilidades necessárias para o desenvolvimento do aluno em cada fase da educação básica, foi elaborada a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tendo as etapas da educação infantil e ensino fundamental homologadas em dezembro de 2017 e a do Ensino Médio um ano depois.

(...) a BNCC integra a política nacional da Educação Básica e vai contribuir para o alinhamento de outras políticas e ações, em âmbito federal, estadual e municipal, referentes à formação de professores, à avaliação, à elaboração de conteúdos educacionais e aos critérios para a oferta de infraestrutura adequada para o pleno desenvolvimento da educação. (BRASIL, 2018)

Com o intuito de balizar a construção dos currículos das diversas unidades de ensino básico do país, a BNCC propõe que o currículo proporcione aos estudantes o desenvolvimento de dez competências gerais que os permitam o exercício da cidadania e do mundo do trabalho, além das situações complexas da vida cotidiana.

Para atingir esses objetivos, a BNCC atribui alguns compromissos às escolas com Ensino Médio. Em linhas gerais, estão voltados para fomentar papel do aluno como protagonista de seu aprendizado e vida, estimular a reflexão, valorizar suas experiências promover situações em que o estudante possa desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe e que desenvolva autonomia para propor e agir diante das situações pessoal, profissional, política e intelectual.

Em concordância, a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) se apresenta com potencial para apresentar contribuições relevantes nesse tocante. Na perspectiva da ACT o aluno deve ser capaz de, frente a uma situação que envolva o desenvolvimento da ciência e/ou da tecnologia, desenvolver competências e habilidades que fomentarão o poder da crítica e da tomada de decisões. A partir disso, ele poderá fazer escolhas mais adequadas a sua realidade, rompendo com a submissão frente a decisões que ocorrem de caráter vertical, ou seja, a ACT vai proporcionar ao indivíduo participar do processo de desenvolvimento científico e

tecnológico, diminuindo o abismo entre a classe de cientistas e o cidadão comum. (FOUREZ, 2003, p. 113).

Sob esse ponto de vista, o professor atua mais como um mediador, e o aluno tem papel de protagonista, agindo como uma espécie de investigador para a construção do seu aprendizado. Além disso, o discente pode direcionar os estudos para assuntos de seu interesse.

Algumas estratégias se mostram dentro de um contexto de alunos proativos para o ensino de Física: *As Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade* (IIR), propostas por Gerard Fourez (1997) e a *FlexQuest 2.0*, desenvolvida na tese de doutoramento de Santos (2016) e fundamentada na teoria da flexibilidade cognitiva (TFC) de Spiro (1988 apud PESSOA; NOGUEIRA, 2009)

A IIR é uma estratégia metodológica com oito etapas cuja finalidade é a promoção da alfabetização científica e tecnológica, esta consiste, segundo Fourez (1995a), na aquisição de autonomia, domínio e comunicação, para o desenvolvimento da capacidade de negociação nas diferentes situações de sua vida.

Para o desenvolvimento de uma proposta que promova ACT, é necessário escolher um tema que tenha relevância para o aluno dentro de um contexto social. Nessa vertente, temas relacionados às energias renováveis ganham importância pois tem concentrado esforços em todo o mundo na busca pelo desenvolvimento de fontes cada vez mais limpas. Reuniões como a Conferência das Partes (COP) são feitas periodicamente com o intuito de discutir e implementar medidas que visem a redução de gases causadores do efeito estufa. Uma dessas medidas é o aumento da participação das energias renováveis na matriz energética dos países, além de atender à crescente demanda por energia, minimizar os impactos ambientais causados pelo consumo.

Nesta corrida, a energia eólica ganha destaque por, a priori, não causar impactos ambientais comparados às hidrelétricas e termoeletricas. Segundo a *Análise Socioambiental Das Fontes Energéticas Do PDE 2026 (2017)*, a questão das hidrelétricas não está necessariamente ligada à emissão de metano (CH<sub>4</sub>) ou dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mas, devido a quantidade de barragens já existentes nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, o documento aponta para um potencial efeito negativo à

vida aquática devido acúmulo de barramentos. Leva-se em conta, ainda, que as regiões Sul e Sudeste são predominantes de Mata Atlântica, a qual já teve sua maior parte devastada pelas ações do homem, sendo sua parte remanescente objeto de reserva ambiental. Em relação à região Amazônica, portadora de um dos maiores potenciais hídricos do país, o plano decenal 2017-2026 indica que essa região concentrará 56% do potencial hidrelétrico instalado no país nesse período, todavia, alguns obstáculos como a grande área de reserva ambiental e a influência que esses empreendimentos podem ter na vida dos indígenas impedem que se explore mais do potencial hídrico da região.

A respeito das termelétricas, elas possuem vantagem em relação às hidrelétricas no quesito espaço ocupado, já que não demandam uma grande área para serem instaladas. O documento, porém, argumenta que sua utilização emite uma grande quantidade de gases poluentes devido a queima dos combustíveis fósseis mais utilizados como o carvão e o gás natural ou mesmo a queima de biomassa (cana de açúcar, por exemplo), que emite o CO<sub>2</sub> capturado do ar no processo da fotossíntese.

Abordando a energia de origem termonuclear, a emissão de gases poluentes não preocupa, contudo os resíduos radioativos do processo da fissão nuclear despertam preocupação devido a emissão de radioatividade, que é danosa à saúde seres vivos. Esses resíduos necessitam de armazenamento adequado para que não se permita a ocorrência de acidentes, contaminação do solo ou das águas dos rios e mares.

A energia eólica é uma alternativa considerada renovável e sustentável por ter como matriz o vento e não emitir gases poluentes na sua transformação para a energia elétrica. Mesmo assim, ela não é isenta de pontos negativos pois altera a composição vegetal do local onde é instalada, ocorrem muitas colisões de aves com os aerogeradores, gera muitos ruídos, altera a paisagem, entre outros fatores.

Segundo o boletim apresentado pela Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeólica) publicado em março de 2020, Infovento 15, o Brasil conta com 9,7% de sua matriz elétrica oriunda da energia eólica, o que corresponde a um total de 15,6 GW instalados, tendo os maiores parques de energia eólica localizados na região

Nordeste. Esses números indicam, segundo o boletim, que a contribuição da energia eólica fica atrás apenas da energia hidrelétrica que possui 59,8 %, pouco à frente de outras fontes como biomassa e gás natural com 8,8% e 8,2, respectivamente.

O complexo eólico baiano, Alto Sertão, engloba as regiões de Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí e, assim o tema passa a ter relevância na vida da população local. Neste sentido, o estudo da geração de energia elétrica a partir da fonte eólica pode contribuir para o desenvolvimento de uma estratégia de ensino interdisciplinar que contemple a realidade do aluno da região.

Uma proposta que vise a ACT dos estudantes através do estudo do referido tema se faz pertinente porque, nos últimos anos, empreendimentos de energia têm sido instalados na região. Portanto, é necessário que tenhamos alunos atuantes como cidadãos capazes de desenvolver um raciocínio crítico, fundamentado em conhecimentos e valores para poder opinar frente a qualquer situação que eventualmente apareça.

Diante do exposto, buscamos responder à seguinte questão: É possível promover a alfabetização científica, na perspectiva de Fourez (1995a) por meio da estratégia FlexQuest 2.0 (2016)? Existem aproximações nos percursos metodológicos da Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade e a FlexQuest 2.0 que potencializem o desenvolvimento da ACT?

O presente trabalho objetiva investigar, a partir da elaboração e implementação de uma SD com o tema energia eólica, utilizando o formato da FlexQuest 2.0 e articulando com elementos presentes numa IIR, se é possível alcançar a ACT segundo os pressupostos de Fourez (1995a).

Como objetivos específicos, pretendemos verificar as potencialidades da estratégia FlexQuest para a promoção da flexibilidade cognitiva; avaliar as vantagens e limitações de uma proposta interdisciplinar, além de analisar o potencial de contribuição do uso de simulações e vídeos para o ensino-aprendizagem de Física.

Essa dissertação está dividida em seis capítulos, sendo que o primeiro introduz o tema da dissertação, o capítulo dois destaca a fundamentação teórica, ressaltando aspectos importantes que balizaram a construção de um trabalho interdisciplinar, bem como elenca trabalhos desenvolvidos por outros autores para esta finalidade; o

capítulo três discorre sobre conteúdos disciplinares relacionados à energia eólica; o capítulo quatro destaca o percurso metodológico desde a elaboração da SD até chegarmos à análise dos resultados, feita no capítulo cinco, onde também são analisados os trabalhos finais desenvolvidos pelos alunos, e se estabelece um comparativo a FlexQuest 2.0 e as Ilhas de Racionalidade. O capítulo 6 elucida as considerações finais apontando a viabilidade e possíveis limitações que a proposta pode apresentar.

## 2 PRESSUPOSTOS DIDÁTICOS E METODOLÓGICOS

Neste capítulo, desenvolvemos uma discussão a respeito da importância da interdisciplinaridade para o processo de alfabetização científica e técnica dentro dos pressupostos de Gerard Fourez. Além da alfabetização científica, são apresentadas as bases do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), a metodologia das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidades e a estratégia FlexQuest 2.0. Essas abordagens objetivam oferecer alguns elementos necessários para a compreensão das características da ACT e das possíveis articulações entre a FlexQuest 2.0 e a IIR.

### 2.1 A importância da interdisciplinaridade

O modelo de ensino interdisciplinar propõe uma comunicação entre as diversas disciplinas de áreas do conhecimento. Segundo Bonatto e colaboradores (2012), essa proposta não está ligada à criação de novas disciplinas e extinção das tradicionais (Português, Matemática, Química, Física, História, etc), mas a uma visão contextual em torno do desenvolvimento de cada conhecimento. Para esta finalidade, uma articulação interdisciplinar se faz importante para dar sentido ao que o aluno estuda e evita que o conhecimento estudado seja fragmentado, ineficaz no sentido de ajudá-lo na autonomia frente a situações reais” (BRASIL, 2002).

Uma disciplina que trabalha demasiadamente de maneira fragmentada é a Física. Os Parâmetros Curriculares Nacional (PCN) chamam a atenção para os conteúdos da disciplina, apresentados como produtos prontos formulados por grandes cientistas, abordados através de leis, equações matemáticas e situações abstratas, distantes da realidade vivida pelos alunos. Em contraponto, o texto considera necessário aproximar o que há de ser estudado em sala de aula a situações reais, de encontro aos interesses dos estudantes.

[...] é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada. Ou seja, feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo saber da Física, em sua dimensão conceitual, o conhecimento volta-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos tecnológicos de interesse, agora com um novo olhar, como o exercício de utilização do novo saber adquirido, em sua dimensão aplicada ou tecnológica. (BRASIL, 1999, pag. 23)

O trabalho interdisciplinar ainda permite ao aluno lidar com questões técnicas, políticas e éticas em torno de um problema, percebendo assim, que a ciência e tecnologia são desenvolvidas por pessoas com um objetivo específico. Segundo Fourez (1995), não é que o cidadão comum deva obrigatoriamente, abordar questões de maneira técnica, mas que ele possa dialogar e negociar a tomada de decisão adequada frente a um contexto que, em muitas vezes, o especialista não vive. O autor cita como exemplo uma situação em que se deseja construir uma ponte numa certa região, e para isso são contratados profissionais externos (especialistas, técnicos) para determinar os caminhos da execução da obra e, em muitas vezes as questões da cultura local não são levadas em consideração pois os especialistas, por serem de outras localidades, não possuem o sentimento de pertencimento naquele local.

O fato de não ser engessada como no formato disciplinar, uma abordagem interdisciplinar pode promover a sensação de liberdade ao aluno para ele construir o próprio conhecimento. Assim, o aluno passa a ser sujeito ativo neste processo, escolhendo os caminhos de interesse para a representação de um problema. (FAZENDA, 2010, p.170)

Em trabalhos que possuem caráter interdisciplinar, o professor tem papel fundamental na elaboração e execução das propostas. Para Bonatto e colaboradores (2012), o professor deverá inovar nas técnicas de ensinar, de desafiar o aluno e estimulá-lo a se sentir capaz de superar os desafios. Além disso, deverá promover a valorização dos aspectos sociais envolvidos na construção do conhecimento.

O documento BNCC (BRASIL, 2018) estabelece que é importante organizar as escolas de modo que estejam preparadas para não só receber as diversas juventudes



existentes, mas também escutá-las e considerá-las atuantes no processo de formação que seja refletido em seus percursos e histórias. Ademais, o texto aponta para a necessidade de organizar o currículo numa vertente interdisciplinar e a adoção de estratégias mais dinâmicas.

Fourez (1995) cita a interdisciplinaridade como fundamental para a compreensão de problemas reais. Ele exemplifica que abordar exames de saúde apenas no campo biológico não é suficiente para explicar toda a complexidade de uma patologia e, com isso, fatores psicológicos, sociológicos etc. Portanto, a utilização de conhecimentos de diversas disciplinas favorece a explicação de situações reais que são complexas e não fragmentadas.

Ainda sobre a interdisciplinaridade, Fourez (1995) vai além, ao afirmar que ela não busca promover ou passar a ideia de uma ciência neutra, mas analisar uma situação concreta mediante a visão de diversas especialidades pois, sendo uma ação política, envolve uma negociação que determinará os conhecimentos ou disciplinas que terão maior importância.

## 2.2 Movimento CTS

Um dos movimentos que surgiram entre a primeira e a segunda Guerra Mundial, foi o movimento CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade. Em evidência, estavam as discussões a respeito da corrida bélica e espacial, além dos primeiros efeitos provocados pelo uso dos agrotóxicos. Desencadeava-se, então, a latente necessidade de a sociedade ter consciência do que a ciência fazia, bem como participar das decisões que impactassem na sociedade. (CANDÉO, 2013, p. 23)

Será que as convicções de um pequeno grupo na tomada de decisões, eram as mais adequadas no que diz respeito ao crescimento econômico relacionado a impactos socioambientais? Até que ponto o crescimento econômico deveria ser prioritário?

Tais questionamentos levaram um grupo de professores, filósofos e outros componentes da comunidade intelectual a pensar formas de oportunizar à população conhecer as facetas do que está envolvido no que é produzido e decidido pela

comunidade científica, restrita a pesquisadores e especialistas em suas respectivas áreas.

O trabalho de Araujo e Silva (2012) destaca o papel do físico Thomas Kuhn como um dos principais pensadores do movimento, questionando em sua obra, *A estrutura das revoluções científicas (1966)*, o papel decisivo dado ao cientista no desenvolvimento da ciência e tecnologia e ressaltando a relevância do papel do contexto histórico no desenvolvimento das ciências.

Praia e Cachapuz (2005) corroboram argumentando que o homem não cientista deve ter capacidade para negociar frente ao desenvolvimento tecnológico ou aos resultados de uma pesquisa, não se submeter, assim, ao controle e as decisões impostas pelos cientistas de laboratórios.

O Brasil, embora historicamente nunca tenha dado a devida atenção para o desenvolvimento de ciência e tecnologia, percebeu que era necessário investir nesses campos por volta da segunda metade do século passado com a criação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (BORGES e BARRETO, 2016).

Hoje, são discutidas diversas propostas de implementação de ensino com enfoque CTS e documentos elaborados pelo Ministério da Educação, como as Orientações Curriculares para o Ensino Médio reforçam:

“O enfoque CTS pode contribuir para a construção de competências, tais como: atitudes críticas diante de acontecimentos sociais que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos e tomada de decisões sobre temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica”. (BRASIL, 2006, p. 63)

Outro indicativo do crescimento das propostas de ensino com enfoque CTS, é o aumento no número de trabalhos apresentados em eventos da área, teses e dissertações, conforme observaram Strieder e Kawamura (2017). As autoras perceberam uma multiplicidade de sentidos nos trabalhos envolvendo ciência, tecnologia e sociedade, então, fizeram uma pesquisa com a finalidade de verificar o enfoque dado em cada um deles para sinalizar elementos em comum que podem ser priorizados nesse tipo de abordagem na escola.

Em função disso, articularam-se diferentes frentes de análise, que levaram à definição de duas dimensões e suas caracterizações. Uma delas, associada aos parâmetros da educação CTS (racionalidade científica, desenvolvimento tecnológico e participação social) e a outra aos propósitos educacionais envolvidos (percepções, questionamentos e compromissos sociais).

As autoras concluíram que em muitos casos, a diversidade de abordagens no campo CTS está associada aos espaços que os pesquisadores possuem para desenvolver suas propostas e não necessariamente devido a diferentes compreensões do que seria a abordagem CTS.

Entretanto, é necessário levar em conta a maneira como deve ser inserida a proposta nas unidades escolares. Bazzo, Linsingen e Pereira (2003), a abordagem pode ficar configurada como *enxerto CTS*, *ciência e tecnologia através de CTS* e *CTS puro*.

- *Enxerto CTS* ocorre quando o ensino CTS é inserido de maneira a completar o programa da disciplina de ciências.
- *Ciência e tecnologia através de CTS* ocorre quando os conteúdos das disciplinas de cunho científico e tecnológico são estruturados a partir do enfoque CTS.
- *CTS puro* aparece como pilar do ensino e a partir dele, o conteúdo científico pode ser incluído ou até mesmo pode ser utilizado nas disciplinas de humanidades e ciências sociais.

Segundo Chrispino (2017), a introdução por enxerto torna o serviço mais cômodo para o professor porque ele não precisa modificar a estrutura curricular da disciplina que ele já está acostumado a ministrar, mas adicionar a abordagem CTS. Para o autor, a classificação ciência e tecnologia através de CTS “permite estruturação de atividades por disciplinas isoladas como também por atividades interdisciplinares” (p.88), enquanto o CTS puro trabalha o conteúdo partindo da “ênfase nos problemas sociais relacionados com a ciência e a tecnologia” (p. 89)

É importante ressaltar que os três tipos inserção podem ter seu espaço no processo de ensino e isso vai depender de como são estruturados os componentes curriculares de cada instituição de ensino. Em relação ao nosso trabalho, consideramos que ele possui características mais próximas de ciência e tecnologia

através de CTS, pois foi a partir dessas relações que perpassamos pelos temas específicos das disciplinas.

### 2.3 Alfabetização científica e tecnológica

As primeiras abordagens que remetem a Alfabetização Científica (AC) ocorreram na década de 1950 nos Estados Unidos originalmente com o termo *Cientific Literacy*, uma vez que começou a se questionar o ensino de ciências focado apenas em conteúdos e sugerir que fossem inseridos elementos da prática científica como o levantamento de hipóteses, investigação, discussão e elaboração de juízo de valores para aplicação no cotidiano. (GRESZYSCZY, CAMARGO FILHO, MONTEIRO, 2018, p.195).

Fourez (2003) discute em seu artigo “Crise no Ensino de Ciências?” algumas contradições por parte das instituições de ensino que levaram os estudantes ao desinteresse por áreas científicas. Em sua análise, uma destas está relacionada à educação com foco no indivíduo e não no coletivo. Para o autor, é necessário que a escola oportunize ao aluno debater situações que possibilitem o desenvolvimento de se comunicar com outras pessoas a fim de fortalecer a visão coletiva.

Se a escola preparar os alunos na perspectiva do coletivo, eles terão competência para debaterem com outras pessoas e estarão prontos para a tomada de decisões nas diversas situações e conflitos que possam aparecer.

Assim, um grupo alfabetizado cientificamente e tecnicamente em relação a uma família de situações pode se tornar consciente de que aquilo que a competência (chamada às vezes de knowhow) adquire, em relação a este conjunto de situações pode ser transferido para um outro. Por exemplo, tendo adquirido uma cultura relativa à alimentação no café da manhã, os alunos podem se tornar confiantes de que poderiam praticar uma operação semelhante frente aos meios de transporte de sua cidade. E assim por diante. (FOUREZ, 2003)

No Brasil, o trabalho de Auler e Delizoicov (2001) discorre sobre a temática a partir do termo Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), porém, ressaltam duas modalidades existentes: ACT reducionista e ACT ampliada. Enquanto a reducionista

tem o conteúdo como um fim, ou seja, compreender um conceito ou tecnologia como um objetivo em si mesma, a ampliada o trata como um meio para a compreensão de temas que possam ser analisados num espectro de questões sociais.

Fourez (1995) em *A Construção das Ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*, discorre sobre a relação existente entre o poder e o conhecimento na sociedade. Para ele, como forma de manter esta relação de submissão daqueles que não possuem o conhecimento científico, são ensinados conceitos de maneira fragmentada e distante dos problemas que impulsionaram seu desenvolvimento. Dessa maneira, longe de um campo de aplicações práticas, tal ensino atua apenas no sentido de impressionar o público leigo e reforçar o papel dos cientistas como os detentores do conhecimento destinado a tomar decisões científicas e tecnológicas.

Levando em conta este cenário, o autor sugere uma “vulgarização científica” do conhecimento científico prático, que instrumente o cidadão para utilizá-lo na tomada de decisões que o envolva. Essa vulgarização é o que implicará num sujeito científico e tecnologicamente alfabetizado.

Fourez (1995a) destaca três características que devem ser objetivos pedagógicos da ACT, *autonomia*, *comunicação* e *domínio* das informações e conceitos científicos desenvolvidos como relevantes na tomada de decisões concretas.

O autor destaca que a *autonomia* representa a capacidade do indivíduo em distinguir os conhecimentos que o farão ter maior ou menor dependência das opiniões de especialistas e quais aqueles em que poderá ter um papel atuante no sentido de dialogar e negociar. Para Richetti e Alves Filho (2009), a autonomia poderá ser verificada através do comportamento de iniciativa do aluno frente a tomada de decisões. Essa situação pode aparecer quando não existir uma receita ou um especialista para auxiliá-lo no que fazer.

A *comunicação* poderá ser observada no diálogo e poder de argumentação sobre determinados temas. Segundo Fourez (1995a) é através dela que o indivíduo poderá negociar e expressar suas vivências e sua teoria, de maneira contrária à prescrição de comportamentos e atitudes, que praticamente não permitem diálogo e negociação.

O *domínio* será verificado a partir da responsabilidade com que são tomadas as decisões, o que o autor nomeia de “saber fazer” e “poder fazer”, momento em que há a concretização da decisão após uma negociação.

Esses elementos aproximam-se do texto elaborado pela BNCC, onde as etapas referentes à Educação Infantil e Ensino Fundamental foram homologadas em dezembro de 2017 e a do Ensino Médio, em 2018. Constituída por elementos que deverão nortear o que os estudantes devem aprender, são indicadas competências e habilidades a exemplo da competência específica 1:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (Brasil, 2018, p.554).

Dois casos de impacto a respeito desses desdobramentos da BNCC no ensino, são os acidentes nas barragens de minério de Fundão, em Mariana – MG em 2015 e mais recente em Brumadinho – MG, em janeiro de 2019. Nessas situações podem ser explorados aspectos técnicos possivelmente negligenciados, aspectos físicos no que diz respeito à pressão que a barragem poderia suportar, a estrutura da barragem, o porquê da escolha por uma determinada estrutura em detrimento de outra, a exploração de minério e os desdobramentos do impacto socioambiental.

Conforme Traldi (2019), quando as empresas resolvem se instalar em uma região, chegam com o discurso de que muitos benefícios em infraestrutura, economia e em outros diversos setores serão levados e que os impactos ambientais serão mínimos, ou nenhum. É bem comum, nas situações em que se faz necessário utilizar o espaço de propriedades privadas, ocorrer compensação financeira. A autora reforça que a prática corriqueira é a de negociar individualmente os valores indenizatórios com cada proprietário, impondo cláusula de confidencialidade do contrato. Como consequência, alguns conseguem valores melhores que outros pela mesma concessão e na prática, perdem o direito de reivindicar um valor melhor.

Portanto, a partir do momento em que a comunidade conhece e é capaz de criticar uma temática envolvida no processo de ciência e tecnologia, ela pode participar da tomada de decisão para negociar a implantação ou não de uma

mineradora em sua região. Por exemplo, em quais condições pode ser implantada para que ao mesmo tempo em que os benefícios econômicos oferecidos à região não sejam insignificantes perante a possíveis impactos ambientais e humanos.

#### 2.4 As Ilhas Interdisciplinares de Racionalidades

As ideias de Gerard Fourez surgem em consonância com o movimento ACT. Para ele, o modelo tradicional de ensino erra quando assume que o conhecimento científico foi estabelecido de maneira universal, a partir de um todo completo. Isso vai de encontro ao fato de que ele foi desenvolvido a partir de situações específicas, particulares, e que após muitos estudos e pesquisas nas diversas áreas do conhecimento, é ampliado até poder ser generalizado. As proposições científicas se pautam em características culturais. Outro ponto defendido pelo autor é o fato de que os conteúdos nunca são ensinados isoladamente e, um exemplo característico dessa situação pode ser observado quando um professor ensina sobre o conteúdo relacionado à bomba de sódio e potássio das células, mas não o associa a um movimento de cargas elétricas.

Em relação à construção do conhecimento, Bachelard (1996) chama a atenção para fazê-lo a partir da investigação e da formulação de problemas que podem produzir respostas concretas. O autor também defende que a busca pelo conhecimento deve ir na contramão do instinto formativo, onde os grandes cientistas preferem pensar de maneira que reafirmem suas ideias construídas ao longo dos anos em detrimento de admitir contradições que poderiam negá-las.

Esta construção integra a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), a qual tem como finalidade atender a uma demanda cada vez maior da compreensão de mundo, de tomada de decisão em torno de uma situação concreta. Para isso, faz-se necessário compreender os objetivos e caminhos que conduziram o desenvolvimento do conhecimento, seu contexto e sua finalidade. Perceber o controle e os limites que são determinados pelo desenvolvimento das tecnologias faz com que o alfabetizado científico e tecnologicamente perceba a necessidade de enxergar no desenvolver de

conhecimentos acerca de ciências e tecnologias, uma maneira potencial de libertar-se da opressão que o conhecimento científico pode provocar. (FREIRE, 1996)

Fourez (1995) advoga por um ensino que privilegie o estudo de problemas reais que possam fomentar habilidades que façam do indivíduo alguém que possa discutir e decidir sobre seus anseios. Para esta finalidade, propõe um ensino por meio de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidades (IIR).

As IIR são representações teóricas de uma situação concreta e configuram a possibilidade do estudo de um tema sob ponto de vista interdisciplinar. Tal representação rompe as fronteiras específicas de uma disciplina e necessita do cuidado por parte de quem a propõe. Para uma proposta deste tipo, é importante ressaltar o planejamento pois, como advoga Vasconcellos (2000), esta etapa é uma formatação teórico-metodológica que norteará o desenvolvimento da mediação da atividade. É válido ressaltar, também, que o planejamento não pode ser encarado como um ato rígido, mas algo flexível e passível de constantes tomadas de decisões, como compreende-se nas palavras de Luckesi (1994).

Fourez (1995) considera a ciência como um todo, constituído de partes chamada de ilhas ou ilhotas. Ele destaca que é necessário que ocorra uma negociação entre o indivíduo que está sendo alfabetizado cientificamente e as informações que ele recebe. Assim, ele não atua passivamente no processo, mas ativamente, analisando e decidindo dentro de seu contexto a validade ou não do que lhe é transmitido e, além disso, é importante que o aluno compreenda as relações entre CTSA (Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente) e o contexto em que elas se formaram, pois o mesmo não sendo universal, às vezes não faz sentido para os estudantes. Nesta vertente, Fourez propõe oito etapas originalmente, mais tarde acrescidas da Etapa Zero por Pinho-Alves e Pinheiro (2003), para contemplar os pressupostos de uma IIR.

### Etapa Zero

Esta etapa não foi proposta originalmente por Fourez, mas sugerida por Pietrocola, Pinho-Alves e Pinheiro (2003) considerando-a como a do planejamento das atividades que serão desenvolvidas pois, embora o estudante seja responsável



pelos caminhos que percorrerá, é necessário que o professor faça previsões sobre alguns desses de possíveis especialistas que serão consultados para um melhor aproveitamento do potencial da atividade e do tempo.

#### Etapa 1

A primeira etapa é o levantamento dos *clichês* que os alunos possuem no contexto do tema abordado. É interessante que os clichês possam ser ideias preconcebidas ou questionamentos. Esta etapa pode ser iniciada a partir de uma problematização seguida de um *brainstorming*, não é obrigatório, em relação ao desenvolvimento da atividade, que se tenha um texto para problematizar. O professor é livre para usar a criatividade e pode utilizar um vídeo, por exemplo, ou uma simulação virtual.

#### Etapa 2

Esta etapa é chamada de *Panorama espontâneo*. Nela, os estudantes deverão se articular afim de estabelecer critérios para o prosseguimento da investigação. É feita uma seleção e organização dos clichês julgados como mais relevantes para a elaboração de um modelo que explique o tema estudado. Também são levantadas as possíveis normas técnicas, questões pessoais e socioambientais. Uma sugestão, é a organização dos clichês por temática envolvida, já que alguns são voltados para o meio ambiente, outros são de ordem técnica específica de uma disciplina e outros pertencentes ao campo da ética. Segundo Schmitz (2004, p. 105), a elaboração de listas que classifiquem os principais questionamentos, pode promover o estabelecimento de condições e critérios para o desenvolvimento do projeto.

#### Etapa 3

É o momento de definição dos especialistas e especialidades que serão consultados. Esta etapa é importante pois os alunos terão que definir, dialogando e negociando, os especialistas. Neste sentido, deverão levar em conta a existência e disponibilidade dos mesmos. Os alunos podem elaborar um roteiro com perguntas a serem feitas ao(s) especialista(s) consultado.

#### Etapa 4

É a fase onde os alunos começam a colocar a mão na massa ou “*descer ao terreno*”, como afirma Fourez (1997, p. 117). Os estudantes devem começar suas pesquisas e busca por informações que podem ser feitas utilizando de fontes como livros, artigo, revistas e internet. É nesta etapa, também que se enquadra o contato com os especialistas selecionados.

#### Etapa 5

A vantagem da proposta da IIR é que ela não precisa ser fechada, ocorrendo de maneira linear em cada uma das etapas. O ideal é que elas fluam de maneira natural, de forma menos engessada possível. Essa etapa, a abertura de alguma *caixa preta* culmina os objetivos da etapa 3 e pode ocorrer simultaneamente à etapa 4. Nela, o estudante poderá aprofundar em algum tópico do tema e lidar com algum rigor científico envolvido.

#### Etapa 6

Nesse momento, os alunos devem produzir uma representação da situação levando em conta os conhecimentos e ideias desenvolvidos até o momento. A representação pode ser um texto, um cartaz, um vídeo, etc.

#### Etapa 7

Os alunos encontrarão dificuldades para encontrar alguns especialistas para a abertura de algumas caixas preta. Sendo assim, deverão, por conta própria, fazer a abertura e, como na etapa 4, deverão utilizar todo o tipo de fonte disponível que desejarem. Dependendo do nível de maturidade da turma, pode ser mais interessante que seja realizada num laboratório de informática, caso a escola disponha dessa estrutura. A figura do professor pode ser importante para a orientar e questionar a respeito de possíveis fontes de buscas não confiáveis, por exemplo.

## Etapa 8

Esta etapa consiste na elaboração do produto final da IIR que possa demonstrar o que foi aprendido pelos estudantes e se o caráter interdisciplinar se fez presente ou não. Após a execução de todas as etapas, deverão ser analisados se os elementos inerentes à ACT, autonomia, comunicação e domínio das informações obtidas se manifestaram nas respostas dos alunos, de maneira escrita ou oral.

Sob o panorama da IIR, Pinheiro e colaboradores (2000), utilizaram a noção de energia para nortear uma proposta a partir do tema energia. O interessante desse tema é que ele é bastante aberto e possui vários pontos para a exploração e, neste trabalho, os autores propõem explorar desde o consumo de energia, as formas de produção ou transformação, até o desenvolvimento de tecnologias diante da necessidade de maior fornecimento de energia. Esse exemplo constituiu-se num esboço do que poderia ser desenvolvido em sala.

Na elaboração do clichê, que é uma etapa onde os alunos expressam suas concepções e hipóteses a respeito de um problema, por exemplo, é fácil esperar alguns questionamentos relacionados à comparação entre energia e força, a energia contida nos alimentos, o gasto energético do ser humano, funcionamento de uma pilha etc. Outras ideias também são levantadas quando se expõe jogos de interesses e tensões no entorno do tema, como: o tipo de energia com melhor custo-benefício, impactos ambientais entre outros. Todos estes tópicos deverão ser explorados de alguma maneira pelos alunos e o professor deve ter a sensibilidade de compreender o tópico certo no melhor momento para explorá-lo em sala de aula. Ao fim do trabalho, uma síntese deve ser produzida para que os alunos organizem o conhecimento desenvolvido. O professor tem o papel de nortear com tópicos que podem estar presentes na síntese.

Prestes e da Silva (2009), tiveram como tema central as matrizes energéticas. Para atender a demanda de uma residência, os estudantes desenvolveram a ilha para verificar a melhor fonte energética a ser implantada para abastecer uma casa e, ao final, a avaliação consistiu na elaboração de um projeto de usina ou gerador em que cada aluno deveria defender sua escolha de fonte energética. Embora no título do trabalho o termo "*Ilhas de racionalidades*" não apareça, o trabalho foi desenvolvido e

aplicado utilizando esta metodologia para verificar as contribuições do “Educar pela pesquisa” de Demo (2000). Chamou a atenção o fato da atividade ter tido uma duração de 45 horas-aula, embora não exista uma regra que delimite um tempo máximo

Siqueira e Gaertner (2014), desenvolveram uma IIR cujo objetivo estava centrado na compreensão e aplicações de informações contidas nos rótulos de alimentos. A autora desenvolve a sequência inserindo o uso da Etapa Zero, sugerida por Pietrocola, Pinho-Alves e Pinheiro (2003). Este trabalho se diferenciou de outros pelo fato de não ser iniciado com a discussão de um problema narrado ou lido, mas foi vivenciado na prática através da degustação às cegas de alguns alimentos contextualizar e chamar a atenção dos alunos para o tema. Baseado nos Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática, o trabalho tinha como objetivo abordar o conceito de proporções.

A aplicação, feita em uma turma de vinte e três alunos do 8º ano, teve a consulta aos especialistas em formato de palestras, com participação intensa dos alunos que faziam perguntas. A professora aproveitou e fez a abertura de algumas caixas pretas, e abordou em suas aulas de Matemática os conteúdos de porcentagem, comparação de tabelas, custo/benefício, razão e proporção, regra de três, dentre outros. Como produto final, foi produzido um bolo de caneca, onde continha todas as informações nutricionais e outras informações dos ingredientes.

Duarte et al. (2009), propuseram o trabalho intitulado *Descrevendo e Refletindo sobre a Prática em Ilhas de Racionalidade*. A atividade teve duração de oito horas-aula e foi executada por uma turma de 2º ano do Ensino Médio. Norteados pelo tema automedicação, pode ser destacado o fato de que cada grupo foi incumbido de abordar o tema segundo uma área ou disciplina. Enquanto um grupo ficou com aspectos voltados à Física, outros ficaram com aspectos ligados à Legislação, outro com a parte biológica, e outro com os riscos à saúde. Outro grupo também ficou com a responsabilidade de entrevistar um especialista.

Os autores destacaram que um fator limitador pode ser a resistência que parte de alguns alunos ou toda a turma pode apresentar para o trabalho como a metodologia. Neste caso, sugere o diálogo para o convencimento dos estudantes.

Shimitz (2004, p.33) aponta dificuldades relacionadas ao professor no processo de elaboração de uma atividade interdisciplinar pois um curso de licenciatura, construído sob o aspecto disciplinar, “incentiva o licenciando a pensar, enfrentar e elaborar os problemas nos limites”. Sendo assim, o professor consciente das orientações nos principais documentos da educação, precisará sair de sua zona de conforto e buscar compreender além dos limites de sua disciplina para promover uma educação condizente para seu aluno.

Shimitz (2004) sinaliza para a pouca disponibilidade de especialistas disponíveis em centros maiores para irem à escola, então, aponta possibilidades para consultá-los através da entrega de um questionário, a partir da gravação de uma entrevista ou através da internet utilizando de chats, chamadas convencionais de áudio e vídeo.

Outro fator que pode ser considerado como dificultador para um trabalho com IIR é o tempo necessário para a elaboração da proposta, advoga Milaré (2014), que ainda destaca uma dificuldade maior para os professores com elevadas carga-horária de aulas. Além disso é preciso considerar a carga horária semanal da disciplina que, em geral, dispõe de apenas duas horas-aula. Neste caso, ressaltamos uma dificuldade maior para as turmas que não possui as aulas geminadas, reforçando a necessidade de trabalhar em parceria com outras disciplinas.

## 2.5 A FlexQuest 2.0

A FlexQuest 2.0 é uma estratégia didático-metodológica desenvolvida na tese de Santos (2016) como a terceira geração reformulada de uma outra existente, a FlexQuest (FQ) que, por sua vez, serviu de atualização para uma ideia original, a Webquest. Pautada na Teoria da Flexidade Cognitiva (TFC) de Spiro (1988 apud PESSOA; NOGUEIRA, 2009), a FlexQuest tem como finalidade auxiliar os alunos na construção de conhecimento avançado a respeito de um tema.

A TFC começa a ser estudada na década de 1980, quando nos Estados Unidos, um elevado número de casos de erros médicos começou a ocorrer. Isso levou um grupo de pesquisadores a desenvolverem uma pesquisa sobre como os estudantes de medicina estavam sendo formados e sobre qual seria o motivo deles não

conseguirem aplicar os conhecimentos adquiridos na graduação (FELTOVICH; SPIRO; COULSON, apud CARVALHO 2000). Chegaram à conclusão que os alunos até tinham o conhecimento, porém, não em nível *avançado*, que, segundo os autores, é obtido quando o aluno consegue transferir o conhecimento aprendido dentro de um contexto para um novo que eventualmente encontre.

Para atingir o conhecimento em nível avançado, Vidmar (2017), baseado na TFC, destaca ser necessário que o indivíduo desenvolva uma *flexibilidade cognitiva, que compreende* a capacidade de utilizar conhecimentos desenvolvidos em uma situação anterior, reelaborá-los e aplicá-los numa situação nova. Para isso, é necessário que o conhecimento seja construído de uma maneira particular e flexível.

A maneira como o professor ensina ao aluno é determinante para o processo, Spiro e colaboradores (1988 apud PESSOA; NOGUEIRA, 2009) orientam que o ensino seja construído em domínios complexos e pouco estruturados para que a aprendizagem seja construída de forma não linear, multidimensional e que o aprendiz seja capaz de construir suas próprias representações a respeito de uma situação.

Outro aspecto necessário para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva é que o conhecimento a ser estudado seja inicialmente apresentado na íntegra, para em seguida serem analisadas as partes que o constitui. (VIDMAR, DE BASTOS, ABEGG, 2014)

Gerhard e Filho (2012) sinalizam que esse aspecto é importante e vai na contramão da maneira como o conteúdo geralmente é trabalhado em sala de aula, onde a partir de uma organização fragmentada, ensina-se as partes e muitas vezes não se chega no todo ou numa aplicação com sentido real.

A FlexQuest vem sendo desenvolvida e perfeioada pelo grupo SEMENTE (Sistema para Elaboração de Estratégias e Materiais de Ensino suportados pelas Tecnologias), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, desde 2006 e a versão 2.0 foi desenvolvida durante o período do doutorado sanduiche de Santos (2016), em parceria com a Universidade de Aveiro (UA), a partir de 2014.

Para alcançar a flexibilidade cognitiva, a FlexQuest utiliza situações reais, retiradas da internet e organizadas nas etapas, *contexto, casos, questões, processos*

e *transferência*. Essas etapas estão dispostas no menu localizado à esquerda, na Figura 1, onde uma FlexQuest com o tema Radioatividade foi elaborada em uma versão teste pela idealizadora da estratégia.

Figura 1 - Disposição dos tópicos de uma FlexQuest



Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/364/geral>

Outras *FlexQuest* elaboradas por outros autores que utilizaram a plataforma, também podem ser visualizadas clicando no botão *Projetos Publicados*, localizado no canto superior esquerdo da Figura 1.

O *contexto* é o “cartão de visitas” e deve despertar curiosidade nos alunos. O professor deve situar o tema estudado à realidade deixando-o aberto para seu desenvolvimento em diversas frentes. Estas aparecerão nos *casos* que são abordagens do tema em diferentes situações extraídas.

Além disso, cada caso será desconstruído através de *minicasos*, para que possam ser explorados a partir de diferentes perspectivas. Em seu trabalho de tese, Santos (2016) estabelece que os *minicasos* devem estar dispostos de maneira que o estudante não perceba uma relação hierárquica ou ordinal entre eles, mas que possa visitá-los na ordem que preferir. A recomendação da autora é que a atividade tenha pelo menos quatro casos e, cada caso, outros quatro minicasos.

O tópico “Questões” tem a função de balizar análise do professor quanto ao conhecimento desenvolvido pelos alunos. Santos (2016) ressalta que é importante ter cuidado para não construir perguntas de baixo nível cognitivo que se destinam a

apenas responder sobre “O que é isso ou aquilo”, “Diferencie tais coisas”. Esses questionamentos levam o estudante a se apropriar de conceitos de maneira rígida e não a construção de conhecimentos para aplicação em situações complexas.

O tópico seguinte, *Processo*, leva o estudante a responder questões um pouco mais complexas, conduzindo-o a repassar por alguns minicase de casos diferentes, indicados pelo professor. A ideia é mostrar que, embora os minicase possam ser oriundos de casos diferentes, eles podem estar relacionados de alguma maneira. (SILVA; NERI DE SOUZA; LEÃO, 2015)

Por fim, o item transferência tem como finalidade propor aos alunos a continuação do desenvolvimento do tema estudado. Como a autora afirma, é necessário que os alunos não pensem que o conhecimento do tema é terminado ao final da FlexQuest, mas que o conhecimento construído deve ser extrapolado para novas situações.

Braga (2018) investigou os trabalhos voltados à TFC nos principais periódicos de língua portuguesa e espanhola, classificadas pelo *qualis* CAPES em A1, A2, B1, e verificou que, entre quinze artigos publicados do ano 2000 à 2018, apenas quatro foram destinados a aplicação da teoria na educação básica e, desses, três utilizaram a estratégia FlexQuest. Segundo a autora

Averiguamos que muitos dos estudos centram-se no ensino superior, promovendo dúvidas acerca da efetuação dos pressupostos da Teoria da Flexibilidade Cognitiva na educação básica. Acreditamos considerarem que as situações verificadas no ensino superior, como a formação de profissionais que deverão tornar-se aptos para atuar em diferentes contextos e transpor as teorias da academia para a prática, se ajuste melhor a ideia de complexidade e pouca-estruturação. (BRAGA, 2018)

Ressaltamos que a pesquisa da autora não se propõe a verificar os trabalhos que utilizam a FlexQuest 2.0, contudo, trabalhos anteriores ao ano de 2015 não podem ter utilizado a versão 2.0 pois o trabalho mais antigo criado e disponível na plataforma, é uma espécie de teste cujo título é “FlexQuest Radioatividade – Teste” feito pelos idealizadores em fevereiro do referido ano. Nesse tocante, destacamos alguns trabalhos que utilizaram a estratégia, seja na primeira ou na segunda versão.



Vasconcelos e Leão (2012) escolheram o tema Radioatividade para ser trabalhado com alunos da primeira série do Ensino Médio. Para o desenvolvimento, os autores consideraram situações reais para a construção de quatro casos e outros quatro minicasos que abordavam as diversas faces da radioatividade como a exploração de minério radioativo, sua aplicação para a conservação de alimentos, além de abordar suas aplicações na saúde. Dessa maneira, conseguiram atingir uma das propostas da FlexQuest que é apresentar os conteúdos em suas multifaces para permitir a elaboração de diversos modelos pelos alunos. As autoras ainda destacaram a importância dos recursos audiovisuais pois acabam prendendo a atenção do aluno.

Outro trabalho relevante na área é o de Souza e Leão (2015), cuja proposta foi elencar aspectos importantes a serem trabalhados numa FlexQuest. Para a realização da pesquisa, alguns professores e licenciandos de Ciências da Natureza fizeram parte e atuaram na construção de cinco FQ. Ficou evidente que as principais limitações que boa parte dos professores são a situação do tema num contexto amplo e aplicado a situações reais, além da desconstrução dos casos em minicasos. Esse fator destacado evidencia que, para um bom planejamento da FQ pelo professor, é preciso que o mesmo possua Flexibilidade Cognitiva sobre o tema que se deseja trabalhar.

Santos e Cleophas (2017) apontam no mesmo sentido para a dificuldade dos professores em cumprir os princípios da proposta. No trabalho *Uma Proposta De Trabalho Interdisciplinar Sobre A Água: O Caso Da FlexQuest “O Fluido Da Vida”*, é analisada a produção de uma sequência didática por uma licencianda em Química. Foi observado que transformar o discurso em prática não é simples, já que mesmo com a exposição de suas ideias no sentido de um trabalho interdisciplinar, a licencianda apresentou dificuldades na apresentação de *casos* e *minicasos*.

Verificamos que esses casos atuaram no sentido de se reforçarem, estimulando o uso consciente da água e a preservação ambiental, quando, na verdade, poderiam ser abordadas situações que possibilitassem contradizer essa ideias e a partir daí, o aluno pudesse elaborar uma conclusão própria, pesando os prós e contras de cada situação. Com respeito às perguntas feitas no tópico *Questões*, Silva e Cleophas (2017) ressaltam o caráter superficial do tipo perguntas e respostas relacionadas à memorização, o que foge aos princípios da TFC.

Assim, percebemos que mesmo quando alguns trabalhos publicados se autodeclaram fundamentados na TFC, muitos acabam se distanciando dos princípios dessa teoria, onde a apresentação de conteúdos sob estruturas menos rígidos se faz necessário. Conforme Vasconcelos (2017), essa menor rigidez se trata de domínios pouco estruturados que podem assumir padrões diferentes e serem utilizados em novas situações .

Em que pese as dificuldades apontadas, a maneira como estratégia FlexQuest 2.0 foi elaborada, tendo os campos de casos e minicasos pré-dispostos como se fossem lacunas a serem preenchidas, torna a construção da atividade um pouco mais intuitiva, mesmo para o professor que possui pouca experiência com computadores. Além disso, o professor tem acesso a todos os projetos criados e publicados na plataforma, o que pode servir de exemplo para o seu trabalho. (SANTOS, 2016)

Segundo Silva, Leão & Neri de Souza (2015), no tocante aos eventuais benefícios produzidos no processo de ensino-aprendizagem, a FQ, enquanto estratégia interdisciplinar incentiva o trabalho colaborativo entre professores de diferentes áreas, isso favorece uma exploração da complexidade do tema estudado, além de promover a interação entre os alunos e professores.

Mesmo com características peculiares enquanto estratégias de ensino, FQ e IIR, onde uma pode ser considerada fechada e a outra aberta, visamos a possibilidade de desenvolver uma FlexQuest levando em conta os aspectos e objetivos da ACT, presentes na IIR. A FQ pode ser trabalhada nessa perspectiva, agregando a possibilidade do trabalho através da tecnologia computacional como meio para promover a alfabetização científica e tecnológica do estudante.

Diante desses argumentos, pode ser possível articular as duas estratégias, pois seus percursos podem apresentar similaridades, alguns são desenvolvidos ao longo dessa dissertação.

### 3. A ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é um tema que diversas disciplinas podem trabalhar em parceria numa abordagem interdisciplinar; desde questões sobre impactos ambientais ocasionados à fauna e flora, custo/benefício, localização ideal para a instalação, até a Física envolvida no processo de transformação da energia pode ser trabalhada. A compreensão da Lei da Conservação da Energia envolvida na transformação da energia dos ventos até chegar à forma de energia elétrica se faz fundamental para entender o funcionamento dos aerogeradores.

A matriz energética brasileira representa toda a oferta de energia por fonte, tendo sua maior parte composta por fontes não-renováveis. Segundo o documento Resenha Energética Brasileira Exercício de 2019 (2020), 46,1% da matriz energética nacional foi composta por fontes renováveis no ano de 2019.

Entre todas as fontes de energia utilizadas para abastecer a matriz de consumo nacional, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2029 (2020) aponta que, no consumo final, a maior parcela ainda é consumida através dos derivados de petróleo, porém a utilização de energia sob a forma de eletricidade vem aumentando, com um incremento médio anual de 3,8%.

Se for analisada somente a matriz elétrica, a energia provinda das fontes renováveis computa mais de 83% do setor, sendo a fonte hidráulica responsável por 58%, biomassa, 11% e eólica, com 9%, os principais motores do setor renovável.

A energia eólica provém da energia cinética dos ventos, sendo considerada uma alternativa viável à matriz elétrica por não emitir gases poluentes no processo de transformação para a energia elétrica e ser renovável. Mesmo assim, ela não é isenta de pontos negativos pois altera a composição vegetal do local onde é instalada, ocorrem muitas colisões de aves com os aerogeradores, gera muitos ruídos, altera a paisagem, entre outros fatores. (CARVALHO, RUZENE E SILVA, 2016)

Segundo o boletim Infovento 15, publicado em março de 2020 pela Associação Brasileira de Energia Eólica, o Brasil conta com 9,0% de sua matriz elétrica oriunda da energia eólica, o que corresponde a um total de 15,4 GW instalados, tendo os maiores parques de energia eólica localizados na região Nordeste (BRASIL, 2020).

Neste capítulo serão abordadas questões relacionadas à relação entre homem, energia, sociedade e ambiente, onde serão apresentadas algumas das primeiras situações em que o homem fez uso de recursos naturais para realizar algum tipo de trabalho ou no intuito do conforto térmico. Serão elencados aspectos voltados à instalação de parques eólicos e os princípios físicos por trás da transformação da energia eólica em elétrica, como a indução eletromagnética e a questão aerodinâmica envolvida no processo.

### 3.1 A relação entre energia, sociedade e ambiente

A busca pelo domínio dos recursos naturais para obter menor esforço e praticidade na execução de tarefas faz parte da vida humana há bastante tempo. Segundo Piterman e Greco (2005), na Mesopotâmia, há cerca de seis mil anos, além da utilização de energia oriunda da força muscular e da lenha, a energia mecânica da água já era utilizada em sistemas de irrigação.

Conforme Carvalho (2014 apud HEMERY et al., 1991), a energia mecânica associada ao movimento da água serviu como fonte energética para os Romanos nos primeiros séculos depois de Cristo com a utilização aquedutos que a levava em direção a um conjunto de rodas d'água que faziam moinhos moerem trigo, algo que substituía a força braçal dos escravos.

No período antes de Cristo, registros mostram que os gregos possivelmente utilizaram a energia solar para queimar navios romanos que invadiam a cidade de Siracusa. Para esta finalidade, Arquimedes, um dos maiores filósofos gregos, provavelmente ordenou que os soldados polissem seus escudos de modo que tivessem a capacidade de refletir próxima a de um espelho (CUNHA, 2013). Assim, quando avistaram os navios, todos os soldados, de maneira organizada miraram seus escudos de modo que os raios solares foram refletidos para os navios romanos.

Porém a utilização de energia proveniente da queima do carvão mineral, teve um “boom” com a I Revolução Industrial e a utilização em larga escala das máquinas a vapor, inicialmente desenvolvidas e aperfeiçoadas por James Watt para a sucção da água que se acumulava em minas exploradas na Inglaterra, para acelerar a

fabricação de tecidos. Neste curso, as pessoas passam a migrar cada vez mais para os centros urbanos, ocupando os postos de trabalhadores das fábricas. (CARVALHO, 2014)

Por volta do século XIX, em meio a produção em larga escala e a qualidade de vida se tornando lema de vida nos países industrializados desenvolvimento tecnológico, outros combustíveis fósseis começaram a ser explorados e máquinas térmicas mais eficientes, desenvolvidas. Era necessário um melhor aproveitamento da energia para acelerar a produção.

Em paralelo com todo esse desenvolvimento científico e tecnológico, vários cientistas se interessavam pelo estudo da corrente alternada, como Thomas Edson apresentando as lâmpadas incandescentes, Werner Siemens com a locomotiva elétrica e Nicola Tesla com os motores elétricos de corrente alternada sendo utilizados nas fábricas para o acionamento de mecânico. (CARVALHO, 2014)

Porém, com a utilização de máquinas e elevada produção, seria necessário que mais pessoas consumissem para os produtos não serem acumulados nas fábricas. Com os carros com motores à combustão interna sendo inicialmente objetos destinados a uma classe mais rica, nas primeiras décadas do século XX, Henry Ford implementou o conceito de carro popular, ou seja, carros cujo preço de aquisição era mais acessível as camadas menos ricas.

O petróleo que se tornara a principal fonte em abundância e tinha produtividade superior às fontes mais utilizadas até então, teve sua primeira grande crise nos anos de 1970 quando os países Árabes responsáveis por 50% da produção mundial, insatisfeitos com o apoio dos Estados Unidos e de outros países ocidentais a Israel na Guerra Árabe-Israelense, resolveram dificultar a exportação de petróleo. Isso provocou uma elevação no valor do produto, visto que a oferta mundial ficou pela metade. Como consequência, o preço do barril de petróleo encareceu em quase quatro vezes. (LEMOS e PACHECO, 2017)

Aliada à necessidade de depender menos dessa fonte, as preocupações ambientais que começavam a surgir, foram organizados uma série de eventos com a finalidade de discutir o desenvolvimento das sociedades de maneira menos agressivas ao meio ambiente. A conferência de Estocolmo, em 1972, foi a primeira

grande reunião de chefes de estados e, embora os países desenvolvidos e em desenvolvimento não tivessem chegado a um acordo quanto as medidas adotadas para frear os impactos ambientais, serviu de gatilho para a criação de uma agenda de outras reuniões que viriam anos mais tarde. (DIAS, 2017)

É possível destacar o Protocolo de Montreal, (1987), as conferências no Rio de Janeiro (1992), o Protocolo de Kyoto (1987), o Rio + 10 (2002) e o Acordo de Paris 2015. Em todas essas reuniões houve consenso sobre a garantia da produção alimentar suficiente para todos, da melhoria da qualidade de vida e do bem estar, mediante a um desenvolvimento econômico sustentável, ou seja, não comprometendo as gerações futuras.

Segundo Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), o crescimento do consumo de energia no Brasil se deu no período pós Segunda Guerra Mundial, em decorrência do processo de urbanização, industrialização e expansão do setor rodoviário.

A produção de energia elétrica para distribuição em longas distâncias teve início com a iniciativa estatal a partir da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) e a ELETROBRAS, responsável pela política de desenvolvimento do setor elétrico. (SILVEIRA, 2018)

Neste sentido, o Brasil teve sua matriz elétrica majoritariamente desenvolvida através das centrais hidrelétricas, com o apoio na produção através das usinas termoelétricas, de maneira mais modesta com centrais nucleares, estas na década de 1970. (SILVEIRA, 2018)

A fim de diversificar e aumentar a participação de outras fontes renováveis de energia, o país criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) através da Lei 10.438/2002, o qual estimulou a participação da fonte eólica para a produção de energia elétrica na década, levando-a ao segundo lugar na matriz elétrica nacional. (SIMAS e PACA, 2013).

### 3.2 Legislação para a instalação de parques eólicos

A partir da percepção de que o meio ambiente estava sofrendo com a exploração dos seus recursos em prol da promoção de energia e bem estar, um alerta

ficou ligado e começou-se a questionar se naquele ritmo de exploração, as gerações futuras teriam um meio ambiente saudável para viver.

Nesta vertente, no Brasil, alguns órgãos responsáveis foram criados nos níveis federal e estadual para discutir e sugerir normas para empreendimentos de exploração dos recursos naturais, além de fiscalizá-los.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão consultivo e deliberativo que tem a função de propor ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) medidas que visem a preservação do meio ambiente e dos seus recursos naturais. Segundo o decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, compete ao CONAMA:

I - Estabelecer, mediante proposta do IBAMA, normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios e supervisionada pelo referido Instituto; (Brasil, 1990).

O IBAMA é um órgão ligado ao Ministério do Meio Ambiente, que licencia e fiscaliza os empreendimentos em nível federal, ou seja, é o órgão competente para executar as políticas ambientais relacionadas ao Meio Ambiente. No âmbito estadual também existem órgãos com a mesma finalidade como na Bahia, por exemplo, que possui o Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). Os municípios também possuem a mesma atribuição, geralmente por meio das secretarias de Meio Ambiente.

Conforme o Atlas Eólico: Bahia (2013), a finalidade em atribuir ao INEMA a concessão de licenças é fazer com que o processo de licenciamento ocorra de maneira rápida para habilitá-los para a participação dos leilões por parte do Governo Federal. (Brasil, 2013)

Em relação aos empreendimentos ligados à geração de energia elétrica a partir do recurso eólico em superfície terrestre, é a Resolução CONAMA Nº 462/2014 que normatiza e apresenta como este recurso como sendo "... de baixo potencial poluidor e tem um papel imprescindível na contribuição para uma matriz energética nacional mais limpa;"

Considerando, portanto, o baixo potencial poluidor da fonte energética, a resolução considera desnecessária a apresentação de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), exceto nas seguintes situações previstas no Art.3º da Resolução CONAMA Nº 462/2014.

- I – em formações dunares, planícies fluviais e de deflação, mangues e demais áreas úmidas;
- II – no bioma Mata Atlântica e implicar corte e supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração, conforme dispõe a Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006;
- III – na Zona Costeira e implicar alterações significativas das suas características naturais, conforme dispõe a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988;
- IV – em zonas de amortecimento de unidades de conservação de proteção integral, adotando-se o limite de 3 km (três quilômetros) a partir do limite da unidade de conservação, cuja zona de amortecimento não esteja ainda estabelecida;
- V – em áreas regulares de rota, pousio, descanso, alimentação e reprodução de aves migratórias constantes de Relatório Anual de Rotas e Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil a ser emitido pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, em até 90 dias;
- VI – em locais em que venham a gerar impactos socioculturais diretos que impliquem inviabilização de comunidades ou sua completa remoção; VII – em áreas de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção e áreas de endemismo restrito, conforme listas oficiais.

Neste sentido, o documento deixa vago e não define o significado do termo “*baixo potencial poluidor*” da energia eólica, entretanto, deixa claro que, além da poluição visual, dos ruídos produzidos, perturbação às aves, entre outros, existem impactos provocados durante a construção do empreendimento que pode atrapalhar toda uma cultura da rotina local.

Com a finalidade de amenizar esses impactos e levar desenvolvimento para a região, são estabelecidas contrapartidas à instalação dos parques eólicos, como cursos profissionalizantes, indenização à arrendamentos (Brasil, 2013).

### 3.3 Lei de Faraday-Lenz

A maioria dos dispositivos que possuem circuitos elétricos necessitam das leis do eletromagnetismo para funcionar. Desde a descoberta de Oersted, no século XIV,



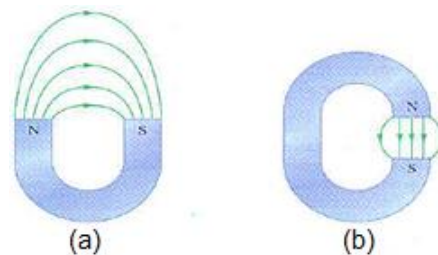
quando observou que a agulha de uma bússola era defletida ao estar próxima de um fio condutor de corrente elétrica variável, o britânico Michael Faraday se interessou e passou a estudar o tema, provando que a partir da variação do fluxo magnético, era produzida uma força eletromotriz (*f.e.m*) induzida e, conseqüentemente, uma corrente elétrica (HALLIDAY, RESNIC e WALKER, 2009).

Sua Lei foi complementada pelos estudos de Lenz que, quase simultaneamente aos estudos de Faraday, conseguiu explicar o sentido da corrente elétrica e o da *f.e.m.* induzida. (HALLIDAY, RESNIC e WALKER, 2009)

Antes de abordarmos a indução eletromagnética, falaremos sobre as linhas de campo magnético, item importante para a compreensão do fenômeno.

Uma linha de campo magnético é uma representação do vetor campo magnético **B** de cada ponto por onde passa e, o agrupamento delas serve como indicador de um campo mais ou menos intenso. Uma representação pode ser observada na Figura 2, onde são mostradas essas linhas presentes em um ímã.

Figura 2 (a) ímã em forma de ferradura e (b) ímã em forma de C



Fonte: Halliday, (2009)

É exatamente a variação dessas linhas que deve produzir corrente elétrica numa bobina com um certo número de espiras. O fato dessas linhas atravessarem, hora em maior ou menor número, induz uma corrente num condutor. Hewit (2015) define esse processo como “A voltagem induzida em uma bobina é proporcional ao produto do número de espiras pela área da seção transversal de cada espira e pela taxa com a qual o campo magnético varia no interior das espiras”.

Para que o campo magnético varie, é necessário promover um movimento relativo entre a fonte deste campo ou o conjunto de espiras, conforme pode ser ilustrado a seguir.

Figura 3 - Demonstração do fenômeno da corrente induzida



Fonte: Sears & Zemansky (2009)

Na primeira imagem, temos um ímã nas proximidades de uma bobina conectada a um amperímetro. Nesta situação o amperímetro não acusa a passagem de corrente elétrica pois não existe movimento relativo entre o ímã e a bobina. A sequência “b” indica um movimento vertical do ímã, aproximando e afastando da bobina, então, uma corrente elétrica é produzida. O mesmo pode ser observado nas sequências c e d, onde, na primeira, uma segunda bobina percorrida por uma corrente é aproximada e afastada seguidas vezes e na última, com a segunda bobina parada, mas próxima à primeira, a corrente percorrida por ela sofre uma variação através de uma chave que serve para abrir e fechar o circuito.

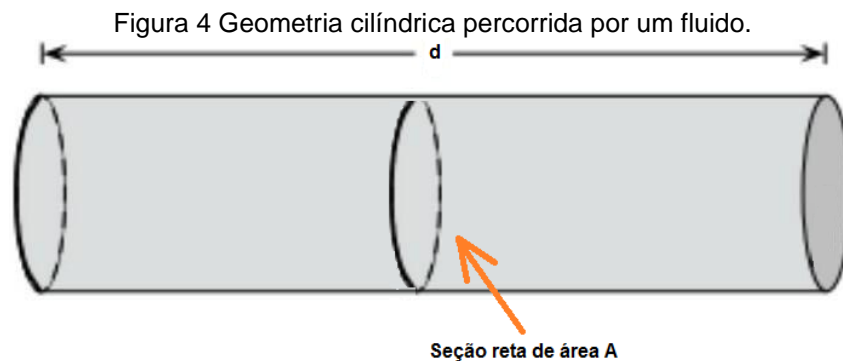
Nos últimos dois casos é a corrente elétrica no condutor secundário que produz um campo magnético em torno dele, fazendo com que este se comporte como um ímã. Se a fonte de tensão for uma bateria, produzirá corrente contínua e o movimento relativo entre as bobinas será necessário para o amperímetro indicar a existência da corrente. Caso seja uma fonte de tensão alternada, a própria fonte se encarregará de modificar o sentido da corrente e, conseqüentemente, variar o fluxo do campo magnético produzido. É necessário reiterar que a corrente elétrica detectada pelo amperímetro só é possível devido a tensão induzida na bobina através da variação do fluxo magnético na primeira bobina. Essa tensão induzida pode ser descrita pela Equação 1.

$$\varepsilon = \frac{-\Delta\phi}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde  $\varepsilon$  é a força eletromotriz induzida (fem), medida em volts (V),  $\Delta\phi$  é a variação do fluxo magnético calculada pelo produto escalar  $\phi = B \cdot A$ , medido em webber (Wb), e  $\Delta t$  é a variação do tempo, em segundo (s). O sinal negativo aparece para simbolizar a oposição da força eletromotriz à variação do fluxo magnético.

### 3.4 Potência extraída do vento

Para iniciarmos o estudo de como ocorre o aproveitamento da energia eólica pelos aerogeradores, consideraremos um volume para representar uma região em que uma massa de atravessa, conforme a Figura 4. Como a densidade do fluido considerado é constante em todo o percurso, a velocidade com que o ar se desloca é constante também.



Fonte: Autor (2020)

Sabemos que uma porção cilíndrica do volume ( $V$ ) de ar que atravessa a seção reta é

$$V = A \cdot d \quad (2)$$

Considerando a velocidade da massa de ar ( $v$ ) constante e, sabendo que a distância ( $d$ ) percorrida por um aglomerado de moléculas de ar pode ser calculada por

$$d = v \cdot t \quad (3)$$

Para a determinação da potência que poderá ser extraída por um aerogerador, levaremos em conta, inicialmente, a potência disponível no vento, obtida a partir a taxa de variação da energia cinética ( $E_c$ ). Considerando que  $E_c$  é representada pela Eq. (4), toda a massa de ar que atravessa o cilindro com velocidade  $v$  é representada por  $m$ .

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \quad (4)$$

Podemos escrever a Eq. (5), relacionando (2) e (4). Assim, o termo que representa a massa fica explícito em termos da densidade e do volume.

$$E_c = \frac{1}{2}\rho \cdot V \cdot v^2 = \frac{1}{2}\rho \cdot A \cdot v^3 \cdot t \quad (5)$$

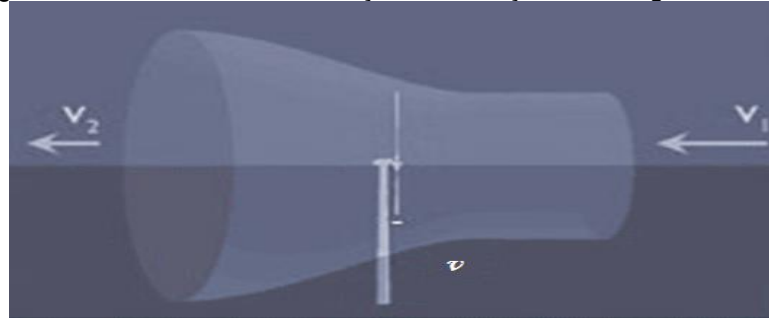
Calculando a taxa de variação da energia no tempo, obtemos a Eq. (6)

$$P = \frac{dE_c}{dt} \rightarrow P = \frac{1}{2}\rho \cdot A \cdot v^3 \quad (6)$$

Onde  $P$  é a potência que o vento possui antes de se chocar com as pás do rotor,  $\rho$  é a densidade do ar,  $A$  representa a área de captação da seção transversal, e  $v$  é a velocidade do vento.

Para determinarmos a fração da potência do vento que deve ser transferida para o aerogerador, vamos considerar a Figura 5, onde é representado um fluxo de ar com velocidade  $v_1$  atingindo um aerogerador e, na sequência, tendo sua velocidade modificada para  $v_2$  após se chocar com ele.

Figura 5 – Perfil do vento em função da extração da energia mecânica.



Fonte: Danish Wind Industry Association (2010).

Sendo  $v_1$  a velocidade do vento antes de atingir o aerogerador,  $v_2$  a velocidade após parte da energia ser transferida e  $v$  a velocidade do vento no momento de extração da energia mecânica pelo rotor, a energia mecânica transferida para o aerogerador será encontrada a partir da diferença entre a potência do fluxo de ar antes ( $P_1$ ) e depois do choque ( $P_2$ ) com as pás. Assim, podemos escrever a partir da Eq. (6)

$$P_m = \frac{1}{2}\rho \cdot A_1 v_1^3 - \frac{1}{2}\rho \cdot A_2 v_2^3 \quad (7)$$

Como a densidade do ar é a mesma, podemos colocá-la em evidência e reescrever a equação acima:

$$P = \frac{\rho}{2}(A_1 v_1^3 - A_2 v_2^3) \quad (8)$$

O fluxo de massa ( $\varphi_m$ ) obtido pelo produto  $\rho v A$  que atravessa as seções 1 e 2 deve ser constante, podemos utilizar a Equação da Continuidade<sup>a</sup>.

$$\varphi_m = \rho v_1 A_1 = \rho v_2 A_2 \quad (9)$$

---

a A Equação da Continuidade explicita a conservação da massa de um fluido escoando em um tubo de volume  $V$ , onde a variação do fluxo pode acontecer apenas se a quantidade de massa que entre e sai forem diferentes. Para um escoamento estacionário entre duas seções transversais de áreas  $A_1$  e  $A_2$ , não ocorre variação no fluxo de massa, assim este é constante. (NUSSENZVEIG, 2018)

Considerando o fluido incompressível, onde a densidade é constante, a igualdade passa a ser obtida pelo produto  $vA$ , representando a vazão do fluido em  $m^3/s$ .

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (10)$$

A partir da Equação (10), percebemos que após a transferência de energia cinética do vento para o rotor, como a velocidade do vento que segue para trás das pás diminui, sua seção transversal é aumentada, como pode ser observado na Figura 5.

Associando resultado para  $A_2$  em (10) e substituindo em (8), obtemos a potência mecânica transferida ao rotor.

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \cdot v_1 \cdot A_1 (v_1^2 - v_2^2) \quad (11)$$

Ou

$$P_m = \frac{1}{2} \varphi_m (v_1^2 - v_2^2) \quad (12)$$

Logo, a partir da Equação (12), poderíamos concluir que, para que a potência máxima fosse transferida,  $v_2$  deveria ser igual a zero, entretanto para que  $v_2$  seja nula,  $v_1$  também deveria ser, não existindo assim potência alguma fornecida pelo vento. Portanto, devemos encontrar uma razão entre  $v_2$  e  $v_1$  a fim de obtermos o valor máximo da potência transferida.

Podemos encontrar uma equação que expresse a potência mecânica em termos da velocidade do ar no momento do choque com as pás do rotor. Para isso, devemos recordar a Equação (9) e relacioná-la com as características da massa de ar no momento da colisão

$$\rho v_1 A_1 = \rho v A = \rho v_2 A_2 \quad (13)$$

Onde  $v$  é a velocidade do fluxo no momento do choque e  $A$ , a seção transversal no mesmo instante.

A partir da Segunda lei de Newton, escrevemos a força exercida pelo vento nas pás em termos do fluxo de massa

$$F = m \cdot a = m \frac{dv}{dt} = \varphi_m(v_1 - v_2) \quad (14)$$

Substituindo o termo referente ao fluxo de massa no momento do choque do ar com as pás, na Eq. (14), obtemos:

$$F = \rho v A (v_1 - v_2) \quad (15)$$

Lançando mão da Terceira Lei de Newton, a intensidade da força com que a massa de ar atinge o rotor, é a mesma com que este devolve no fluxo de ar, em sentido contrário.

Escrevendo a potência, dada em watts (W) associada a esta força

$$P_m = Fv = \varphi_m(v_1 - v_2)v \quad (16)$$

Igualando as equações (12) e (16)

$$\frac{1}{2} \varphi_m(v_1^2 - v_2^2) = \varphi_m(v_1 - v_2)v \quad (17)$$

E, resolvendo para encontrar  $v$ , chegamos à velocidade adquirida pelo rotor, representada pela média aritmética entre  $v_1$  e  $v_2$ ,

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (18)$$

Esse resultado encontrado em (18) será utilizado para escrevermos uma expressão para a potência extraída pelo rotor em termos das características adquiridas por ele no momento do choque da massa de ar com o mesmo.

Antes, vamos substituir o termo central da Eq. (13), referente ao fluxo de massa segundo as características do rotor na Eq. (12), obtendo

$$P_m = \frac{1}{2} \rho v A (v_1^2 - v_2^2) \quad (19)$$

Podemos, agora, substituir a relação encontrada na Eq. (18), na Eq. (19)

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot \frac{[(v_1 + v_2)] \cdot [(v_1^2 - v_2^2)]}{2} \quad (20)$$

Colocando em evidência os termos  $v_1$  e  $v_1^2$  para cada um dos termos entre parênteses:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot \frac{[v_1(1 + \frac{v_2}{v_1})] \cdot \{v_1^2 [1 - (\frac{v_2}{v_1})^2]\}}{2} \quad (21)$$

E, rearranjando os termos da Eq. (21), chegamos em

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \cdot A v_1^3 \frac{[(1 + \frac{v_2}{v_1})] \cdot [1 - (\frac{v_2}{v_1})^2]}{2} \quad (22)$$

Onde

$$C_p = \frac{[(1 + \frac{v_2}{v_1})] \cdot [1 - (\frac{v_2}{v_1})^2]}{2} \quad (23)$$

Assim, a Eq. (22) assume a seguinte forma:

$$P_m = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot A v_1^3 \quad (24)$$

Onde  $C_p$  é chamado de *coeficiente de Betz*, representa a eficiência do rotor e, conforme a Eq. (23) pode ser obtida através da razão entre as velocidades  $v_2$  e  $v_1$ . Esse coeficiente indica o máximo aproveitamento do rotor em relação à potência

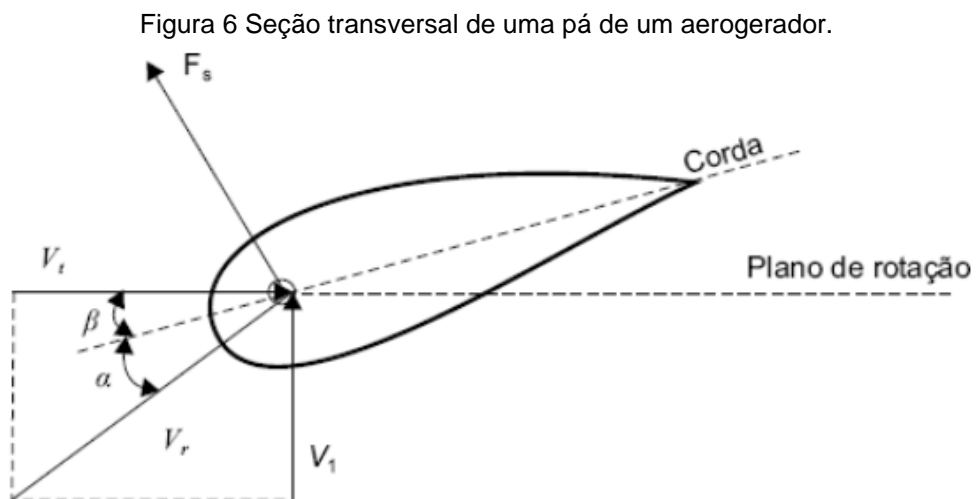


contida no vento e seu valor máximo<sup>b</sup> é de 0,593, o que significa que o aproveitamento da potência máxima é ligeiramente menor que 60%.

A Figura 6, a seguir, mostra uma curva do coeficiente de potência ( $C_p$ ) em função da velocidade do vento. Podemos observar que o coeficiente máximo é atingido quando  $v_2$  representa  $\frac{1}{3}v_1$ , assim, conclui-se que  $v$  deve ser igual a  $\frac{2}{3}v_1$ .

### 3.5 Forças aerodinâmicas numa pá

O processo de transformação da energia cinética do vento em rotação ocorre devido as forças aerodinâmicas associadas à velocidade relativa do vento ao rotor. A resultante dessas forças, produz um torque ( $T$ ) no aerogerador. Para analisar esse processo, consideremos a Figura 7.



Fonte: Fadigas (2011)

O vento, com velocidade  $V_r$ , atinge uma pá com um ângulo de ataque  $\alpha$  em relação à linha de corda, uma linha de referência que liga o bordo de ataque ao bordo de fuga, duas regiões por onde o ar atinge e escapa da pá, respectivamente.

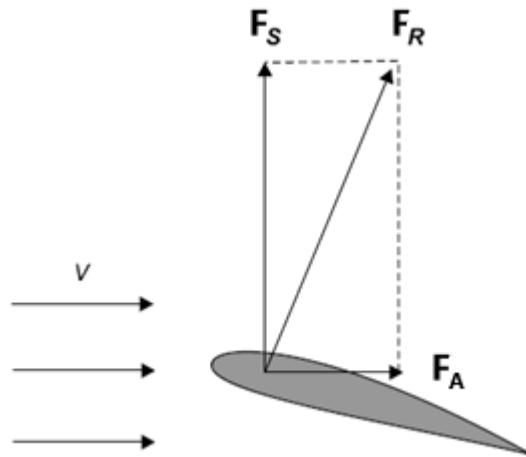
---

<sup>b</sup> O valor 0,593 pode ser obtido igualando a primeira derivada em função da razão  $\frac{v_2}{v_1}$  da Eq. (18), a zero. Esse método pode ser utilizado para a obtenção de valores extremos de uma função

Além do ângulo de ataque, outros dois ângulos possuem relevância no presente estudo. O ângulo de passo representado por  $\beta$  é medido entre o plano de rotação e a linha de corda, além do ângulo que o vetor velocidade do vento resultante faz com o plano de rotação  $\alpha + \beta$ .

Devido ao formato da pá, surge uma diferença de pressão entre a área inferior e superior, sendo a primeira de alta pressão e a segunda, de baixa. O efeito provocado é o aparecimento de uma força de sustentação ( $F_S$ ) numa direção perpendicular à direção do fluxo de ar com velocidade ( $V_I$ ), e uma força de arrasto ( $F_A$ ) proporcional à velocidade tangencial, paralela à direção do fluxo de ar com velocidade ( $V_t$ ), conforme a Figura 8. Na mesma figura ainda está representada o vetor força resultante ( $F_R$ ), decorrente do somatório vetorial de  $F_S$  e  $F_A$

Figura 7 - Forças atuantes numa pá de turbina eólica.



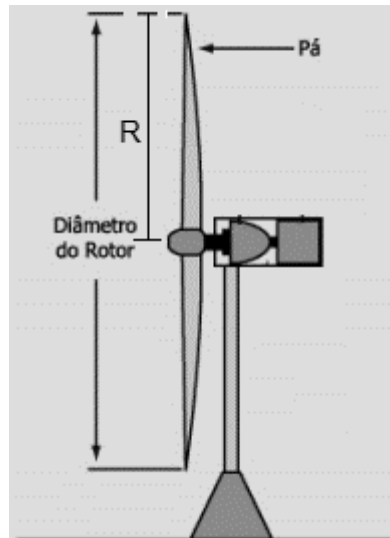
Fonte: Adaptada de Fadigas (2011)

O aparecimento dessas forças decorre do fato de o plano do eixo de rotação do aerogerador estar sempre, em condições normais, posicionado numa direção perpendicular ao vento incidente no rotor  $V_1$  devido a dispositivos mecânicos que o rotacionam num sentido ou em outro dependendo da direção do vento.

A velocidade na ponta da pá ( $V_t$ ) pode ser calculada através do produto vetorial entre a velocidade angular ( $\omega$ ) e o raio da circunferência varrida pelas pás ( $R$ ), conforme a Equação 25. O raio ( $R$ ) deve ser observado na Figura 8.

$$V_t = \omega \times R \quad (25)$$

Figura 8 - Destaque para o raio do rotor considerado.



Fonte: Adaptada de (BRETSCHNEIDER, 2018).

A razão entre *velocidades de ponta de pá* ( $v_t$ ) e de *vento não perturbado* ( $v_1$ ), fornece uma propriedade da turbina, chamada *velocidade específica* ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{v_t}{v_1} = \cotan(\alpha + \beta) \quad (26)$$

Assim, se o ângulo de ataque  $\alpha$  for mantido em seu valor ideal, a velocidade de rotação da turbina dependeria apenas da velocidade do vento incidente.

A velocidade específica é útil para o estabelecimento do coeficiente de torque que, por definição

$$C_t = \frac{C_p}{\lambda} \quad (27)$$

A potência mecânica extraída do vento é transmitida sob forma de potência rotacional ao eixo da turbina, produzindo um torque ( $T$ ), medido em N.m, e da velocidade angular, em rad/s.

$$P_m = T \cdot \omega \quad (28)$$

Assim, nas turbinas com eixo horizontal, a mesma potência pode ser gerada em condições de vento com elevada ou baixa velocidade, dentro de um limite pré-definido através de testes em túneis de vento. Algumas turbinas possuem dispositivos que alteram a inclinação das pás em relação ao ângulo de ataque e, isso faz com que, a partir de um certo ponto, a pá perca força de sustentação, aumentando a força de arrasto, diminuindo assim o torque na região de ataque. (RIVERA, 2013)

Esses dispositivos se fazem importantes pois em algumas regiões os ventos ocorrem de maneira irregular, seja com velocidades menor ou maior da que o dispositivo foi projetado para funcionar.

Substituindo (26) em (27), e utilizando a relação descrita em (25), obtemos a Equação 29

$$C_p = C_t \frac{v_t}{v_1} = C_t \frac{\omega R}{v_1} \quad (29)$$

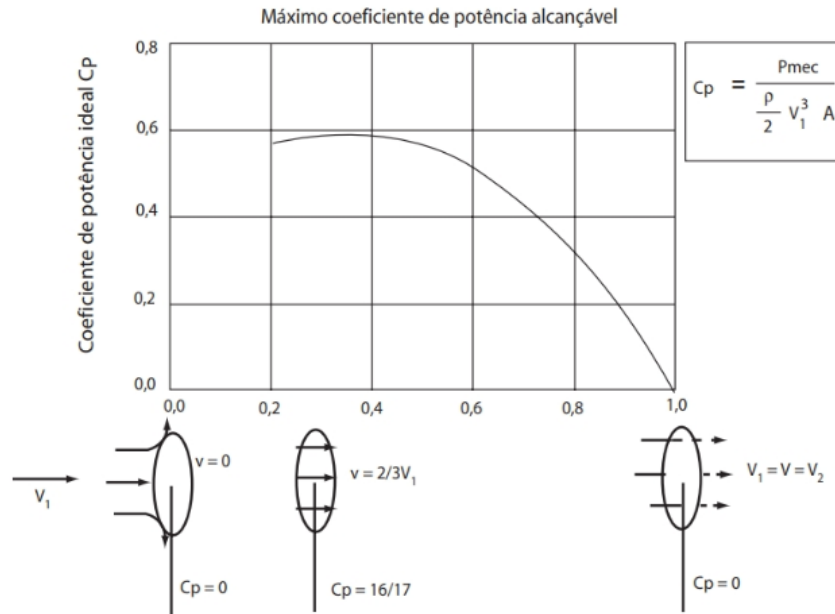
Finalmente, podemos reescrever (28) isolando o torque ( $T$ ), e associá-la às equações (24) e (29) para obtermos

$$T = \frac{C_t \rho A v_1^2 D}{2} \quad (30)$$

Onde  $D$  é o diâmetro da circunferência varrida pelas pás do rotor e igual a  $2R$ .

Assim, podemos verificar que o torque varia diretamente com a área varrida pelo rotor e com o quadrado da velocidade do vento.

Figura 9 - Curva ideal de  $C_p$  em função da velocidade do vento.



Fonte: Dewi (2001).

Como o coeficiente de Betz representa o valor máximo teórico para o rendimento de um aerogerador, e, na prática esse rendimento é bem menor para aqueles equipamentos que utilizam apenas a força de arrasto para fazer o rotor girar, os investimentos no setor aerodinâmico tem sido concentrados para um melhor aproveitamento de outra força aerodinâmica, a de sustentação (COUTINHO, 2008), como abordaremos na próxima seção.

### 3.6 Formação dos ventos

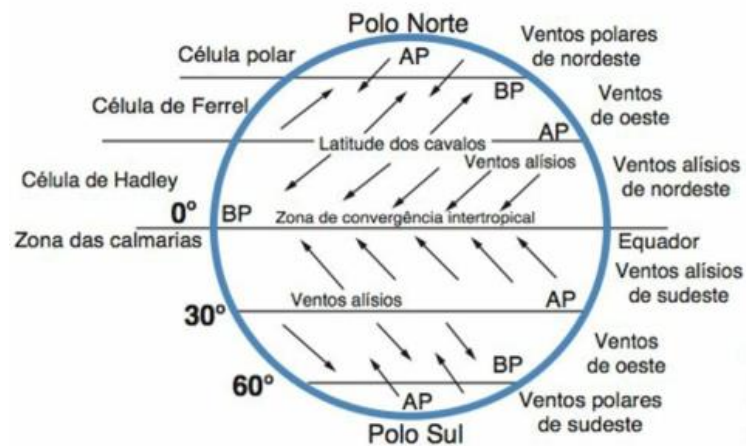
Os ventos resultam a partir do movimento das massas de ar na atmosfera (FADIGAS, 2011). O ar se movimenta a partir das diferenças de pressão e temperatura através do processo de convecção e isto se deve, principalmente, à diferença da intensidade de radiação solar incidente sobre as diversas áreas do planeta.

O ar se movimenta das regiões de alta para baixa pressão, onde as regiões de alta são caracterizadas por serem mais frias e as de baixa, por serem menos mais

quentes. O Brasil, por ser uma região intertropical, compreendida entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, é favorecido pela ocorrência de ventos constantes pois, como os raios solares incidem praticamente de maneira perpendicular à superfície, a região fica mais aquecida se tornando um local de baixa pressão. (FADIGAS, 2011)

Essa característica da irradiação solar permanece nessa região por praticamente todo o ano, acarretando a ocorrência de ventos constantes, chamados *alísios*. Os ventos alísios são aqueles que sopram em baixas altitudes, vão das regiões de alta para baixa pressão e podem ser encontrados nas regiões entre 0° e 30° Norte e 0° e 30° ao Sul, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Circulação geral da atmosfera conforme o modelo das três células



Fonte: Pinto (2013)

Como é possível observar, o globo terrestre foi dividido em três regiões chamadas células, onde as regiões de pressões máximas e mínimas estão nos polos (célula polar) e no Equador (célula de Hadley). Entre estas duas, está uma região intermediária, chamada célula de Ferrel; é desta última que sopram os ventos alísios que atingem o Equador. (PINTO, 2013)

No nordeste brasileiro, a velocidade do vento é reduzida à medida que adentra o continente, fazendo da região litorânea adequada para a instalação dos parques eólicos, contudo os ventos alísios sofrem um efeito positivo em regiões formadas por montanhas, serras e chapadas. (SILVA, 2003).

Assim, ficam claros alguns fatores que influenciam na ocorrência dos ventos e os motivos que levaram à construção do Complexo Eólico Alto Sertão nas cidades de Caetité, Guanambi, e Pindaí, pelo fato de terem parte de seus territórios abrangendo uma região montanhosa, como a Serra do Espinhaço.

Se por um lado o potencial ofertado pela região favorece a geração de energia elétrica e possíveis vantagens econômicas, por outro, há de se considerar o desenvolvimento local e os impactos ambientais decorrentes desses empreendimentos, e como esses aspectos podem ser discutidos nas aulas de Física.

## 4. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Centro Estadual de Educação Profissional em Saúde e Gestão (CEEP), localizado na cidade de Guanambi, interior da Bahia. A turma escolhida o 3º ano do curso técnico em Segurança do trabalho, do turno Matutino, constituída de 21 alunos, sendo que, ao final da primeira unidade, um abandonou os estudos.

O tema relacionado a energia eólica ganha relevância não apenas pela matriz curricular, mas, pela formação profissional dos alunos que almejam uma vaga no mercado de trabalho na área que emprega

Tendo como referência o que é defendido por Fourez (1995a), a respeito da alfabetização científica, e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) de Spiro (1988 apud PESSOA; NOGUEIRA, 2009), a proposta de sequência didática (SD) foi construída durante o primeiro semestre de 2019, para isso, foi utilizada a estratégia Flexuest, presente no endereço <http://flexquest.ufrpe.br/>. Sua estrutura pode ser visualizada na Figura 11 e o acesso direto à SD elaborada como produto dessa dissertação pode ser feito através do link <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/geral>.

Figura 11 - Interface gráfica da FlexQuest.



Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/geral>

A implementação da SD ocorreu durante os meses de outubro e novembro do mesmo ano e foram utilizadas 10 horas-aulas para seu desenvolvimento. Pouco antes do início, fizemos contato uma professora da disciplina de Pesquisa Orientação Profissional e Iniciação Científica (POPIC) que concordou em ceder uma de suas



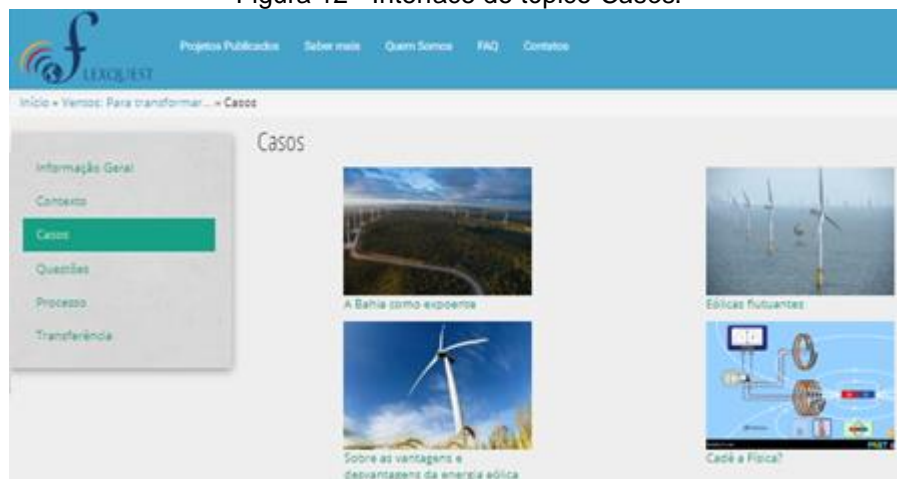
aulas para que ficássemos com duas aulas geminadas. Vale ressaltar que a professora utilizou suas aulas para a confecção de um portfólio que foi instrumento de avaliação tanto em POPIC como na disciplina de Física.

As atividades foram realizadas no laboratório de informática, exceto em um dos dias pois estava chovendo, o que comprometeu o deslocamento para o laboratório. Assim, foi necessário utilizar os smartphones dos alunos para o desenvolvimento da mesma.

A SD é centrada no tema Energia eólica e tem início com o seguinte questionamento na etapa *Contexto*: Se você fosse proprietário de uma área de terra e uma grande empresa se interessasse em utilizá-las para a instalação de torres eólicas, você permitiria? Quais fatores você consideraria para tomar tal decisão?

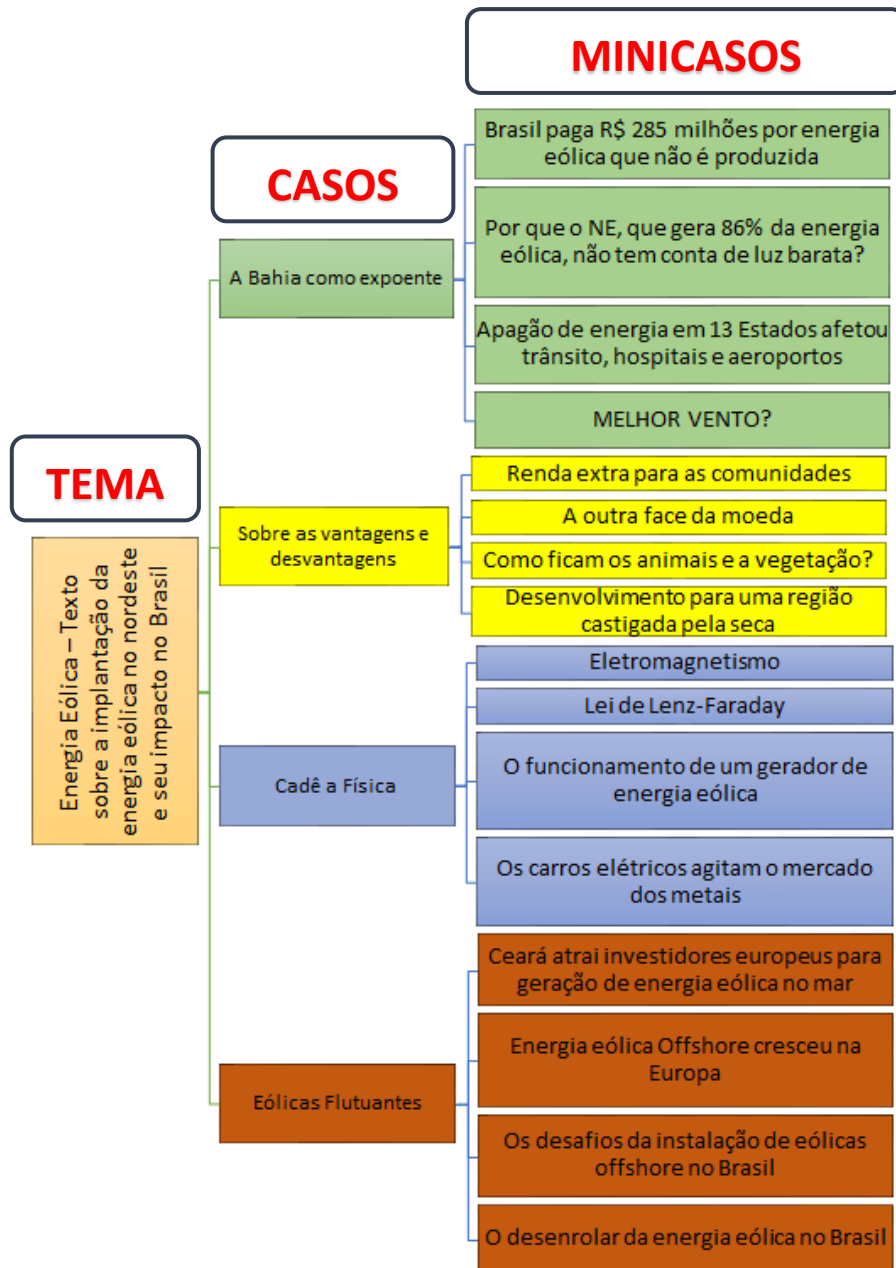
A Figura 12, a seguir, exhibe os quatro casos que estruturamos para essa FlexQuest, enquanto na Figura 13, destacamos os minicasos que agrupamos, buscando o recorte de notícias, matérias ou vídeos publicados na rede de internet. Tivemos o cuidado para que os textos e vídeos não fossem tão longos e, ao mesmo tempo, fossem munidos de informações relevantes.

Figura 12 - Interface do tópico Casos.



Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/caso>

Figura 13 - Estruturação dos casos e minicasos da S.D.



Fonte: Autor (2020)

O caso *A Bahia como expoente*, aliado a seus minicasos, tem como proposta apresentar ao aluno as características que fazem do estado um dos expoentes do setor eólico no Brasil. Além disso, busca abordar a necessidade da existência de linhas de transmissão para o aproveitamento da energia elétrica e o suprimento de

energia em regiões com baixa produção com as hidrelétricas em épocas de seca durante o ano.

O caso *Sobre as vantagens e desvantagens da energia eólica* foi elaborado para explorar alguns contrapontos sobre a instalação de empreendimentos existentes, como algumas pessoas que se sentem beneficiadas, e outras, que se consideram prejudicadas. A exemplo, os prejuízos ou benefícios socioeconômicos ou ambiental decorrentes da chegada dos grandes empreendimentos irão depender de como o cidadão avalia a sua condição dentro de um contexto específico. Conforme Fourez afirma

O caso *Cadê a Física* visa explorar os aspectos da indução eletromagnética através de uma simulação e vídeos, a transformação da energia mecânica, bem como, a necessidade do desenvolvimento de materiais que favoreçam a eficiência energética e a redução de gases de efeito estufa na atmosfera.

Por fim, *Eólicas flutuantes* objetiva abordar questões de estratégia de mercado, a comparação entre os territórios brasileiro e de alguns países europeus, além de diferenciar as características dos ventos que sopram no mar e no continente.

Portanto, tivemos como foco uma abordagem que não privilegiasse apenas a explicação da ciência que se desenvolve em laboratório, mas a partir de diversos contextos e esferas para que, ao final da S.D, o aluno pudesse elaborar uma representação teórica a respeito da energia eólica. Este enfoque está em consonância com o que Fourez (2003) destaca como necessário para a didática das ciências

[...] a didática das ciências deveria considerar – bem mais do que ela faz atualmente – diferenças de abordagens ligadas às diversas posições sociais e aos aspectos exteriores que se ligam a ele. Pedindo para abstrair (ou seja, para esquecer as particularidades de uma situação) não se pede a mesma ação cultural para a filha de um operário e a de um diretor de fábrica.

Em relação à uma possível sequência de etapas delimitadas para realização da investigação dos tópicos da FlexQuest, não encontramos informações nos textos de outros autores, contudo, estabelecemos algumas diretrizes para a investigação, a fim de que os alunos se sentissem mais seguros para iniciar a atividade.

No primeiro momento, utilizamos cerca de 30 minutos para cadastrar alguns alunos na plataforma FQ. Depois, foram utilizados aproximadamente 20 minutos para a apresentação da proposta. Aproveitamos o tempo restante 50 minutos, para a apresentação da proposta e do vídeo contido no tópico *contexto*. A visualização do vídeo foi feita de maneira coletiva pois os computadores do colégio estavam bloqueando o mesmo. Após a socialização das opiniões de alguns alunos e verificação dos conhecimentos prévios de modo oral, solicitamos que respondessem na plataforma da FQ de modo textual, para que fosse uma resposta melhor estruturada, outro questionamento que também tinha o objetivo de verificar as opiniões prévias dos alunos. Posteriormente, os estudantes foram orientados a analisar os casos e minicasos em duplas e ficou determinado que eles deveriam navegar pelos casos, na ordem que quisessem, e que deviam registrar a ordem escolhida numa folha de papel.

No segundo encontro, que também teve duração de 2 horas-aulas, solicitamos que os alunos estudassem dois casos e respondessem pelo menos uma questão relacionada com os mesmos. No encontro seguinte, número três, com duração de outras 2 horas-aulas, o objetivo foi finalizar os estudos dos casos restantes, bem como, responder pelo menos outras duas questões.

No encontro de número quatro, com duração de 2 horas-aulas, destinamos 1 hora-aula para a resolução dos processos e discussão de questões que eventualmente uma ou outra dupla solicitou. A segunda hora foi utilizada para orientações em relação à construção dos novos casos pelas equipes, na etapa *transferência*.

Para isto, foram divididos em três equipes (com no máximo, 7 alunos) que ficaram responsáveis pela elaboração de um novo caso para a FlexQuest, de um portfólio e de um folheto de divulgação a respeito da energia eólica. A opção por um número elevado de integrantes nas equipes se deu pelo tempo letivo que estava sendo abreviado e pela quantidade de trabalhos que os alunos deviam desenvolver.

Já no último encontro, com 2 horas-aulas, os alunos concluíram as tarefas pendentes no tópico *processos* e nos entregaram os registros feitos, tanto da sequência escolhida para o estudo dos casos, como as anotações feitas através da

simulação e as respostas dadas aos processos. O Quadro 1 destaca um esquema do planejamento para o desenvolvimento da sequência didática, embora ressaltamos que, na prática, algumas adaptações são necessárias conforme a dinâmica particular de cada sala de aula e com o objetivo de não engessar muito as ações dos alunos.

**Quadro 1-** Distribuição das atividades dentro da carga horária

Encontro	Carga horária	Atividades desenvolvidas	Etapa da FlexQuest
1	2 horas/aulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apresentação da proposta.</li> <li>✓ Cadastro de alunos que não fizeram ou não conseguiram.</li> <li>✓ Apresentação do <i>contexto</i></li> </ul>	CONTEXTO
2	2 horas/aulas	✓ Dois casos e duas <i>questões</i>	CASOS E QUESTÕES
3	2 horas/aulas	✓ Dois casos e duas <i>questões</i>	
4	2 horas/aulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Uma questão</li> <li>✓ Resolução dos <i>processos</i> e discussão com duplas sobre essas perguntas.</li> </ul>	PROCESSOS
5	2 horas/aulas	✓ Conclusão dos processos e entrega dos materiais que foram avaliados.	TRANSFERÊNCIA
Total	10 horas/aulas		

Fonte: Autor (2019)

Para a produção de dados foram utilizadas as memórias de aula feitas após os encontros, a própria plataforma da FlexQuest que armazena as respostas dos alunos, além das gravações de áudios feitas através de um smartphone. Também foram utilizados os registros feitos de modo manuscrito para tópico *Processos*.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir, destacamos os resultados obtidos a partir da implementação da FlexQuest que elaboramos, conforme destacado na metodologia. Consideramos a própria FQ denominada *Ventos: para transformar energia* como resultado do desenvolvimento do produto educacional. Analisamos as respostas e os procedimentos em cada uma das etapas do desenvolvimento da S.D com respeito à promoção da ACT e da flexibilidade cognitiva, além de estabelecermos um paralelo entre as estratégias metodológicas FlexQuest e Ilha de Racionalidade.

### 5.1 Análise das respostas obtidas oralmente na etapa contexto

A partir da exibição do vídeo da FAPESP “Ventos Promissores a Caminho”, levantamos algumas questões para a turma, como: “Por que eu intitulei o trabalho em Ventos para transformar energia?”. As respostas, de maneira geral, foram: “Porque transforma a energia do vento”. Essas falas evidenciaram possível lacuna de conhecimento científico, pois alguém neste estágio da educação básica poderia dar uma resposta mais trivial como, “Transformação de energia cinética em elétrica”. Em seguida, os alunos foram questionados sobre qual tipo de energia o vento possuía e qual tipo de energia utilizávamos em casa. A turma chegou num consenso de que utilizávamos a energia elétrica que era obtida através do vento, porém não citaram os termos energia cinética ou mecânica, tampouco, mencionaram o fenômeno da indução eletromagnética para isso.

Em seguida, foi feito um outro questionamento se “seria vantajoso para o Brasil substituir toda a sua matriz energética por apenas a energia eólica”? As respostas, extraídas dos áudios gravados durante as aulas foram: “Ficaria muito caro”; “Daria muito trabalho”; “Porque não tem Terra suficiente”. Nenhum aluno estabeleceu uma relação entre a existência de diversas fontes de energia com o aumento da demanda por energia elétrica do país.

Quando questionados sobre os termos “potencial de energia” e “potência instalada”, os estudantes também não conseguiram diferenciar os dois termos. Foi

necessário intervir e fazer analogias para eles concluírem que o potencial é o que pode ser produzido ainda e o potencial instalado é o que já está sendo utilizado.

No momento seguinte ao debate, destacamos o trecho do vídeo onde é abordado o aspecto da poluição visual que os parques eólicos provocam. Há de ser ressaltado que inicialmente os alunos optaram por reproduzirem as informações do vídeo, reforçando que os aerogeradores poluem a paisagem natural, entretanto, quando foi perguntado se concordavam com tal afirmação, os estudantes negaram e expuseram com naturalidade suas opiniões. A partir das falas verificamos que todos os estudantes afirmaram que, mesmo sendo um problema para outros países, a questão visual não é vista como poluição, como pode ser percebido nos comentários extraídos do áudio gravado: “fica lá longe”, da zona urbana. “à noite deixavam a visão mais bonita”.

Essas respostas apontam para a necessidade de elaborar perguntas que incluam o estudante no contexto do tema trabalhado pois o potencial de argumentação crítica e de reflexão é maior. Neste sentido, verificamos a presença de conceitos e valores como no caso dos impactos visuais dos parques eólicos, vistos como poluição visual para os europeus e como símbolo de beleza e imponência pelos estudantes do colégio.

No meio desta discussão, um aluno fez o seguinte questionamento: “Pra que energia eólica, se para nós não vem?” Esta fala sinalizou um claro desconhecimento do Sistema Integrado Nacional (SIN), que seria estudado a posteriori em um dos minicasos da FlexQuest.

Este momento relacionado à discussão oral é consonante ao levantamento de conhecimentos prévios e interesses da parte dos alunos em relação ao tema numa Ilha de Racionalidade, chamado de etapa dos clichês ou Etapa 1, as ideias, curiosidades e interesses dos estudantes puderam ser verificadas tal qual numa Ilha de Racionalidade.

## 5.2 Análise das respostas da etapa *contexto*

Após a discussão preliminar do vídeo “Ventos Promissores a Caminho”, a etapa *contexto* segue com o questionamento, “Se você fosse proprietário de uma área de

*terra e uma grande empresa se interessasse em utilizá-las para a instalação de torres eólicas, você permitiria? Quais fatores você consideraria para tomar tal decisão?”.* O objetivo dessa questão foi analisar as ideias prévias que os alunos tinham a respeito do tema.

Levando em conta que as respostas dos discentes foram postadas num campo dentro do tópico contexto da FlexQuest, analisamos que tiveram inclinação para a aceitação de uma eventual seção das terras para a instalação de torres eólicas. De um total de 10 respostas, destacamos quatro que representam de maneira geral as ideias pré-existentes a respeito do tema.

*Sim, pois além da parte financeira que irei receber, a energia eólica é umas das melhores energia brasileira e o Brasil é cheio de riqueza natural principalmente da parte dos ventos que gera a energia eólica e tem que ser utilizado da forma correta que vem para o nosso uso”. (Dupla 1)*

*Sim, observaria a questão financeira e o nível de desmatamento que causaria nas minhas terras. Caso não fossem promissoras a instalação, rejeitaria o pedido. (Dupla 2)*

*Eu permitiria eles me pagando por usa minhas terras de boa. (Dupla 3)*

*Dependendo do impacto ambiental eu colocaria algumas torres que não interferiam no meio ambiente. (Dupla 8)*

A partir dessas respostas observamos que o fator da geração de renda está amplamente difundido na comunidade local. Praticamente todas as respostas começam com os alunos advogando pela cessão das terras atreladas à questão financeira. Embora alguns afirmem a necessidade de o impacto ambiental ser reduzida para a cessão, não é possível obter elementos que evidenciam questionamentos se a energia eólica é, de fato, limpa. Essa ausência de questionamento nos leva a crer que eles entendem como sendo uma verdade as ideias divulgadas por empresas e especialistas no tema e evidencia a falta de elementos da alfabetização científica como o *domínio* e a *comunicação*, que poderia ser verificado com o poder de argumentação concreta, e não rasa, como foi o caso.

Outro elemento que percebemos ausente foi a *autonomia*, a qual Fourez (1997) defende como a capacidade do indivíduo em tomar decisões e negociar frente a uma



situação concreta. Embora a Dupla 8 imponha a condição de “Dependendo do impacto ambiental...” para a instalação de torres eólicas em suas terras, falta argumentação sobre quais e como seriam esses impactos. Mesmo que os elementos, autonomia, comunicação e domínio sejam analisados separadamente, é muito difícil que um exista sem o outro, conforme Bettanin e Alves Filho (2003).

Finalizada a etapa contexto com as respostas dos alunos escritas na plataforma, verificamos que ela é útil para que o estudante organize e articule melhor suas ideias pois a escrita exige isso. Assim, percebemos que esse momento pode estar articulado com as Etapas 1 e 2 da IIR, chamadas Clichês e Panorama espontâneo, respectivamente. Esta última, onde os alunos emitem seus pareceres de maneira mais estruturada por ser na forma escrita.

### 5.3 Análise das respostas da etapa Questões

Para esta etapa da FlexQuest (ver Figura 14), elaboramos cinco questões que foram norteadas pelos objetivos de provocar o pensamento crítico e a reflexão, para os alunos responderem após a análise dos casos. Vale salientar que a quantidade de questões elaboradas não corresponde necessariamente a quantidade de casos, entretanto, cada uma delas corresponde às abordagens feitas em pelo menos um dos casos.

Figura 14 - Disposição das questões na FlexQuest

The screenshot displays the FlexQuest website interface. At the top, there is a blue header with the FlexQuest logo on the left and navigation links: "Projetos Publicados", "Saber mais", "Quem Somos", "FAQ", "Contatos", and "LOGIN". Below the header, the breadcrumb trail reads "Início » Ventos: Para transformar... » Questões".

On the left side, there is a vertical navigation menu with the following items: "Informação Geral", "Contexto", "Casos", "Questões" (highlighted in green), "Processo", and "Transferência".

The main content area is titled "Questões" and displays five question cards:

- Card 1 (24):** Image of wind turbines. Question: "No Brasil, ainda existe muita terra disponível para a instalação..."
- Card 2 (22):** Diagram of an electrical generator. Question: "Clique na figura e responda a pergunta:"
- Card 3 (24):** Image of a hand holding a globe with energy symbols. Question: "a) Como os carros elétricos podem contribuir para o..."
- Card 4 (24):** Image of a wind farm. Question: "Como ocorre o processo de produção de energia elétrica através..."
- Card 5 (19):** Image of an oil pumpjack. Question: "As multinacionais buscam regiões onde possam explorar e obter..."

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/questao>

As questões foram respondidas num espaço reservado, cujo acesso ocorre após o aluno clicar sobre cada link e abrir cada uma. Os números presentes no canto superior esquerdo de cada imagem das questões indicam a quantidade de respostas obtidas em cada pergunta. A seguir, verificamos as respostas e analisamos a presença de elementos inerentes à Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), como autonomia, comunicação e domínio, na perspectiva de Fourez (1995). A análise de cada uma delas está a seguir.

### 5.3.1. Questão 1

Elaboramos a questão 1, com o objetivo de verificar a capacidade dos alunos relacionarem questões geográficas, sociais e econômicas. “No Brasil, ainda existe muita terra disponível para a instalação de parques eólicos. Quais motivos devem ter levado ao surgimento de movimentos pela implantação dos parques offshore?”. A seguir destacamos algumas respostas:

*Pela a diminuição de impactos, ruídos e ocupação de moradia, só que em questão financeira é mais caro do que a outra energia. (Dupla 1)*

*A implantação de parques offshore, vem buscando principalmente a diminuição de ruídos, além de trazer um maior aumento de energia eles se utilizam de hélices maiores. O offshore ainda ocupa menos espaço na terra evitando até que as empresas paguem aluguéis a moradores da região. (Dupla 2)*

*Diminuição de impactos e ruídos, desocupações de moradias e em relação a questão financeira acaba saindo mais cara do que as outras energias. (Dupla 7)*

No momento em que as duplas 1, 2 e 7 argumentaram sobre a diminuição dos ruídos próximos às regiões urbanas e a redução do custo com o arrendamento de terras, levantaram o contraponto de que os custos para a instalação das torres em alto mar seriam mais elevados. Esse diálogo pode ser considerado um indicador da alfabetização científica, por Fourez (1995), pois evidencia autonomia, comunicação e domínio. Embora não possamos medir de maneira qualitativa esses elementos, percebemos a existência dos três indicadores na busca pelo conhecimento do assunto através da leitura dos casos, indicando *autonomia*, e na argumentação, tanto quando citam a questão da economia pelo não arrendamento de terras ou falam da questão dos ruídos produzidos, e na comparação dos custos gerados por um parque *offshore* ou *onshore*. O fato de apresentar esses argumentos indica a aquisição da *comunicação e domínio*, embora este último, em menor grau, já que a própria pergunta não cedeu espaço para exigir uma tomada de decisão do aluno.

### 5.3.2 Questão 2

Neste item, foram feitos dois questionamentos relacionados aos carros elétricos. O objetivo dessa questão era verificar a capacidade do aluno em extrapolar as fronteiras do tema estudado, verificar como ele se comporta numa situação a qual não existe apenas uma resposta correta, além de investigar se os alunos conseguem estabelecer uma relação entre o desenvolvimento tecnológico às demandas da sociedade. A pergunta foi a seguinte: *(a) Como os carros elétricos podem contribuir para o desenvolvimento de um mundo ecologicamente sustentável? (b) Aponte novos setores do comércio que podem ser criados e desenvolvidos.*

Verificamos a presença de elementos que indicam que alguns alunos conseguiram relacionar o desenvolvimento da ciência e tecnologia com o aumento das demandas da sociedade, como na resposta da Dupla 3:

*(a) Por que vai ajudar a diminuir exploração do meio ambiente e ajuda a diminuir poluição de gases tóxicos no ar (b) Novos comércio, novos tipos de bateria, que tenha uma durabilidade maior. (Dupla 3)*

Quando esta dupla fala sobre gases tóxicos, sinaliza que a necessidade da busca por fontes de energias menos agressivas ao meio ambiente foi assimilada. Além disso, estabeleceram uma relação de dependência entre o que é necessário e o que se desenvolve em termos tecnológicos ao citar a necessidade de baterias com uma durabilidade maior.

Os comentários das duplas 4 e 6 também chamaram atenção pois, mesmo corroborando com a Dupla 3 na questão ambiental, demonstraram não compreender completamente a parte “b” da questão.

*(a) Porque os carros elétricos foram feitos para gerar menos poluentes pois vai depender da origem da energia que ele é alimentado durante a recarga (b) pode ser que as pessoas pode compartilhar bicicletas além de usar carros que poluir o ar assim gerando bem estar a si mesmos diminuído a poluição do ar. (Dupla 4)*

*(a) Os carros elétricos são menos consumíveis e também menos poluentes. (b) podemos comercializar carros sem ruído. (Dupla 6)*

Vale destacar o fato da Dupla 4 achar relevante a origem da fonte de energia elétrica que eventualmente abasteça os carros, o que sinalizou sobre a existência de ponderação frente a uma situação que começa a ganhar espaço na sociedade. Essa ponderação apontou para a existência de *domínio* e responsabilidade frente a uma situação problema além de *autonomia*, pois demonstrou possuir algum conhecimento sobre os carros elétricos e comunicação pois argumentou para defender seu posicionamento.

A dupla vai além ao citar as bicicletas compartilhadas, uma situação que, no contexto exposto, poderíamos explorar a transformação da energia química das pessoas em energia mecânica relacionada ao movimento da bicicleta. Além dessa situação, a abordagem pode ser ampliada considerando os benefícios à saúde e ao meio ambiente.

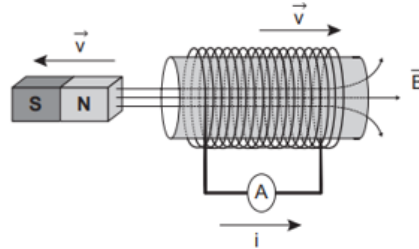
Posto isso, trabalhos que envolvem a FlexQuest produzem desdobramentos que podem abrir novas frentes para a exploração de situações transdisciplinares, a exemplo da proposta no artigo *O ato de pedalar e a flexibilidade cognitiva em sala de aula: transversalidade curricular em meio ambiente* (JOSÉ, JOSÉ, DE BASTOS, 2020). Cabe ao professor verificar a viabilidade junto aos alunos para a exploração desses desdobramentos na FQ em estudo ou numa nova proposta que vise a discussão de questões como estas.

### 5.3.3 Questão 3

Para o desenvolvimento da questão 3, adaptamos uma questão da prova de Ciências da Natureza do ENEM do ano 2014, exibida na Figura 15, onde a pergunta do enunciado foi alterada a fim de transformarmos a questão, inicialmente fechada, em aberta.

Figura 15 Questão 72 do caderno de provas azul da prova do ENEM 2014, em sua versão original.

O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como ilustrado na figura.



A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

- esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

Fonte: Autor (2020)

O objetivo dessa questão foi verificar a aprendizagem de conhecimentos de Física, para isso, utilizamos a mesma imagem da questão original, onde aparecem uma bobina e um ímã, e fizemos o seguinte questionamento: *Quais seriam as possibilidades de movimentar o ímã e as espiras a fim de obtermos uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura?*

Antes de respondê-la, os alunos foram submetidos a uma atividade utilizando uma simulação (minicaso 3.1) para que pudesse auxiliá-los na compreensão da Indução Eletromagnética. Para tal, entregamos a eles uma heurística que pudesse guiá-los durante a interação com a hiperfídmia e solicitamos que registrassem numa folha de papel as respostas aos comandos presentes na heurística que segue abaixo.

Foi possível perceber que as duplas estabeleceram a ideia de variação de fluxo magnético. As respostas das Duplas 2 para os itens 4 e 7 do passo a passo corrobora com esta análise.

*Deixando o ímã próximo à bobina a lâmpada não se acende, pois precisa de movimento para criar energia. (Dupla 2)*

*Quando em movimentos com maior amplitude, a intensidade da luz é aumentada, sendo mais intensa. (Dupla 5)*

Essas respostas nos trazem elementos de alfabetização científica pois os três elementos da ACT ficam evidente quando a resposta é apresentada de maneira estruturada e bem argumentada. Ainda assim, falas como “criar energia” precisam ser mais discutidas dentro do princípio da sua conservação, que exige transformação, e não, criação de energia. As outras respostas ficaram num meio termo, ficou evidente que os alunos entenderam que o fato de inverter a polaridade do imã a todo instante também produzia uma corrente elétrica.

Um sinal de alerta deve ser ligado ao professor trabalhar a indução eletromagnética em sala de aula pois os alunos costumam não ter bem esclarecidas a distinção entre a natureza magnética e elétrica da matéria. A resposta da Dupla 10 aponta neste sentido:

*O imã, ao aproxima da bobina pela parte norte tem uma carga negativa e já pela parte sul, a carga é positiva.*

Após a realização da heurística, os alunos se voltaram para a resolução da Questão 3. A Dupla 10 citou termos que não consideramos adequados para a resposta como, por exemplo, “fuso horário, “corrente elétrica de intensidade” além de citar a grandeza física “peso” que, devido à disposição do imã e da bobina durante a simulação, não exerce influência no fenômeno.

*Temos que por as posição sul para que o imã tem a movimentação por conta do peso e as posição Norte e Sul com um fuso horário positivo e negativo induzindo uma corrente elétrica de intensidade.*

A discussão de maneira pontual com esta dupla poderia colaborar para uma melhor compreensão pois é possível que eles não tenham discernido bem as diferenças entre as situações abordadas nos vídeos e na simulação, presentes no caso “Cadê a Física”, e na pergunta da Questão 3.

Outras duas respostas abaixo podem ser consideradas satisfatórias pois as duplas compreenderam a relação existente entre a polaridade do imã e o sentido do movimento relativo entre eles. Enquanto a Dupla 5 resolveu apenas inverter a polaridade do imã e fazer a movimentação contrária, agora, no sentido de aproximá-

los, a Dupla 8 acrescentou uma outra modificação, a inversão das posições entre imã e bobina.

*Seria necessário a inversão dos polos norte e sul, fazendo com que o imã e as espiras gerassem uma corrente. Deste modo, movimentando a bobina para a esquerda e o imã invertido para a direita haverá algumas possibilidades de obter a corrente que foi apresentada na imagem. (Dupla 5)*

*Eu colocaria o imã no lado direito da bobina inverteria as pontas ou seja colocaria o polo norte no lugar do polo sul e os a aproximava assim gerando uma corrente no mesmo sentido. (Dupla 8)*

Essas respostas corroboram com a ideia da ACT a partir do desenvolvimento da SD visto que elementos referentes à autonomia, comunicação e domínio se fazem presentes nelas. Percebemos a presença de *domínio* ao explicarem como fazer a corrente ser produzida no sentido da figura da atividade e a utilização dos termos referentes as polaridades sul e norte.

Outras respostas chamaram atenção pela falta de clareza, talvez pela dificuldade com a escrita da língua portuguesa ou pela má compreensão do fenômeno da indução eletromagnética.

De maneira geral, a compreensão do fenômeno da indução eletromagnética foi satisfatória, e os resultados indicam que a utilização de simulações e vídeos com animações podem colaborar com o ensino de conceitos abstratos de Física, mas também podem indicar a necessária realização de experimentos concretos.

#### 5.3.4 Questão 4

A pergunta “Como ocorre o processo de produção de energia elétrica através do vento?” pode ser considerada a mais rasa entre todas as questões, pois se propõe a saber mais sobre conceitos do que sobre a opinião dos alunos, entretanto, ganha relevância porque desejamos verificar se os alunos aprenderam conceitos com ligação direta à disciplina de Física.

Os alunos demonstraram facilidade na elaboração da resposta que pode ser considerada dentro do padrão que comumente verificamos em vídeos e nos livros.



*As hélices captam o vento, que as fazem girar que automaticamente giram as turbinas e aerogeradores, fazendo gerar energia elétrica.  
(Dupla 1)*

*A força do vento gira as três partes formando um rotor que se conecta a um eixo que move um gerador as turbinas multiplica as velocidades produzindo eletricidade”. (Dupla 4)*

*Ocorre quando os aerogeradores captam o vento e passar por uma turbina que aciona um gerador elétrico, produzindo a energia elétrica.  
(Dupla 5)*

Percebemos que, pelo estilo da pergunta ser do tipo “como funciona” ou “o que é isso”, parecido com a maior parte que estão acostumados a conviver durante a vida escolar, os alunos tiveram maior facilidade para compreender e respondê-la. Isso não significa, claro, que houve uma reflexão profunda a partir da mesma já que a possibilidade de o aluno ser introduzido no contexto é ínfima. Ainda assim, percebemos a existência de autonomia por parte deles, pois foi necessário ir em busca do conhecimento através dos textos e vídeos, para elaborar as respostas.

### 5.3.5 Questão 5

A questão 5 foi proposta para analisar o posicionamento crítico do estudante. Nela, o aluno foi questionado sobre quais fatores o cidadão deve considerar para se posicionar sobre a instalação de empreendimentos de energias e mineração em sua região. A questão foi a seguinte:

*“As multinacionais buscam regiões onde possam explorar e obter retorno financeiro. Além disso, existe a contrapartida de levar desenvolvimento à região. Como o cidadão deve se posicionar frente a instalação desses empreendimentos de energia e mineração”?*

Das dez respostas, cinco foram na linha de que o cidadão deve apoiar, já que trarão renda e investimentos para a região, uma outra Dupla, a número 10, ficou num

meio termo e estabeleceu contrapartidas indenizatórias aos prejuízos causados pelas atividades na região:

Proporcionar um documento e exigir indenizações com os danos explorações e redução de impostos. *(Dupla 10)*

ou seja, para ela o fato de haver indenização pelos prejuízos é suficiente para o apoio da população à exploração da região. Essa resposta evidenciou a ausência de, pelo menos, duas características da ACT, como comunicação e domínio. A autonomia pôde ser observada num grau superficial, visto que, existiu o aprendizado de informações sobre a necessidade de documentos para autorizar as atividades de uma empresa e de que o cidadão tem direito à indenização por eventuais danos. Chama atenção, a falta de argumentação para uma relação de poder e domínio existente, a aceitação de uma imposição, onde a empresa se instala em um território e executa o que é de interesse próprio sem abrir precedentes para negociar com a comunidade local.

Nas outras quatro respostas, os alunos, embora afirmem que a geração de empregos e renda para a região seja algo positivo, ressaltam que os impactos ambientais devem ser bem estudados e garantidos através de documentos.

*Entender que vai levar mais empregos como também outros meios de lucros para a população e o desenvolvimento para as regiões em contrapartida essas empresas multinacionais acaba que causa na área de exploração dos recursos naturais um impacto negativo ao meio ambiente como a extinção de animais nativos da região, o desmatamento. (Dupla 3)*

A resposta acima evidencia alguns elementos obrigatórios para a alfabetização científica, um deles é o *domínio* do conhecimento, este, por sua vez, pode ser observado através de alguns indicadores que são: conhecer do assunto, domínio e responsabilidade frente ao problema.

Analisando a resposta da Dupla 3, consideramos que ela apresenta indicadores de responsabilidade quando pondera que existem impactos negativos a serem

avaliados, além disso, a relação de conhecimentos científicos diversos pode ser observada na citação de fatores socioeconômico na questão dos empregos gerados, na questão.

No decorrer da etapa *Questões*, notamos que os alunos revisitaram os casos antes de escreverem ou finalizarem as respostas. Essa revisão é chamada por na TFC de “travessia da paisagem”, segundo o autor, fundamental para desenvolver a flexibilidade cognitiva pois essa atitude colabora na reestruturação dos conceitos complexos e pouco estruturados. Essa revisão é sugerida na execução da etapa *Processos*, onde, para cada pergunta feita, existem pelo menos dois minicasos indicados para serem revisitados. Possivelmente, os minicasos revistos na etapa *Questões* foram revisados e aplicados sob uma nova perspectiva na e etapa *Processos*, algo relevante para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva.

Ao final dessa etapa, identificamos semelhanças com a sétima etapa da IIR, “Esquematizando a Situação Pensada”, nas quais ocorrem a elaboração de uma síntese preliminar das situações estudadas, a diferença entre está no fato da IIR permitir um diálogo entre o professor e os alunos sobre o tipo de avaliação para o momento, enquanto na FlexQuest, a síntese preliminar é no formato de perguntas.

A próxima etapa a ser analisada, *Processos*, também possui atribuições parecidas, portanto, consideramos que pode ser complementar à *Questões* quando traçamos um possível paralelo com a Etapa 7 da IIR.

#### 5.4 Análise das respostas dadas na etapa *Processos*

O objetivo dessa etapa é mostrar aos alunos que, embora os minicasos pertençam a casos diferentes, eles podem estar relacionados para a resolução de novas questões, assim, ela pode ser um parâmetro para verificarmos a existência de características da ACT e de *flexibilidade cognitiva*. (SILVA; NERI DE SOUZA; LEÃO, 2015)

A Figura 16 exibe os processos, os quais representam um momento da FlexQuest em que os alunos devem responder novas questões relacionadas ao tema

estudado, e assim, estabelecer uma relação entre minicasos diferentes para a construção de sua resposta.

Figura 16 - Processos da FlexQuest



Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/processo>

Foram criados três processos e, na estrutura de cada um, indicados pelo menos dois *minicasos*. As respostas foram transcritas para uma folha do caderno e posteriormente coletadas para análise que também foi ancorada nas gravações de áudios das aulas. A entrega desta etapa escrita constituiu uma parte da avaliação.

#### 5.4.1 Processo 1

O primeiro processo, intitulado “Acabou a energia?” questionou o fato de um problema na hidrelétrica do Xingu (PA) provocar um apagão em Guanambi-BA, onde se tem um parque eólico. Seu objetivo foi o de avaliar se o aluno conseguiu associar os conhecimentos aprendidos referentes ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e à necessidade de integração das fontes energéticas de todas as regiões do Brasil. Duas respostas foram as seguintes:

*O principal motivo pelo qual o problema na hidrelétrica do Xingu afetou a região de Guanambi é que toda a energia produzida em cada região do Brasil é enviada para uma subestação principal que distribui para todo o país. (Dupla 3)*

*Porque a energia do nosso país é interligada pelo SIN, e o Nordeste normalmente depende de redes elétricas externas, principalmente em algumas épocas do ano, onde não são fortes e constantes o*

*suficientes para manter a energia eólica. Desse modo, quando houve uma falha no Xingu pela interligação que há, o Nordeste ficou sem energia mesmo com os parques eólicos. (Dupla 5)*

Nas duas respostas, é possível notar que a ideia de um sistema interligado e as motivações para tal, foram assimiladas e com isso, verificamos elementos de flexibilidade cognitiva quando, a partir da revisitação dos dois minicasos indicados, puderam formular respostas para explicar o problema.

Em relação à ACT, o áudio da aula corrobora quando escutamos uma das duplas solicitar ao professor que discutisse com eles sobre as causas do apagão

*Dupla 1: “Professor, é porque todo o sistema de energia do Brasil tá interligado”.*

Professor: “Como é feita essa interligação?”

(Dupla 1): “Através dos fios do poste”.

(Professor): “Se tivermos um problema aqui, vai afetar lá no Xingu?”

(Dupla 1) “Se a energia daqui abastecer lá, sim, mas não é o caso”.

Essa capacidade de dialogar e defender suas ideias com segurança evidenciam o desenvolvimento da *comunicação*, um dos elementos da ACT. É importante ressaltar que o fato de existir comunicação com boa argumentação indica a presença tanto *autonomia* como *domínio*, já que se fez necessário buscar e conhecer o conteúdo para poder opinar. Apenas a Dupla 6 não conseguiu estabelecer essa relação, achando, inclusive um absurdo ter faltado energia na região. Apontaram que

[...] não pode deixar um imprevisto desse ocorrer sem ter uma solução, um gerador para a região.

Nesse momento da sequência, uma das duplas ainda não havia percebido a interligação das linhas de transmissão e que um problema em um setor não fica restrito ao local de origem, mas desencadeia para toda a região interligada

eletricamente, isso indica que qualquer estratégia pode ter seus problemas e não está livre de falhas.

#### 5.4.2 Processo 2

Este segundo processo foi produzido com o objetivo de verificar as percepções e os elementos construídos pelos alunos sobre os impactos provocados pela energia eólica, não só no âmbito ambiental, mas no econômico e nos desdobramentos que o projeto provoca na rotina das pessoas.

O título do Processo 2 foi “Desenvolver sem agredir” e nele, continha a seguinte pergunta: *A energia eólica vem sendo chamada de "uma das energias mais limpas" que existem. a) Como você poderia descrevê-la em termos de nível de agressão ao meio ambiente? b) O que você considera como energia limpa?*”.

Inserimos o “você” na pergunta para tentar fazer com que o aluno não reproduzisse apenas as opiniões de especialistas, mas tivesse liberdade para demonstrar suas percepções.

Foram selecionados três minicassos para auxiliar na construção da resposta: *Desenvolvimento de uma região castigada pela seca, A outra face da moeda e renda extra para as comunidades.*

A partir das respostas analisadas, percebemos que os alunos apresentaram algumas contradições pois, embora considerem energia eólica uma fonte limpa e destacam os malefícios produzidos por ela ao meio ambiente, eles definem energia limpa como uma fonte que não o agride de maneira nenhuma. Esse é um momento que vale a pena o professor confrontar a turma num momento posterior para a reflexão e discutir o que é considerado como energia limpa e como eles, os alunos, consideram. Como o calendário escolar estava no final, acabamos não tendo esse momento.

Analisando apenas as respostas ao item b, das nove analisadas, cinco consideram que uma energia limpa não deve agredir o meio ambiente de nenhuma maneira e 4 ponderam que a agressão deve ser reduzida. É interessante ressaltar que os textos e vídeos da atividade definem, por meio de especialistas, da mesma maneira: Ponderando os impactos ambientais.

É justamente essa concepção de “verdade” que Fourez propõe que o cidadão seja capaz de discuti-la e, na Questão 5 não verificamos argumentações, apenas respostas em nível superficial.

#### 5.4.3 Processo 3

Quando a questão foi construída, o intuito foi que os alunos estabelecessem uma comparação entre as dimensões do território brasileiro e dos países europeus, além disso, apontar o fato do Brasil já possuir projetos de parques sobre a terra em andamento. Novamente, desejávamos verificar a capacidade em comunicar-se com domínio sobre o tema estudado. Perguntamos: *O Brasil tem se destacado no potencial de energia eólica em terra firme. Entretanto, muitos países europeus têm explorado de maneira mais agressiva os parques offshore (no mar). Por que o Brasil não segue os europeus mesmo tendo um litoral muito grande?*

As respostas obtidas ficaram restritas a apontar questões referentes a abundância de regiões com bons ventos no continente e ao gasto financeiro que deveria ser desprendido. Uma possível contradição ocorreu ao destacarem o potencial eólico *offshore* em algumas regiões do Nordeste como sendo cerca de doze vezes maior que o *onshore*, mas não cogitaram a possibilidade dos parques eólicos sobre o mar. Esse último argumento, poderia servir de gatilho para discutirem que embora o potencial *offshore* seja maior, o potencial em terra ainda não foi completamente explorado devido ao Brasil ter um território extenso, comparado à maioria dos países europeus.

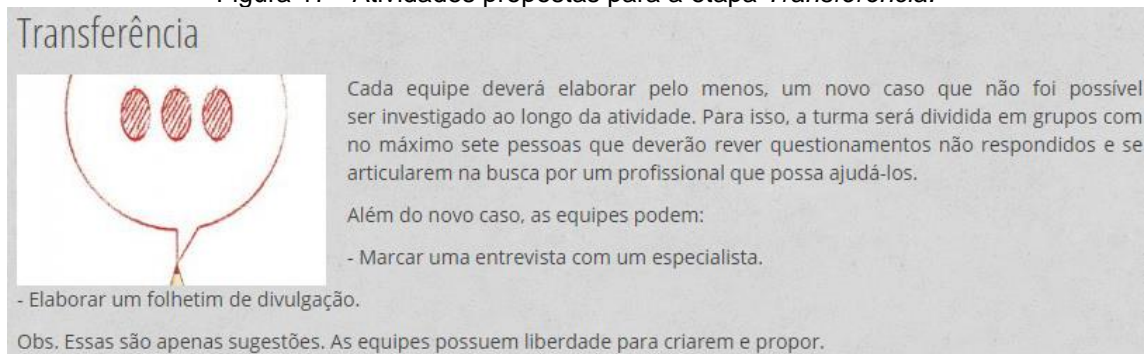
Ressaltamos que a informação do potencial *offshore* ser 12 vezes maior que o *onshore* estava presente num minicaso que não havia sido indicado para a resolução deste processo, assim, notamos que houve uma busca concreta por informações e uma tomada de decisão de maneira autônoma por parte do aluno, ao inserir informações de um minicaso diferente daqueles indicados. Em relação aos outros elementos ACT, não percebemos sinais que pudessem indicar domínio da situação para opinar, apenas a reprodução de informações apreendidas no estudo dos dois minicasos indicados.

Embora consideremos que as respostas das duplas sejam razoáveis pois demonstram uma preocupação com a questão financeira envolvida em um novo desafio, poderíamos considerar um momento para discussão dessas respostas ou até a participação de um outro professor de Geografia para auxiliar na melhor exploração o tema.

### 5.5 Análise dos materiais produzido na etapa *Transferência*

A etapa transferência tem como finalidade propor que os alunos deem sequência ao tema estudado. A Figura 17 destaca a proposta dessa etapa em que Santos (2016) afirma ser necessário que os alunos não pensem que o conhecimento do tema é terminado ao final da FlexQuest, mas que pode ser continuado através da exploração do mesmo em novas frentes.

Figura 17 - Atividades propostas para a etapa *Transferência*.



**Transferência**

Cada equipe deverá elaborar pelo menos, um novo caso que não foi possível ser investigado ao longo da atividade. Para isso, a turma será dividida em grupos com no máximo sete pessoas que deverão rever questionamentos não respondidos e se articularem na busca por um profissional que possa ajudá-los.

Além do novo caso, as equipes podem:

- Marcar uma entrevista com um especialista.
- Elaborar um folhetim de divulgação.

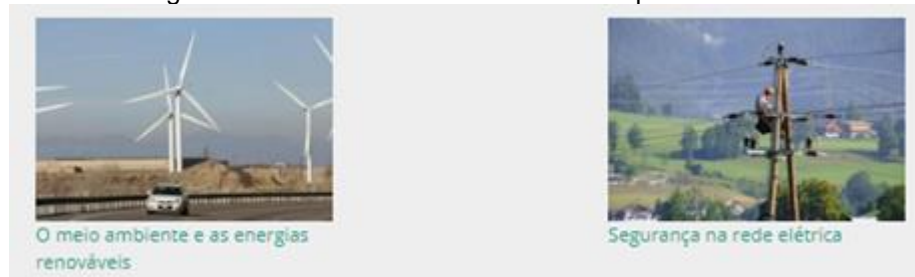
Obs. Essas são apenas sugestões. As equipes possuem liberdade para criarem e propor.

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/transferencia/8444>

Na etapa *Transferência*, a proposta de avaliação final foi para que os alunos elaborassem novos casos relacionados à energia eólica. Para isso, a turma foi dividida em três equipes que tiveram o máximo de sete integrantes, essa quantidade se deu pelo fato que estávamos no final do ano letivo e os alunos estavam com muitos trabalhos e provas de outras disciplinas para fazerem. Como meio de comunicação, foi utilizado o aplicativo de Whatsapp onde foi criado um grupo de bate-papo para cada equipe, mas uma delas não realizou a tarefa e não obteve a nota correspondente a essa etapa. Os casos criados estão dispostos na Figura 18.



Figura 18 - Dois novos casos elaborados pelos alunos.



Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/caso>

Orientamos os alunos para que escolhessem casos diferentes e uma das equipes optou pelo tema segurança na rede elétrica pois julgavam estar mais relacionado com o curso técnico que estão fazendo. A outra equipe elaborou um caso que abordava o meio ambiente e o clima.

A seguir, aparecem as Figuras 19 e 20 com os novos casos 1 e 2, e a estrutura desses casos criados pelos alunos.

Figura 19 - Novo caso 1 e seus minicases.

**Segurança na rede elétrica**

\*Este é um caso criado como proposta de avaliação de um grupo de alunos que participaram da Flexquest.

Sabemos como é importante a segurança do trabalho para a prevenção de acidentes, especialmente quando há o manuseio de cabos, fios e outros elementos da rede elétrica (segurança em eletricidade). As consequências de um choque variam de acordo com a intensidade da corrente elétrica (medida em ampères) e o caminho percorrido por essa corrente no corpo humano. Mas, seja qual for o ambiente e os riscos envolvidos. Todo trabalho que envolve eletricidade deve ser feito com os cuidados e equipamentos adequados.

Um dos maiores perigos quando se fala de segurança em eletricidade são os choques elétricos. Os choques elétricos podem causar contrações musculares e, dependendo de certos fatores, como corrente e tempo de exposição, podem levar a paradas cardíacas e respiratórias.

Disponível em: <https://www.mariuvas.com.br/a-importancia-dos-equipamentos-e-medidas-de-protecao-para-a-seguranca-em-eletricidade/>

---

**Minicases**

Segurança no trabalho  
- Choque elétrico

Dois homens morrem  
após torre de energia  
eólica em que...

Acidentes envolvendo  
energia elétrica sobem  
em 2018

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/caso/9535>

Mesmo que não seja o propósito da FlexQuest verificar se os alunos aprenderam como desenvolver uma atividade para o ensino, resolvemos verificar as

características dos novos Casos criados por eles. Analisando-os, percebemos que, mesmo apontando apenas três *minicasos* (os autores da FQ orientam que se escolha pelo menos quatro) a equipe de segurança na rede se aproximou mais da ideia da FlexQuest, escolhendo duas reportagens de casos reais, além de um vídeo.

A seguir, destacamos o novo caso 2, conforme a Figura 19.

Figura 20 - Novo caso 2 e seus minicasos.

**O meio ambiente e as energias renováveis**

**Cientistas alertam para impactos ambientais de fontes renováveis de energia**

Para salvar o planeta do caos climático, o mundo precisa avançar rapidamente na transição dos combustíveis fósseis para as fontes renováveis de energia. E para que a mudança seja bem-sucedida, é preciso avaliar os prós e os contras de cada modelo de produção energética. Em artigos publicados nesta quinta-feira nas revistas "Environmental Research Letters" e "Joule", pesquisadores da Universidade Harvard alertam que a transição para a energia solar ou eólica nos EUA irá exigir entre cinco e 20 vezes mais terras do que se pensava, e que as fazendas eólicas de grande escala poderão aumentar a temperatura média da superfície da parte continental do país em 0,24 grau Celsius.

— O vento bate o carvão em qualquer medição ambiental, mas isso não significa que seus impactos sejam insignificantes — afirmou David Keith, professor de Física Aplicada na Escola de Engenharia e Ciências Aplicadas de Harvard. — Nós devemos nos afastar rapidamente dos combustíveis fósseis para conter as emissões de carbono. Fazend

o isso, devemos fazer escolhas entre várias tecnologias de baixo carbono, todas com impactos sociais e ambientais.

Um dos primeiros quesitos a serem avaliados no impacto ambiental das tecnologias renováveis é o uso da terra. Em um dos artigos, Keith e seu colega Lee Miller, pós-doutorando em Harvard, descobriram que a geração eólica está sendo superestimada por negligenciarem as interações entre as turbinas. Ao movimentar as pás, os ventos perdem força, criando uma "sombra do vento". Para apenas uma turbina, esse fenômeno não traz tantos impactos, mas para uma fazenda densa ele pode reduzir a produção energética.

---

**Minicasos**



Diversas soluções para mudanças climáticas já funcionam.



Como o cidadão pode contribuir para a melhoria do clima?



Impactos das energias renováveis



Consequências para o clima

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/caso/9540>

Neste *novo caso 2*, a equipe procurou relacionar uma possível redução dos impactos provocados ao meio ambiente a uma maior utilização das energias renováveis. Faltou exibir minicasos que pudessem oportunizar uma visão do tema a partir de diferentes perspectivas, além disso, as situações abordadas não possibilitaram contradições, mas serviram de reforço entre suas ideias.

## 5.6 Aproximações entre as duas estratégias

Embora sejam duas maneiras distintas para desenvolvermos uma atividade de ensino-aprendizagem, ambas permitem o trabalho interdisciplinar. Analisando cada uma das etapas da FlexQuest e da IIR, percebemos alguns traços em comum.

Uma aproximação que podemos perceber é que podemos relacionar o *contexto* da FlexQuest com duas etapas da IIR, o clichê e o *panorama espontâneo* das IIR. Para Fourez, no clichê, o aluno expõe seus argumentos de maneira mais espontânea, falando sem se preocupar muito com uma organização prévia de ideias e padrões, enquanto o panorama espontâneo exige uma melhor análise para organização e listagem dos aspectos que serão abordados no tema. Assim, em nossa SD verificamos que o momento do clichê é percebido quando, ao final da apresentação do contexto, os alunos acabam respondendo espontaneamente de modo oral aos questionamentos feitos pelo professor, e o panorama espontâneo, quando eles devem escrever sobre suas concepções num campo de respostas na própria página da FlexQuest. O fato de escrever acaba obrigando o aluno a estruturar suas ideias, como geralmente verificamos na diferença entre as ideias transmitidas de maneira oral e escrita.

No momento referente a separação das áreas e especialistas envolvidos no tema (Etapa 3 da IIR), embora suprimidas inicialmente devido as “caixas pretas a serem exploradas virem pré-determinadas pelo professor, está relacionada com o último momento da FQ, *transferência*. De certo modo esse aspecto pode ser positivo pois no começo de uma atividade com FQ, em geral, o aluno não possui autonomia suficiente para definir os caminhos que fará para estudar o tema, isso é compreensível pois não está habituado a tomar decisões desse tipo em meio a aulas expositivas e ao estudo de conteúdos bem estruturados presentes na maior parte das salas de aula. Ao passo que a atividade vai acontecendo, o aluno perpassa por uma série de situações que estimula o desenvolvimento da autonomia para a tomada de decisões necessárias à etapa *Transferência*.

O estudo dos casos e *minicase*s pode ser aproximado ao que se faz nas etapas 4 e 5 da IIR, onde os alunos abrem as caixas pretas com o auxílio de especialistas em

cada tema, e aprofundam os estudos em cada um deles. Ou seja, eles começam a “colocar a mão na massa” passeando pelos *minicasos* e construindo suas ideias. O papel do especialista, destacado nas IIR, é feito pela descrição de cada caso e *minicaso*. A diferença, no que refere às etapas 4 e 5 e os casos e *minicasos*, é que, enquanto as caixas pretas das IIR, são decididas pelos alunos, os casos e *minicasos* são previamente apontados pelo professor. Novamente, reiteramos que a autonomia é desenvolvida ao longo do processo, inclusive na travessia pelos *minicasos*, mesmo não determinando o que vai ser estudado, o aluno desenvolve sua autonomia quando atua no sentido de escolher a sequência e o momento de estudar cada caso e *minicaso*.

A etapa 6, que é referente a uma síntese que os alunos devem produzir a respeito do tema, pode ser observada tanto no tópico *Questões* como em *Processos*. Na IIR, o aluno deve sintetizar todo o conhecimento construído até o momento e, segundo Fourez, pode ser um texto, cartaz., etc. Nesse trabalho, por questão de aproveitamento completo da ferramenta FQ, optamos por estimular a escrita no formato de respostas a perguntas prioritariamente abertas e que permitam verificar os modelos teóricos elaborados pelos alunos.

Quando se trata das etapas 7 e 8, elas aparecem relacionadas à *Transferência*. Esta não pode ser entendida como a finalização dos estudos do tema, mas uma oportunidade de dar sequência a ele (SANTOS, 2016). Diante disso, pode ser proposto aos alunos que escolham um possível “novo caso” a ser estudado sem a ajuda de especialistas, como na etapa 7 da IIR, que trata da abertura de caixas-pretas sem o auxílio de especialistas. Para verificar o modelo construído pelos alunos, pode ser solicitado a elaboração de um folhetim, uma palestra para a socialização do tema ou uma feira de divulgação, esse é o momento em que o aluno passa a propor novos caminhos para sequência de seus estudos.

Em nosso caso, foi proposto que as três equipes elaborassem novos casos, porém apenas duas realizaram a tarefa. Utilizando grupos de whatsapp para cada equipe, uma delas elaborou um caso relacionado a acidentes com eletricidade, outra equipe montou um caso relacionado às mudanças climáticas ocorridas em lugares que possuem energias renováveis.

A seguir, apresentamos no Quadro 2, um comparativo entre os momentos e etapas de uma IIR e da FlexQuest.

Quadro 2 - Comparação entre os momentos da IIR e da FlexQuest

<b>Momento da IIR</b>	<b>Momento da FlexQuest</b>	<b>Objetivo do momento</b>	<b>Diferenças entre as propostas</b>
➤ <b>Etapa 0</b>	Planejamento	Elaborar a proposta considerando aspectos que o aluno se identifique dentro do contexto trabalhado.	Na IIR o planejamento serve de apenas guia, já que os estudantes “escolhem” o que estudar. Na FlexQuest, o material a ser estudado é selecionado pelo professor.
➤ <b>Clichês (Etapa 1)</b> ➤ <b>Panorama espontâneo (Etapa 2)</b>	Contexto	Verificação dos conceitos e opiniões pré-existentes à atividade.	Sem diferenças significativas.
➤ <b>Consulta aos especialistas e especialidades (Etapa 3)</b>	Transferência	Os alunos definem especialistas a serem consultados.	A diferença está no momento em que esta etapa geralmente ocorre. Na IIR ocorre nos primeiros momentos enquanto na FlexQuest ocorre nos últimos.
➤ <b>Indo a campo (Etapa 4)</b> ➤ <b>Abrindo as caixas pretas (Etapa 5)</b>	Estudo dos casos e minicaseos	Buscar informações de maneira autônoma	Na FlexQuest o que será estudado é determinado pelo planejamento do professor. Na IIR, o aluno é quem escolhe com base em seus interesses.
➤ <b>Esquematisando a situação pensada (Etapa 6)</b>	Questões e processos	Elaborar uma síntese parcial do tema estudado	A FlexQuest avalia por meio de perguntas enquanto a IIR deixa a critério do professor ou dos alunos.
➤ <b>Abrir algumas Caixas Pretas sem a ajuda de um Especialista (Etapa 7)</b> ➤ <b>Síntese da IIR (Etapa 8)</b>	Transferência	Síntese de tudo que foi trabalhado através de um produto.	Sem diferenças significativas.

Fonte: Autor (2020)

A partir dessa comparação, podemos sugerir ao professor que deseje trabalhar com IIR em suas aulas, que antes utilize a FlexQuest. Não queremos, com isso, estabelecer uma hierarquia entre as duas propostas, mas, reconhecemos que pelo

fato de ser o professor aquele que escolhe boa parte do conteúdo estudado numa FlexQuest, enquanto na IIR são os alunos quem apontam estes, consideramos a IIR um processo que necessita de autonomia já em seus primeiros momentos, o que o faz mais complexo e distinto do praticado em nosso sistema de ensino tradicional, o qual tende a acostumar o estudante a estudar apenas o conteúdo apontado pelo professor.

Assim, a FlexQuest pode ser uma estratégia para o desprendimento inicial do aluno à figura do professor como aquele que deve guiar os seus estudos. Portanto, mesmo que indique os temas e reportagens a serem estudados na elaboração da FlexQuest, o professor atua como mediador durante a investigação do aluno e não como transmissor de informações. Em alguns casos, ele acaba nem sendo requisitado já que o discente consegue construir seu conhecimento através do estudo sozinho ou com os colegas. Esse fator fornece elementos para verificarmos que a flexibilidade cognitiva, com o tempo, passou a ser desenvolvida através da relação com seus pares, de modo menos dependente da figura do professor.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou verificar a viabilidade de uma estratégia de ensino para a formação de um sujeito alfabetizado científico e tecnologicamente, conforme Fourez (1995a), por meio da estratégia FlexQuest 2.0. O estudo de novas estratégias de ensino, que possibilitem o trabalho colaborativo sob o prisma interdisciplinar corrobora a relevância desse trabalho.

A SD *Ventos: Para transformar energia* foi construída a partir de situações inerentes à energia eólica, muitas vezes passadas despercebidas pela população. Para a organização dos minicasos, Santos (2016) sugere que sejam recortados trechos de um caso, fracionando seu conteúdo nos vários minicasos que o compõem. Entretanto, como priorizamos uma abordagem da FlexQuest visando a ACT, esse fator pode limitar o estudo do caso ao olhar de apenas um autor (redator, no caso das reportagens textuais ou roteirista, no caso dos vídeos). Nesta situação, a estruturação de minicasos a partir de notícias e vídeos de diferentes fontes pode ser mais apropriada, como realizamos nessa dissertação e propusemos no produto educacional.

Ao verificarmos os elementos da ACT, percebemos que a FQ é capaz de promovê-la na perspectiva de Fourez (1995a) e um dos fatores que a viabilizam, além do planejamento bem estruturado, é o fato do tema a ser estudado estar inserido no cotidiano dos alunos, pois, dessa maneira, eles se sentem estimulados a realizarem a atividade proposta. Neste trabalho, o tema central foi a energia eólica e a SD pode ser acessada através do endereço eletrônico <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/geral>.

Nela, incorporamos o caso *Segurança na rede elétrica* construído por parte dos alunos, pois consideramos que o estudo do caso possibilita uma travessia pelo tema sob um outro viés, mesmo não apresentando o mínimo de quatro minicasos. Há de se considerar que a turma, apesar de não estudar a teoria da construção de uma FQ e dispor de pouco tempo para tal, elaborou um caso com características satisfatórias para a atividade.

A estratégia é promissora, todavia, precisamos sinalizar para alguns aspectos a serem melhorados na plataforma. Um dos problemas que ocorrem ao tentarmos promover uma interação via mensagens entre os participantes durante a atividade.

Dentro do campo de resposta que os participantes possuem para inserir seus comentários às questões, quando é necessário respondermos a um comentário feito por um colega ou aluno, nota-se que ele não possui nenhum tipo de sinalização a respeito da interação. Os únicos participantes que recebem sinalização são os autores do projeto, mesmo assim, via e-mail, isso dificulta e pode atrapalhar a comunicação e, às vezes, o aluno nem ficar sabendo do feedback do professor ou de um colega. Logo, temos um fator que pode ser limitador para o desenvolvimento da FQ pois a comunicação é fundamental para o professor instigar, quando necessário, o pensamento crítico dos participantes. Para que o aluno perceba a existência de um novo comentário e interaja através da ferramenta com outra pessoa, é necessário ficar revisitando suas postagens antigas a todo instante, algo que não é trivial.

Outro fator que pode dificultar é o caso de os alunos deixarem para responder as questões ligadas a algum caso, num momento posterior a leitura do mesmo. O indicado é que o professor oriente que eles respondam na mesma aula em que fizerem as visitas aos casos, pois a memória da leitura se torna mais recente, caso contrário, a atividade pode ter seu andamento atrasado pela necessidade dos alunos terem que refazer as leituras dos casos.

Em relação à chamada flexibilidade cognitiva e conhecimento avançado construído, consideramos que ela acontece desde o começo da SD, quando os alunos são levados a desconstruir suas primeiras ideias rígidas, e pode ser verificada nas respostas às perguntas e na etapa *Processos*, onde o aluno responde às perguntas dos processos com argumentação. Para isso, ressaltamos o cuidado necessário na sua elaboração, pois podem acabar induzindo o aluno a respostas que remetam a memorização de conceitos.

Outra vantagem do desenvolvimento de uma FQ é que o próprio professor, no ato da construção, se abre a possibilidade de aprender temas sob uma óptica diferente da disciplina que leciona. Como é real a necessidade de sempre contextualizar



quaisquer conteúdos para os estudantes, conhecê-lo em suas diversas frentes se faz fundamental.

Assim, num momento em que as mudanças no ensino da Educação Básica apontam para uma maior integração entre as diversas áreas, a FQ pode ser uma estratégia interessante para nortear a elaboração de algumas aulas que envolvam temas com abordagem interdisciplinar. Neste sentido, o trabalho colaborativo entre professores de outras áreas na elaboração da sequência didática pode significar um melhor aproveitamento do potencial da mesma.

Ainda sobre a estratégia, ela pode ser útil como forma de desenvolvimento de ensino assíncrono em situações de isolamento social ou quando se pratica o ensino não presencial.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA). **Números ABEEólica**: março 2020. Disponível em: [http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/03/Infovento-15\\_PT.pdf](http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/03/Infovento-15_PT.pdf). Acesso em: 05 abr. 2020.

ARAÚJO, A. B.; da SILVA, M A. Ciência, Tecnologia e Sociedade; Trabalho e Educação: possibilidades de integração no currículo da Educação Profissional Tecnológica. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 1, p. 99-112, jan./abr. 2012. Disponível em : <https://www.scielo.br/pdf/epec/v14n1/1983-2117-epec-14-01-00099.pdf>.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 01-13, 2001.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 314 p.

BAZZO, W. A.; von LINSINGEN, I.; PEREIRA, L.T.V. Introdução aos estudos CTS. Madri: Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OIE), 2003.

BETTANIN, E.; ALVES FILHO, J. P. Alfabetização científica e técnica: um instrumento para observação dos seus atributos. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 4., 2003, Bauru. Atas do IV ENPEC, 2003. v. 1. p. 20-33.

BONATTO, Andréia et al. Interdisciplinaridade no ambiente escolar. In: **SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL**, 9., 2012, Ijuí. ETC. Ijuí: Unijuí, 2012. p. 1 - 12.

BORGES, M. N.; BARRETO, F.C. de S. As políticas estaduais de apoio ao PNPG 2011-2020: o caso FAPEMIG – CAPES. **Ensaio**: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v. 20, n. 77, p. 803-818, out./dez. 2012.

BRAGA, G. R. **A teoria da flexibilidade cognitiva como estruturante dos três momentos pedagógicos**: contribuições ao ensino de física na educação de jovens e adultos. 2019. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ensino, Vitória da Conquista, 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministérios da Educação (INEP/MEC). **Brasil no Pisa 2015**: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros/OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. São Paulo: Fundação Santillana, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília: MEC/SEB, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC\\_19dez2018\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf). Acesso em: 27 jan. 19.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 1999. 58 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2002. 144 p.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. MME/EPE. Brasília: MME/EPE, 2017

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Energética Brasileira**. Ano base 2019. MME/EPE. Brasília: MME/EPE, 2020. Acesso em: 05 de jul. 2020

CAMARGO-SCHUBERT. **Atlas do Potencial Eólico Bahia**. Bahia: SECTI/SEINFRA/CIMATEC/SENAI, 2013.

CANDÉO, M. **Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) por meio do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) a partir de filmes de cinema**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1435>. Acesso em: 02 de fev. 2020.

CARVALHO, A.A.A. A representação do conhecimento científico segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. **Revista Brasileira de Educação**, v.13, n.1, p.169-184, 2000.

CARVALHO, I. M. L.; RUZENE, D. S; SILVA, D. P. Análise dos impactos da energia eólica. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE**, 8., 2016. São Cristovão. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7726/2/AnaliseImpactosEnergiaEolica.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2019.

CARVALHO, J. F. DE. Energia e sociedade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 25–39, 2014.

CHRISPINO, Álvaro. **Introdução aos enfoques CTS – ciência, tecnologia e sociedade - na educação e no ensino**. 1. ed. Madrid – Espanha: OEI – Organização dos estados Iberoamericanos, 2017. v.1, p.181.

Coutinho, A. **Desenvolvimento de pás de turbinas eólicas com auxílio da dinâmica dos fluidos computacional**. 2008. Dissertação (Mestrado em Processos Industriais) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 2008. Disponível em: [http://cassiopea.ipt.br/teses/2008\\_PI\\_Arilton\\_Coutinho.pdf](http://cassiopea.ipt.br/teses/2008_PI_Arilton_Coutinho.pdf). Acesso em 04 abr. 2020.

CUNHA, G. H. B. **Modelagem matemática e implementação computacional no ATP de um sistema solar fotovoltaico conectado a rede de baixa tensão**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14577>. Acesso em: 15 de mar. 2020.

DEMO, Pedro. **Educar pela Pesquisa**. 4. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2000

DIAS, E. DOS S. Os (des) encontros internacionais sobre meio ambiente: da conferência de estocolmo à rio+20 - expectativas e contradições. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 39 v. 1, p. 06-33, Jan./Jun., 2017.

DUARTE, A.M. S; SILVA, M.A, OLIVEIRA, R. S; RODRIGES, M.I.R; SANTOS, M. B.M. Descrevendo e refletindo sobre a prática em Ilhas de Racionalidade. In: **XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2009. Anais... Vitória, 2009.

FADIGAS, Eliane A. Farias Amaral. **Energia eólica**. Barueri: Manole, 2011, 285p. (Série Sustentabilidade/Arlindo Philippi Jr., coordenador).

FERREIRA, N. R. S. Currículo: espaço interdisciplinar de experiências formadoras do professor da escola de educação básica. In: FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Revista Interdisciplinar**, São Paulo, Volume 1, número 0, p.01-83, out. 2010.

FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências. Tradução: Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. 319p.

\_\_\_\_\_, G. **Alfabetización científica y tecnológica**: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

\_\_\_\_\_, G. **Crise no ensino de ciências?** Investigações em Ensino de Ciências, v.8, n.2, pp. 109-123, 2003.

\_\_\_\_\_, G. El movimiento ciencia, tecnología, sociedad (CTS) y la enseñanza de las ciencias. **Perspectivas**, vol. XXV, nº 1, p. 27-40, 1995a.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GERHARD, A. C.; FILHO, J. B. da R. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. **Revista Investigações em Ensino de Ciências** – v. 17, p. 125- 145, 2012.

GRESCZYSCZYN, M. C. C.; CAMARGO FILHO, P. S.; MONTEIRO, E. L. Determinação do nível de alfabetização científica de estudantes da etapa final do ensino médio e etapa inicial do ensino superior. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, p. 192-208, 2018.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Vol. 3: Eletromagnetismo. Rio de Janeiro: LTC, 2009

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

JOSÉ, H. P. M.; JOSÉ, W. D.; DE BASTOS, F. da P. O ato de pedalar e a flexibilidade cognitiva em sala de aula: transversalidade curricular em meio ambiente, saúde e pluralidade cultural. **Revista Cenas Educacionais**, Caetité, v. 3, n. e8620, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/cenaseducacionais/article/view/8620/5479>. Acesso em: 06 jun. 2020

KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. **Seminário Nacional ABC na Educação Científica**. n. 4, São Paulo, 2008. p. 212-217. Disponível em: [http://www.cienciamao.usp.br/dados/smm/\\_estacaocienciaformacaodeeducadorespa raoensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/smm/_estacaocienciaformacaodeeducadorespa raoensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf). Acesso em: 26 mar 2019.

LEMONS, J. K; PACHECO, C. C. As crises do petróleo e a geoestratégia dos Estados Unidos para o Golfo Pérsico entre 1945 e 1980. **Estudos Internacionais**, Belo Horizonte, ISSN 2317-773X, v.4 n.2, p.17 – 34, 2017. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/estudosinternacionais/article/view/P.2317-773X.2016v4n2p17/11339>.

LUCKESI, C. C. **Filosofia da Educação**. São Paulo : Cortez, 1994. – (Coleção magistério 2º grau. Série formação do professor)

MENDES, C. E. **Como os alunos estudam Física**: um estudo a partir do uso do livro didático. 2017. (Dissertação de Mestrado) – Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017. Disponível em: [http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat\\_MendesCE\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat_MendesCE_1.pdf). Acesso em: 05 de jun. 2019.

MILARÉ, T. A Proposta Metodológica de Ilha Interdisciplinar de Racionalidade em um Curso de Licenciatura em Química: Discutindo Informações de Corrente de E-mail. **Química nova na escola** - São Paulo. v. 36, n. 2, p. 126-134, Maio 2014. Disponível em: [http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc36\\_2/08-RSA-12-12.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc36_2/08-RSA-12-12.pdf)

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 32, n. 94, p. 73-80, São Paulo Sept./Dec. 2018.

NEHRING, C. M. et al. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, mar. 2002.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica** – vol. 3: eletromagnetismo. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

OCDE (2016). **PISA 2015 Results: Excellence and Equity in Education**. Volume I. Paris: OECD Publishing.

PESSOA, T.; NOGUEIRA, F. Flexibilidade Cognitiva nas vivências e práticas educativas: casebook para a formação de professores. In: NASCIMENTO, A.; HETKOWSKI, T. (Eds.). **Educação e contemporaneidade: pesquisas científicas e tecnológicas**. Salvador: EDUFBA, 2009, p. 111-131.

PINHEIRO, T.F., ALVES FILHO, J. e PIETROCOLA, M. Um exemplo de construção de uma ilha de racionalidade em torno da noção de energia. In: **ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, 7., 2000, Florianópolis. Ata Eletrônica [...]. Florianópolis. março. 2000.

PINTO, M. O. **Fundamentos de energia eólica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 392 p.

PIETROCOLA, M.; PINHO-ALVES, J.; PINHEIRO, T. F. Prática Interdisciplinar na Formação Disciplinar de Professores de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 131-152. Ago. 2013.

PITERMAN, A.; GRECO, R.M. A água, seus caminhos e descaminhos entre os povos. **Revista APS**, v.8, n.2, p. 151-164, jul./dez. 2005

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A. Ciência, Tecnologia e Sociedade um Compromisso Ético, **Revista Ibero Americana de Ciência, Tecnologia y Sociedad**, v.2, p.173-194, dez. 2005.

PRESTES, R. F.; SILVA, A. M. M. da. As contribuições do Educar pela Pesquisa no Estudo das Questões Energéticas. **Experiências em Ensino de Ciências (UFRGS)**, v. 4, p. 7-20, 2009.

REALE, M. V.; MARTYNIUK, V. L. Divulgação Científica no Youtube: a construção de sentido de pesquisadores nerds comunicando ciência. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO EM SÃO PAULO**. 63, 2016. Anais eletrônicos [...], São Paulo: Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 2016. Disponível em: <http://portalintercom.org.br/anais/nacional2016/resumos/R11-0897-1.pdf>. Consultado dia: 23 mar. 2020.

RICHETTI, G. P.; PINHO-ALVES, J. Automedicação: um tema social para o Ensino de Química na perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.1, p.85-108. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37916/28953>. Acesso em: 04 jul. 2018.

RIVERA, J. S. **Aerodinâmica do sistema torre-turbina eólica de eixo horizontal**. 2013. Dissertação (Mestrato) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

Salgado, T. D. M.; Moço M. C. C.; SILVA, M. T. X. **Interfaces Disciplinares no Ensino de Ciências: Uma Perspectiva Docente**; Quím. nova esc. – São Paulo - SP; vol. 41, n. 2, p. 200-209, maio 2019.

SANTOS, I. G. S. **FLEXQUEST**: Uma plataforma Web 2.0 para o desenvolvimento de atividades interdisciplinares visando a promoção de flexibilidade cognitiva. 2016. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2016. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7449>. Acesso em: 08 jun. 2018

SANTOS, I. G. S. e CLEOPHAS, M. G. Uma proposta de trabalho interdisciplinar sobre a água: o caso da Flexquest “O Fluido da Vida”. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, 4949-4954, 2017.

da SILVA, F. R., NEVES, M. C. D., Revista Retratos de Escola Brasília, v. 12, n. 22, p. 101-114, 2018.

SCHMITZ, C. **Desafio Docente**: As Ilhas de Racionalidade e seus elementos Interdisciplinares. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis, 2004. 277 p.

SILVA, I. G. DE S. S.; LEÃO, M. B. C.; NERI DE SOUZA, F. Plataforma FlexQuest®: Uma estratégia didática para a promoção de flexibilidade cognitiva e interdisciplinaridade com recursos Web 2.0. **RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. E4, p. 35–49, 2015

SILVA, G. R. **Alencar do Nascimento Feitosa, Everaldo. Características de vento da Região Nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003. Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5432/1/arquivo7341\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5432/1/arquivo7341_1.pdf). Acesso em: 12 abr. 2020.

SILVEIRA, P. G. Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira. **Opinion Juridica**, v. 17, p. 123-147, 2018.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 99- 116, 2013. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=pt&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 06 fev. 2019.

SIQUEIRA, J. B.; GAERTNER, R. Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade: conceito de proporcionalidade na compreensão de informações contidas em rótulos alimentícios. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, 4., 2014, Ponta Grossa. SINECT - Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa: UTFPR, 2014.

SOARES, Magda. Letramento e Escolarização. In: RIBEIRO, Vera Masagão (Org.). **Letramento no Brasil**. São Paulo: Global, 2004. 287 p.

STRIEDER, R. B., KAWAMURA, M. R. D. Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis: UFSC, v. 10, n. 1, p. 27-56, maio de 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n1p27/34216>. Acesso em: 20 out. 2018.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos** - CEBRAP [online]. 2007, n.79, p.47-69.

TRALDI, M. **Acumulação por despossessão: a privatização dos ventos para a produção de energia eólica no semiárido brasileiro.** 2019. Tese (Doutorado em geografia na área de análise ambiental e dinâmica territorial) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/335160/1/Traldi\\_Mariana\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/335160/1/Traldi_Mariana_D.pdf). Acesso em: 21 mar. 2020.

VASCONCELOS, F.C.G.C. Análise das Estratégias FlexQuest® desenvolvidas por professores em formação inicial no Curso de Licenciatura em Química. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**. 11., 2017, Florianópolis. Anais [...], UFSC, 2017, p. 1-12. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0913-1.pdf>. Acesso em 05 jul 2019.



VASCONCELOS, F. C. G. C.; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia flexquest sobre radioatividade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 37-58, 2012.

VASCONCELLOS, Celso dos S. **Planejamento Projeto de Ensino-Aprendizagem e Projeto Político-Pedagógico**. 7 ed. São Paulo: Libertad, 2000. (Cadernos Libertad-1).

VIDMAR, M. P.; DE BASTOS, F. da P.; ABEGG, I. Flexibilidade cognitiva e hipermídia educacional na formação inicial de físicos-educadores. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 101-118, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4295/2860>. Acesso em: 06 ago. 2019.

VIDMAR, M. **Atividades didáticas de Física mediadas por hipermídia: potencialidades para o desenvolvimento da Flexibilidade Cognitiva**. 2017. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/14598>. Acesso em: 26 dez. 2018.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



**MOHAMMED LUIZ SANTOS COUTO**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO INTERDISCIPLINAR ATRAVÉS DO TEMA  
ENERGIA EÓLICA: APROXIMAÇÕES ENTRE AS ESTRATÉGIAS FLEXQUEST E  
ILHAS DE RACIONALIDADES**

**VITÓRIA DA CONQUISTA  
AGOSTO DE 2020**

## **APRESENTAÇÃO**

Este produto educacional é um desdobramento dos estudos desenvolvidos durante o Mestrado Profissional em Ensino de Física, sob orientação do Professor Dr. Wagner Duarte José, sendo um dos requisitos para a obtenção do título de título de Mestre em Ensino de Física pelo programa. A sequência didática é uma proposta interdisciplinar a partir do tema energia eólica, onde buscou-se articular a Teoria da Flexibilidade Cognitiva, alicerce da estratégia utilizada, a FlexQuest 2.0, e os elementos da Alfabetização Científica e Tecnológica.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>110</b>
<b>OBJETIVO .....</b>	<b>111</b>
<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>112</b>
<b>Anexo A – CASOS E MINICASOS DA FLEXQUEST ENERGIA EÓLICA .....</b>	<b>125</b>

## INTRODUÇÃO

O exercício da docência deve fazer o professor buscar as melhores estratégias para ajudar seus alunos entenderem determinado conteúdo, entretanto, é necessário ressaltar os alunos consideram maçantes e desestimulantes as aulas com cálculos e centradas no livro didático. (MENDES, 2017).

Na contramão, Reale e Martyniuk (2016) relatam que os jovens têm acessado informações relativas à ciência e tecnologia por meio de vídeos em mídias sociais, como o Youtube e a elevada quantidade de usuários inscritos reforça o interesse dos jovens pela ciência.

Para despertar o interesse pelas aulas de ciências, tal como ocorre em relação aos vídeos nos diversos canais de popularização da ciência, uma das linhas de pesquisa em ensino está na produção de sequências didáticas, segundo Kobashigawa (2008), elas configuram um conjunto de etapas e processos cujo objetivo é promover fomentar a construção do conhecimento pelos alunos.

Uma das vertentes que fundamentam algumas dessas SD é a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), nela, o aluno deve ser capaz de desenvolver competências e habilidades que o possibilite tomar decisões em situações que exijam fazer juízo de valor. Conforme Fourez (1995a), essas características consistem na aquisição de *autonomia, comunicação e domínio*.

Fourez (2003) aponta que um indivíduo que tenha essas características, deve ser capaz de romper com a submissão que existe em relação à técnicos e especialistas que decidem em caráter vertical os desdobramentos dos processos sociais, econômicos, científico e tecnológico.

Outro pressuposto teórico, é a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) proposta por Spiro e colaboradores (1988 apud PESSOA; NOGUEIRA, 2009), o qual visa que o estudante desenvolva *flexibilidade cognitiva*, conhecimento em nível avançado que o possibilite desconstruí-lo e reelaborá-lo diante de situações diferentes da que foi apreendido inicialmente. (VIDMAR, 2017)

Para a elaboração de uma SD que levasse em conta a TFC, articulada à elementos da ACT, foi utilizada a estratégia FlexQuest 2.0, desenvolvida na tese de doutoramento de Santos (2016).

A FlexQuest 2.0 é uma estratégia didático-metodológica desenvolvida na tese de Santos (2016) como a segunda geração de outra ferramenta pré-existente, a FlexQuest (2006). Utilizando matérias e reportagens de situações reais, retiradas da internet, a versão atual é estruturada em seis etapas das quais cinco delas são *Contexto, Casos, Questões, Processos e Transferência*, e a sexta, *Minicase*, compõe a etapa *Casos*.

Devido ao complexo eólico baiano, Alto Sertão, englobar as regiões de Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí, o tema *energia eólica* passou a ter relevância na vida da população local. Neste sentido, o estudo da geração de energia elétrica a partir da fonte eólica se faz pertinente numa estratégia de ensino interdisciplinar pois contempla a realidade do aluno da região.

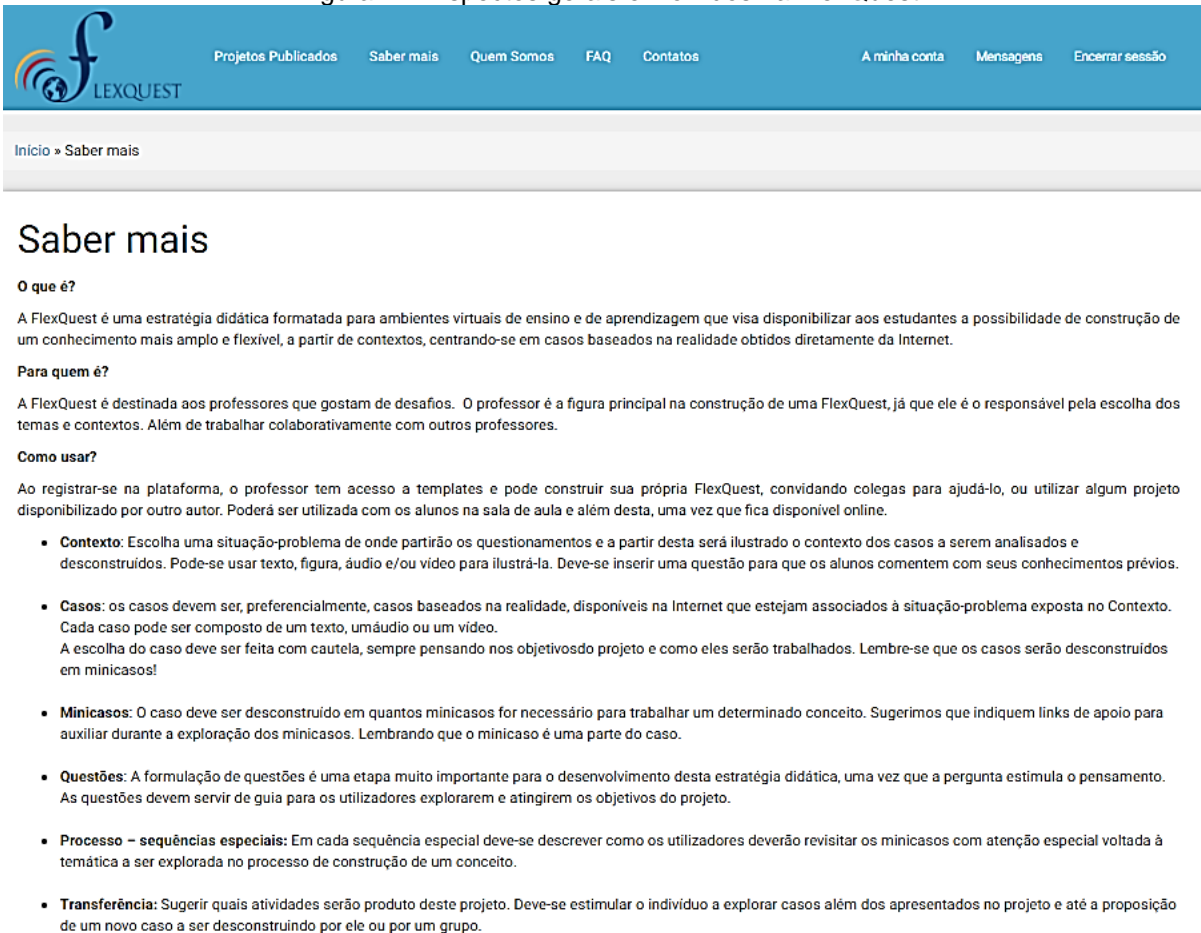
## **OBJETIVO**

O presente produto educacional divulga uma SD elaborada a partir do tema *Energia eólica*, utilizando-se da estratégia FlexQuest 2.0, articulando os elementos da Alfabetização Científica e Tecnológica e da Teoria da Flexibilidade Cognitiva. A SD possibilita a abordagem conteúdos geralmente trabalhados em disciplinas isoladas, como a formação dos ventos, questões sociais, econômicas, de meio ambiente, além de conteúdos específicos de Física, como a lei da indução eletromagnética e a conservação da energia.

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Desenvolvida com o objetivo de promover a flexibilidade cognitiva, os aspectos gerais da FlexQuest podem ser consultados no botão *Saber mais* no endereço eletrônico <http://flexquest.ufrpe.br/>, conforme a Figura A-1.

Figura A-1 Aspectos gerais envolvidos na FlexQuest



**O que é?**

A FlexQuest é uma estratégia didática formatada para ambientes virtuais de ensino e de aprendizagem que visa disponibilizar aos estudantes a possibilidade de construção de um conhecimento mais amplo e flexível, a partir de contextos, centrando-se em casos baseados na realidade obtidos diretamente da Internet.

**Para quem é?**

A FlexQuest é destinada aos professores que gostam de desafios. O professor é a figura principal na construção de uma FlexQuest, já que ele é o responsável pela escolha dos temas e contextos. Além de trabalhar colaborativamente com outros professores.

**Como usar?**

Ao registrar-se na plataforma, o professor tem acesso a templates e pode construir sua própria FlexQuest, convidando colegas para ajudá-lo, ou utilizar algum projeto disponibilizado por outro autor. Poderá ser utilizada com os alunos na sala de aula e além desta, uma vez que fica disponível online.

- **Contexto:** Escolha uma situação-problema de onde partirão os questionamentos e a partir desta será ilustrado o contexto dos casos a serem analisados e desconstruídos. Pode-se usar texto, figura, áudio e/ou vídeo para ilustrá-la. Deve-se inserir uma questão para que os alunos comentem com seus conhecimentos prévios.
- **Casos:** os casos devem ser, preferencialmente, casos baseados na realidade, disponíveis na Internet que estejam associados à situação-problema exposta no Contexto. Cada caso pode ser composto de um texto, um áudio ou um vídeo. A escolha do caso deve ser feita com cautela, sempre pensando nos objetivos do projeto e como eles serão trabalhados. Lembre-se que os casos serão desconstruídos em minicases!
- **Minicases:** O caso deve ser desconstruído em quantos minicases for necessário para trabalhar um determinado conceito. Sugerimos que indiquem links de apoio para auxiliar durante a exploração dos minicases. Lembrando que o minicaso é uma parte do caso.
- **Questões:** A formulação de questões é uma etapa muito importante para o desenvolvimento desta estratégia didática, uma vez que a pergunta estimula o pensamento. As questões devem servir de guia para os utilizadores explorarem e atingirem os objetivos do projeto.
- **Processo – sequências especiais:** Em cada sequência especial deve-se descrever como os utilizadores deverão revisar os minicases com atenção especial voltada à temática a ser explorada no processo de construção de um conceito.
- **Transferência:** Sugerir quais atividades serão produto deste projeto. Deve-se estimular o indivíduo a explorar casos além dos apresentados no projeto e até a proposição de um novo caso a ser desconstruindo por ele ou por um grupo.

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/saber-mais>

Para o professor construir uma SD por meio dessa estratégia, é necessário fazer o cadastro na plataforma e confirmar o cadastro em seu e-mail. Após isso, poderá fazer o login no site, onde terá acesso à opção de *Adicionar Projeto*. O



professor poderá trabalhar colaborativamente com outros professores, desde que, também se cadastrem e sejam adicionados como editores do projeto. A partir daí, o(s) proponente(s) da atividade “navegação” através do menu localizado na parte esquerda da página preenchendo espaços pré-definidos com o conteúdo que desejam explorar, obedecendo as instruções da presentes no menu *Saber mais*, localizado na parte superior da página, conforme a Figura A-1. Outras dúvidas poderão ser sanadas através do botão *FAQ*.

Após a elaboração de todos os itens inerentes à FQ, o professor poderá tornar sua visualização pública ou não. No segundo caso, a permissão para o acesso dos alunos se dará adicionando o e-mail fornecido de cada um para se cadastrarem, como convidado num campo presente em *Informação geral*, no menu na lateral esquerda da página. Neste caso, apenas o(s) professor(es) e os alunos poderão visualizar a proposta, bem como, as respostas que forem inseridas. Ressaltamos que os alunos só terão o direito de escrever suas respostas referentes a algumas das etapas na própria plataforma ou participarem como convidado, desde que, também tenham feito o cadastro e assinalado a confirmação em seu e-mail.

As etapas para construção da FQ possuem um layout similar, sendo assim, destacaremos apenas o processo de construção da etapa Casos para que o leitor tenha noção de como a FlexQuest se desenrola.

Cada caso deve ser desconstruído em *minicasos*, para que possam ser explorados a partir de diferentes perspectivas. Em seu trabalho de tese, Santos (2016) estabelece que os *minicasos* devem estar dispostos de maneira que o estudante não perceba uma relação hierárquica ou ordinal entre eles, mas que possa visitá-los na ordem que preferir. A recomendação da autora é que a atividade tenha pelo menos quatro casos e, cada um destes, um mínimo de quatro *minicasos*. Para inserir o conteúdo na abordado, existe um campo pré-configurado para esta finalidade que pode ser observado na Figura A-2.

Figura A-2 Campos para a inserção de conteúdo na FlexQuest

The image shows a web interface for creating a case in FlexQuest. The page title is 'Criar Caso'. On the left, there is a sidebar menu with options: 'Informação Geral', 'Contexto', 'Casos', 'Questões', 'Processo', and 'Transferência'. The main content area is titled 'Criar Caso' and contains several input fields:

- Título \***: A text input field.
- Descrição**: A rich text editor with a toolbar containing icons for bold, italic, underline, strikethrough, bulleted list, numbered list, link, unlink, and undo. Below the toolbar, the text 'Campo para a inserção de conteúdo na forma texto' is displayed in a blue, italicized font.
- Imagem**: A section with a button labeled 'Escolher arquivo' (circled in blue) and a 'Nenhum arquivo selecionado' message. Below it is a 'CARREGAR FICHEIRO' button. A note specifies: 'A dimensão máxima permitida para o arquivo é de 10 MB. Tipos de ficheiros permitidos: png, gif, jpg, jpeg. As imagens têm de ter entre 500x225 e 1020x675 pixels.' To the right of this section, the text 'Campo para a inserção de imagem' is written in blue, italicized font.
- Vídeo**: A section with a note: 'Se optar por usar um vídeo, um documentário, por exemplo, você deverá escolher um vídeo inserido sobre o vídeo, mas o caso será o conteúdo do vídeo, assim como os minutos serão tirados deste vídeo. São suportados vídeos do Youtube e do Vimeo.' Below this is a 'Vídeo URL' input field. To the right of this section, the text 'Campo para a inserção de conteúdo em vídeo do Youtube' is written in blue, italicized font.
- Projeto \***: A text input field containing 'Ventos: Para transformar energia'.

At the bottom of the form are two buttons: 'GUARDAR' and 'CANCELAR'.

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/>

A FQ que construímos como produto educacional pode ser visualizada no endereço <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/caso/8521>. na região central aparece o conteúdo do item selecionado. A Figura A-3, ilustra as informações gerais da atividade, etapa de abertura da SD.

Figura A-3 Interface de abertura da FlexQuest elaborada



Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/geral>

Uma sugestão para a aplicação da sequência é, caso a unidade escolar não disponha de computadores com acesso à internet, o professor pode imprimir o material para trabalhá-lo como uma espécie de revista ou jornal e exibir os vídeos de maneira coletiva utilizando um projetor datashow (os textos encontram-se nos anexos).

É necessário levar em conta o tempo disponível e o necessário. Em tempo, é necessário que após a discussão da etapa *Contexto*, o professor não defina de maneira rígida a travessia a ser feita pelos alunos através dos *Casos*, de modo que o aluno decida quais *Casos* quer estudar primeiro. A mesma sugestão vale para as etapas *Questões* e *Processos*.

O Quadro 1 destaca um esquema do planejamento para o desenvolvimento da sequência didática, embora ressaltamos que, na prática, algumas adaptações são necessárias conforme a dinâmica particular de cada sala de aula e com o objetivo de não engessar muito as ações dos alunos.

Quadro 1 Carga-horária e distribuição de atividades

Encontro	Carga horária	Atividades desenvolvidas	Etapa correspondente à FlexQuest
1	2 horas-aulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apresentação da proposta.</li> <li>✓ Cadastro de alunos que não fizeram ou não conseguiram.</li> <li>✓ Apresentação do <i>contexto</i></li> </ul>	CONTEXTO
2	2 horas-aulas	✓ Dois casos e duas <i>questão</i>	CASOS E QUESTÕES
3	2 horas-aulas	✓ Dois casos e duas <i>questões</i>	
4	2 horas-aulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Uma <i>questão</i></li> <li>✓ Resolução dos <i>processos</i> e discussão com duplas sobre essas perguntas.</li> </ul>	PROCESSOS
5	2 horas-aulas	✓ Conclusão dos processos e entrega dos materiais que foram avaliados.	TRANSFERÊNCIA
Total	10 horas-aulas		

Fonte: Autor (2019)

Ressaltamos que o tempo utilizado pode variar dependendo de fatores externos como conexão à internet, problemas em computadores e até mesmo de uma turma para outra. Nas próximas seções, serão apresentados os conteúdos e estruturas de cada etapa da SD.

### Etapa *Contexto*

O *contexto* é o “cartão de visitas” e deve despertar curiosidade nos alunos. O professor deve situar o tema estudado à realidade deixando-o aberto para seu desenvolvimento em diversas frentes. Neste sentido, o contexto parte da apresentação de um vídeo sobre a energia eólica, que pode ser acessado através do endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=tbSnnIB6gH4>

Figura A- 4 Print da abertura do video apresentado no contexto



Fonte: Youtube

Ao final, o estudante deve responder o seguinte questionamento, num campo específico da página:

Se você fosse proprietário de uma área de terra e uma grande empresa se interessasse em utilizá-las para a instalação de torres eólicas, você permitiria? Quais fatores você consideraria para tomar tal decisão?

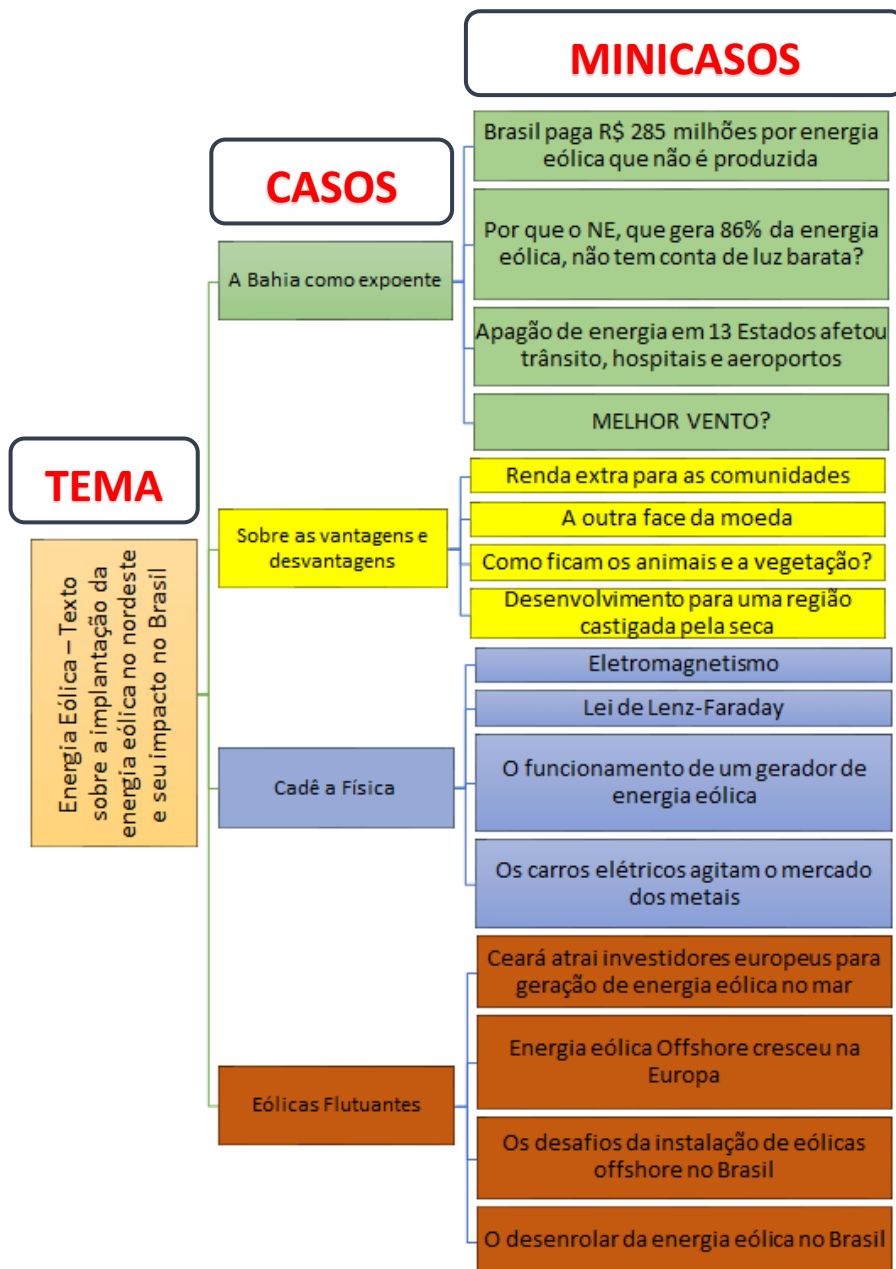
A pergunta é aberta pois pretende extrair ao máximo os conceitos prévios do aluno para que, ao final da FlexQuest, possa ser utilizado de maneira comparativa com o conhecimento eventualmente construído.

### ***Etapas Casos e minicasos***

Para a inserção de conteúdos na forma de texto, foi necessário escolher textos e vídeos que não fosse tão longos para não tornar a leitura maçante e, ao final de cada caso ou minicaso, foi indicado o link da matéria original.

Os conteúdos presentes em cada *caso* e *minicaso*, além dos links para os vídeos, podem ser visualizados no Anexo A. A Figura A-5 destaca a organização das matérias utilizadas e a relação entre eles.

Figura A-5 Esquema de desconstrução dos casos em minicasos



Fonte: Autor (2020)

O caso *A Bahia como expoente*, aliado a seus minicasos, tem como proposta apresentar ao aluno as características que fazem do estado um dos expoentes do setor eólico no Brasil. Além disso, busca abordar a necessidade da existência de

linhas de transmissão para o aproveitamento da energia elétrica e o suprimento de energia em regiões com baixa produção com as hidrelétricas em épocas de seca durante o ano.

O caso *Sobre as vantagens e desvantagens da energia eólica* foi elaborado para explorar alguns contrapontos sobre a instalação de empreendimentos existentes, como algumas pessoas que se sentem beneficiadas, e outras, que se consideram prejudicadas. A exemplo, os prejuízos ou benefícios socioeconômicos ou ambiental decorrentes da chegada dos grandes empreendimentos irão depender de como o cidadão avalia a sua condição dentro de um contexto específico. Conforme Fourez afirma

O caso *Cadê a Física* visa explorar os aspectos da indução eletromagnética através de uma simulação e vídeos, a transformação da energia mecânica, bem como, a necessidade do desenvolvimento de materiais que favoreçam a eficiência energética e a redução de gases de efeito estufa na atmosfera.

Por fim, *Eólicas flutuantes* objetiva abordar questões de estratégia de mercado, a comparação entre os territórios brasileiro e de alguns países europeus, além de diferenciar as características dos ventos que sopram no mar e no continente.

Portanto, tivemos como foco uma abordagem que não privilegiasse apenas a explicação da ciência que se desenvolve em laboratório, mas a partir de diversos contextos e esferas para que, ao final da S.D, o aluno pudesse elaborar uma representação teórica a respeito da energia eólica.

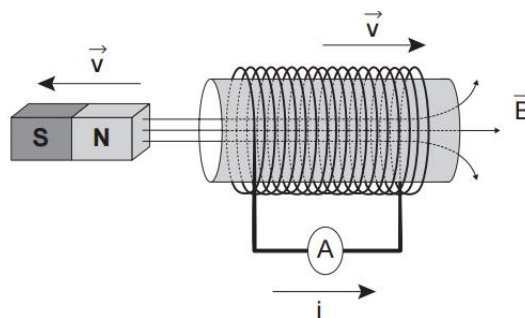
### Etapa Questões

As questões possuem a função de balizar análise do professor quanto ao conhecimento desenvolvido pelos alunos. Santos (2016) ressalta que é importante ter cuidado para não construir perguntas de baixo nível cognitivo que se destinam a apenas responder sobre “O que é isso ou aquilo”, “Diferencie tais coisas”. Esses questionamentos levam o estudante a absorverem conceitos de maneira rígida e não a construção de conhecimentos para aplicação em situações complexas. Clicando no item questões, aparecerá um campo destinado para a formatação das mesmas.

**Questão 1** - No Brasil, ainda existe muita terra disponível para a instalação de parques eólicos. Quais motivos devem ter levado ao surgimento de movimentos pela implantação dos parques offshore?

**Questão 2** - (ENEM 2014 - Adaptada) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como ilustrado na figura, a seguir.

Figura A- 6 Representação de um Ímã e uma espira



Fonte: Prova do ENEM (2014)

Quais seriam as possibilidades de movimentar o ímã e as espiras a fim de obtermos uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura?



**Questão 3** - a) Como os carros elétricos podem contribuir para o desenvolvimento de um mundo ecologicamente sustentável? b) Aponte novos setores do comércio que podem criados e desenvolvidos.

**Questão 4** - Como ocorre o processo de produção de energia elétrica através do vento?

**Questão 5** - As multinacionais buscam regiões onde possam explorar e obter retorno financeiro. Além disso, existe a contrapartida de levar desenvolvimento à região. Como o cidadão deve se posicionar frente a instalação desses empreendimentos de energia e mineração?

### Etapa *Processos*

A etapa *Processo*, leva o estudante a responder questões um pouco mais complexas, conduzindo-o a repassar por alguns *minicasos* de casos diferentes, indicados pelo professor. A ideia é mostrar que, embora os *minicasos* possam ser oriundos de casos diferentes, eles podem estar relacionados de alguma maneira. (SILVA; NERI DE SOUZA; LEÃO, 2015)

Figura A-7 Processo 1 com dois *minicasos* indicados para a revisão

Acabou a energia?  
Como um problema na transmissão de energia da hidrelétrica no Xingu, Pará, deixou a região de Guanambi - (Ba), que produz energia eólica, sem energia em 2018?



Por que o NE, que gera 86% da energia eólica, não tem conta de...



O Sistema Interligado Nacional (SIN)

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/processo/8491>

Figura A-8 Processo 2 com três *minicasos* indicados para a revisão

Desenvolver sem agredir

A energia eólica vem sendo chamada de "uma das energias mais limpas" que existem. a) Como você poderia descrevê-la em termos de nível de agressão ao meio ambiente? b) O que você considera como energia limpa?



Desenvolvimento para uma região castigada pela seca

A outra face da moeda

Renda extra para as comunidades

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/processo/8457>

Figura A-9 Processo 3 com dois *minicasos* indicados para a revisão

Por que não outros ventos?

O Brasil tem se destacado no potencial de energia eólica em terra firme. Entretanto, muitos países europeus tem explorado de maneira mais agressiva os parques offshore (no mar). Por que o Brasil não segue os europeus mesmo tendo um litoral muito grande?



Ceará atrai investidores europeus para geração de energia...

Como ficam os animais e a vegetação?


Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/processo/8456>

### **Etapa *Transferência***

O objetivo dessa etapa é propor aos alunos a continuação dos estudos sobre o tema estudado. Santos (2016) afirma, que é necessário os alunos perceberem que os conhecimentos do tema não se limitam apenas aos propostos na FlexQuest, mas pode ser extrapolado em novas frentes.

Figura A-10 Composição da etapa Transferência

Transferência



Cada equipe deverá elaborar pelo menos, um novo caso que não foi possível ser investigado ao longo da atividade. Para isso, a turma será dividida em grupos com no máximo sete pessoas que deverão rever questionamentos não respondidos e se articularem na busca por um profissional que possa ajudá-los.

Além do novo caso, as equipes podem:

- Marcar uma entrevista com um especialista.
- Elaborar um folheto de divulgação.

Obs. Essas são apenas sugestões. As equipes possuem liberdade para criarem e propor.

Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/transferencia/8444>

## REFERÊNCIAS

FOUREZ, G. El movimiento ciencia, tecnología, sociedad (CTS) y la enseñanza de las ciencias. **Perspectivas**, vol. XXV, nº 1, p. 27-40, 1995a.

\_\_\_\_\_, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.8, n.2, pp. 109-123, 2003.

KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. **Seminário Nacional ABC na Educação Científica**. n. 4, São Paulo, 2008. p. 212-217. Disponível em: [http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/smm/\\_estacaocienciaformacaodeeducadorespa-raoensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf](http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/smm/_estacaocienciaformacaodeeducadorespa-raoensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf). Acesso em: 26 mar 2019.

REALE, M. V.; MARTYNIUK, V. L. Divulgação Científica no Youtube: a construção de sentido de pesquisadores nerds comunicando ciência. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO EM SÃO PAULO**. N. 63, 2016. Anais eletrônicos [...], São Paulo: Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 2016. Disponível em: <http://portalintercom.org.br/anais/nacional2016/resumos/R11-0897-1.pdf>. Consultado dia: 23 mar. 2020.

SANTOS, I. G. S. FLEXQUEST: **Uma plataforma Web 2.0 para o desenvolvimento de atividades interdisciplinares visando a promoção de flexibilidade cognitiva**. 2016. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2016. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7449>. Acesso em: 08 jun. 2018

VIDMAR, M. **Atividades didáticas de Física mediadas por hipermídia: potencialidades para o desenvolvimento da Flexibilidade Cognitiva**. 2017. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/14598>. Acesso em: 26 dez. 2018.

## ANEXO A – CASOS E MINICASOS DA FLEXQUEST ENERGIA EÓLICA

Esta seção apresenta o conteúdo dos quatro *Casos* e seus *minicasos*, identificados e relacionados pela cor de fundo e numeração. Algumas das imagens que acompanham os textos foram adicionadas de outras fontes pois as matérias originais não continham.

### Caso 1 - A Bahia como expoente

#### Bahia é responsável por 26% da capacidade instalada de energia eólica do país



Imagem aérea do Complexo eólico Morrinhos.

Foto: Rafael Gardini/Sergio Andrade/A2img.

Números divulgados no Informe Executivo de Energias Renováveis de maio, pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE), na abertura da Bahia Farm Show, nesta terça-feira (28), revelam que a Bahia é responsável por 26% da capacidade instalada de energia eólica do país. O número indica porque o estado assumiu o protagonismo nacional nos últimos 10 anos, no segmento de renováveis.

“Na última década, a Bahia organizou um parque industrial voltado para produção de equipamentos, consolidando esta terra como principal polo nacional na fabricação de componentes e criando empregos qualificados para as indústrias. Além disso, implantou parques pelo sertão, onde se localiza grande parte do potencial do estado, levando desenvolvimento econômico ao interior, com arredamento de terras, movimentação econômica e compatibilização com a geração de energia limpa”, afirma o vice-governador e secretário de Desenvolvimento Econômico do Estado, João Leão.

Apenas no setor eólico, o estado tem 156 parques em operação (3.927 MW), com R\$ 15,1 bilhões já investidos e mais de 58 mil empregos gerados. A Bahia tem ainda 38 parques em construção (562 MW) e 47 em construção não iniciada (962 MW), onde estão previstos investimentos de R\$ 6,9 bilhões e geração de 22,8 mil empregos diretos e indiretos.

São 24 municípios beneficiados pelos parques eólicos: Brotas de Macaúbas, Sobradinho, Guanambi, Igaporã, Caetité, Sento Sé, Morro do Chapéu, Cafarnaum, Pindaí, Campo Formoso, Gentio do Ouro, Bonito, Casa Nova, Mulungu do Morro, Brumado, Dom Basílio, Xique-Xique, Umburanas, Várzea Nova, Ourolândia, Riacho de Santana, Licínio de Almeida, Urandi e Souto Soares.

Os ventos são o segundo recurso mais utilizado no Brasil para a geração de energia elétrica e já são mais de 15 mil MW de capacidade instalada, de acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). São 612 parques eólicos, em 12 estados, com mais de 15 mil MW de capacidade instalada. Destes, 86% estão no Nordeste, e a Bahia é responsável por 26%, ocupando o segundo lugar no ranking de geração. Mas a perspectiva é passar o Rio Grande do Norte ainda este ano. Em número de parques e em comercialização nos leilões de energia, a Bahia, contudo, já lidera o segmento.

Texto completo disponível em: <http://www.ba.gov.br/noticias/bahia-e-responsavel-por-26-da-capacidade-instalada-de-energia-eolica-do-pais>

**Minicaso 1.1 - Falta de linhas de transmissão**

O presente minicaso é elucidado por meio de um vídeo, disponível no endereço abaixo, apresenta o problema vivido pelos parques eólicos Alto Sertão I e II, que até os primeiros anos da atual década produzia energia, porém devido à ausência das linhas de transmissão, não era aproveitada.

*Video disponível em:* <https://www.youtube.com/watch?v=BmoiqAg0Bfc>

### Minicase 1.2 - Por que o NE, que gera 86% da energia eólica, não tem conta de luz barata?



Imagem: ABEEólica/Divulgação

No dia 13 de novembro de 2018, por um período de duas horas, 100% da energia consumida no Nordeste veio dos parques eólicos instalados na região, que geram hoje 86% de toda energia eólica (do vento) produzida no país. Mesmo assim, os consumidores nordestinos pagam pela conta de luz valores praticamente idênticos aos de todas as regiões do Brasil, sem benefício algum nas suas tarifas, apesar de o Nordeste ser o maior gerador de energia eólica do país.

Mas se todo o consumo de energia elétrica do Nordeste é produzido lá, a tarifa de luz não deveria ser mais barata para os consumidores dessa região? Isso não acontece porque o modelo elétrico brasileiro não funciona de forma seletiva nem regionalizada, segundo explicações de lideranças do setor elétrico. Isto é, toda a energia gerada em qualquer região do país (eólica, solar, térmica ou hídrica) é colocada num sistema a partir do qual ela é distribuída igualmente e com os mesmos preços para todas as regiões do país. É o Sistema Interligado Nacional (SIN). Ou seja, a energia "viaja" o Brasil todo.

*Por que não é mais barato no Nordeste?*

Exemplo hipotético da razão de a conta de luz no Nordeste não ser mais barata: Em outubro, período de maior geração de energia eólica no Nordeste, a tarifa para os consumidores daquela região poderia ser reduzida em 50% em relação ao resto do país. Em janeiro, quando a geração eólica na região cai drasticamente (pelo menos 75%), seria necessário que as termelétricas entrassem em operação. Nesse caso, a tarifa teria de subir 200%, já que a geração de termelétricas é excessivamente cara. Ou seja, num primeiro momento haveria energia suficiente para atender a demanda e permitir reduzir o preço, mas num segundo momento a situação se inverteria.

Texto completo disponível em:

<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2019/06/01/tarifas-energia-eolica-vento-nordeste.htm>

### **Minicase 1.3 - Apagão de energia em 13 Estados afetou trânsito, hospitais e aeroportos**

O apagão que afetou 13 Estados das Regiões Norte e Nordeste transformou o dia da população em um verdadeiro caos. Em capitais como Recife, Salvador e Fortaleza, a maior parte dos semáforos parou de funcionar, o que causou congestionamentos e superlotação em pontos de ônibus. Tanto na capital baiana quanto na pernambucana, o metrô parou, obrigando passageiros a caminhar pelos trilhos. Enquanto o sistema de geração de alguns aeroportos evitou problemas com voos, houve paralisação temporária em Fortaleza.



Foto: Gil Mendes

Em Salvador, onde o fornecimento de energia foi interrompido por cerca de três horas, serviços essenciais também foram afetados. No Hospital da Bahia, por exemplo, somente a Unidade de Terapia Intensiva (UTI) manteve-se funcionando por um sistema de segurança durante as horas de queda de energia. Houve prejuízo no comércio, pois os geradores de supermercadistas e shoppings de menor porte eram muitas vezes insuficientes para manter o sistema de vendas funcionando por um período mais longo. No Recife, também houve problemas no setor da saúde. A dona de casa Maria Rita Xavier, de 45 anos, aguardava nessa quarta-feira, 21, atendimento em uma clínica particular. "Cheguei cedo (para a consulta) e aguardava ser chamada. Aí, tudo ficou escuro. Moro longe e tenho uma filha que tem problemas graves de saúde e precisa de atenção permanente. Para eu conseguir vir hoje montamos toda uma logística que agora foi jogada no lixo", disse.

Nos postos de combustível da capital de Pernambuco, o movimento foi grande de pessoas em busca de óleo diesel para geradores instalados em prédios residenciais e comerciais. A maioria dos potenciais clientes, no entanto, acabou sem o produto, já que as bombas dos postos também não estavam funcionando.



Nas ruas de Natal, a confusão no trânsito foi tamanha que os próprios motoristas desceram de seus veículos e tentaram organizar o trânsito caótico. "Estou há mais de uma hora e dez minutos presa no engarrafamento. Geralmente, faço esse percurso em dez minutos", relatou a professora de educação física Izabelle Dantas, que tentava se locomover para a escola onde daria aulas à noite.

Nas paradas de ônibus da capital potiguar, trabalhadores tentavam voltar para casa antes do anoitecer. "Nosso horário de saída era às 18h, mas fomos liberados às 16h50", disse a comerciária Bianca Evelyn, enquanto tentava pegar um ônibus para voltar para casa. Estudantes que estavam em aula durante o período sem energia também foram dispensados mais cedo nessa quarta-feira, 21, por questão de segurança.

Em Belém, além dos problemas registrados nas demais regiões, alguns bairros também ficaram sem água.

Segundo a Companhia de Saneamento do Pará (Cosanpa), o abastecimento foi interrompido nas zonas de expansão da área da Augusto Montenegro e São Brás, além do centro da capital. Durante a interrupção do fornecimento de energia, linhas de telefonia celular também ficaram sem sinal na cidade. As informações são do jornal O Estado de S. Paulo.

Texto completo disponível em:

<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2018/03/22/interna-brasil,667833/apagao-de-energia-em-13-estados-afetou-transito-hospitais-e-aeroporto.shtml>

### Minicaseo 1.4 - Melhor vento?

Obs. Esse minicaseo é composto por pelo texto abaixo e é complementado pelo vídeo *O Segredo dos ventos, disponível no endereço:*

<https://www.youtube.com/watch?v=I6hip1N00wE>

### Melhor vento?

O crescimento da geração eólica no Brasil tem sido impulsionado por um forte interesse de investidores devido às características dos ventos do país, principalmente do Nordeste, visto por muitos especialistas como um dos melhores do mundo para a produção de eletricidade.

Segundo levantamento da consultoria ePowerBay para a Reuters, os dez parques eólicos mais produtivos do Brasil, todos no Nordeste, tiveram fatores de capacidade médios de entre 60,8 por cento e 64,6 por cento em 2017.

Os números dessas usinas mais produtivas comparam-se até ao rendimento de parques offshore, instalados em alto mar devido aos ventos mais fortes nessas regiões, disse à Reuters o presidente do Conselho do GWEC, Steve Sawyer.

“Particularmente o Nordeste do Brasil é beneficiado por ventos alísios do Atlântico Sul, e o vento é forte, estável e na maior parte do tempo vem da mesma direção... Em geral, o pleito do Brasil de que tem um dos melhores ventos do mundo é correto. Se é ‘o melhor’ ou não é uma questão complexa”, afirmou, em respostas por e-mail.

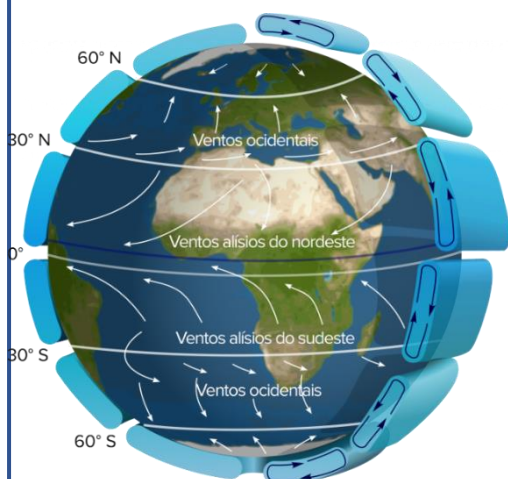


Imagem modificada de "[Earth global circulation](#)," por Kaidor (CC BY-SA 3.0).

A imagem modificada está licenciada sob a licença [CC BY-SA 3.0](#).<sup>B1</sup>

O executivo disse que algumas regiões do México, África do Sul e Marrocos têm ventos “excelentes”, assim como o Estreito de Cook, perto da Nova Zelândia, mas essas regiões ainda estão longe de alcançar o grau de desenvolvimento do Brasil em energia eólica.

Texto completo disponível em: <https://br.reuters.com/article/topNews/idBRKCN1G31YS-OB RTP>

<sup>B1</sup> Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/7-ano/seres-vivos-na-natureza/ecossistemas-e-biomas/a/climate-article>. Acesso em: 22 jun. 2019

## Caso 2 - Sobre as vantagens e desvantagens da energia eólica

<sup>a</sup>

Um dos grandes inconvenientes a apontar à energia eólica é a poluição sonora. As turbinas não são de todo silenciosas e o desconforto pode fazer-se sentir, mesmo a grandes distâncias. Mas até esta desvantagem está a ser minimizada pela tecnologia, com uma diminuição do ruído provocado pelos aerogeradores de última geração.



Imagem de um aerogerador, Fonte: Portal Energia

A poluição visual é uma outra desvantagem apontada apenas por alguns. Não é, portanto, um ponto unânime. Há quem considere que um parque eólico tem grande impacto visual e há quem não considere.

### Vantagens da energia eólica

- Diminuição da dependência de combustíveis fósseis
- Redução da emissão de dióxido de carbono na atmosfera
- É inesgotável
- Ótima rentabilidade de investimento (em cerca de 6 meses recupera a energia gasta com a instalação e manutenção)
- Geração de emprego nas regiões

### Desvantagens da energia eólica

- Poluição visual, visto que parques eólicos são instalados em áreas livres para aproveitar da melhor forma os ventos
- Poluição sonora proveniente do funcionamento dos equipamentos pode ser perturbador para a população local
- Impactos sobre a fauna, nomeadamente a colisão de morcegos e aves
- Variações significativas da velocidade do vento ao longo do ano, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária em determinado local

Perante as metas ambientais traçadas para cada país são cada vez mais os países que apostam em energias renováveis, sendo a eólica alvo de grande atenção. Esta forma de energia renovável apresenta um crescimento superior a 25% por ano, a nível global.

Mas não é só a Europa que aposta na energia eólica. São mais de 80 países que contam já com a energia do vento para produzir parte da eletricidade de cada nação.

<sup>a</sup> Texto completo disponível em: <https://www.portal-energia.com/energia-eolica/>

### Minicaseo 2.1 - Renda extra para as comunidades



Foto de: Shutterstock

Ao mesmo tempo em que construía os parques, a Renova estabelecia compromissos com as comunidades locais, com o respeito que uma obra de cunho sustentável exige. Em vez de comprar terrenos para a instalação dos aerogeradores, a empresa optou por fazer parcerias com os moradores e decidiu alugar parte das propriedades. Assim, não só os proprietários são mantidos em suas antigas casas como também aumentam consideravelmente as suas rendas, com o pagamento periódico dos arrendamentos.

Desde o início das obras do Alto do Sertão I, em 2010, a Renova realizou contratos de arrendamentos, gerando recursos extras para milhares de famílias. Uma delas é a do lavrador Jesulino Barbosa, que tem oito filhos já adultos e casados. “Fiz um negócio muito bom. Aluguei os fundos do sítio, mas o terreno e a casa ainda vão ficar para os netos”, orgulha-se. Com o pagamento da Renova, Barbosa melhorou a vida, passou a consumir e poupar mais. Conseguiu, inclusive, terminar de pagar a faculdade de medicina de um dos filhos, que hoje exerce a profissão em Guanambi.

Hoje, na região do Alto Sertão, que compreende os Complexos Eólicos Alto Sertão I, II e III, a Renova tem contrato de arrendamento com 546 proprietários. Todos eles tiveram suas vidas modificadas pelos ventos de uma vida melhor, garantindo o futuro de suas famílias.

Texto completo disponível em: <http://aconteceunovale.com.br/portal/?p=74613>

### Minicase 2.2 - A outra face da moeda



“O discurso do ambientalmente correto esconde práticas socialmente injustas: invasão de propriedades, apropriação de territórios tradicionais, desmatamentos desenfreados, perfuração de poços (estagnação do lençol freático), comprometimento de corpos hídricos, contratos duvidosos, entre outros tem sido prática comum das empresas nas comunidades.

Os contratos celebrados põem em dúvida os princípios de lisura e transparência numa ação clara e tendenciosa de favorecimento as empresas. Os trabalhadores alegam que se sentiram pressionados a assinar os contratos, sendo proibidos de analisarem o conteúdo de maneira independente, sempre induzidos por algum funcionário da empresa proponente. Tal afirmação se expressa na Cláusula Oitava do contrato da Renova Energia: “Este contrato tem caráter de confidencialidade e deverá ser mantido em sigilo entre as partes, não devendo ser divulgado a terceiros fora do âmbito estabelecido nesse contrato” o que inibiu muitos trabalhadores a não procurarem orientações acerca do que estava proposto.

Em sua grande maioria, os trabalhadores desconhecem o conteúdo do contrato, sendo que algumas cláusulas põem em risco a autonomia dos moradores em suas terras e no direito de uso dos territórios tradicionalmente ocupados, como escrito em uma das considerações, (iii) ... o imóvel não estará localizado em áreas onde existam quaisquer comunidades indígenas, comunidades constituídas por remanescentes de quilombos ou outras comunidades tradicionais com direitos de reivindicação de propriedades (RENOVA ENERGIA). Contudo, os aerogeradores foram implantados em áreas de uso comum, com fortes características de terras devolutas, há muitos anos ocupadas pelas comunidades tradicionais que por direito deveria deter a posse desses territórios, os moradores perderam o acesso a áreas de solta do gado tendo prejuízos de ordem social e econômica. As empresas se apropriam de áreas de gerais do município de Caetité. Consideradas áreas de extrema importância ecológica, rica em biodiversidade e onde existem as principais reservas de água para o município, integram parcelas do bioma cerrado que hoje se constitui um dos mais ameaçados no Brasil. Os desmatamentos foram intensos que os sinais foram perceptíveis de maneira imediata, principalmente com a diminuição drástica das reservas de água, além da invasão de propriedades particulares como denunciado através de nota no site da Rádio Educadora Santana de Caetité.

Uma dessas empresas, teve a ousadia de invadir um terreno particular e abrir uma verdadeira

cratera para armazenar água para o seu consumo particular. Isso tudo às margens da estrada que liga Caetité/Brejinho das Ametistas, mais propriamente na localidade conhecida por todos como “PASSAGEM DA PEDRA”. Lá existe a primeira Barragem que armazena água para o nosso consumo. O excedente escorre, juntando-se com várias outras pequenas nascentes, formando um pequeno riacho que passa pela fazenda Santarém chegando até a estação de captação da EMBASA.

Em todo o município, há fortes indícios de grilagem de terra. A chegada das empresas despertou a especulação imobiliária em todas as comunidades gerando conflitos e insegurança, cercas derrubadas, casas demolidas, expulsão de famílias de suas terras, como mostra o filme (“As contradições da energia limpa”).

Em outro caso, a empresa comprou terras de um suposto proprietário, sendo que a área faz parte do território da comunidade quilombola de Malhada de Maniaçú, onde cerca de 40 famílias ocupam a área há mais de 200 anos, portanto, há fortes indícios de grilagem de terra, já que o suposto dono era inexistente até então. Em uma reunião entre os quilombolas, empresa e a Comissão de Meio Ambiente de Caetité, realizada no dia 7 de março de 2012 o suposto proprietário confirmou ser dono da área: “Comprei do senhor Benvindo há uns dez anos uma área no tamanho de 700 hectares, quando medida deu somente 357 hectares, eu nem fiz questão”, disse Elder Guimarães, suposto dono da área. A fala de Elder foi contestada pelos moradores da comunidade na fala de D.Odetina “Minha criação, o poço pra meus animais beber água, está tudo dentro onde hoje esse senhor que está aqui diz que é dono” e do senhor Silvano que afirmou: “nasci e me criei aqui, meu pai morreu com 85 anos, eu trouxe de dentro desta área muitas bruacas de mandioca”.

O valor a ser pago aos proprietários, estabelecido pelos contratos é de R\$5.000,00/torre/ano. Considerando o potencial de cada torre (1,6 MW/HORA) em um único dia de funcionamento uma torre gera R\$ 4.070,40 (valor bruto). Em resumo, um único dia de funcionamento uma torre praticamente pagaria o valor de um ano de contrato do proprietário da terra. Isso prova que o lucro e a riqueza propagandeada são apenas exclusividade da empresa, que acumula toda a riqueza e gera com sua presença o aumento das desigualdades econômicas e sociais. Quanto a vigência, a cláusula quarta do contrato da Renova diz que o mesmo terá um valor de 35 anos, sendo renovado automaticamente ao final, não havendo mais interesse por parte da empresa a mesma pode rescindi o contrato sem ônus. O contrário para o proprietário, caso queira rescindir estará sujeito a multa de 5.000.000,00 (5 milhões de reais) e ainda pagar pelo valor de cada torre implantada, como descreve a cláusula sétima do referido contrato.

Texto completo disponível em:

<https://www.cptnacional.org.br/index.php/publicacoes-2/noticias-2/15-artigos/1676-o-avanco-do-capital-e-sua-influencia-nos-modos-de-vida-das-populacoes-tradicionais-no-municipio-de-caetite-ba>

### Minicaseo 2.3 - Como ficam os animais e a vegetação?

A geração de energia elétrica por meio de turbinas eólicas constitui uma alternativa para diversos níveis de demanda. As pequenas centrais podem suprir pequenas localidades distantes da rede, contribuindo para o processo de universalização do atendimento. Quanto às centrais de grande porte, estas têm potencial para atender uma significativa parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN) com importantes ganhos: contribuindo para a redução da emissão, pelas usinas térmicas, de poluentes atmosféricos; diminuindo a necessidade da construção de grandes reservatórios; e reduzindo o risco gerado pela sazonalidade hidrológica, à luz da complementaridade citada anteriormente.

Entre os principais impactos socioambientais negativos de usinas eólicas destacam-se os sonoros e os visuais. Os impactos sonoros são devidos ao ruído dos rotores e variam de acordo com as especificações dos equipamentos (ARAÚJO, 1996). Segundo o autor, as turbinas de múltiplas pás são menos eficientes e mais barulhentas que os aerogeradores de hélices de alta velocidade. A fim de evitar transtornos à população vizinha, o nível de ruído das turbinas deve atender às normas e padrões estabelecidos pela legislação vigente.



Os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como fazendas eólicas. Os impactos variam muito de acordo com o local das instalações, o arranjo das torres e as especificações das turbinas. Apesar de efeitos negativos, como alterações na paisagem natural, esses impactos tendem a atrair turistas, gerando renda, emprego, arrecadações e promovendo o desenvolvimento regional.

Outro impacto negativo de centrais eólicas é a possibilidade de interferências eletromagnéticas, que podem causar perturbações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados (rádio, televisão etc.) (TAYLOR, 1996). Segundo o autor, essas interferências variam muito, segundo o local de instalação da usina e suas especificações técnicas, particularmente o material utilizado na fabricação das pás. Também a possível interferência nas rotas de aves deve ser devidamente considerada nos estudos e relatórios de impactos ambientais (EIA/RIMA).

Texto completo disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia\\_eolica/6\\_7.htm](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_eolica/6_7.htm)

### **Minicaso 2.4 - Desenvolvimento para uma região castigada pela seca**

No vídeo, que pode ser acessado no link abaixo é apresentado por uma das administradoras do parque eólico Alto Sertão I, e nele são apresentados benefícios que a energia eólica proporcionou para a região.

Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RXInp6fY1Ko>

Print do Vídeo apresentado no Minicaso 2.4



Fonte: Youtube.



### Caso 3.0 - Cadê a Física?

O presente caso tem a finalidade de apresentar parte da Física envolvidos na energia elétrica. O vídeo de abertura é referente à descoberta de Oersted sobre o eletromagnetismo. O vídeo está disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=axud8v0ThqU>

Print do video de apresentação do caso, Cadê a Física?



Fonte: Youtube

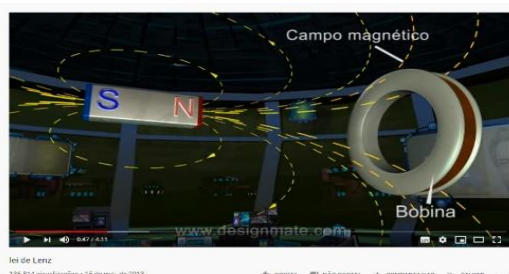
Os principais aspectos abordados nos minicursos são a Lei de Faraday-Lenz, a conservação da energia envolvida na energia eólica, o crescente investimento para o desenvolvimento de baterias no setor dos carros elétricos e o Sistema Interligado Nacional (SIN).

### Minicaseo 3.1 - Lei de Faraday-Lenz

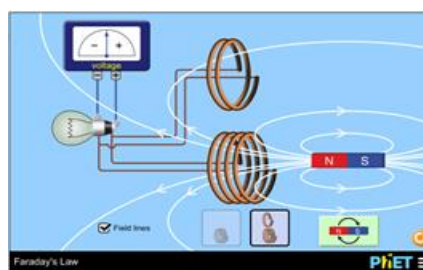
Este *minicaseo* é composto de uma **simulação hipermediática** a respeito da Lei de Faraday-Lenz, e de um **vídeo** ilustrativo disponível no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc&t=79s>. Para nortear a simulação, os alunos devem seguir as instruções e fazer as devidas anotações. Os objetivos estão centrados no estabelecimento de uma relação entre a variação do fluxo magnético e a geração de energia elétrica, além da verificação do sentido da corrente e do campo magnético induzido na espira.

#### Instruções para a realização da atividade com a simulação

- 1- Clique no link e, após abrir, clique em copiar para baixar para o computador. [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law)
- 2- Clique em exibir linhas de campo, observe o sentido das linhas e anote.
- 3- Faça o movimento de aproximar o ímã e observe a lâmpada e o multímetro.
- 4- Deixe o ímã bem próxima a bobina e, em seguida, dentro da bobina. O que acontece com a lâmpada e o multímetro?
- 5- Faça o movimento de afastamento do ímã e observe novamente a lâmpada e o multímetro.
- 6- Agora, faça movimentos com pequena amplitude e observe a intensidade da luz.
- 7- Faça movimentos com maior amplitude e observe a intensidade da luz.
- 8- Inverta a polaridade clicando no botão na parte inferior da tela. Refaça todos os passos e escreva as diferenças observadas.
- 9- O que foi necessário para acender a lâmpada?  
Em todos os passos realizados, responda, o que foi fundamental para acender a lâmpada?



Print do video, Lei de Lenz. Fonte: Youtube

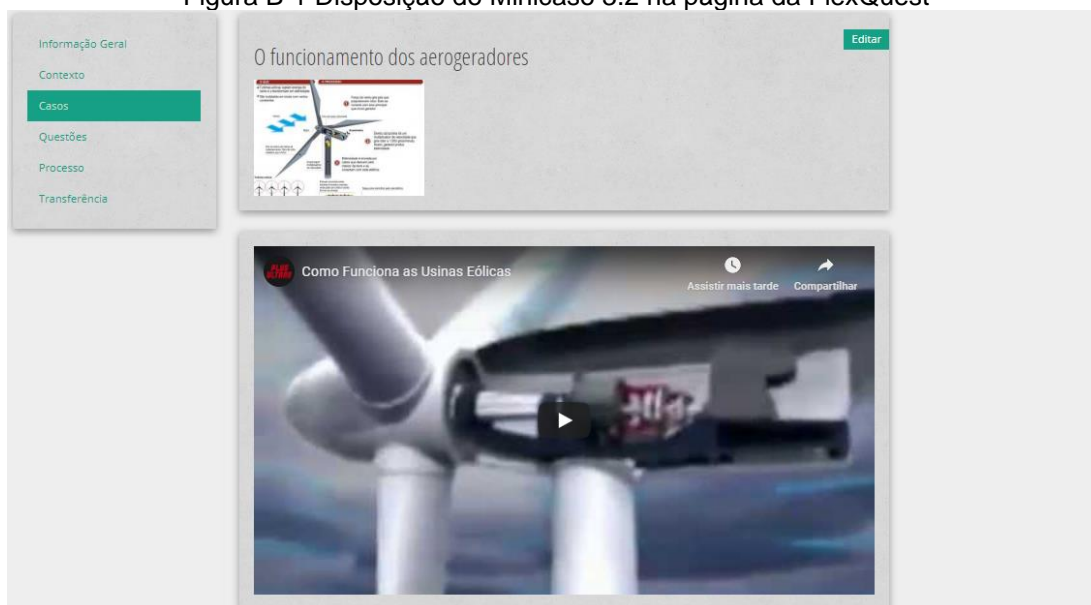


Print da simulação. Fonte: PHET

### Minicaso 3.2 - O funcionamento dos aerogeradores

A finalidade desse *minicaso* está em apresentar o processo de transformação da energia eólica em elétrica, a partir do clique na imagem localizada na parte superior da Figura B-1 para visualizá-la com melhor resolução, e no vídeo disponível no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=R1nNsVeYyco>.

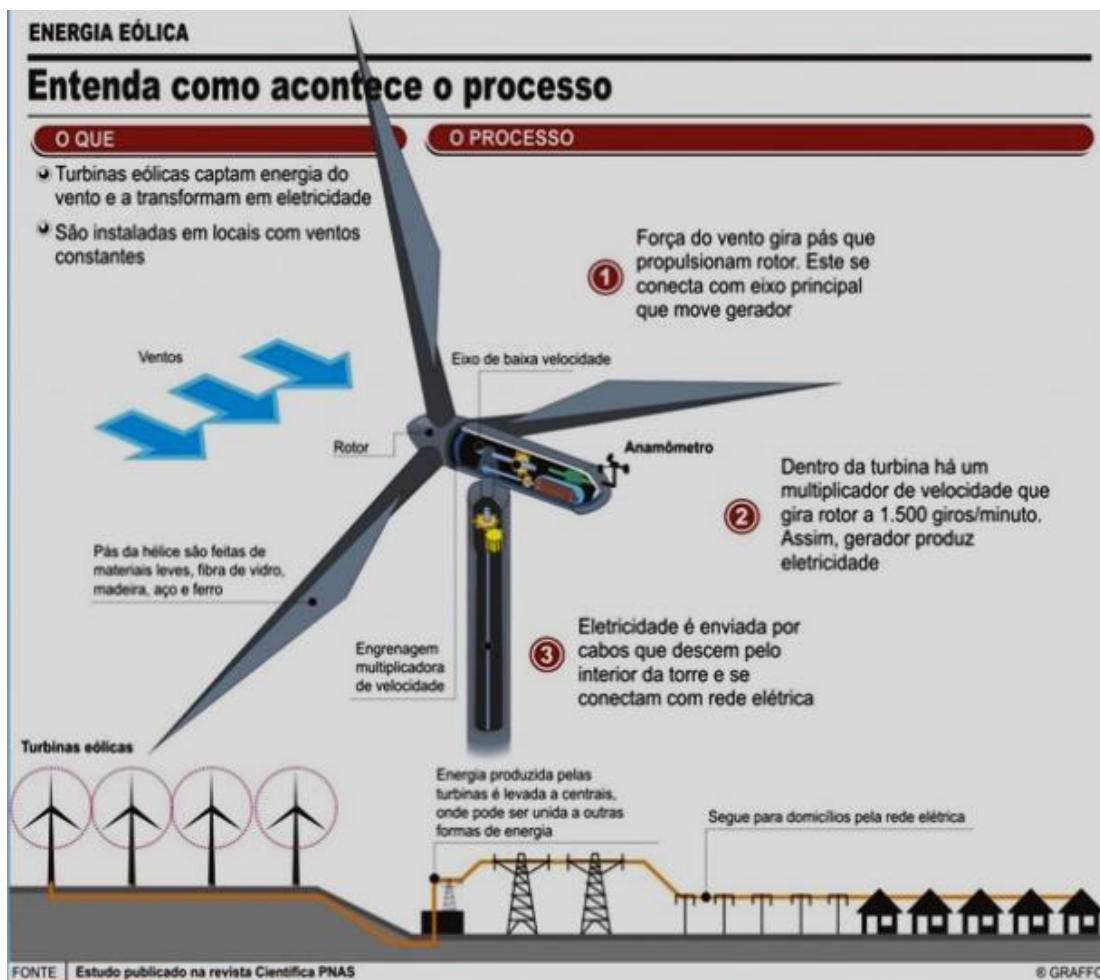
Figura B-1 Disposição do Minicaso 3.2 na página da FlexQuest



Fonte: <http://flexquest.ufrpe.br/projeto/8035/caso/8451>

O conteúdo da imagem de abertura do *minicaso*, localizado na parte superior, pode ser verificado na Figura B-2.

Figura B-2 Imagem presente no minicaso 3.2



Fonte: Estudo Publicado na revista Científica PNAS

O esquema presente na figura explicita as diversas fases da transformação de energia eólica até chegar ao consumidor na forma de energia elétrica, iniciando com os ventos produzindo torque no rotor, este atuando numa caixa multiplicadora de velocidades e, finalmente, chegando ao consumidor através das linhas de transmissão.

### Minicaseo 3.3 - Os carros elétricos agitam o mercado dos metais



Imagem disponível em: <https://ahduvido.com.br/futuro-da-internet/>

A revolução dos veículos elétricos, que deverá impulsionar setores como energia e infraestrutura, também está criando vencedores e perdedores nos maiores mercados de metais do mundo.

Algumas das maiores produtoras diversificadas de minérios, como a Glencore, argumentam que combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo ainda cumprem um papel fundamental no atendimento às necessidades energéticas, mas estas empresas também serão as maiores beneficiadas da mudança para os carros elétricos, que exigirá mais cobalto, lítio, cobre, alumínio e níquel.

A perspectiva de transporte mais ecológico teve impulso neste ano, quando o Reino

Unido se uniu à França e à Noruega ao decidir proibir as vendas de carros movidos a combustíveis fósseis dentro de algumas décadas. Ao mesmo tempo, a Volvo anunciou planos para abandonar o motor de combustão e a Tesla revelou o Model 3, seu produto mais recente e mais barato. As vendas desses veículos superarão as dos automóveis movidos a petróleo dentro de duas décadas, estima a Bloomberg New Energy Finance.

“Para alguns metais, é um grande divisor de águas”, disse Simona Gambarini, economista especializada em commodities da Capital Economics em Londres. “Já vimos um grande impacto em alguns metais, como o cobalto e o lítio, que subiram nos últimos anos.”

Os carros elétricos contêm cerca de três vezes mais cobre que um veículo normal, segundo a Glencore. Uma quantidade ainda maior é necessária para as estações de recarga e a Exane BNP Paribas prevê que essa infraestrutura aumentará a demanda em cerca de 5 por cento até 2025. O lítio, o cobalto, o grafite e o manganês utilizados nas baterias também verão demanda adicional.

*Texto completo disponível em:*

<https://www.bloomberg.com.br/blog/revolucao-dos-carros-eletricos-agita-maiores-mercados-de-metais/>

### Minicase 3.4 - O Sistema Interligado Nacional (SIN)

Esse *minicase* é composto pelo vídeo Sistema Interligado Nacional (SIN), disponível no endereço:

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=151&v=gY0pA4R\\_uL4&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?time_continue=151&v=gY0pA4R_uL4&feature=emb_title)



Fonte: Youtube

#### Caso 4 - Eólicas flutuantes

O presente caso é iniciado com da exibição do vídeo *Eólica flutuante vai ser testada em Portugal*, disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=V3-KTLL1598>.

O áudio é em português de Portugal, e dá para ser compreendido bem, além disso, a ilustração apresentada colabora para a compreensão de alguns processos para a instalação das torres eólicas no mar.

Para a exploração dos quatro minicaseos, foram utilizadas informações no formato de texto.

#### Minicaseo 4.1 - Ceará atrai investidores europeus para geração de energia eólica no mar.



A empresa BI Energia, do grupo italiano Community Power, deve investir 800 milhões de euros em parque eólico na costa do mar de Caucaia, na Região Metropolitana de Fortaleza. A previsão é que o empreendimento saia do papel no segundo semestre do próximo ano e forneça energia a 800 mil unidades

habitacionais no País. Ela não está só. Outros negócios europeus também já estão de olho no potencial cearense para a instalação de usinas eólicas offshore (no mar).

Ao lado do Rio Grande do Norte e Maranhão, o Ceará concentra as melhores condições climáticas, ambientais e estruturais para receber esse modelo de geração de energia no País. É o que mostra o "Brazil Wind Generation Guidebook" (Guia da geração de vento no Brasil), estudo da BTG Pactual. O texto esmiúça as vantagens do Nordeste brasileiro para a geração eólica no mar. Entre elas, a profundidade máxima de 50 metros e a velocidade do vento.

"Quase todas as margens do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte têm regime de ventos constantes e altas velocidades médias, condições perfeitas para capacidade adicional de vento offshore", diz o estudo, assinado por João Pimentel e Felipe Andrade. A

Texto disponível em: <https://www.opovo.com.br/jornal/politica/2019/02/37194-ceara-atrai-investidores-europeus-geracao-de-energia-eolica-no-mar.html>

#### Minicase 4.2 - Energia eólica offshore na Europa cresceu 25% em 2017



WindEurope: Offshore wind in Europe

Segundo as mais recentes estatísticas disponibilizadas pela Winde Europe (Associação Representativa do Setor de Energia Eólica), 2017 foi um ano recorde para a eólica offshore na Europa, tendo aumentado 25% em relação ao ano anterior, ou seja, adicionou mais 3,1 Gigawatts (GW). No total, a energia eólica atingiu 15,8 (GW) de capacidade instalada com ligação à rede.

Este crescimento deve-se principalmente ao aumento das construções e financiamento do setor na Europa, com 13 novos parques eólicos offshore, incluindo o primeiro parque eólico offshore com plataforma flutuante do mundo, Hywind Scotland. O Reino Unido e a Alemanha foram os países que mais contribuíram para estes números, tendo instalado 1,7 GW e 1,3 GW respetivamente. Estão ainda 11 parques em construção, que irão adicionar mais 2,9 GW".

Neste momento, a Europa tem cerca de 4149 turbinas offshore de energia eólica a operar em 11 países, com um tamanho médio das novas turbinas de 5,9 MW (aumento de 23% face a 2016) e uma dimensão média dos novos parques de 493 MW (aumento de 34% face a 2016).

Calcula-se que em 2020 estes projetos gerem 25 GW, ainda que 98% concentrados em cinco países (Reino Unido, Alemanha, Dinamarca, Holanda e Bélgica)".

#### Resumo estatístico – Energia Offshore 2017

- Ano recorde para a energia eólica offshore na Europa: 3.1 GW de capacidade instalada em 2017, o dobro da capacidade instalada em 2016;
- A capacidade eólica offshore europeia cresceu 25%, atingindo 15,8 GW. Atualmente existem 94 parques eólicos ligados à rede e 4.149 turbinas;
- As turbinas eólicas offshore estão maiores: o tamanho médio em 2017 foi de 5,9 MW, 23% acima em 2016;
- Os investimentos eólicos offshore na Europa atingiram 7.500 milhões de euros em decisões finais de investimento

Texto completo disponível em: <https://noctula.pt/energia-eolica-offshore-na-europa-cresceu-25-em-2017/>. Acesso em 06/10/19.



### Minicaseo 4.3 - Os desafios da instalação de eólicas offshore no Brasil



foto: Abeeólica/Divulgação

As usinas eólicas offshore podem ser consideradas potenciais fontes de poluição sonora, pois produzem sons de elevada amplitude, e fontes de poluição visual, tendo em vista que suas torres podem comprometer a paisagem do local em que estão instaladas. Esses possíveis impactos podem ser mitigados quando são instaladas no mar, longe o suficiente da costa para que tais efeitos sonoros e visuais adversos sejam

reduzidos ou eliminados.

As eólicas representam também riscos aos pássaros de todas as espécies, que podem voar perto de suas lâminas e turbinas. Impedir a instalação de eólicas em áreas conhecidas como rotas de pássaros migratórios é uma forma de reduzir esses riscos.

Outros impactos da instalação de eólicas no mar são: vibração, emissão de campos eletromagnéticos, altos custos de manutenção e controle, degradação do solo e distúrbios em organismos bentônicos, que habitam fundos marinhos.

Em oposição aos altos custos de manutenção e instalação, usinas eólicas offshore destacam-se pela perenidade e uniformidade dos ventos, o que resulta em menores efeitos de turbulência. Além disso, em alto mar é maior a velocidade dos ventos, o que aumenta a capacidade de produção de energia.

Pelo fato de as eólicas offshore estarem distantes da costa terrestre, há também significativa redução de externalidades negativas, como emissão de ruídos, impactos à vizinhança e não ocupação de possíveis moradias de comunidades tradicionais ou terras agricultáveis naquele espaço.

Outro fator positivo é a possibilidade de implantação de turbinas maiores, pois não há limite de peso para transporte dos componentes por meio de embarcações marítimas, problema comum nas instalações onshore, devido ao transporte rodoviário.

Apesar de todas as vantagens que os empreendimentos de energia eólica offshore apresentam, em especial no que diz respeito à viabilidade, a ausência de legislação específica é uma grande barreira para o investimento nestas estruturas. Um vasto potencial de produção de energia limpa está sendo desperdiçado, fenômeno observado em estudo publicado em 2011 sobre a Zona Econômica Exclusiva Brasileira (ZEE) sobre o potencial eólico disponível no litoral do país. Segundo esse estudo, o potencial energético da ZEE é aproximadamente 12 vezes maior que o da área continental onshore brasileira, com extensão de 200 milhas náuticas.

<https://www.machadomeyer.com.br/pt/inteligencia-juridica/publicacoes-ij/ambiental/os-desafios-da-instalacao-de-eolicas-offshore-no-brasil>.

#### Minicase 4.4 - O desenrolar da energia eólica no Brasil



Os aerogeradores podem ser divididos, tipicamente, em dois grupos principais: os de eixo horizontal (a configuração dominante no mundo e no Brasil) e os de eixo vertical. Além disso,

podem ser agrupados conforme o porte em potência instalada.

No que toca à localização, a geração de energia eólica pode ser realizada em terra (onshore) ou no mar (offshore). No Brasil, dada a disponibilidade de seu território, a expansão da energia eólica tem ocorrido por meio de projetos onshore, enquanto em países do hemisfério norte, sobretudo os europeus, a fronteira de expansão dessa fonte está nos aproveitamentos offshore.

Para projetos offshore, os aerogeradores de eixo vertical passaram a ser uma opção, pois, diferentemente dos de eixo horizontal, os equipamentos pesados associados à geração de energia podem ser instalados abaixo ou ao nível do mar, proporcionando maior estabilidade à estrutura que suporta o projeto e, conseqüentemente, redução dos seus custos de capital.

No Brasil, houve avanço acelerado na introdução da geração de energia eólica, por meio de projetos de grande escala onshore. Em janeiro de 2017, o país ultrapassou 10 GW de capacidade instalada, representando mais de 7% da matriz elétrica, sendo que praticamente 100% dessa capacidade foi implantada em menos de dez anos.

Nesse período, foi implantada uma cadeia produtiva de fabricantes de aerogeradores e seus componentes, torres e pás, graças a um conjunto de fatores associado à demanda e à oferta de energia eólica.

Texto completo disponível em:

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/energia-eolica-brasil>