

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER  
MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS  
TECNOLOGIAS**

**EDVALDO LUIZ RANDO JUNIOR**

**O ENSINO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE  
ENGENHARIA: UMA PROPOSTA PARA USO DE SIMULADORES**

**CURITIBA**

**2019**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER  
MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS**

**EDVALDO LUIZ RANDO JUNIOR**

**O ENSINO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE ENGENHARIA:  
UMA PROPOSTA PARA USO DE SIMULADORES**

**CURITIBA**

**2019**

**EDVALDO LUIZ RANDO JUNIOR**

**O ENSINO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE ENGENHARIA:  
UMA PROPOSTA PARA USO DE SIMULADORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias do Centro Universitário Internacional Uninter, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Mario Sergio Cunha Alencastro

**CURITIBA**

**2019**

R192e

Rando Junior, Edvaldo Luiz

O ensino de energias renováveis nos cursos de engenharia : uma proposta para uso de simuladores / Edvaldo Luiz Rando Junior. - Curitiba, 2019.

92 f. : il. (algumas color.)

Orientador: Prof. Dr. Mario Sergio Cunha Alencastro  
Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias) – Centro Universitário Internacional Uninter.

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenheiros – Formação. 3. Engenharia – Efeito das inovações tecnológicas. 4. Meio ambiente – [Recursos energéticos](#). 5. Recursos energéticos – Fontes alternativas. 6. [Energia – Fontes alternativas](#) – Simulação (Computadores). I. Título.

CDD 371.334

Catlogação na fonte: Vanda Fattori Dias - CRB-9/547

CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO-PGPE  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS  
Secretaria do Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias

**Defesa N° 011/2019**

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS**

No dia 31 de maio de 2019, às 14h, sala 61, bloco A, do Campus Divina do Centro Universitário Internacional UNINTER, à Rua do Rosário, 147 em Curitiba-PR, reuniu-se a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias, composta pelos professores doutores: Mario Sérgio Cunha Alencastro (Presidente-Orientador - PPGENT/ UNINTER), Christian Scapulatempo Strobel (Integrante Externo – UFPR), Alvino Moser (Integrante Interno Titular-PPGENT/ UNINTER), Germano Bruno Afonso (Integrante Interno Suplente - PPGENT/ UNINTER)., para julgamento da dissertação: “O ENSINO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE ENGENHARIA: UMA PROPOSTA PARA USO DE SIMULADORES”, do mestrando Edvaldo Luiz Rando Junior. O presidente abriu a sessão apresentando os professores membros da banca, passando a palavra em seguida ao mestrando, lembrando-lhe de que teria até vinte minutos para expor oralmente o seu trabalho. Concluída a exposição, o candidato foi arguido oralmente pelos membros da banca. Concluída a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se e comunicou o Parecer Final de que o mestrando foi:

- APROVADO, devendo o candidato entregar a versão final no prazo máximo de 60 dias.
- AROVADO somente após satisfazer as exigências e, ou, recomendações propostas pela banca, no prazo fixado de 60 dias.
- REPROVADO.

O Presidente da Banca Examinadora declarou que o candidato foi aprovado e cumpriu todos os requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Novas Tecnologias, devendo encaminhar à Coordenação, em até 60 dias, a contar desta data, a versão final da dissertação devidamente aprovada pelo professor orientador, no formato impresso e PDF, conforme procedimentos que serão encaminhados pela secretaria do Programa. Encerrada a sessão, lavrou-se a presente ata que vai assinada pela Banca Examinadora.

Recomendações: ATENDER A TODAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA.

---

---

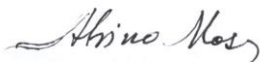
---



Dr. Mario Sérgio Cunha Alencastro  
Presidente da Banca



Dr. Christian Scapulatempo Strobel  
Integrante Externo



Dr. Alvino Moser  
Integrante Interno Titular



Dr. Germano Bruno Afonso  
Integrante Interno Suplente



Edvaldo Luiz Rando Junior  
Mestrando

Dedico este trabalho às mulheres de  
minha vida: Dinamara Pereira Machado,  
Fabíola Ribeiro Vieira e Maria Diva  
Fogaça da Silva Machado, além de todos  
os meus familiares, amigos e irmãos, que  
sempre estiveram comigo e me deram  
suporte.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter me dado força e determinação para que alcançasse meus objetivos. Sei que, sem Ele, não seria possível, mas também sei que, sem meu trabalho e ajuda de meus familiares, amigos e meu professor orientador, Mario Sergio Cunha Alencastro, eu não conseguiria realizar este sonho de ser mestre em Educação.



O mundo está agora a nosso alcance:  
fomos integrados ao mundo como  
cidadãos do planeta  
e o mundo começou a repercutir em nós  
como nossa morada.

(Lima, 1976, p. 60)

## RESUMO

Em termos gerais, a pesquisa aborda a potencialidade do uso de simuladores para o ensino de energias renováveis nos cursos de engenharia. No primeiro momento foi feito um levantamento sobre o estado da arte a respeito das diversas formas de utilização de recursos de simulação em cursos de engenharia. Em seguida desenvolveu-se a fundamentação teórica que abordou modelos de simuladores, inclusive os computacionais, foco do presente estudo, e também tratou da importância das energias renováveis no Brasil e no mundo. Por fim discutiu-se a implementação de metodologias inovadoras para o ensino de engenharia, um enfoque necessário para o aproveitamento e potencialização dos estudos de uma geração de estudantes via de regra imersa em novas tecnologias e que atuará profissionalmente num mundo globalizado. Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivos (i) revisar algumas bases teóricas e metodológicas da educação em engenharias, mais especificamente, com uso de simuladores. (ii) selecionar um software de simulação aderente à proposta do ensino de energias renováveis. (iii) criar uma proposta de plano de disciplina (projeto-piloto), com o descritivo da metodologia de aprendizagem de energias renováveis por meio de um simulador, para ser aplicada em cursos de engenharia. (iiii) proceder à análise e validação do plano da disciplina com *experts* na área da educação de engenharias e jogos digitais. O produto obtido foi o mapeamento de conteúdos e competências na área de energias renováveis que resultou em um plano de disciplina e uma metodologia do ensino de energias renováveis pelo uso de simuladores. O processo da validação de pesquisa com os experts, ocorreu pelo método delphi, no qual o trabalho foi submetido para a análise e validado em duas rodadas onde os experts validaram os processos de metodologia do plano da disciplina assim como o software utilizado, que trabalha com simulação para projetos de energia solar.

**Palavras-chave:** Ensino nas Engenharias, Metodologias inovadoras, Simuladores, Energias renováveis, Educação e novas tecnologias.

## ABSTRACT

Broadly speaking, the research addresses the potential of the use of simulators for the teaching of renewable energies in engineering courses. At first it was made a survey on the state of the art about the various ways to use simulation capabilities in engineering courses. Then, the theoretical foundation that approached models of simulators, including the computational ones, focus of the present study was developed, and also discussed the importance of renewable energies in Brazil and in the world. Finally, we discussed the implementation of innovative methodologies for teaching engineering, a necessary approach for the use and enhancement of the studies of a generation of students as a rule immersed in new technologies and who will act professionally in and worldwide. In this context, the research had as objectives (i) to review some theoretical and methodological bases of education in engineering, more specifically, with the use of simulators. (ii) select simulation software that adheres to the proposal of teaching renewable energies. (iii) create a proposal for a discipline plan (pilot project), with the descriptive methodology of learning renewable energies through a simulator, to be applied in engineering courses. (iiii) to analyze and validate the discipline plan with experts in the area of engineering education and digital games. The process of validating research with the experts occurred by the Delphi method, in which the work was submitted for analysis. The expert research validation process, performed by the delphi method, in which the work was subjected to analysis and validated in two rounds, where the experts validated the plan's methodology processes as if they were software used, working with simulation for projects. of solar energy.

**Keywords:** Teaching in Engineering, Innovative methodologies, Simulators, Renewable energies, Education and new technologies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Future School Program. ....	48
Figura 2 – Quest to Learn.....	48
Figura 3 – Projeto NAVE. ....	50
Figura 4 – Uso de simuladores na área médica. ....	51
Figura 5 – PhET Interactive Simulations. ....	52
Figura 6 – PhET Interactive Simulations. ....	52
Figura 7 – QBlade. ....	55
Figura 8 – PVSyst. ....	56
Figura 9 – PVSyst. ....	56
Figura 10 – ANSYS. ....	57
Figura 11 – Célula de teste. ....	58
Figura 12 – Chaminé 1.0.....	59
Figura 13 – Etapas do método Delphi para esta pesquisa.....	62
Figura 14 – Etapas da pesquisa.....	63
Figura 15 – Tela inicial do PVSyst – versão 6.78.....	68
Figura 16 – Acoplado à rede. ....	69
Figura 17 – Isolado com baterias. ....	70
Figura 18 – Bombagem.....	70
Figura 19 – Concepção do projeto. ....	71
Figura 20 – Ficheiro. ....	71
Figura 21 – Banco de dados. ....	72
Figura 22 – Ferramentas.....	73
Gráfico 1 – Descritor “uso de simuladores no ensino de engenharias” – Banco de Teses e Dissertações da Capes.....	20
Gráfico 2 – Número de revistas de engenharia no Portal Qualis Periódico.....	22
Gráfico 3 – Descritor “energias renováveis” – Banco de Teses e Dissertações da Capes.....	23
Gráfico 4 – Comparativo entre descritores – Portal de Periódicos da Capes.....	23
Gráfico 5 – Matriz energética mundial – 2016.....	31
Gráfico 6 – Matriz energética brasileira – 2016.....	32
Gráfico 7 – Comparativo Brasil x mundo – 2016.....	32

Gráfico 8 – Matrizes elétricas mundial e brasileira – 2016. ....	33
Gráfico 9 – IDH x consumo energético mundial. ....	34
Gráfico 10 – IDH x consumo energético no Brasil. ....	34
Gráfico 11 – IDH x consumo energético no Brasil – 1970 a 2030. ....	35
Gráfico 12 – Evolução da oferta de energia – 1970 a 2030. ....	36
Quadro 1 – Identificação dos <i>experts</i> . ....	65
Quadro 2 – Primeira proposta de metodologia. ....	77
Quadro 3 – Segunda proposta de metodologia. ....	78

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO .....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
1.3	OBJETIVOS .....	17
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	18
<b>2</b>	<b>ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>27</b>
3.1	ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	27
3.1.1	Conceituação de energias renováveis.....	27
3.1.2	Matrizes energéticas e elétricas mundial e brasileira .....	31
3.1.3	MEC, CREA e CONFEA: o que postulam acerca do estudo das energias renováveis.....	37
3.2	METODOLOGIAS INOVADORAS NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO.....	38
3.2.1	Novas abordagens metodológicas para o ensino de engenharia .....	41
3.2.2	Modelagem e simulação .....	45
3.3	SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	53
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....</b>	<b>60</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	60
4.2	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	60
4.2.1	Etapa 1: preparação do plano da disciplina e escolha do simulador ....	66
4.2.2	Etapa 2: validação do plano da disciplina e energias renováveis.....	68
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>80</b>
	REFERÊNCIAS.....	83
	APÊNDICE A – MATRIZ DE COMPETÊNCIAS .....	88
	APÊNDICE B – PILOTO DO PLANO DA DISCIPLINA.....	89

## 1 INTRODUÇÃO

Na sociedade globalizada em que se vive, o índice de dependência energética vem aumentando gradativamente no decorrer dos anos, em decorrência, dentre outros fatores, das altas taxas de crescimento da população e sua concentração nos grandes centros urbanos. Desse modo, há uma demanda crescente por novas alternativas de obter energia que não seja pelos meios tradicionais, denominados combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural, entre outros).

O mercado de energias renováveis obteve um aumento significativo nos últimos anos, especialmente nos investimentos ligados às energias solar e eólica, que são dois dos diversos meios de produzir energia limpa. Também é possível citar outras formas de gerar energia, tais como: geotérmica, hidráulica, hidrogênio, marés e biomassa, tendo cada uma delas as suas características, vantagens e desvantagens.

A escassez de recursos naturais e as diversas formas de contaminação ambiental reforçam ainda mais a necessidade de ações que consolidem a utilização de fontes de energia renováveis, um dos elementos fundamentais para uma matriz energética sustentável e a preservação das novas populações em todo o mundo. Conforme posto por Segalas e Esbri (2011), citando Mulder (2008), para atingir um desenvolvimento sustentável, há de se investir na formação de cientistas, engenheiros, gestores e políticos que possam moldar os sistemas de modo sustentável, em vez de degradar o ambiente natural e melhorar a saúde e bem-estar das pessoas.

No que tange à formação dos futuros engenheiros, diversos são os documentos que apontam as competências que os estudantes de engenharia devem ter em relação à sustentabilidade quando terminam o curso. Nas palavras de Schnaid, Zaro e Timm (2006, p. 37), “a formação do engenheiro que vai viver e trabalhar no século XXI obrigatoriamente deve atentar para custos, prazos, qualidade, segurança, cuidado com repercussões sociais e ambientais dos projetos e soluções”. Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais para Engenharia<sup>1</sup> postulam, em seu art. 3º, que

o Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista,

---

<sup>1</sup> As Diretrizes Curriculares de Engenharia estão em fase de discussão no Conselho Nacional de Educação. Ainda está em vigor a Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002, mas já é possível ter acesso ao novo documento, que está em consulta pública.

crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (BRASIL, 2002).

O documento que está em consulta pública e resultará na nova diretriz para os cursos de engenharia, em seu art. 4º, avança para uma formação interdisciplinar nas diversas áreas, ultrapassando a percepção cultural que foi desenvolvida na formação do engenheiro, de ser apenas um técnico em determinada área, com visão restrita dos impactos de sua atuação (BRASIL, 2018). Conforme consta no documento,

§ 4º Devem ser implementadas, desde o início do curso, atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade em coerência com o eixo de desenvolvimento curricular, buscando integrar as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas (BRASIL, 2018).

Outra questão importante evidenciada é um item dedicado exclusivamente a falar da necessidade de que, na formação de engenheiros, as instituições utilizem metodologias inovadoras, o que “implica adotar metodologias de ensino mais modernas e adequadas à nova realidade global” (BRASIL, 2018).

Fora do escopo dos documentos do Ministério da Educação, são importantes algumas proposições resultantes da Primeira Conferência sobre o Estudo da Sustentabilidade no Ramo da Engenharia, que aconteceu em Barcelona, em 2004, a saber:

- Compreender como seu trabalho interage com a sociedade e o meio ambiente, local e globalmente, a fim de identificar potenciais desafios, riscos e impactos.
- Compreender a contribuição de seu trabalho em diferentes contextos culturais, sociais e políticos e levar em conta essas diferenças.
- Trabalhar em equipes multidisciplinares, a fim de adaptar a tecnologia atual às exigências impostas por estilos de vida sustentáveis, eficiência de recursos, prevenção da poluição e gestão de resíduos.
- Aplicar uma abordagem holística e sistêmica para resolver problemas e a capacidade de ir além da tradição de quebrar a realidade em partes desconectadas.
- Participar ativamente na discussão e definição de políticas econômicas, sociais e tecnológicas, para ajudar a reorientar a sociedade para um desenvolvimento mais sustentável.
- Aplicar conhecimentos profissionais de acordo com princípios deontológicos e valores e éticas universais.
- Prestar atenção às exigências dos cidadãos e de outras partes interessadas e dar-lhes voz no desenvolvimento de novas tecnologias e infraestruturas (DECLARAÇÃO..., 2004, tradução nossa).



Evidentemente, deve-se pensar num processo educacional que contemple os aspectos mencionados e abarquem conteúdos – como é o caso do estudo das energias renováveis – aderentes às prementes necessidades do desenvolvimento sustentável. Mas como fazê-lo?

## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Nesse cenário de contradições e completudes, formam-se os engenheiros, que atuam numa sociedade globalizada, a qual exige profissionais competentes, com conhecimentos, habilidades e atitudes de adaptação ao mercado de trabalho, que muda rapidamente, principalmente no tempo atual, em que a recessão econômica assola o país; mesmo diante do momento, a área das engenharias é um dos pilares do desenvolvimento econômico, gerando novas tecnologias.

Conforme posto por Kenski (2007, p. 60), “as velozes transformações tecnológicas da atualidade impõem novos ritmos e dimensões à tarefa de ensinar e aprender. É preciso que se esteja em permanente estado de aprendizagem e adaptação ao novo”. Todo o aparato tecnológico da sociedade informacional exerce influência sobre o modo de agir e pensar dos indivíduos, com reflexos que também atingem o ambiente escolar. Em sintonia com as transformações da sociedade, percebe-se em algumas instituições o avanço das metodologias de ensino, que buscam acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos que se desenvolveram dentro dessa realidade.

Entretanto, tal como apontado por Schnaid, Zaro e Timm (2006, p. 37),

é evidente que a caixinha de ferramentas que o aluno se forma não vai resolver todos os problemas de sua vida profissional, e em muito pouco tempo estará obsoleta. Por isso, é fundamental que sua aprendizagem seja ativa, com base em casos reais de indústria e com menos dependência de aulas expositivas formais.

Partindo desse contexto, discutir a formação dos engenheiros na perspectiva do ensino de energias renováveis configura-se como um desafio bastante ousado. Na busca por um ensino de engenharia voltado para o aluno e esse cenário tecnológico, fazendo com que a teoria não fique tão distante da realidade e se possa explicar o porquê de o aluno estar estudando determinado conteúdo, a ideia de projetos interdisciplinares aparece como uma boa ferramenta de apoio, pois permite o avanço em pesquisas e vai além da teoria, mostrando que os conhecimentos obtidos podem

ser postos em prática. Desta forma, o que se pretendeu com a pesquisa desenvolvida no decorrer do Programa de Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias do Centro Universitário Internacional (Uninter), cujos resultados são apresentados nesta dissertação, foi a investigação sobre como introduzir a temática do estudo das energias renováveis em cursos de engenharia, a partir da utilização de novas abordagens metodológicas.

A questão norteadora que serviu de fio condutor para todo o esforço investigativo desenvolvido resume-se a: como utilizar novas abordagens metodológicas e ferramentas pedagógicas para trabalhar a temática de energias renováveis em cursos de engenharia? Como resposta, apresenta-se a hipótese de que, dentre as diversas abordagens e recursos metodológicos disponíveis, o uso de simulação computacional configura-se como uma possibilidade de ferramenta pedagógica para o ensino da temática de energias renováveis nos cursos de engenharia.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O ensino de energias renováveis nos cursos de engenharia justifica-se, dentre outros motivos, por fazer uma contribuição para essa sociedade de consumo, que hoje extrai suas principais fontes de recursos energéticos de combustíveis fósseis, o que implica a necessidade de obter novas formas de energia, visto o impacto ambiental que a atual matriz energética causa e as possibilidades de esgotamento dos recursos naturais envolvidos nesse tipo de utilização.

Segundo relatório da situação mundial elaborado pela Renewable Energy Policy Networking (2017), no ano de 2016, 78,0% do quadro energético mundial era obtido por combustíveis fósseis e apenas 19,2% eram gerados pelas energias renováveis (10,3% de energias renováveis modernas e 8,9% de biomassa tradicional), enquanto 2,5% provinham de energia nuclear; no ano de 2018, 35% da oferta vinha do petróleo, 25%, de carvão mineral e 22%, de gás natural, totalizando 82%, o que demonstra que houve aumento do uso de fontes não renováveis. No mesmo relatório, verifica-se que existe uma alternativa para que, em 2030, se chegue em 14% das energias renováveis, como hidráulica, biomassa, solar, eólica, geotérmica – no momento, prevalece no máximo em 12% da oferta energética mundial. Trata-se de um quadro que precisa ser revertido e, sem dúvida, a introdução dessa discussão em

cursos de engenharia é fundamental, visto que os futuros engenheiros, independentemente de sua área de atuação, precisam estar minimamente habilitados a lidar com a questão.

No que tange aos recursos de simulação, seu uso justifica-se na aprendizagem nas engenharias, uma vez que a simulação computacional “é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico que o sistema real apresenta” (SHANNON, 1975, p. 73). Desse modo, entendendo que um engenheiro, antes de qualquer coisa, precisa treinar e estar preparado para os problemas reais do dia a dia e tentar fazer com que a comunidade ande em harmonia com a natureza para que se possa dar um futuro melhor para as novas gerações, o uso de simulação computacional é fundamental para os testes de riscos e gerar hipóteses para que não aconteça nenhum desastre natural ou algo do gênero.

### 1.3 OBJETIVOS

Tendo como ponto de partida a necessidade de investigar a possibilidade de utilização de novas abordagens metodológicas para o ensino da temática de energias renováveis, o objetivo central da pesquisa é elaborar e validar uma proposta para o desenvolvimento de disciplina que fará uso de simulador como ferramenta pedagógica para trabalhar esse tema em cursos de engenharia.

Para tanto, são trabalhados os seguintes objetivos específicos:

- a) Revisar algumas bases teóricas e metodológicas da educação em engenharias, mais especificamente, com uso de simuladores.
- b) Selecionar um *software* de simulação aderente à proposta do ensino de energias renováveis.
- c) Criar uma proposta de plano de disciplina (projeto-piloto), com o descritivo da metodologia de aprendizagem de energias renováveis por meio de um simulador, para ser aplicada em cursos de engenharia.
- d) Proceder à análise e validação do plano da disciplina com *experts* na área da educação de engenharias e jogos digitais.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

As seções da pesquisa, para atender aos objetivos propostos, estão assim organizadas: na primeira, são apresentados a introdução, a problemática, a justificativa e os objetivos da pesquisa. Na seção 2, tem-se o estado da arte no que tange ao uso de simuladores para o ensino nos cursos de engenharia ou em outras áreas, suas características e modelos metodológicos adotados em algumas instituições de ensino. Também é abordada a composição de discussões com outros pesquisadores, resultado de publicações em congressos de repercussão nacional.

Na terceira seção, procede-se à revisão de literatura, com a construção do referencial teórico que deu sustentação a todo o processo investigativo, tratando da temática das energias renováveis e sua importância nos cursos de engenharia, bem como um aprofundamento no conceito de simuladores, além de como os órgãos reguladores das engenharias discutem o assunto.

Nas seções seguintes, são apresentadas a abordagem metodológica da pesquisa e a proposta da disciplina. Por fim, são demonstradas e discutidas as percepções dos especialistas quanto à aplicação da técnica Delphi, a análise dos dados e as considerações finais.

## 2 ESTADO DA ARTE

Nesta seção, procura-se identificar o estado da arte do tema, com fins de fundamentação teórica e para justificar limites e contribuições da pesquisa realizada. O objetivo é apresentar uma possível composição de estado da arte a partir de bases múltiplas tratando do uso de simuladores nos cursos das engenharias, ora mesclando com a temática de energias renováveis, tentando mostrar a percepção de algumas pesquisas na área de simuladores de energias renováveis, além das características e modelos adotados em algumas instituições de ensino para o ensino nas engenharias.

Optou-se pela utilização de bases múltiplas, incluindo pesquisa bibliográfica, repositórios de pesquisa oficial e informações apresentadas em páginas na internet de instituições de ensino escolhidas de forma aleatória. Cabe lembrar que, ao valer-se da prospecção do estado da arte da temática a ser pesquisada, o pesquisador não tem necessidade de iniciar suas investigações do nível zero. A identificação de pesquisas semelhantes ou mesmo complementares com diferentes pontos de vista contribui para a valorização da investigação a ser feita, permitindo, de certa forma, o avanço do conhecimento científico. Ressalta-se a importância de que, ao fazer o levantamento do estado da arte com base em várias fontes, é possível reforçar a necessidade de ações para o desenvolvimento da temática de energias renováveis.

Inicialmente, optou-se por seguir os passos de Prado (2018), que utilizou Romanowski (2002) para elencar indicadores para o desenvolvimento de pesquisa a partir de procedimentos de estado da arte. São eles:

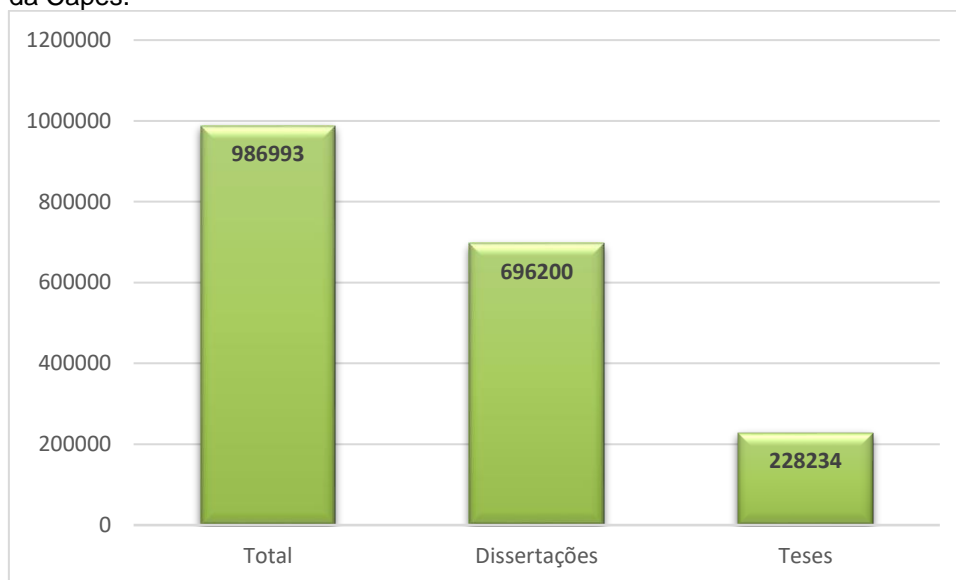
- definição dos descritores para direcionar as buscas a serem realizadas;
- localização dos bancos de pesquisas, teses e dissertações, catálogos e acervos de bibliotecas, biblioteca eletrônica que possam proporcionar acesso a coleções de periódicos, assim como aos textos completos dos artigos;
- estabelecimento de critérios para a seleção do material que compõe o corpus do estado da arte;
- levantamento de teses e dissertações catalogadas; coleta do material de pesquisa, selecionado junto às bibliotecas de sistema COMUT ou disponibilizados eletronicamente;
- leitura das publicações com elaboração de síntese preliminar, considerando o tema, os objetivos, as problemáticas, metodologias, conclusões, e a relação entre o pesquisador e a área;
- organização do relatório do estudo compondo a sistematização das sínteses, identificando as tendências dos temas abordados e as relações indicadas nas teses e dissertações;
- análise e elaboração das conclusões preliminares (PRADO, 2018, p. 23).

Conforme sugerido por Romanowski (2002 *apud* PRADO, 2018) realizou-se uma pesquisa com descritores específicos em distintas bases de dados na rede

mundial de computadores, os quais coadunavam com os objetivos da pesquisa ou foram inteiramente desenvolvidos a partir dos temas que a circundam.

Em 14 de maio de 2018, foi feita uma pesquisa no Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), com o descritor “uso de simuladores no ensino de engenharias”, que resultou nos números demonstrados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Descritor “uso de simuladores no ensino de engenharias” – Banco de Teses e Dissertações da Capes.



Fonte: O autor (2019).

Constatou-se, neste momento inicial, que muitas pesquisas versam acerca da temática e, em nível de teses, o índice, apesar de pequeno, representa quase 30% do total das pesquisas envolvendo o uso de simuladores no ensino de engenharias.

Partiu-se para um segundo descritor, “ensino nos cursos de engenharia”, mas a página da Capes retornou com erro nas inúmeras tentativas realizadas. O objetivo era quantificar o número de pesquisas realizadas nos últimos anos que discutiam como acontece o ensino nos cursos de engenharia, mas não se obteve êxito.

Dando prosseguimento, agora no buscador do Google, em 14 de maio de 2018, inicialmente com a utilização do descritor “uso de simuladores no ensino de engenharias”, foram gerados em 0,35 segundos aproximadamente 246.000 resultados, trazendo artigos de diversas bases de pesquisa, reportagens e outras informações. Tudo leva a crer que esse volumoso número de resultados seja proveniente da produção acadêmica dos profissionais que atuam nas 4.423

instituições de ensino brasileiras que oferecem cursos em engenharia (BRASIL, 2016a).

No Portal de Periódicos da Capes<sup>2</sup> (de livre acesso), com a utilização do mesmo descritor, obteve-se acesso a três artigos e três livros. O que causou estranheza foi o dado apresentado, uma vez que, apesar do refinamento por meio de aspas, os resultados não condiziam essencialmente com a temática, como é possível observar:

- A) Proposta para implantação de recursos tecnológicos digitais touchscreen no ambiente educacional/*Proposal for implementation of technological resources digital touchscreen in educational environment (report)*.
- B) Com uma mão na massa... E a outra no *mouse*: para além das licenciaturas e cursos de gestão, cresce a oferta de graduações em áreas até então restritas à educação presencial, como enfermagem, engenharia e educação física (CURSOS PRÁTICOS) (*articulo en português*).
- C) Tecnologias digitais e a relação entre teoria e prática: uma análise da produção em trinta anos de BOLEMA/*Digital technologies and the relationship between theory and practice: an analysis of the literature in thirty years of BOLEMA*.
- D) A evolução histórica da ergonomia no mundo e seus pioneiros.

Assim, configurou-se a segunda ausência de sucesso, pois o descritor não retornou com os dados esperados. É importante destacar que não foi possível acesso à base Institution of Civil Engineers (ICE), pois somente instituições conveniadas à Capes possuem o referido acesso, o que ainda não é o caso da Uninter.

Na sequência, optou-se pela base de dados do EBSCO Discovery Service (EDS), com o mesmo descritor – uso de simuladores no ensino de engenharias –, retornando pesquisas entre os anos de 1997 e 2018, totalizando 74 pesquisas, perpassando por teses, artigos, livros e periódicos. Refinou-se essa pesquisa, com o mesmo descritor, apenas para periódicos e obteve-se o resultado de 51 artigos. Entendeu-se que se tratava de outra busca inicialmente frustrada, pois presumia-se que o universo de revistas não seria tão vasto.

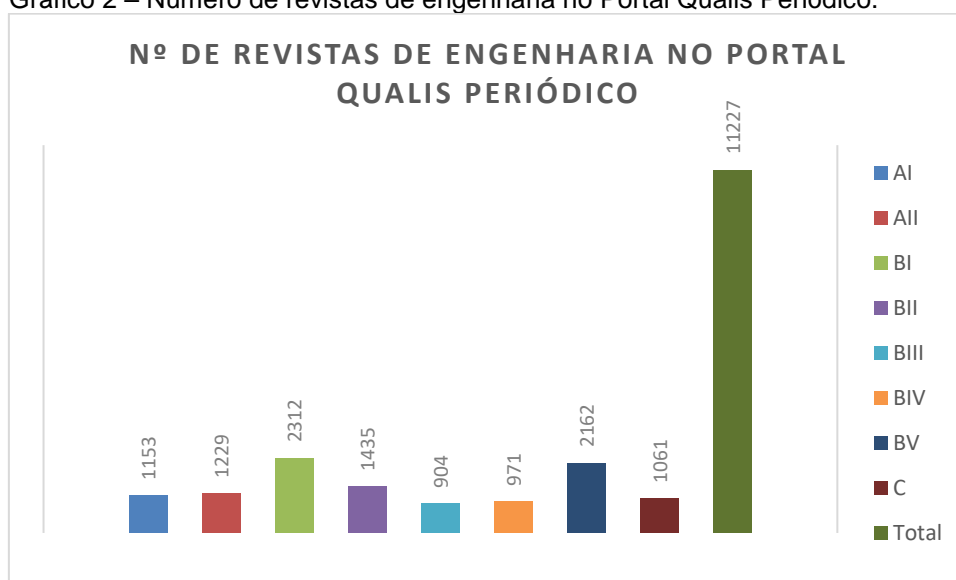
A intenção inicial era localizar periódicos específicos da área de engenharia e, depois, pesquisar com o descritor “uso de simuladores no ensino de engenharias”,

---

<sup>2</sup> O acesso ao Portal de Periódicos da Capes aconteceu pelo endereço: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>.

mas constatou-se que a Capes organiza as engenharias em quatro perspectivas – Engenharia I, II, III e IV –, assim como classifica as revistas em Qualis A1, A2, B1, B2, B3, B4 e C. Assim, agruparam-se as categorias das engenharias e foram obtidos os resultados constantes do Gráfico 2.

Gráfico 2 – Número de revistas de engenharia no Portal Qualis Periódico.



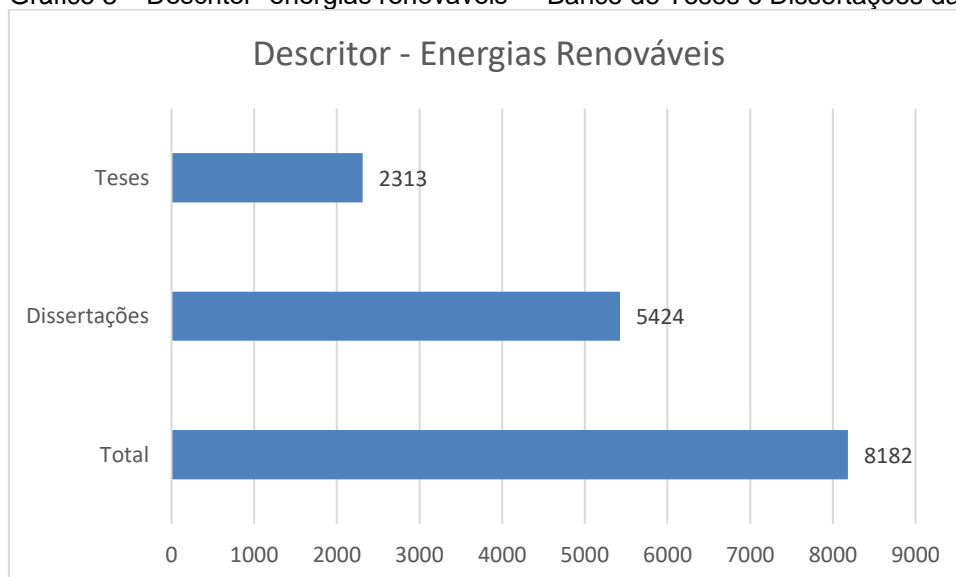
Fonte: O autor (2019).

Chamou atenção o fato de que, ao selecionar apenas as revistas A1, que totalizaram 1.153 periódicos, todas constavam com identificação do nome em inglês, ou melhor, não foi localizada em nenhum dos registros de A1 na área de engenharias uma revista com nome na língua portuguesa. Dentro desse escopo, foram selecionados os dez primeiros periódicos e, ao buscar pela página da revista, verificou-se que os selecionados eram periódicos de outros países. Por ser uma amostra de 10% do total dos periódicos A1 da área de engenharias, não foi possível estabelecer que todas as revistas B1 são internacionais, mas pelo menos teve-se uma demonstração da ausência do uso do idioma nacional para nominar as revistas.

Na perspectiva de estabelecer comparação entre as duas temáticas centrais da pesquisa – uso de simuladores em cursos de engenharia e energias renováveis –, iniciou-se, no Banco de Teses e Dissertações da Capes, a busca pelo descritor “energias renováveis”, retornando os resultados do Gráfico 3.



Gráfico 3 – Descritor “energias renováveis” – Banco de Teses e Dissertações da Capes.

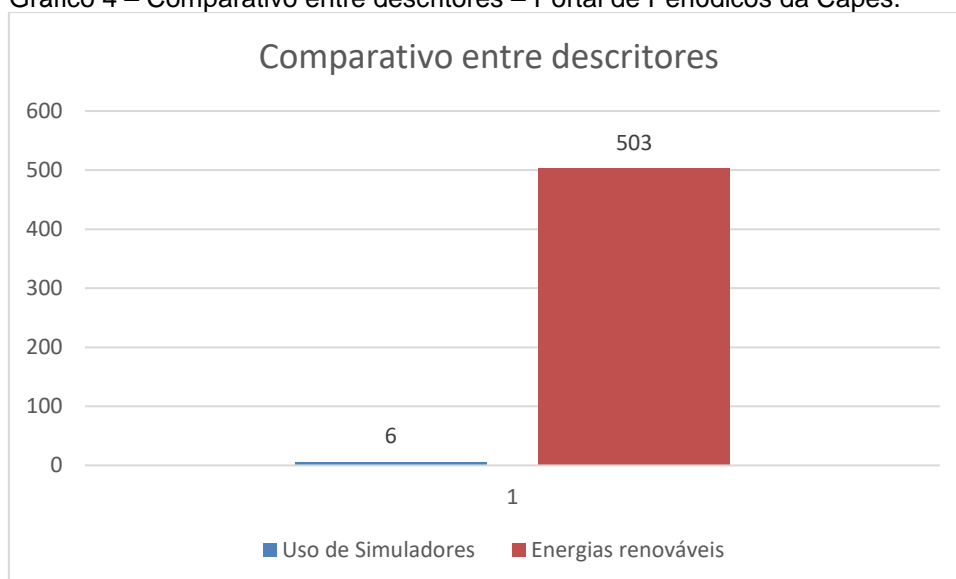


Fonte: O autor (2019).

Em comparação com o total de 986.993 resultados do descritor “uso de simuladores no ensino de engenharias”, o apresentado pelo descritor “energias renováveis” (8.182) foi inferior em número de pesquisas no *status* atual.

Por outro lado, no Portal de Periódicos da Capes, com o descritor “energias renováveis” foi possível identificar 503 trabalhos, das mais diversas formas (artigos, teses, livros, jornais). Portanto, a temática apresentou maior relevância frente ao descritor anterior, como se verifica no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Comparativo entre descritores – Portal de Periódicos da Capes.



Fonte: O autor (2019).

Assim, ao abordar o uso de simuladores para o ensino de energias renováveis, contribui-se com ambas as categorias e desenvolve-se um meio de alavancar o estudo sobre os temas.

Na sequência, retiraram-se cinco fragmentos dos seis encontrados na busca no Banco de Periódicos da Capes com o descritivo “uso de simuladores”. Optou-se por trabalhar com eles por trazerem depoimentos de alunos que utilizaram simuladores, além da descrição da metodologia adotada na prática pedagógica.

No estudo de Alberti, Furtado e Kipper (2015, p. 80), intitulado *Simulação como ferramenta no ensino de engenharia: problematização e promoção da vivência em processos produtivos*, contata-se o seguinte fragmento:

[...] A aprendizagem propiciada pela execução dessa atividade, auxiliada pela utilização do *software* de simulação, caracteriza-se certamente como um objeto de aprendizagem multidisciplinar, aplicando, na forma prática e computacional, o que foi observado *in loco*, através da mobilização de conhecimentos teóricos assimilados em sala de aula.

O desenvolvimento dessa prática pedagógica possibilitou aos alunos uma atuação interdisciplinar, através da aplicação de conhecimentos técnicos específicos do *software*, de conhecimentos em planejamento industrial – como estamos e de que forma chegaremos ao que queremos; pesquisa operacional – na construção de redes PERT; engenharia do trabalho – na captação de tempos, avaliação de procedimentos operacionais padrão (POPs), no estudo de ocupações/ociosidades e dimensionamento de postos de trabalho.

Esse excerto mostra que o uso da simulação junto à prática pedagógica é de grande valia e se torna interdisciplinar, pois necessita de diversos conhecimentos, além de gerar grandes conhecimentos, uma vez que os procedimentos são de problemas que acontecem na vida real.

No estudo de Massukado e Schalchb (2007, p. 45), intitulado *Simulação no ensino de engenharia – avaliando a aplicação do software Simgere sob o paradigma do “aprender a aprender”*, contata-se o seguinte fragmento:

[...] A aplicação do *software* Simgere contribuiu para que os discentes se tornassem agentes ativos e participantes no processo de aprendizagem. [...] verificou-se que o *software* é uma eficiente ferramenta do processo de construção do conhecimento, pois permitiu que os alunos pudessem facilmente compreender as relações existentes para se calcular a vida útil do aterro sanitário, ao invés de terem de memorizar uma lista de requisitos necessários para efetuar o mesmo cálculo.

Ele mostra que a prática e o uso de experiências e modelos como simulação proporcionam um melhor aprendizado, pois os alunos sentem-se motivados com as novas tecnologias.

Já no estudo de Lucas et al. (2013, p. 349), intitulado *Uso de simuladores de direção aplicado ao projeto de segurança viária*, tem-se o seguinte fragmento:

[...] A aplicação do simulador de direção permite avaliar diversas alternativas de projeto geométrico e de sinalização antes de sua implantação. Com isso, é possível efetuar uma análise comparativa das alternativas, resultando na escolha daquela que permita um tráfego mais seguro pela via, além de gerar economia de tempo e custos nas fases de projeto e execução das obras, diminuindo-se retrabalhos com a identificação de erros previamente. [...]  
[...] entende-se que o uso de simuladores de direção, principalmente durante a fase de concepção do projeto viário, pode contribuir fortemente para a melhoria dos aspectos de segurança e otimização dos custos. Para isso, é necessário um maior desenvolvimento de estudos e pesquisas relativos ao tema em território nacional (tanto em meio acadêmico como nas empresas de projeto) que usem como referência as linhas de pesquisa já desenvolvidas internacionalmente, adaptadas às condições e necessidades locais.

O excerto traz uma das grandes vantagens do uso da simulação na engenharia, que é a minimização de erros e custos, pois, com a simulação, é possível identificar tais problemas nas análises.

Ainda, no estudo de Lima e Poubel (2015, p. 5), intitulado *Importância do uso do software livre aplicado à engenharia química*, verifica-se o seguinte fragmento:

Atualmente é evidente a importância de se ter o conhecimento de diversos recursos computacionais, desde os programas com pacotes básicos como os *offices* até os mais complexos como os *softwares* de simulação utilizados nas áreas de engenharia e também é cada vez mais evidente a não necessidade de disponibilizar fortunas para de adquirir programas que venham a se adequar ao seu processo. Inúmeros *softwares* de código aberto vêm ganhando força, demonstrando ser tão bons quanto os pagos, tornando-se alternativas muito atraente para as indústrias, que visam sempre diminuir seus custos operacionais.

O fragmento é de grande importância, pois estimula o uso de novas tecnologias que proporcionam um avanço no estudo das disciplinas, fazendo o conteúdo ser muito mais proveitoso.

Por fim, no estudo de Nacif e Ferreira (2014, p.7), intitulado *Um simulador multi-uso para ensino em engenharia de computação*, contata-se o seguinte fragmento:

Este trabalho apresenta um simulador multi-uso que pode ser usado em ensino e pesquisa de diversas áreas de engenharia de computacional. O objetivo é ter uma ferramenta simples e flexível que seja transversal e ofereça recursos em diversos níveis de abstração. O simulador HADES satisfaz estes requisitos, vem sendo usado em três disciplinas na Universidade Federal de Viçosa e pode ser usado em outras como mostra este trabalho. O ambiente foi proposto [Hendrich 2000] para permitir fácil extensão, conectividade e oferece muitas possibilidades. Outras ferramentas acadêmicas ou profissionais devem ser usadas, pois cada disciplina ou linha de pesquisa tem

suas particularidades, onde o HADES faz o papel de comunicação entre as disciplinas, ajudado pela sua rápida curva de aprendizado e sua versatilidade.

Conforme descrito, essa ferramenta proporciona interdisciplinaridade ao aluno, de forma a relacionar os conteúdos, sendo possível uma maior absorção de conteúdos e relacioná-los.

Após a análise dos textos na íntegra, verificou-se que o uso de simuladores no ensino de engenharias é uma realidade vivenciada a partir dos conceitos de interdisciplinaridade, que buscam favorecer o protagonismo do aluno nas práticas pedagógicas, possibilitando vivências práticas e o desenvolvimento de visão holística a respeito de determinado conteúdo, aproximando-o da realidade.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O objetivo desta seção é apresentar as bases teóricas sob as quais se desenvolveu a pesquisa, não apenas em seus aspectos de fundamentação conceitual, para melhor compreender o fenômeno estudado, mas também como orientação para a análise e interpretação dos dados que foram coletados, sempre lembrando que eles devem ser interpretados à luz do referencial teórico exposto.

Tal etapa constitui-se de revisão bibliográfica, mediante uma apurada revisão de textos, artigos, livros e periódicos, com a finalidade de prospectar o material necessário para embasar o assunto.

#### **3.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Esta seção apresenta, primeiramente, a conceituação de energias renováveis, abordando aspectos de natureza social e caracterizando-as. Num segundo momento, trata-se de dados que reforçam novamente a importância da discussão da temática. Por fim, elenca-se o que os órgãos reguladores, como Ministério da Educação (MEC), Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea) e Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), abordam a temática de energia renováveis, além de apresentar três matrizes curriculares elencadas aleatoriamente, a fim de verificar se atendem aos requisitos desses órgãos.

##### **3.1.1 Conceituação de energias renováveis**

As energias renováveis são aquelas derivadas de recursos naturais, geralmente provenientes da troca de energias entre os ciclos naturais, como a radiação solar ou a força do vento e das águas, o que engloba a maioria das fontes de energias limpas, também chamadas não tradicionais. Diferentemente das energias obtidas por meio de combustíveis fósseis, as energias renováveis não causam divergências no balanço térmico terrestre e são basicamente inesgotáveis.

O desenvolvimento tecnológico dos últimos anos tem impulsionado essas energias a ganhar espaço em um mercado que era dominado pelo uso de combustíveis fósseis. Hoje, há desde carros elétricos a fazendas solares e eólicas, sem contar os mais variados modelos e modos de gerar energia limpa e sustentável.

Entretanto, pelo fato de ser uma energia ainda relativamente nova, geralmente possui um custo de implementação alto.

Para alguns, o desenvolvimento econômico é, em maior ou menor grau, contrário à lógica de um equilíbrio ambiental, conforme a entropia de cada situação (ALTVATER, 1995). Ao comparar os prós e os contras das energias renováveis, incorre-se em um dilema, visto que, na sociedade moderna, sempre se apresentam lados opostos, num dos quais, indiferente aos impactos ambientais, a economia sempre prevalece.

O mundo, apesar dos vários casos de abuso e desrespeito aos recursos naturais, tem caminhado a passos curtos e lentos para um desenvolvimento sustentável, que prioriza não só o capital e a ideologia produtivista, mas também o futuro da humanidade, pois hoje a sustentabilidade é um dos principais focos da sociedade, acarretando a busca por novos processos políticos, culturais e ambientais (LEFF, 2001). A mentalidade da sociedade está mudando, tornando-se mais consciente dos riscos que todos sofrem quando se causam danos ao meio ambiente; o pensamento imediatista está sendo trocado por um pensamento em que nem sempre o mais produtivo é mais lucrativo, quando se pensa nos danos colaterais que se apresentarão no futuro.

As energias renováveis podem ser incorporadas aos mais diversos ambientes, desde residências a indústrias; muitas vezes, pelo alto nível de captação de energia e baixo consumo do imóvel ou estrutura, integra-se a energia sobressalente à rede das distribuidoras locais, de modo a obter benefícios ou descontos. Na Empresa de Pesquisa Energética (EPE)<sup>3</sup>, buscou-se explorar e realizar interpretações acerca das diversas formas de conseguir energias limpas, tais como: biocombustível, biomassa, energia azul, energia geotérmica, energia heliotérmica, energia hidráulica, hidroeletricidade, energia solar, energia eólica, energia maremotriz, energia das ondas, energia das correntes marítimas e energia nuclear. Para entender um pouco melhor, será feita uma breve explicação de cada uma dessas energias alternativas e de alguns dados obtidos por meio de pesquisa no *site* da EPE (2018).

---

<sup>3</sup> Os dados dos gráficos apresentados foram extraídos na íntegra e os textos produzidos para esta pesquisa são de livre interpretação do pesquisador, a partir do *site* da EPE (<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>).

A energia geotérmica, também conhecida como geotermal, é gerada pelo calor originário do interior da Terra, que é transformado, dentro da usina geotérmica, em eletricidade. A primeira usina geotérmica do mundo foi construída em 1904, na cidade de Larderello, na Itália. Hoje, cerca de 30 países utilizam esse tipo de energia. O Brasil é um dos países que não possuem grande potencial para energia geotérmica, uma vez que ela é mais explorada em locais de transição de placas tectônicas. Já a energia heliotérmica utiliza o calor contido nos raios solares, captando-o por meio de espelhos e, na usina, convertendo-o em energia elétrica. Uma das maiores usinas heliotérmicas do mundo, a Gemasolar, encontra-se na cidade de Andaluzia, na Espanha, e é capaz de produzir energia mesmo em dias nublados, chegando a 20 milhões de watts, o que seria suficiente para 25 mil casas.

A energia hidráulica, também conhecida como hídrica ou hidrelétrica, é obtida da energia potencial e cinética das correntes de água em rios, mares, cachoeiras ou grandes quedas d'água. Também pode ser proveniente do aproveitamento da energia potencial gravitacional da água contida em uma represa elevada. Analisando os dados da EPE (2018), ao comparar a matriz energética mundial com a brasileira em relação à energia hidráulica, o Brasil tem uma vantagem de mais de 10%, pois conta com um percentual de 12,6%, enquanto a matriz mundial possui apenas 2,5% de energia hidráulica.

No país, aproximadamente 70% de toda a energia elétrica gerada provém das hidrelétricas, tornando-as a maior fonte de energia. A bacia do rio Amazonas é responsável por cerca de 40,5% de todo o potencial, mas é na bacia do rio Paraná que está localizada a Itaipu Binacional, usina que gera cerca de 15% de toda a energia elétrica do Brasil, com 20 turbinas em constante funcionamento. É chamada binacional pois, na década de 1970, foi feito um acordo com o Paraguai para sua construção; apesar dos grandes impactos ambientais, sabia-se que a usina traria muitos benefícios às nações.

Em 2002, o governo do Brasil, com o intuito de incentivar o uso de energias renováveis, criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, fornecendo subsídios e gerando parcerias em leilões de áreas a ser exploradas por empresas privadas que investem em matrizes energéticas que geram menos impactos ambientais, principalmente as energias solar e eólica, mas também subsidiando outras possibilidades.

A energia solar é gerada a partir do Sol, sendo captada por painéis solares, formados por células fotovoltaicas, e transformada em energia elétrica ou mecânica. Hoje, diversos são os modelos e meios de empregar os painéis solares. Nos últimos anos, esta foi uma das energias renováveis que mais tiveram crescimento. Com diversas pesquisas em desenvolvimento, é possível encontrar, além de painéis fotovoltaicos, telhas e até mesmo placas fotovoltaicas transparentes que podem ser utilizadas como vidro ou acopladas nas superfícies dos edifícios para que se possa aproveitar não só o telhado.

O Brasil, por possuir um dos maiores índices de incidência solar do mundo, é considerado um dos melhores países para trabalhar com a energia solar. Hoje, há diversas usinas solares em todo o território nacional, especialmente nas regiões do Nordeste, em que o índice aumenta. A maior e uma das mais recentes usinas solares está localizada em Bom Jesus da Lapa, na Bahia, foi inaugurada em 2017 e tem capacidade de produzir 158 MW.

A energia eólica é gerada pelo vento, sendo utilizadas turbinas aerogeradoras, em formato de cata-vento, dispostas em locais abertos e com boa quantidade de vento; o gerador é acionado pelo movimento das turbinas, convertendo a energia em eletricidade. A produção de energia eólica no Brasil vem crescendo consideravelmente a cada ano, principalmente após a criação do programa de incentivo do governo. A estimativa de potencial energético eólico chega a 140 GW; entretanto, devido ao baixo número de plantas eólicas, se produz aproximadamente 10% disso.

Por sua vez, a energia maremotriz, também conhecida como energia das marés, é aquela gerada a partir do potencial energético do fluxo das marés, sendo obtida com a ajuda de barragens e geradores, utilizando os desníveis do solo abaixo da água e as marés alta e baixa. A energia das ondas provém do movimento oscilatório gerado pelas ondas, em que se concentra a energia cinética.

A energia nuclear é liberada pelo núcleo dos átomos. Quando se aplica uma energia externa, o núcleo do átomo é desintegrado, liberando calor e radiação; desse modo, as usinas atômicas ou nucleares transformam esse procedimento em energia elétrica. Segundo levantamento de matriz energética realizado pela EPE (2018), hoje o Brasil possui 1,5% de sua energia gerada pela energia nuclear, mais de três vezes menor que a mundial, que conta com 4,9%.

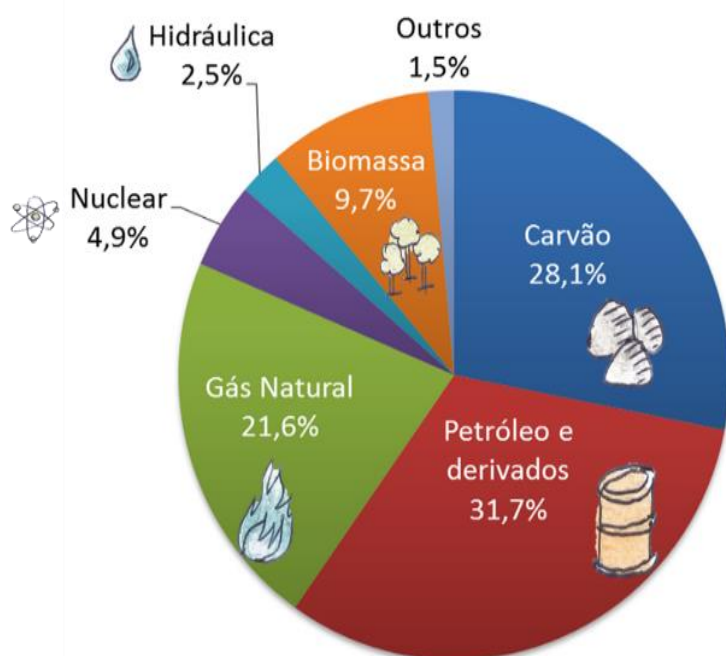


Revisitando alguns conceitos elementares na área de energia, além das fontes de energia relacionadas, podem-se encontrar diversas outras maneiras de produção de energia limpa, como é o caso da energia azul, também conhecida como energia osmótica, pois é produzida a partir da diferença de concentração de sal entre a água do mar e a água do rio, ou ainda a energia das correntes marítimas, obtida do aproveitamento da energia cinética dessas correntes.

### 3.1.2 Matrizes energéticas e elétricas mundial e brasileira

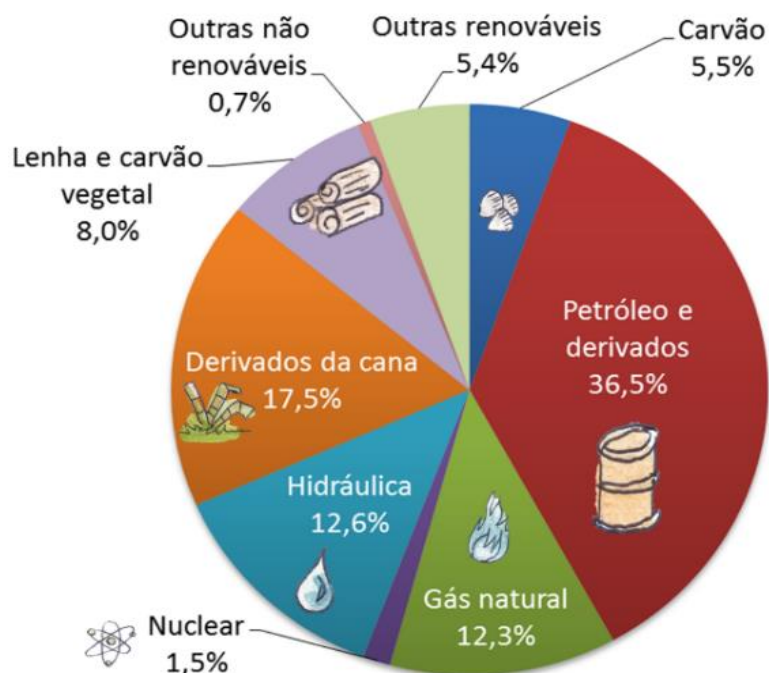
As matrizes energéticas mundial e brasileira sofreram diversas mudanças, uma vez que, tempos atrás, toda a energia gerada no mundo era proveniente de combustíveis fósseis, hoje com a descoberta de novos meios energéticos as matrizes energéticas podem variar muito entre os países. Nos Gráficos 5 e 6, é apresentada a distribuição das matrizes energéticas mundial e a brasileira que é bem diversificada e se difere muito da mundial devido nossa geografia e riquezas naturais.

Gráfico 5 – Matriz energética mundial – 2016.



Fonte: EPE (2018).

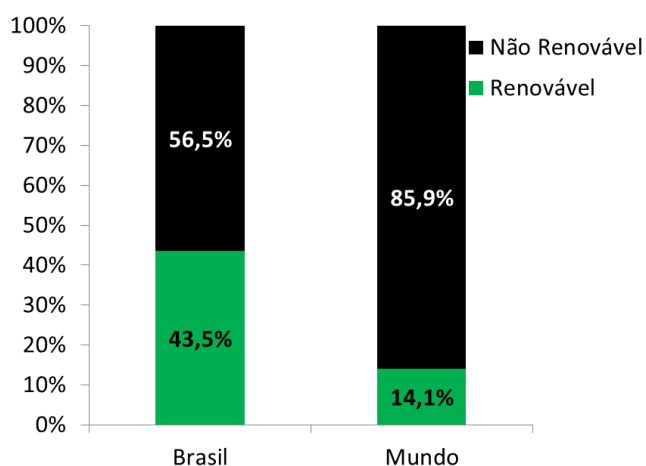
Gráfico 6 – Matriz energética brasileira – 2016.



Fonte: EPE (2018).

Ao comparar os dados da matriz energética brasileira com a mundial, apesar de anos distintos, quase metade da utilização está centrada em fontes renováveis, conforme se pode constatar no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Comparativo Brasil x mundo – 2016.

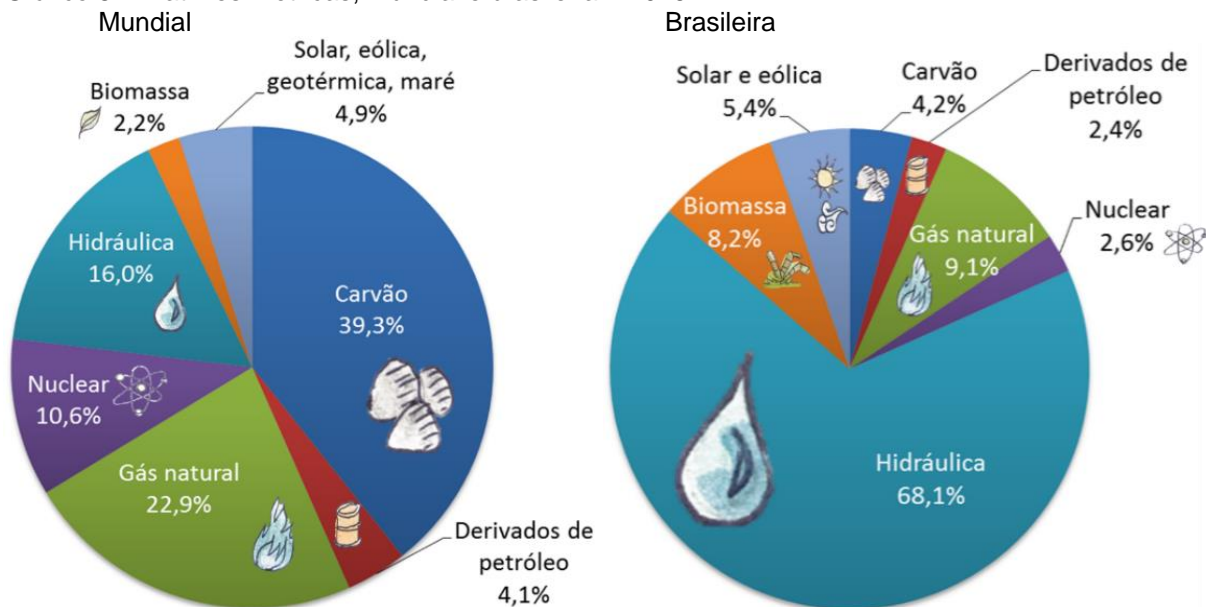


Fonte: EPE (2018).

Quando se compara a matriz elétrica do Brasil e mundial, percebe-se que o país está produzindo 82% da energia a partir de fontes renováveis, enquanto os demais países produzem apenas 23% (Gráfico 8). Talvez por ser um país continental

e banhado por muitos rios, acaba-se gerando energia renovável a partir das hidrelétricas.

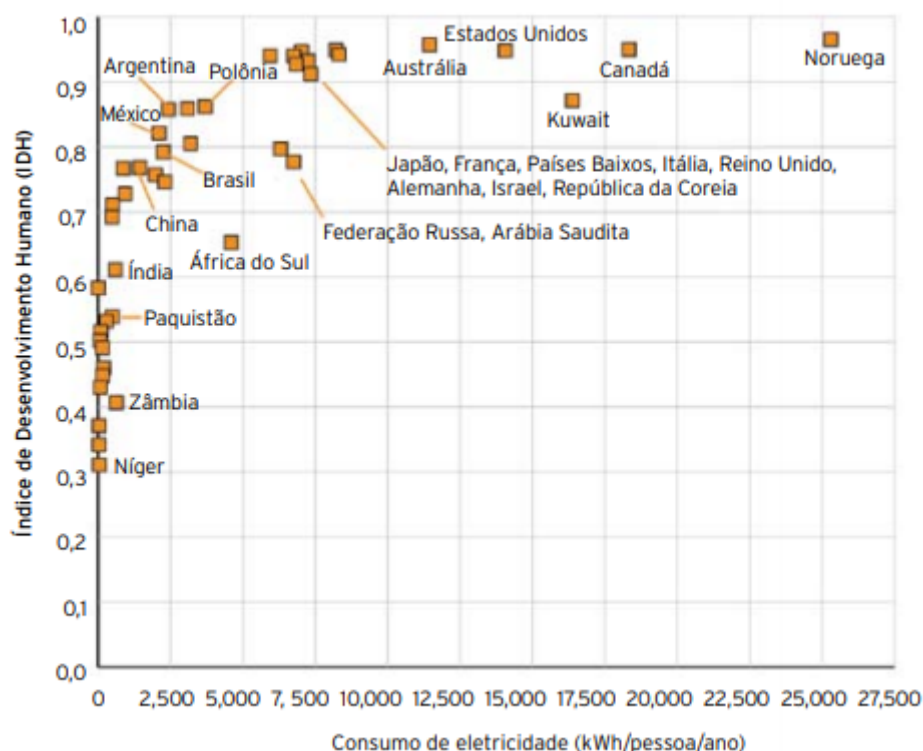
Gráfico 8 – Matrizes Elétricas, mundial e brasileira – 2016.



Fonte: EPE (2018).

A energia é fundamental para o desenvolvimento humano. Pode-se notar, no Gráfico 9, comparativo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e da eletricidade no mundo, que os países mais desenvolvidos são aqueles cuja população possui maior acesso à eletricidade. Hoje, vive-se em mundo de transição, em que as maiores potências estão adotando as energias alternativas como suas principais fontes, pois, além de limpas, possuem maior custo-benefício em longo prazo.

Gráfico 9 – IDH x consumo energético mundial.

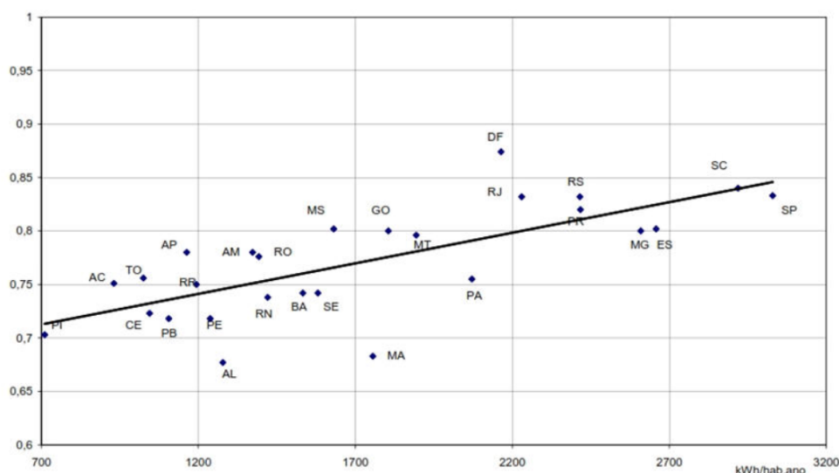


Fonte: UNDP, 2006.

Devido ao grande avanço tecnológico, hoje finalmente se consegue ter acesso a combustíveis e eletricidade limpa de alta qualidade, que podem ajudar os mais necessitados na luta diária, garantindo meios de sobrevivência, proporcionando oportunidades de estudo, além de possibilitar que tenham maior facilidade na prestação de serviços essenciais, como ajuda de médicos. A energia é um dos pilares para que uma sociedade desenvolva-se, tanto social quanto economicamente.

No Gráfico 10, consegue-se verificar que os estados seguem o mesmo direcionamento dos países, ou seja, quanto mais subdesenvolvido for o estado e menor for o acesso à eletricidade, menor será seu desenvolvimento socioeconômico.

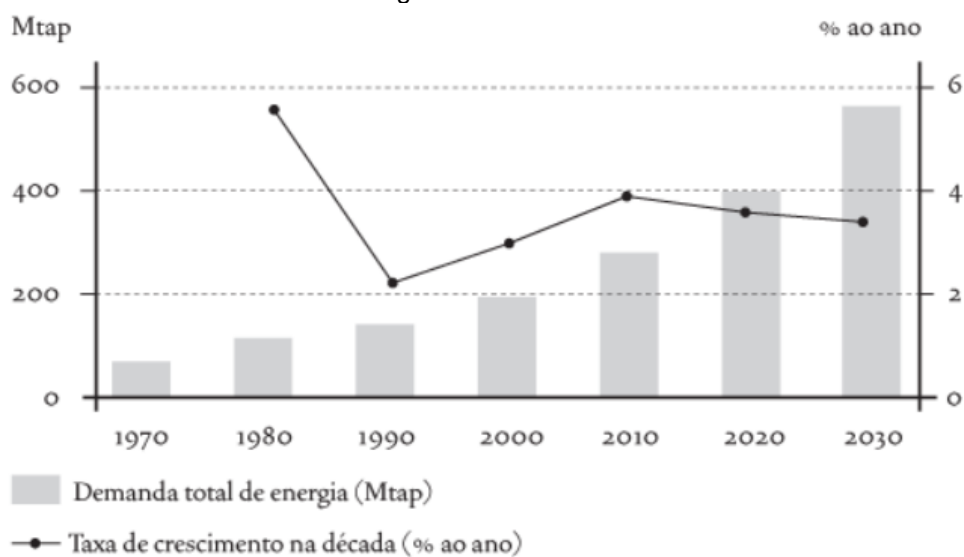
Gráfico 10 – IDH x consumo energético no Brasil.



Fonte: Brasil (2011).

No Gráfico 11, faz-se relação da demanda de energia com a taxa de crescimento, das décadas passadas até uma estimativa para o ano de 2030.

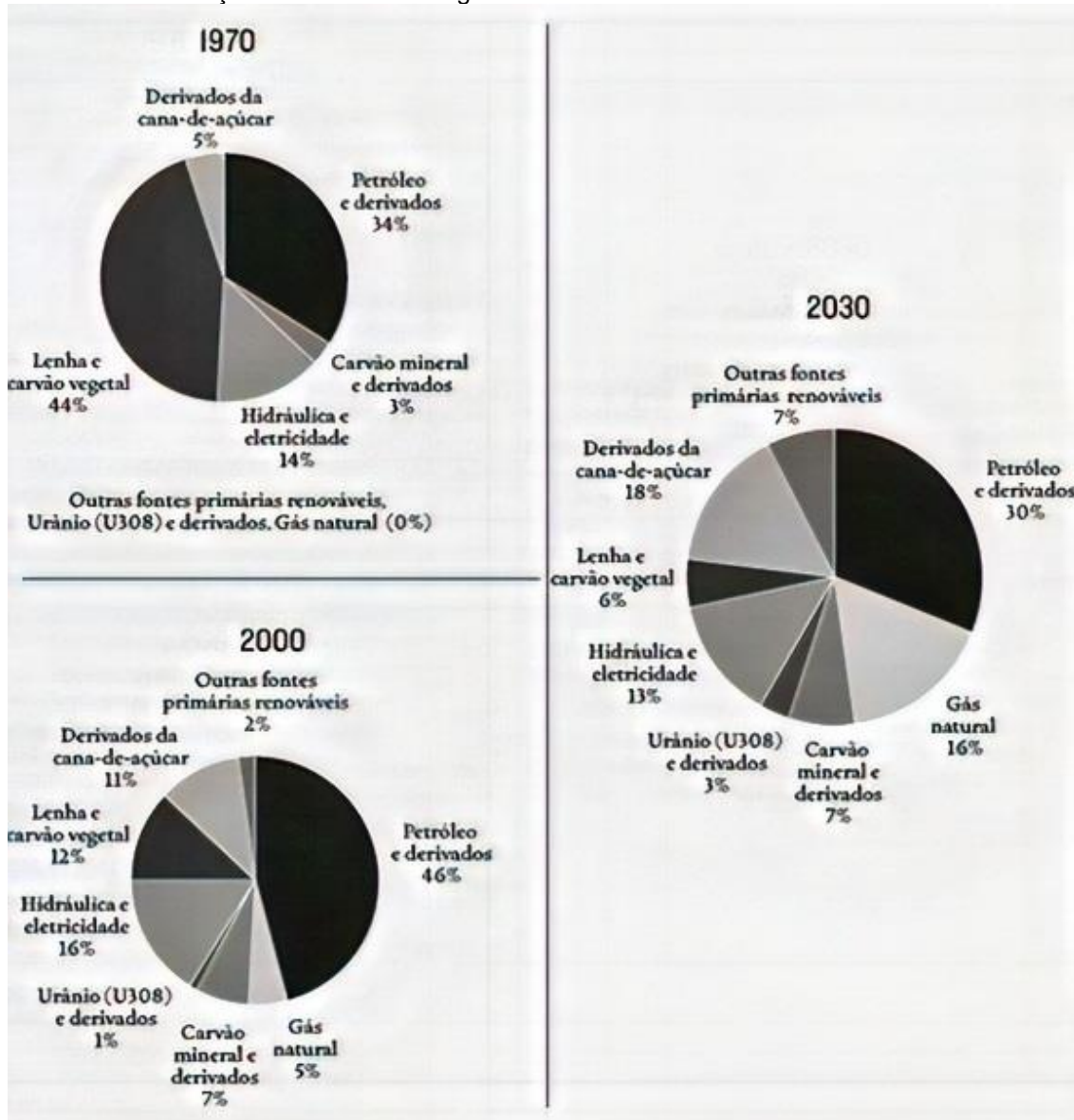
Gráfico 11 – IDH x consumo energético no Brasil – 1970 a 2030.



Fonte: EPE (2018).

Quando se analisam os gráficos e estimativas das décadas passadas e comparam-se os dados com as futuras décadas, é possível perceber a desvinculação e independência de combustíveis fósseis. No Gráfico 12, é possível observar melhor essa tendência.

Gráfico 12 – Evolução da oferta de energia – 1970 a 2030.



Fonte: EPE (2018).

Ao observar o gráfico da década de 1970, consegue-se ver que a soma da porcentagem do petróleo e seus derivados e da lenha e carvão vegetal chegava a expressivos 78%, caindo para 58% em 2000. Segundo estimativas, esse valor reduzirá mais nos próximos anos.

Nesse contexto de energias renováveis, os biocombustíveis são combustíveis de origem biológica, feitos a partir de vegetais, como soja, milho, cana-de-açúcar, babaçu, cânhamo, mamona, canola, assim como lixo orgânico. Diversas são as formas de utilizá-los, tanto para rede elétrica quanto para o abastecimento de veículos. No Brasil, o combustível geralmente é combinado com combustíveis fósseis, caso da gasolina, a que é adicionado etanol (EPE, 2018).

O etanol é o principal biocombustível utilizado no país; além dele, existem outros biocombustíveis, como o biogás, obtido pela extração gasosa do metano nos armazenamentos de lixo e restos orgânicos de animais. O biogás é pouco utilizado no Brasil, mas muito se tem estudado para implementar usinas geradoras de energia em grandes centros de armazenamento de lixo. Outro biocombustível empregado no Brasil é o biodiesel, que pode ser utilizado tanto em sua forma natural quanto misturado em certa porcentagem no diesel, com o intuito de baratear o preço (EPE, 2018).

A biomassa também tem origem biológica e é gerada a partir de materiais orgânicos. Os organismos que realizam fotossíntese (ou os derivados deles) podem ser utilizados como biomassa, como estrume de gado, óleo vegetal, restos de madeira e até o lixo urbano. De acordo com as informações disponíveis na EPE (2018), a biomassa e os biocombustíveis representam 9,7% de toda a energia gerada no mundo, segundo a matriz energética mundial de 2015. Quando comparada à matriz brasileira, nota-se que somente os derivados da cana somam um percentual de 17,5%, 7,8% a mais que a soma dos biocombustíveis e biomassas na matriz mundial.

### **3.1.3 MEC, CREA e CONFEA: o que postulam acerca do estudo das energias renováveis**

A temática de energias renováveis é discutida entre os órgãos reguladores. No ano de 2017, o Fórum Nordeste 2017 – Desafios e Oportunidades nos Setores de Biocombustíveis, Etanol e Energias Limpas, no Recife, teve participação de Mendonça Filho, então ministro da Educação, que falou sobre o posicionamento do MEC e sua participação no desenvolvimento das energias renováveis no país. Em suas palavras,

a participação do MEC é mais na oportunidade de criar condições para que tenhamos bons pesquisadores, além de espaço para fomento à pesquisa em áreas relacionadas a atividade energética, utilizando os mecanismos existentes na pasta, como a formação acadêmica tradicional, parte da Rede de Educação Federal, e os institutos e universidades federais (BRASIL, 2017).

Mendonça Filho ainda ressaltou que o ministério está aberto a debates sobre as energias renováveis e disposto a investir para que os engenheiros e demais estudantes especializem-se, de modo a dar suporte e fornecer mão de obra para esse setor que vem crescendo no Brasil (BRASIL, 2017).

O Crea-PR tem debatido a temática constantemente. Nas palavras de Kruger (*apud* ROSA, 2016, p. 1),

o Brasil tem uma matriz energética fantástica, bem diversificada e, mais importante, bastante limpa. É estratégico que o país continue por este caminho, sempre em busca de novas soluções sustentáveis, ampliando cada vez mais o uso da energia renovável (ROSA, 2016, p. 1).

Igualmente, no Confea, o tema é recorrente em seminários e congressos. Num dos eventos, discutiu-se o uso de banco de capacitores subdimensionado da energia solar. Segundo Rosa (2016, p.1),

quanto mais alternativas de converter e aplicar inicialmente esse sistema, maior será o retorno positivo, com a geração de consumo consciente e sustentável, resultando na economia, na redução de gastos. Investindo e ajudando o meio ambiente ao exercer o papel de cidadão.

Percebe-se que o discurso e as práticas para o consumo consciente e sustentável estão sempre atrelados à percepção de cidadania e economia.

O Confea, com o auxílio de diversos estudiosos e autoridades do Crea, em julho de 2016, organizou a Conferência Internacional sobre Novas Abordagens da Engenharia para o Fornecimento Sustentável de Água e Energia, em Brasília, com a participação de diversas autoridades. Como resultado, foi publicado um documento nomeado Declaração de Brasília, que traz considerações sobre os diversos impactos causados na sociedade, assim como a necessidade de mudança e adaptação do meio, além de identificar que o engenheiro tem capacidade de fornecer água de modo sustentável à sociedade, proporcionando saneamento básico de qualidade e energia limpa e de fácil acesso aos cidadãos. Também salienta que a migração do país para o uso de energias renováveis é essencial para seu crescimento consciente e saudável (BRASIL, 2016).

### 3.2 METODOLOGIAS INOVADORAS NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Uma vez apresentados os principais conceitos e a importância do estudo das energias renováveis, serão elencados agora alguns modelos de metodologias adotadas por instituições de ensino na área de engenharia.

Quando se pensa na formação do engenheiro, tem-se em mente uma formação baseada em dias e dias de estudo de matemática, física, química, e se esquece de que o profissional atual, além de altamente instruído tecnicamente, deve saber aplicar



tais ensinamentos de modo que não prejudique a sociedade ao seu redor. Infelizmente, percebe-se que a maioria das universidades brasileiras segue os mesmos padrões utilizados há décadas para o ensino de engenharia, em que o aluno é formado para resolver problemas prontos, esquecendo que muitos dos problemas do passado hoje não passam de lembranças e que, a cada dia, uma nova descoberta mostra um novo horizonte e cria outras oportunidades de conhecimento.

Hoje, quando um engenheiro forma-se, possui certa base de conhecimento que, nos próximos anos, pode se tornar obsoleta devido aos avanços tecnológicos; portanto, é preciso formar profissionais com capacidade de formação contínua e que estejam sempre atentos à sociedade globalizada. Reforçando a importância do aprendizado ao longo da vida, Schnaid, Zaro e Timm (2006, p. 37) expõem que “o papel da Universidade, nesse processo, é o de construir a capacidade para o aprendizado contínuo e permanente para inovação”.

Ressalta-se que muitos desses engenheiros atuam em empresas multinacionais, que prezam pela versatilidade do indivíduo, assim como pelo trabalho em equipe. Assim, acredita-se que o ensino das engenharias nas universidades deveria ser repensado de maneira a não perder os alicerces e, ao mesmo tempo, criar meios e matérias de suporte para que os profissionais supram as necessidades básicas das empresas e sociedade.

Quando se pensa na sua formação, a situação agrava-se, pois esses profissionais não são preparados nem possuem uma formação ampla para a licenciatura; portanto, muitas vezes é necessário que se busque uma especialização para completar tal lacuna. Em geral, os cursos superiores de engenharia carecem da preparação para o ensinar, o que seria de grande valia, pois uma das funções do engenheiro é a transmissão de seus conceitos técnicos aos demais. Fica a cargo das licenciaturas a formação de professores com totais capacidades de ensinar. Por sua vez, os bacharelados não capacitam seus alunos para aplicar as diretrizes pedagógicas da educação. Dessa maneira, faz-se necessário que o bacharel, caso tenha interesse na área, especialize-se.

Consoante Mills e Treagust (2003), para formar engenheiros para este novo tempo, é preciso superar as seguintes situações:

- a) Os currículos de engenharia estão muito focados na ciência da engenharia e cursos técnicos, sem fornecer uma integração suficiente desses tópicos

ou relacioná-los com a prática industrial. Os programas são orientados por conteúdo.

- b) Os programas atuais não fornecem experiências de projeto suficientes para os estudantes.
- c) Os graduados não possuem habilidades de comunicação e experiência de trabalho em equipe, de modo que os programas precisam incorporar mais oportunidades para que os alunos desenvolvam-nas.
- d) Os programas precisam desenvolver mais consciência entre os estudantes sobre as questões sociais, ambientais, econômicas e legais que fazem parte da realidade prática da engenharia moderna.
- e) As faculdades existentes não possuem experiência prática; portanto, não são capazes de adequadamente reportar a teoria para praticar ou fornecer experiências de *design*. A promoção atual dos sistemas recompensa atividades de pesquisa e não experiência prática ou ensino e perícia.
- f) As estratégias e cultura existentes de ensino e aprendizagem em engenharia estão desatualizadas e precisam se tornar mais centradas no aluno.

Ao analisar esses problemas, verifica-se a ausência de atividades práticas e trabalhos em grupo, havendo programas pontuais para obtenção de notas, sem desenvolvimento de consciência da relação do conteúdo com o mercado de trabalho. Mesmo diante desse cenário caótico, é possível identificar que as percepções em relação à aprendizagem estão se modificando em algumas instituições de ponta.

Ao reconhecer que os alunos são constantemente alimentados por informações provenientes de diversos canais e mídias, essas instituições passaram a reconhecer que o professor deixou de ser o único detentor do conhecimento perante os alunos. Ao mesmo tempo, perceberam que o foco da aprendizagem precisa ser o estudante e que os currículos atuais não conseguem preparar o futuro profissional para uma sociedade em constante transformação. Cabe enfatizar que, a partir do momento em que o aluno assume seu papel no processo de aprendizagem, se adotam os conceitos do construtivismo como metodologia de ensino, em que os discentes são denominados aprendizes ativos e devem construir seus próprios caminhos no processo de aprendizagem.

As escolas de engenharia hoje, mais do que nunca, têm a responsabilidade de se atualizar de forma sistêmica, possibilitando aos novos engenheiros suprir as novas

exigências e necessidades do mercado de trabalho, pois o avanço tecnológico digital presenciado nos últimos anos criou não só novos meios de comunicação social, como também novos processos, produtos e profissões, de modo que o engenheiro do futuro tem que se atualizar diariamente, estar preparado e desenvolver habilidades para trabalhar com tecnologias que ainda são apenas ideias, mas no futuro próximo estarão no meio social, cultural e econômico.

### **3.2.1 Novas abordagens metodológicas para o ensino de engenharia**

O ensino nas engenharias pode ser abordado das mais diversas maneiras – aula expositiva, aula de campo, laboratórios, seminários, entre outras –, como na maioria dos cursos. Geralmente, escolhe-se a metodologia a ser utilizada de acordo com as necessidades do assunto ou do aluno, de forma que ele obtenha o conhecimento e crie ou melhore suas habilidades.

Para Alencastro e Rando Jr. (2017), a busca por um ensino de engenharia que tenha como foco o aluno, que faça com que a teoria não fique tão distante da realidade e que possa explicar o porquê de o aluno estar trabalhando determinado conteúdo faz com que a ideia de projetos interdisciplinares apareça como uma boa ferramenta de apoio, pois eles permitem o avanço em pesquisas e vão além da teoria, mostrando que os conhecimentos obtidos podem ser postos em prática.

Nesse contexto, novas abordagens já estão disponíveis e são aplicadas pelos docentes na área didática e pedagógica na engenharia. Algumas delas chamam mais atenção, caso da aprendizagem baseada em problemas (PBL), que integra a formação básica em ciências à pesquisa e formação em engenharia. A grande diferença entre o modo tradicional de ensino e este é a capacidade de despertar a curiosidade do estudante, de modo que explore e expanda seus meios de ensino e aprendizagem, solucionando o problema a partir de sua visão e recursos disponíveis. Outro fator interessante é a capacidade de diferentes grupos de pesquisa, quando se deparam com o mesmo problema, obterem distintas soluções válidas, o que é possível porque cada aluno ou grupo de alunos possui seu diferencial e área específica de maior experiência (ALENCASTRO; RANDO JR., 2017).

Alencastro e Rando Jr. (2017) mencionam uma experiência desenvolvida por professores e gestores da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, abordando as experiências e dificuldades ao implementar a filosofia de PBL, pois diversos

mecanismos tiveram de ser criados e incorporados ao plano de aula durante os cinco anos de curso na engenharia. Um dos primeiros passos foi a organização curricular, tendo sido necessário abandonar parcialmente o modelo unidisciplinar e adotar o multidisciplinar em módulos, permitindo a interdisciplinaridade. Cada módulo foi planejado de forma a aproveitar e introduzir conhecimento no decorrer do curso, contemplando diferentes temas, que juntos formam a base para a resolução do problema proposto.

O curso em questão foi estruturado com cinco módulos, incorporados de modo progressivo durante os cinco anos, incluindo as áreas temáticas relacionadas à engenharia na área da saúde. Dentre os módulos, estavam: imagens médicas, eletrônica médica, informática médica, biomecânica e engenharia de reabilitação, engenharia clínica e gestão em saúde (ALENCASTRO; RANDO JR., 2017). Observa-se que foram englobadas duas áreas em um segmento, o que desperta para novas propostas, como a possibilidade de um curso visando à engenharia e sustentabilidade, na qual se unem diversas áreas de conhecimento em disciplinas multidisciplinares, fazendo desta mais uma ferramenta de abordagem de energias renováveis na engenharia.

Em resumo, diversas foram as dificuldades encontradas pelos pesquisadores daquela instituição ao implementar a PBL, desde a implementação de um currículo que abrangesse as bases da engenharia junto às inovações e características da PBL até a relação do professor com os alunos, pois as aulas são muito mais dinâmicas. Ademais, os métodos de avaliação podem não ser tão tradicionais e requisitam profissionais comprometidos com os princípios da metodologia. Apesar das dificuldades, concluiu-se que a adoção é possível e palpável, sendo necessário, para cada área de estudo, um novo e diferente método de ensino (ALENCASTRO; RANDO JR., 2017).

Outra metodologia que se tornou referência quando se fala em novas abordagens no ensino de engenharia é o ensino de engenharia baseado em projetos (PLEE), que já está em atividade na Universidade de Twente, na Holanda. O modelo é definido por Powell e Weenk (2003 p. 28) da seguinte forma: “O ensino de engenharia baseado em projetos foca na atividade do aluno trabalhando em equipe, relacionando aprendizagem e solução de projetos em grande escala e diversas possibilidades”. Normalmente, o mesmo projeto é utilizado de forma a envolver diversas disciplinas da grade curricular. Após a análise do projeto proposto pelos

orientadores, as equipes devem elaborar um protótipo e construí-lo, gerando relatórios e entregando todos os resultados em uma data específica, em que serão avaliadas após suas apresentações sobre suas soluções e processos de aprendizagem.

De acordo com a análise de Weenk e Blij (2011) sobre as experiências vivenciadas na Universidade de Twente, a metodologia tem como características a apresentação de um problema visando a uma possível situação profissional; assim, desde a graduação, o aluno tem a capacidade de aplicar seus conhecimentos, assim como de trabalhar em equipe. Cada projeto está correlacionado a disciplinas de cada semestre, forçando as equipes a se aprofundar nas disciplinas tradicionais, buscando a solução do problema. Como ajuda, eles recebem alguns cursos de apoio ao projeto, a fim de fugir do modelo convencional de sala de aula. Uma das grandes dificuldades, além das impostas ao aluno, são os meios de avaliação, como também os docentes, pois nem todos estão familiarizados com a metodologia, em que o aluno é o pesquisador ativo e o professor, somente um orientador tentando manter seus estudantes no caminho certo.

Os processos de PLEE e PBL têm diversas semelhanças, como a aprendizagem baseada em projetos ou até a questão de tentar direcionar o aluno para que busque seu próprio conhecimento, além de trazê-lo mais perto da realidade. Por outro lado, o que realmente diferencia uma metodologia da outra é a criação de todo um fluxo de trabalho em que é necessária a discussão entre os alunos para definir uma proposta e criar um produto, além de ter que identificar seu público. O PLEE proporciona um leque de possibilidades e dificuldades maiores que os impostos pela PBL, visto que geralmente esta parte de algo pronto que necessita ser solucionado, diferentemente daquele, que permite projetos de maiores dimensões e aplicabilidades.

Outro projeto que aborda os novos métodos de ensinar e vem crescendo de forma exponencial na Europa devido aos seus resultados é a fórmula *European Project Semester* (EPS), em que equipes internacionais são formadas por alunos de diferentes partes do mundo, interessados em discutir sobre um tema e trabalhar em projetos multidisciplinares. Além de proporcionar experiência internacional, aprimoramento técnico e capacidade de aprender ou praticar uma língua estrangeira, outra grande aprendizagem nesse programa é o trabalho em equipe. Os novos engenheiros devem saber trabalhar em equipe, pois cada pessoa possui um potencial

dentre suas habilidades e um bom gestor é aquele que consegue observar e gerir um grupo de forma a obter o melhor de cada elemento.

Andersen (2011), ao descrever o processo do EPS, faz diversas considerações, incluindo a necessidade de um projeto como esse para a sociedade atual, pois devem-se preparar os engenheiros do futuro de modo a superar seus predecessores, o que não é somente alcançado com o fato de falar outro idioma; está-se caminhando para um mundo em que o profissional não possui mais uma base estática de trabalho, sendo preciso estar preparado para conseguir trabalhar em diferentes empresas, países, e ser capaz de superar obstáculos impostos pelo novo mercado de trabalho gerado pela globalização. Um modo de adquirir tais competências e experiências é participar de projetos como esse, em que diversas áreas do saber são testadas ao extremo, proporcionando grande crescimento profissional, além da experiência de vida que se obtém quando se está imerso em outra cultura.

Ao analisar os resultados e declarações dos participantes no fim do curso, captura-se a ideia de melhoria e satisfação de fazer parte de um projeto no qual o aluno é tratado como um profissional e não somente um estudante, pois, a partir da prática em equipes internacionais, que se pode considerar o grande atrativo do programa, o discente sente-se mais perto da realidade e como será o mercado de trabalho, além de ganhar confiança em si mesmo, por ter suas obrigações dentro da equipe, ter de cumprir prazos e colocar suas habilidades em teste. Um projeto em particular em formato EPS, aplicado na Escola de Engenharia de Vilanova i La Geltrú, com foco na sustentabilidade, vem se destacando em meio aos outros por abordar um tema tão fundamental e atual (ANDERSEN, 2011).

Considerando que no último século gerou-se mais conhecimento que nos anterior e que hoje o volume de informações que os alunos devem absorver é imenso, ferramentas de auxílio, como simuladores, e de educação a distância mostram-se de grande ajuda. Especificamente, o ensino de engenharia está em constante melhoria, melhorando para que os novos engenheiros estejam mais bem preparados para um mundo futurista e de pessoas com mentes revolucionárias, pois, a cada dia, um novo produto, processo ou ideia surge, mostrando outras possibilidades, métodos, e gerando novas profissões. Desse modo, o engenheiro do futuro deve cumprir seu papel para com a sociedade, abastecendo-a de novas tecnologias, sempre considerando os impactos socioambientais.

De modo geral, as ferramentas de auxílio são de extrema importância para o estudo da engenharia, ainda mais se conciliadas às metodologias ativas, como PBL, EPS e demais ferramentas pedagógicas, pois o aluno sairá do conhecimento abstrato para o prático, motivando-o a empreender nos projetos, sem ter a preocupação de causar danos físicos, econômicos e/ou sociais para realizar seu processo de aprendizagem. A vantagem de poder testar e discutir com seus colegas e professores com certeza irá fornecer grandes crescimentos na formação de um engenheiro consciente. Assim, um recurso com grande potencial de aplicabilidade para as novas abordagens metodológicas para o ensino de engenharia são as ferramentas de modelagem e simulação, que, dada a sua importância para a pesquisa em curso, são tratadas numa seção à parte.

### **3.2.2 Modelagem e simulação**

Quando se fala em simulação, logo vem à mente uma técnica ou ferramenta para a elaboração de modelos que possam ser testados e buscar resultados, de modo a contribuir para um projeto final ou um problema. Entretanto, quanto mais complexo e detalhado o modelo a ser desenvolvido fica, maior é o número de análises necessárias e, conseqüentemente, maiores o tempo e recursos envolvidos, pois um grande número de análises demanda tempo e computadores de ponta, que muitas vezes não estão disponíveis nas universidades.

Existem vários modelos de simulação computacional descritos, pesquisados e estruturados para os usuários, que podem ser divididos em dois estágios: os reais e os não reais (SIMON, 1981). As simulações computacionais consideradas reais visam a abordar algo que tenha existência e seja concreto, utilizando as leis da física e outras teorias e características que envolvem o mundo real. Por outro lado, as simulações não reais podem utilizar um plano ideal, em que as variáveis estão em um estado de completa harmonia e os dados, na maioria das vezes, não correspondem à realidade ou descartam algumas leis da física e da natureza humana. Elas podem ser divididas em duas perspectivas, sendo uma para a realização de experimentos e levantamento de hipóteses para quebrar paradigmas e leis anteriormente impostas. Outra perspectiva envolve um universo virtual com diferentes leis da natureza, como nos jogos virtuais, em que seria possível a simulação de um modelo incompatível com a realidade.

Medeiros (2014), citando Law e Kelton (1991 p. 469), apresenta vantagens da utilização de modelagem e simulação, a saber:

a) A abordagem de sistemas complexos com elementos estocásticos sem condições de tratamento por técnicas analíticas. b) um controle melhor sobre as condições experimentais em relação à experimentação no sistema real; c) A experimentação de forma interativa; d) A replicação precisa dos experimentos e o teste de diferentes cenários para o sistema; e) A simulação de longos períodos em um tempo menor; f) Maior economia do que testes envolvendo sistemas reais.

O que se pode perceber a partir da citação é que a utilização de modelagem e simulação promove controle e economia. Cabe lembrar que também existem desvantagens no uso da simulação computacional, tornando o oposto verdadeiro.

Sua aplicação como ferramenta de pesquisa dentro das áreas da engenharia possibilita mais aplicabilidades e uma melhor formação do profissional para a sociedade, pois um engenheiro deve estar preparado para os diversos imprevistos e ser um cidadão socioambiental. Ainda, ela pode ser considerada uma perspectiva de metodologia ativa no processo de ensino-aprendizagem. Os experimentos possíveis com a simulação proporcionariam uma melhor visão do todo para o engenheiro, resultando em menor coeficiente de risco no projeto. Nas palavras de Simon (1981, p. 26),

a abordagem de simulação traz numerosas aplicações para a engenharia. é típico de muitos tipos de problemas que a parte interna do sistema consiste de componentes cujas leis fundamentais de comportamento – mecânicas, elétricas ou químicas – são bem conhecidas. a dificuldade do design reside em prever como a montagem de tais componentes irá se comportar.

Parafrazeando Freitas Filho (2008), o objetivo de fazer uma simulação é que ela permite ao analista estudar os sistemas modelados, de modo a saber o que pode acontecer. Com isso, é possível saber os resultados sem que ocorram riscos, uma vez que ela é realizada no computador. Assim, a simulação computacional é tanto racional quanto empírica – racional pela necessidade de programar os parâmetros e empírica por se trabalhar de maneira a simular modelos por tentativa e erro.

Apesar das grandes mudanças em todos os setores, a educação em engenharia não sofreu grandes alterações em seu modelo pedagógico, conforme constatado no processo de formação deste pesquisador em Engenharia Mecânica. Nesse sentido, concorda-se com Oliveira (2010) que o processo de aprendizagem precisa ser dinâmico, capaz de ajudar na formação do cidadão, para compreender



além dos cálculos e, de forma sistêmica, desenvolver competências que o insiram na sociedade atual. Nas palavras do autor,

compreendemos que para acompanhar avanços e mudanças não basta mais saber, é necessário saber o que fazer com o que se aprende nos cursos. O perfil profissional tem sofrido alterações, superando a condição anterior de um profissional expert em cálculos, construtor ou solucionador de problemas, para um profissional cidadão, com habilidades, competências e atributos que o tornem capaz de atender as exigências atuais (OLIVEIRA, 2010, p. 4).

Os avanços no processo educacional são inevitáveis; assim, as práticas pedagógicas para formação de novos profissionais também requerem outras formas de ensinar. Quando se pensa na utilização de simuladores computacionais para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, verifica-se que a discussão no passado estava centrada em utilizar ou não computadores nas salas de aula; talvez esse momento de diálogo assemelhe-se ao mesmo da utilização de calculadoras ou, ainda, ao presente, quando se depara, ao adentrar as salas de aula, com uma placa indicando a proibição do uso de celulares.

A questão filosófica e da representação social do aparato tecnológico parece ser o pano de fundo da discussão realizada pelos profissionais da educação, conforme exposto por Valente (1997 p. 4):

Se o computador pode ser usado para catalisar e auxiliar a transformação da escola, mesmo diante dos desafios que essa transformação nos apresenta, essa solução, a longo prazo, é mais promissora e mais inteligente do que usar o computador para informatizar o processo de ensino.

Portanto, perceber os aparatos tecnológicos como potencializadores do processo de aprendizagem requer que os profissionais da educação estejam dispostos ao enfrentamento do desenvolvimento de novas práticas pedagógicas, não podendo ficar restritos a apenas informatizar o processo, pois isso seria apenas reprodução de momentos anteriores. Conceber que colocar simuladores computacionais em sala de aula resolveria os *deficits* de aprendizagem pode ser uma estratégia errônea, pois não se trata apenas de inserir tecnologias, mas como acontece o processo de interação e motivação para o desenvolvimento daquele conteúdo.

Quando se utilizam os simuladores computacionais de forma tradicional, entende-se o aluno como ser passivo no processo de aprendizagem, sendo o computador (sua programação) e o professor responsáveis e proprietários do saber e

o estudante simples usuário do conteúdo estabelecido. Acredita-se que essa abordagem de ensino – aluno passivo e professor detentor do conhecimento – não cabe na sociedade atual e que o discente formado a partir dessa abordagem terá imensa dificuldade de colocação profissional.

Algumas escolas, em distintos níveis de ensino, extrapolaram o uso de simuladores ou recursos computacionais para o desenvolvimento da aprendizagem, a exemplo do Future School Program, em Pequim, que faz uso de recursos computacionais para que os alunos possam experimentar a partir de desafios, numa abordagem de ensino com projetos computacionais (Figura 1).

Figura 1 – Future School Program.



Fonte: Porvir (2016).

Outra escola de educação básica que atua com uso de aprendizado baseado em jogos eletrônicos e analógicos é a Quest to Learn, escola pública localizada em Nova Iorque (Figura 2).

Figura 2 – Quest to Learn.



Fonte: Porvir (2016).

Mais um exemplo de inovação do uso de computadores em sala de aula é o Projeto NAVE, localizado em Recife e no Rio de Janeiro. O projeto de integração de tecnologias e novas práticas pedagógicas é direcionado para o ensino médio e técnico em paralelo, sendo resultado de uma parceria público-privada que busca formar profissionais em programação de jogos digitais e roteiros para mídias digitais e multimídia (Figura 3).



Figura 3 – Projeto NAVE.



Fonte: Porvir (2016).

As três escolas mencionadas são consideradas inovadoras pelo Relatório Porvir (PORVIR, 2016), que analisa experiências ao redor do mundo. Elas mostram que as tecnologias computacionais são recursos dentro de uma proposta metodológica, ou seja, não foi apenas inserir o uso de computadores, mas realizar o processo de aprendizagem além do simples manuseio dos aparatos tecnológicos.

Os simuladores computacionais vêm sendo utilizados e desenvolvidos nos mais diversos ramos, para desempenhar as mais diversas funções, em todo o mundo. Várias são as universidades que os utilizam, em razão do aperfeiçoamento e aproximação do projeto com a realidade. Essa tendência no ambiente educacional proliferou nos últimos anos, diante do avanço do discurso da forma de utilização, quando várias áreas passaram a perceber as tecnologias como agregadoras e facilitadoras para o processo de ensino-aprendizagem.

Em breve pesquisa na rede mundial de computadores, viu-se que a área médica absorveu o uso de simuladores, em vez de continuar usando cobaias. Os simuladores realísticos (Figura 4) permitem que as atividades de pesquisa anteriormente realizadas em cadáveres tenham continuidade sem prejuízo acadêmico e dentro do escopo cultural da nova sociedade.

Figura 4 – Uso de simuladores na área médica.



Fonte: Animais... (2017).

Foram identificadas várias universidades no Brasil e outras 202 universidades americanas e canadenses que usam simuladores, em vez de cobaias, nos cursos da área médica. Acredita-se que o emprego de simuladores realísticos, com agregação de necessidade de apresentação de solução para casos clínicos, apresenta-se como uma possibilidade de aprendizagem, contemplando diferentes disciplinas, além de promover o contato direto com outros alunos em busca da resolução do problema. Os simuladores são aplicados para o desenvolvimento do processo de aprendizagem-ensino por apresentarem vantagens de baixo custo, após desenvolvimento da programação, maior tempo de duração e, por consequência, de utilização também.

Continuando a pesquisa pela rede mundial de computadores, realizada de forma aleatória, apenas pelo buscador com o descritor “ensino com uso de simuladores”, encontrou-se o projeto de uso de simuladores da Universidade do Colorado. A instituição mantém o *site* PhET Interactive Simulations<sup>4</sup>, que abriga milhões de simulações nas áreas de biologia, física, matemática e química. O acesso ao conteúdo é gratuito, mediante cadastro.

De acordo com as informações do *site*, o projeto foi criado pelo ganhador do Prêmio Nobel Carl Wieman<sup>5</sup> e busca envolver os alunos num ambiente intuitivo, semelhante a jogos, possibilitando que aprendam por meio da exploração e da descoberta. A Figura 5 traz a tela inicial do *site*.

---

<sup>4</sup> Para mais informações e realizar o cadastro, acessar [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/).

<sup>5</sup> Carl Wieman é um físico estadunidense que recebeu o Prêmio Nobel de Física em 2001, pela criação do condensado de Bose-Einstein.

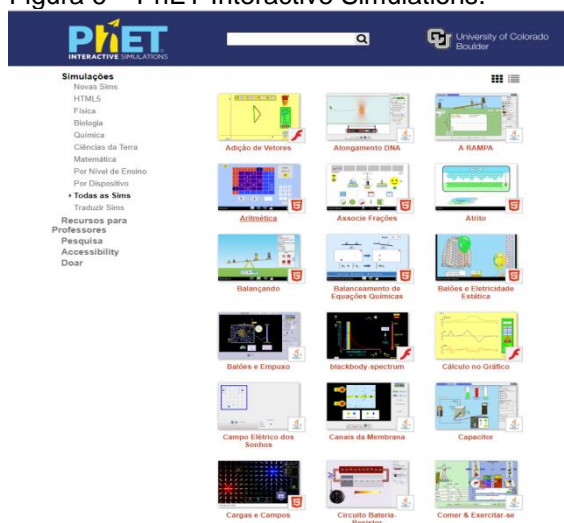
Figura 5 – PhET Interactive Simulations.



Fonte: PhET... (2018).

Percebe-se que o *site* é intuitivo desde o seu cadastro, com cores vibrantes. Do lado direito, de forma rotativa, os simuladores ficam aparecendo, estimulando sua utilização. Também são vistos, na página inicial, os patrocinadores do projeto. Ainda sem realizar o cadastro, podem-se acessar várias simulações nas áreas de física, biologia, química, ciências da terra, matemática, além de escolher por nível de ensino (Figura 6).

Figura 6 – PhET Interactive Simulations.



Fonte: PhET... (2018).

Ressalta-se que esse *site*, gratuito e com milhões de simulações, deve ser valorizado dentro do processo de ensino nos cursos das áreas mencionadas. Ainda,

de modo geral, evidencia-se que existem inúmeras experiências evidenciadas na rede mundial de computadores demonstrando instituições que empregam simuladores no processo de ensino-aprendizagem.

### 3.3 SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS

Diversos são os simuladores computacionais voltados para energias alternativas, como o QBlade, que é um *software* para turbinas eólicas, o PVSyst, que trabalha com energia solar utilizando painéis fotovoltaicos, e o Ansys CFX, que utiliza elementos finitos para a simulação de diversas fontes de energia usando fluidos dinâmicos, como mini-hidrelétricas. Neste projeto, não adotamos o uso de um *software* específico, tendo sido desenvolvida uma proposta para que os professores apliquem aos alunos um roteiro generalizado como exemplo e desenvolvam seu próprio projeto para diferentes fontes de energia alternativa. Independentemente disso, trata-se brevemente dos *softwares* mencionados nos próximos parágrafos.

O QBlade é um *software* de estrutura de código-aberto e gratuito, desenvolvido para simulação e projeto de turbinas eólicas. O projeto teve início em 2010, no Setor de Mecânica da Universidade Tecnológica de Berlim, sendo a ideia principal fazer uma ferramenta de trabalho em que se pudesse projetar uma turbina eólica, envolvendo todos os princípios termodinâmicos e físicos, sem a necessidade de transferência de *softwares*, ou seja, um *software* que contemplasse todo o processo. Também se pensou muito na sua interface, para que fosse de fácil entendimento e intuitivo para o usuário. Com ele, é possível projetar e analisar aerofólios, levante e arraste da extrapolação polar, *design* e otimização de lâminas, além de definição e simulação de turbinas.

Suas funcionalidades incluem os seguintes recursos:

- a) Extrapolação de dados polares gerados ou importados do XFOIL para 360° ângulo de ataque.
- b) Projeto e otimização de *blades*, incluindo visualização 3D, usando aerofólio gerado ou importado do XFOIL.
- c) Definição de turbina eólica (pás do rotor, controle da turbina, tipo de gerador, perdas etc.).
- d) Cálculo do desempenho do rotor no intervalo de taxa de dica.
- e) Simulações de rotores multiparâmetros.

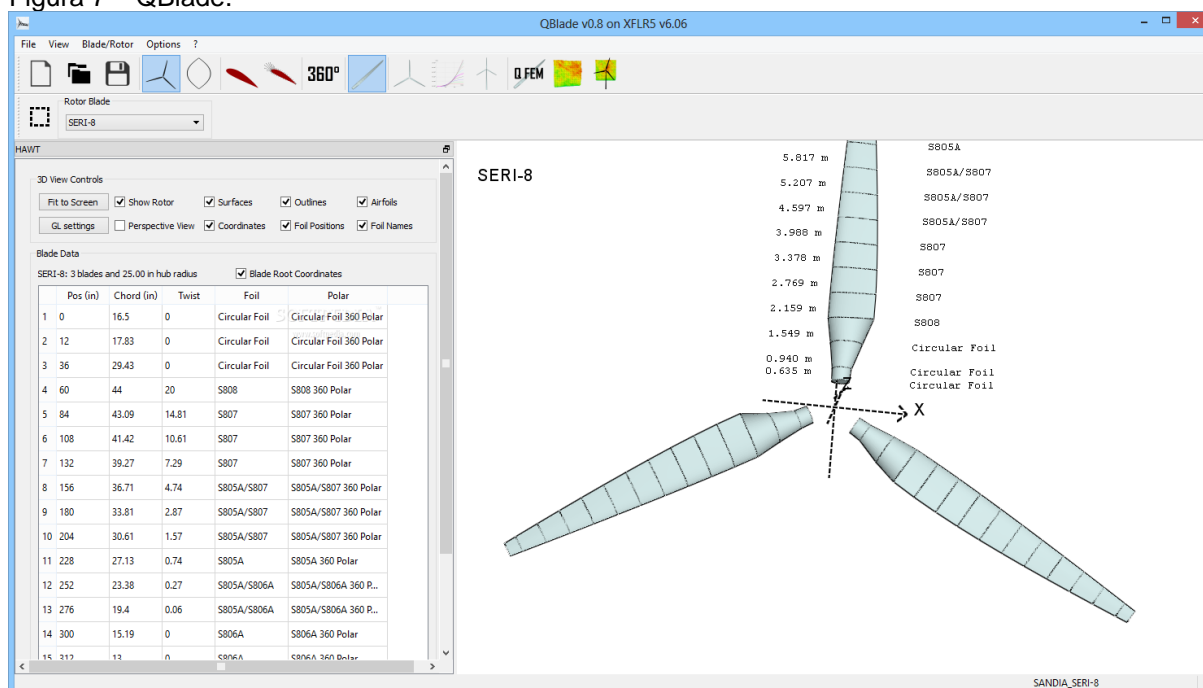
- f) Gerador de campo de influxo turbulento, de acordo com o modelo Veers.
- g) Integração do código aeroelástico AeroDyn/FAST do National Renewable Energy Laboratory.
- h) Cálculo do desempenho da turbina em uma faixa de velocidade do vento.
- i) Cálculo anual do rendimento energético baseado na distribuição Weibull da velocidade do vento.
- j) Seleção manual de algoritmos de correção da teoria de elementos de lâmina.
- k) Acesso a todos os parâmetros de simulação para uso flexível.
- l) Processamento e visualização de dados (gráficos dinâmicos).
- m) Funcionalidade de exportação para todos os dados de simulação.
- n) Funcionalidade de exportação de geometria de lâmina.
- o) Armazenamento de projetos, rotores, turbinas e simulações em um banco de dados em tempo de execução.
- p) Teoria da linha de elevação aerodinâmica.
- q) Modelo de vórtice de despertar livre.
- r) Capacidade *multi-thread*.
- s) Funcionalidade avançada de importação e exportação para projetos e *blades*.
- t) Integração de projetos de teste de amostra, incluindo o popular *design* de lâmina NREL 5MW.

Tais funcionalidades tornam-no um *software* muito versátil; entretanto, por ser mais preciso e possuir várias funcionalidades, não foi considerado ideal para trabalhar em apenas uma disciplina, complementando os estudos de mecânica dos fluidos.

Conforme observado na Figura 7, o *software* possui uma interface limpa e intuitiva, que proporciona melhor aproveitamento; além disso, com ele é possível trabalhar diversos formatos de turbinas eólicas.



Figura 7 – QBlade.

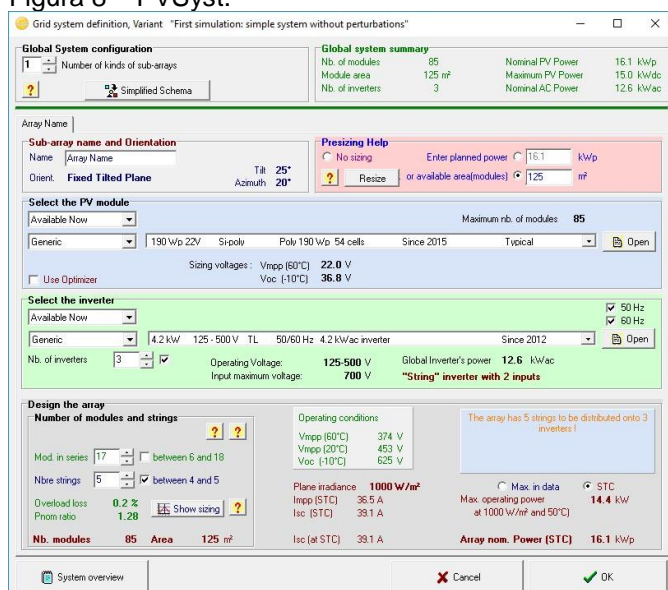


Fonte: QBlade (2018).

Outro *software* que aborda a temática de energias renováveis é o PVSyst, criado por André Mermoud, no ano de 1992, para analisar e desenvolver sistemas de energia fotovoltaica de várias escalas e tamanhos, propondo diferentes possibilidades, pois seu ajuste inclui desde a inclinação das placas às condições climáticas do ambiente. O *software* permite um cálculo de simulação e resultados dos mais variados modelos de placas fotovoltaicas, possibilitando uma análise individual ou de uma cadeia de placas. Entretanto, para que o cálculo seja considerado aceitável e os resultados sejam condizentes com a realidade, são necessárias diversas informações com certo nível de precisão do ambiente e do projeto a ser estruturado.

O *software* é executado em várias etapas e pode ser utilizado de muitas maneiras, primeiramente se devendo introduzir as diversas variáveis que trarão credibilidade aos resultados; posteriormente, se podem dimensionar e posicionar esquematicamente os modelos de placas solares, conforme as especificações do projeto (Figura 8).

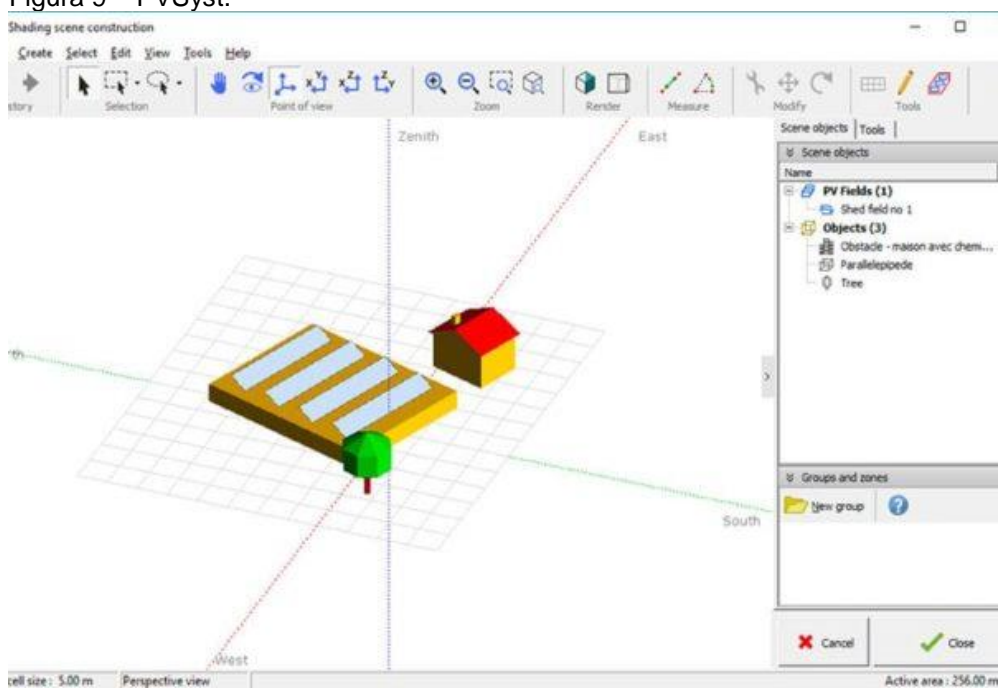
Figura 8 – PVSyst.



Fonte: PVSyst (2018).

Consegue-se obter diversos resultados, como o total de energia produzido ou mesmo o potencial de produção energética para aquela posição, com as condições daquele local; caso as variáveis mudem, o resultado será diferente. Um mesmo conjunto de painéis exposto em diferentes regiões possui distintos potenciais de consumo, devido a vários fatores, como o ambiente ou clima (Figura 9).

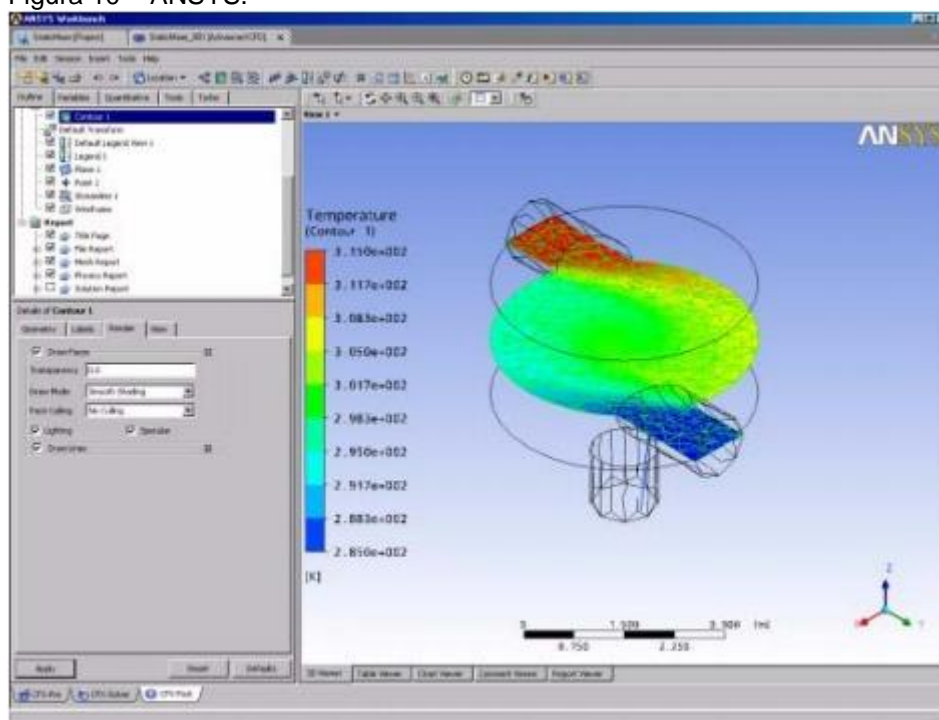
Figura 9 – PVSyst.



Fonte: PVSyst (2018).

Ao abordar conceitos de fluidos mecânicos, como para hidroelétricas, energia das ondas, entre outras, pode-se utilizar o software ANSYS, com mais de 20 anos no mercado e considerado um dos melhores de engenharia. Possui várias vertentes, desde ferramentas específicas para análises pequenas ao uso de análises com elementos finitos para grandes projetos. Apesar de ser bem completo, possui uma interface limpa, objetiva e intuitiva (Figura 10).

Figura 10 – ANSYS.



Fonte: ANSYS (2006, p. 50).

O *software* hoje conta com suporte variado aos seus usuários, incluindo treinamentos e tutoriais disponibilizados em suas páginas. Sua equipe é formada por engenheiros com especialidade em elementos finitos. Uma de suas mais utilizadas versões é a acadêmica, que está presente em diversas universidades em todo o mundo, no intuito de estimular nos alunos o ensino da física e da mecânica dos fluidos, além de proporcionar um aprofundamento na análise de seus projetos.

Já o *software* Chaminé 1.0, referente ao estudo de chaminés solares, que consistem no aproveitamento da luz solar para o ajuste térmico do ambiente, foi desenvolvido por engenheiros brasileiros da Universidade Federal de São Carlos, com a finalidade de proporcionar melhor conforto, mesmo a quem vive em áreas muito quentes. O *software* foi projetado para estimar a ventilação induzida por chaminés solares em edificações, sendo baseado em diversas análises realizadas e simuladas

em outros *softwares*, como o EnergyPlus (DOE, 2010), que analisa a energia consumida em vários estudos de construções. Foi validado e apresenta valores muito aproximados dos medidos em uma célula de teste construída na cidade de São Carlos (Figura 11).

Figura 11 – Célula de teste.

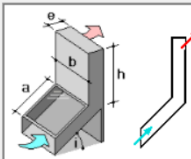


Fonte: Chaminé... (2012).

Considerou-se o *software* um dos melhores candidatos para trabalhar na disciplina, por sua simplicidade e precisão, cumprindo perfeitamente os princípios de inovação para o ensino de engenharia, pois é gratuito e de fácil manuseio, podendo ser baixado no *site* de seu criador, o professor Mauricio Roriz, sendo em formato executável, o que facilita sua utilização; além disso, possui uma interface simples, que disponibiliza resultados de fácil entendimento (Figura 12). Contudo, entende-se que a temática de energia solar seria mais bem trabalhada em outro *software*, devido às suas particularidades.

Figura 12 – Chaminé 1.0.

Chaminé



Orientação coletor  Norte  Sul

Orient. ideal para sol

Orient. ideal para vento

i Inclinação do coletor

Inclin. ideal para sol (mês)

a: comprim. do vidro (m)

b: largura do canal (m)

e: espessura do canal (m)

h: altura canal vertical (m)

Refletância do entorno da chaminé

Clima

Lugar:

Unidade da Federação

Latitude (sul é negativa)

Mês:  1

Declinação solar (dia 15)

Temp. mínima do ar (°C)

Temp. máxima do ar (°C)

Velocidade do vento (m/s)

Ângulo incid. vento sobre a face norte (0 a 180°)

Irrad. Global Hrz. (kWh/m²dia)

Irrad. Direta Hrz. (kWh/m²dia)

Altura máxima do sol

Irrad. Extrater. (kWh/m²dia)

Ângulos de incidência Sol sobre vidro (meio-dia)

Vento sobre a face sul

Ver Exemplo

h	TExt	TInt	GlbHrz	GlbVid	DirHrz	DirVid	VazM	VazV
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								

Temp. do ar (°C) Irrad. global (Wh/m²) Irrad. direta (Wh/m²) Vazão do ar no canal:  
 TExt = Exterior GlbHrz = horizontal DirHrz = horizontal VazM = mássica (kg/h)  
 TInt = no canal GlbVid = sobre o vidro DirVid = sobre o vidro VazV = volumétrica (m³/h)

Com vento Sem vento

Fonte: Chaminé... (2012).

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Apresentam-se, nesta seção, a caracterização da pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados, ou seja, os caminhos percorridos para garantir sua validade e desenvolvimento. Procura-se discutir a pesquisa qualitativa e explicar a opção pela técnica Delphi. Este momento é de suma importância para a pesquisa, visto que demonstra a análise de *experts* da área do ensino da proposta de plano de ensino. Lembra-se que os dados são discutidos à luz das teorias anteriormente elencadas e das contribuições dos *experts*.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Tendo por base a classificação proposta por Vergara (2000) e Gil (2010), a pesquisa, quanto às suas finalidades, caracterizou-se como aplicada, tendo finalidade prática, pois apresenta uma proposta de plano de disciplina com o uso de simuladores para avaliação nos cursos de engenharia, atendendo, assim, ao pressuposto apresentado por Vergara (2000, p. 47) no que tange às pesquisas aplicadas, ou seja, “a necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos, ou não”, compreendendo uma “finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada sobretudo no nível de especulação”.

Em relação aos meios utilizados, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, tal como descrito na seção 3, e de campo, visto que foram aplicados questionários aos participantes. Já quanto ao tratamento dos dados, é de caráter qualitativo, lembrando que, em estudos dessa natureza, o ponto de partida são questões amplas que vão se aclarando no decorrer da investigação. Considera-se, de acordo com Severino (2007), a existência de uma relação dinâmica entre mundo real e sujeito, sendo o processo o foco principal. Relacionam-se, no levantamento de dados, as motivações de um grupo em compreender e interpretar determinados comportamentos, a opinião e as expectativas dos indivíduos de uma população.

A pesquisa qualitativa é muito utilizada quando há necessidade de entender a percepção de indivíduos em relação, por exemplo, a determinado produto, no caso, o ensino de energias renováveis nos cursos de engenharia. Com base em Bogdan e Biklen (2002), esse tipo de pesquisa possui cinco características fundantes, a saber:

- a) Fonte direta de dados: é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal; os pesquisadores que se utilizam da metodologia qualitativa têm preocupação com seu contexto e acreditam que pode ser melhorado.
- b) Investigação descritiva: os dados podem ser apresentados em forma de dados, fotografias, notas de campo etc., que consigam descrever o cenário da pesquisa.
- c) Processos x resultados: os pesquisadores interessam-se pelo processo e como acontece determinada ação até sua efetivação.
- d) Análise indutiva: os dados coletados são agrupados na intenção de compreender como o objeto de estudo se constrói a partir da percepção de outros.
- e) Importância do significado: o pesquisador qualitativo busca compreender o significado dado para determinado objeto durante o período da pesquisa.

Diante disso, entende-se que os pesquisadores que optam pela metodologia qualitativa propõem uma dialética constante com o sujeito participante. Nas palavras de Bogdan e Biklen (2002, p. 51), “o processo de condução de investigação qualitativa reflecte [*sic*] uma espécie de diálogo entre os investigadores e os respectivos sujeitos, dados estes não serem abordados de forma neutra”.

Para finalizar a pesquisa, foi utilizada a técnica Delphi, na perspectiva de validação da proposta de simulação. A técnica é também denominada validação por *experts*, métodos de especialistas, além de outras terminologias. Sua aplicação deve-se justamente por se compreender que o produto oriundo da pesquisa qualitativa exploratória precisa ser analisado e receber contribuições de profissionais da área que possuem renomado conhecimento (LINSTONE; TUROFF, 2002). Acredita-se que o uso da técnica, como já exposto, é uma forma de realizar a validação por meio de *experts*, que são doutores e produtores de *games* e profissionais da área educacional, que podem analisar determinada temática progressivamente, mostrando consenso acerca do assunto.

A técnica consiste em apresentar a temática (produto) reformulada algumas vezes a partir das contribuições dos *experts*, mediante sucessivos questionamentos a um grupo de especialistas, cujas respostas são cumulativamente analisadas com respeito à obtenção ou não de consenso. Para tanto, apresenta como características

elementares: o anonimato; a interação e a realimentação controlada; e a resposta do grupo em forma de estatística.

Quanto ao anonimato, durante a pesquisa, nenhum dos *experts* conhece a identidade dos demais, assim não existe constrangimento em analisar e ser influenciado pelos membros. Já em relação à interação e realimentação controlada, pede-se que o produto da pesquisa possa ser apresentado aos *experts* mais de uma vez, ou seja, recebe contribuições, é reformulado e apresentado novamente. Com isso, os *experts* podem reconhecer outras realidades do produto, diferentes pontos de vista e modificar sua opinião e conhecimento. Finalmente, a resposta em forma de estatística é a informação apresentada aos participantes, não só do ponto de vista da maioria, mas representando todas as opiniões e indicando o grau de acordo obtido.

As etapas do Delphi para esta pesquisa de metodologia qualitativa exploratória definiram-se conforme Figura 13.

Figura 13 – Etapas do método Delphi para esta pesquisa.



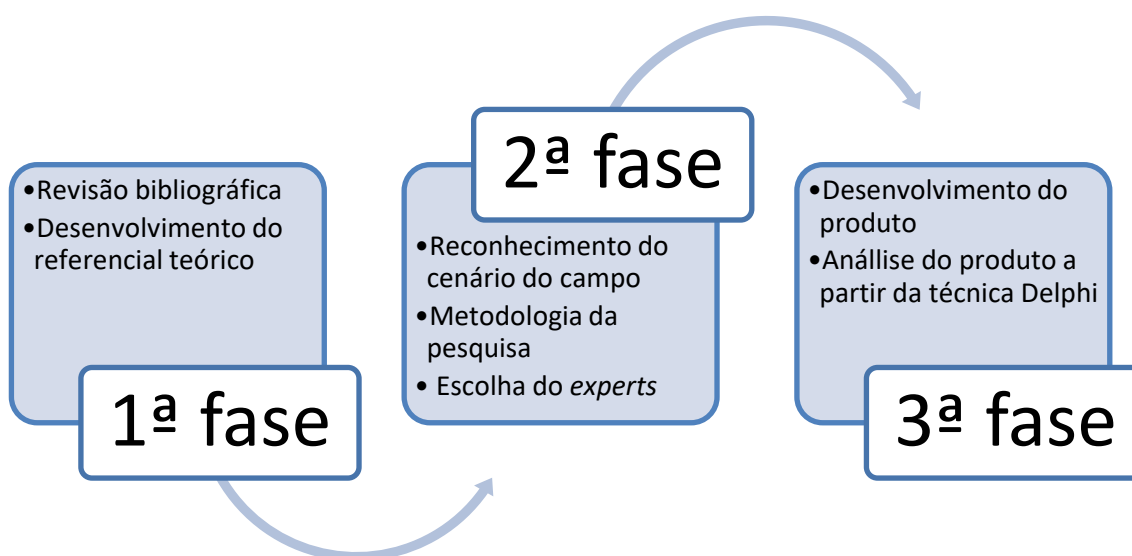
Fonte: O autor (2018).



## 4.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa seguiu duas fases distintas – uma terceira será reservada a pesquisas futuras –, que contemplam o aprendizado da pesquisa e, principalmente, a reformulação de concepções a partir da análise dos *experts*. A Figura 14 traz as etapas desenvolvidas no decorrer da pesquisa.

Figura 14 – Etapas da pesquisa.



Fonte: O autor (2019).

Num primeiro momento, houve a revisão bibliográfica e desenvolvimento de referencial teórico sobre energias renováveis, simuladores educacionais que podem ser utilizados em cursos de engenharia e escolas e projetos inovadores em distintos níveis de ensino. Com esta primeira fase, conseguiu-se construir conhecimento para desenvolver o plano da disciplina, pois a maior proximidade com a área educacional, até o momento, dava-se apenas como estudante, ou seja, este momento foi um divisor de águas na formação. Em paralelo, o pesquisador também realizou uma pós-graduação *lato sensu* com foco no ensino de física e matemática.

Além do exposto, houve o reconhecimento de novas de ensinar e aprender, isto é, do fazer educacional conectado com o tempo atual, as necessidades sociais, econômicas e ambientais, agregando fatores habituais para essas novas gerações, que já nasceram com os recursos das tecnologias digitais.

Na segunda etapa, buscaram-se dados e realizaram-se análises para compreender o cenário da matriz energética, seu impacto social, econômico e ambiental e, por consequência, a permanência de vida das gerações que ainda nem nasceram. Esta fase frisou a necessidade de que a temática das energias renováveis esteja presente no currículo dos cursos superiores e, como foco inicial, por conta dos laços de formação inicial, reforçou-se a justificativa de implantação de uma disciplina que trate da temática nos cursos de engenharia.

Também na segunda fase da pesquisa, compreendeu-se a importância dos passos traçados na pesquisa qualitativa, a fim de que, ao término de um produto, tivesse validade no meio acadêmico, pudesse ultrapassar as barreiras das gavetas e contribuir com uma nova percepção de sustentabilidade. As hipóteses originalmente inquietantes tornaram-se buscas constantes de uma verdade que não pode ser estabelecida, mas fortalece verdades transitórias.

O desenvolvimento do plano da disciplina apresentou maior dificuldade, pois a ausência de formação pedagógica e experiência em sala de aula fez com que o trabalho tivesse várias versões, antes mesmo da apresentação para os *experts*. Além disso, ele foi construído tomando como base documentos produzidos em outros momentos, por profissionais da educação que os democratizaram a partir dos diálogos empíricos que permeiam a pesquisa científica.

Após a realização do plano da disciplina, que envolveu escolher os conteúdos de forma aleatória e, num segundo momento, por meio da matriz de competências, do desenvolvimento da competência, das habilidades que seriam desenvolvidas e das atitudes que se pretende desenvolver nos alunos dos cursos de engenharia – somente esses elementos já foram demasiadamente desafiadores –, vivenciou-se a escolha dos profissionais que iriam analisar a proposta de disciplina com o uso de simuladores no processo avaliativo, na perspectiva do ensino de energias renováveis. Destaca-se que a escolha de *experts* foi uma tarefa árdua, pois consistiu no diálogo com profissionais que irão analisar o objeto, dedicar tempo e apresentar possíveis melhorias, numa realidade em que os profissionais estão assoberbados com seu cotidiano.

Por se tratar de um plano de disciplina com temática interdisciplinar, concebeu-se desde os momentos iniciais que os *experts* (avaliadores) seriam profissionais de diversas áreas, incluindo professores da área de pedagogia e geografia, professores e profissionais distintos da área de gestão, desenvolvedores de *games* educacionais

e engenheiros. Foram selecionados inicialmente 20 profissionais a partir da plataforma Lattes, para quem foi enviada uma solicitação de análise do material; obteve-se resposta de apenas dois professores de Pedagogia e outro de Geografia. Assim, partiu-se para outra estratégia, que consistiu em buscar profissionais que de alguma forma estiveram presentes na formação deste pesquisador ou reconheciam o objeto da pesquisa, tornando-se uma seleção intencional.

Houve a participação de três professores de Pedagogia, um professor e bacharel em Geografia, um desenvolvedor de games, um gestor (administrador) e um engenheiro que atua na área de energias renováveis. Como indicado na técnica Delphi, manteve-se o anonimato dos participantes, mesmo durante o processo de envio do plano da disciplina (Quadro 1). As análises postas a partir deste ponto demonstram o processo de melhorias no plano da disciplina.

Quadro 1 – Identificação dos *experts*.

<b>Identificação</b>	<b>Área</b>
E01	Pedagogia
E02	Pedagogia
E03	Pedagogia
E04	Licenciado e bacharel em Geografia
E05	Desenvolvedor de <i>games</i>
E06	Engenheiro que atua com energias renováveis
E07	Administrador – gestor educacional

Fonte: O autor (2018).

O corpo de *experts* ficou constituído de forma interdisciplinar, congregando profissionais com experiência nas suas áreas de atuação. Cada um deles possui características distintas de atuação e reconhecimento científico a partir de sua área, a saber: os professores da área de pedagogia representam a ciência educacional, o fazer diário da docência, com todos os elementos dessa profissão, que se estabelece a partir de uma percepção sistêmica do ambiente escolar e da repercussão de suas ações na sociedade; o profissional da área de geografia, com atuação tanto na docência quanto na pesquisa, resguarda em sua gênese as discussões de meio ambiente e sustentabilidade no momento atual da sociedade; o desenvolvedor de *games*, como transita pela docência, empreendedorismo de campeonatos mundiais de *games* e programação, em detrimento dos demais, possui os elementos para verificação da usabilidade do *game* para aprendizagem e como proposta de metodologia ativa; o engenheiro, para além de uma percepção endógena, apresenta uma visão de mercado; o administrador (gestor educacional) constitui elemento com

visão pragmática e, ao mesmo tempo, holística, contribuindo com os conteúdos, metodologia do desenvolvimento das aulas e finalização desta pela prática avaliativa no simulador.

Foram realizadas apenas duas rodadas de envio do plano da disciplina para os *experts* citados, conforme indicado no ciclo da pesquisa a seguir:

- a) Plano da disciplina foi elaborado pelo pesquisador e enviado para os *experts*.
- b) *Experts* devolveram com suas considerações.
- c) Pesquisador aplicou os apontamentos dos *experts*, de acordo com seu entendimento.
- d) Reenvio do plano aos *experts*.
- e) Aplicou das solicitações dos *experts*.

#### **4.2.1 Etapa 1: preparação do plano da disciplina e escolha do simulador**

Nesta etapa, dois fatores foram primordiais: a preparação da disciplina e a escolha do simulador.

Em relação ao primeiro aspecto, existem inúmeros conteúdos que precisam ser trabalhados na área de energias renováveis, o que revelou uma relação de poder estabelecida, pois, em todos os momentos, surgia a pergunta do motivo de escolher determinado conteúdo, em detrimento de outro, considerando que, para tanto, não havia participação dos sujeitos (futuros alunos).

Outra escolha complexa foi a apresentação da disciplina na metodologia presencial ou a distância. Apesar de uma grande tendência pelo oferecimento de cursos a distância, optou-se por traçar os planos de uma disciplina para ser oferecida na modalidade presencial, pois, mesmo o pesquisador tendo cursado a disciplina Fundamentos de Educação a Distância no mestrado, apenas essa experiência não o habilitava para o desenvolvimento de uma disciplina que ainda utilizaria simuladores para avaliação das atividades; assim, permaneceu-se com a experiência empírica de estudante, oferecendo a disciplina na modalidade presencial.

Ao pesquisar modelos de plano de disciplina na rede mundial de computadores, percebeu-se que não existe um padrão, com cada instituição de ensino estabelecendo uma forma de documento. Diante disso, foi desenvolvido um modelo genérico para o

plano de ensino, com alguns elementos que aparentemente foram de resolução simples, como recursos e metodologia a ser aplicada em cada aula.

Por fim, realizou-se um mapeamento dos documentos do MEC, gerando uma matriz de competências construída a partir dos conteúdos presentes nos últimos três anos do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). A matriz foi criada como uma planilha de dados, na qual os conteúdos são cruzados com os das competências de todas as engenharias (Apêndice A). Desse modo, conseguiu-se analisar os conteúdos principais que se repetem em todas as engenharias.

Ao se deparar com questões envolvendo a avaliação, fez-se uma reflexão acerca da importância de uma aprendizagem que ultrapasse aquele momento; neste momento, deu-se a escolha do simulador, assim como o desenvolvimento dos critérios para estabelecer se os alunos obteriam êxito e, por consequência, aprovação na disciplina.

No que diz respeito à escolha do simulador, a partir das pesquisas desenvolvidas anteriormente, selecionou-se como *software/simulador* para servir como estratégia de avaliação na disciplina o PVSyst, pelos fatores a seguir:

- a) Estar em consonância com o desenvolvimento da competência de energias renováveis.
- b) Estabelecer uma aprendizagem prática atrelada ao conceito de economia criativa e sustentável.
- c) Tornar o aluno protagonista no desenvolvimento de placas solares domésticas, o que posteriormente pode se tornar uma fonte de renda.
- d) Ser um *software/simulador* que pode ser utilizado por 30 dias de forma livre, com acesso ilimitado a todas as suas funções.
- e) Apresentar os cálculos para projeção das placas solares.
- f) Ser um *software/simulador* de fácil navegação, por ser intuitivo.

Esta etapa de preparação do plano da disciplina, como também da escolha do simulador, gerou inúmeras inquietações, pois reconheciam-se os *experts* e seus conhecimentos, além de ser um momento de avaliação das ideias projetadas para a disciplina Energias Renováveis.

#### 4.2.2 Etapa 2: validação do plano teórico da disciplina e energias renováveis

O piloto do plano da disciplina foi enviado para o endereço eletrônico dos *experts* que aceitaram analisar a proposta teórica, contendo os conteúdos, objetivos, metodologia das aulas e como se daria o processo de avaliação dos alunos por meio do *software/simulador* PVSyst. Antes de cada item que seria avaliado, foi elaborada uma questão na perspectiva de estabelecer um foco de análise para os *experts*, como se pode verificar no Apêndice B.

Ainda, os *experts* receberam as telas do simulador para reconhecer e validar o *software* em que seriam desenvolvidas as atividades pedagógicas com os alunos. As figuras a seguir trazem informações relevantes, desde o *layout* até as aplicabilidades do *software*, o que permitiu aos *experts* um melhor entendimento do processo da disciplina e de como ela utilizaria o simulador para a avaliação dos alunos.

A Figura 15 mostra a primeira tela que aparece após realizar o *download* do simulador. O usuário pode explorar cada botão, que o levará para uma fase do projeto. Após a navegação exploratória, percebe que existe um caminho para desenvolvimento do projeto. O simulador é intuitivo, fazendo com o usuário estabeleça uma sequência em suas ações. Essa primeira tela mostra todas as possibilidades que o simulador permite e, ao clicar em cada botão, é possível obter uma breve explicação.

Figura 15 – Tela inicial do PVSyst – versão 6.78.

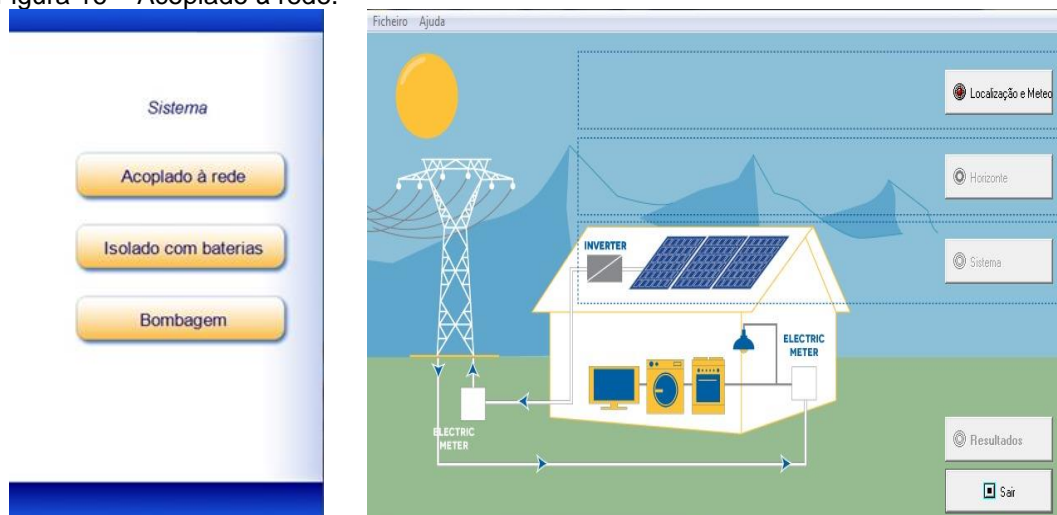


Fonte: O autor (2018).

Em “Pré-dimensionamento”, etapa do planejamento do projeto sem componentes reais, é possível ter uma primeira avaliação do sistema e seus componentes, visando a uma visão sistêmica do projeto. O usuário pode ter acesso por simulação aos seguintes itens: Acoplado à rede; Isolado com baterias; e Bombagem.

A Figura 16 reflete exatamente como o sistema de placas solares ficará após implantação, quando desenvolvido a partir da rede de energia. A figura posta dessa forma é autoexplicativa para o usuário, que pode, neste momento, acrescentar a localização para obtenção de dados.

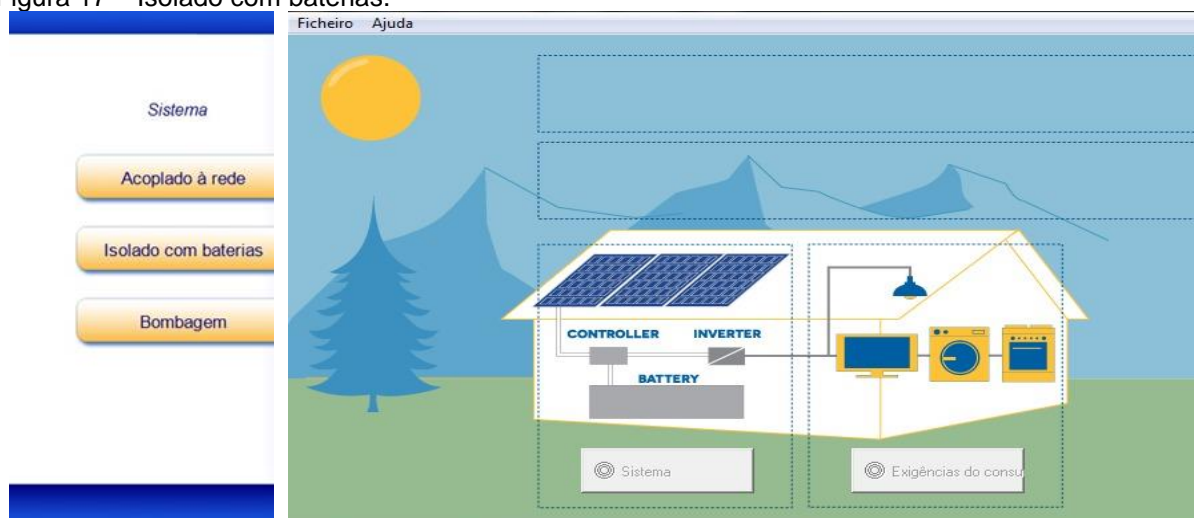
Figura 16 – Acoplado à rede.



Fonte: O autor (2018).

O item “Isolado com baterias” apresenta para o usuário outra possibilidade de instalação de placas solares. Como no momento anterior, a figura é autoexplicativa para o usuário (Figura 17).

Figura 17 – Isolado com baterias.



Fonte: O autor (2018).

Ao acessar o item “Bombagem”, o usuário percebe outra possibilidade de desenvolvimento de projeto para instalação de placa solar (Figura 18).

Figura 18 – Bombagem.



Fonte: O autor (2018).

Em “Concepção do projeto”, é possível iniciar em poucos passos o projeto. Novamente, abrem-se ao lado os tipos de projeto que o usuário pode usar: Acoplado à rede; Isolado com baterias; Bombagem; e Rede CC (Figura 19).



Figura 19 – Concepção do projeto.



Fonte: O autor (2018).

Após escolher qual projeto será desenvolvido, o usuário começa a preencher os dados diretamente no simulador. Para que o projeto seja configurado, é necessário preencher todos os dados, o que exige do usuário pesquisa prévia para sua obtenção (Figura 20).

Figura 20 – Ficheiro.

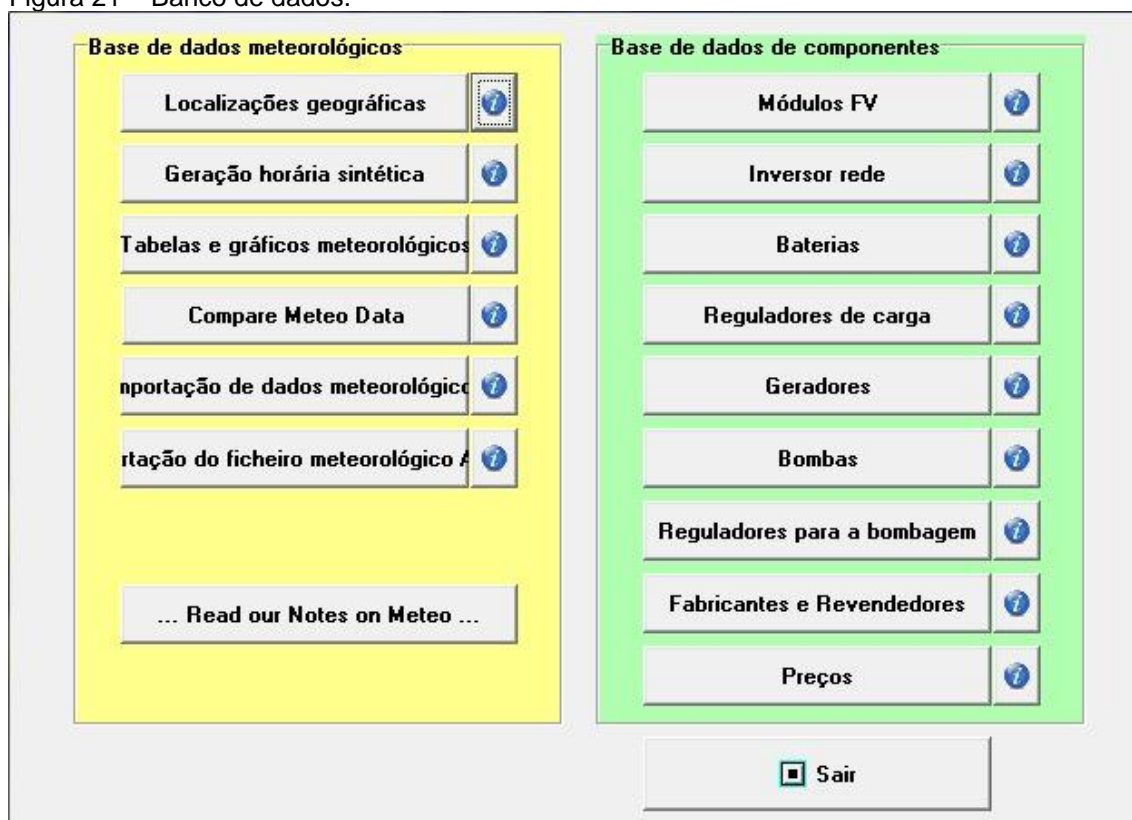


Fonte: O autor (2018).

Para o preenchimento inicial, o usuário deve colocar os dados para realização do cálculo estrutural das placas solares. Também devem ser acrescentados ao projeto os dados meteorológicos e dos equipamentos necessários, a partir da escolha do usuário. O modelo apresentado é utilizado no caso de escolha do sistema acoplado à rede; para os demais sistemas, o *layout* é semelhante, mudando apenas algumas variáveis.

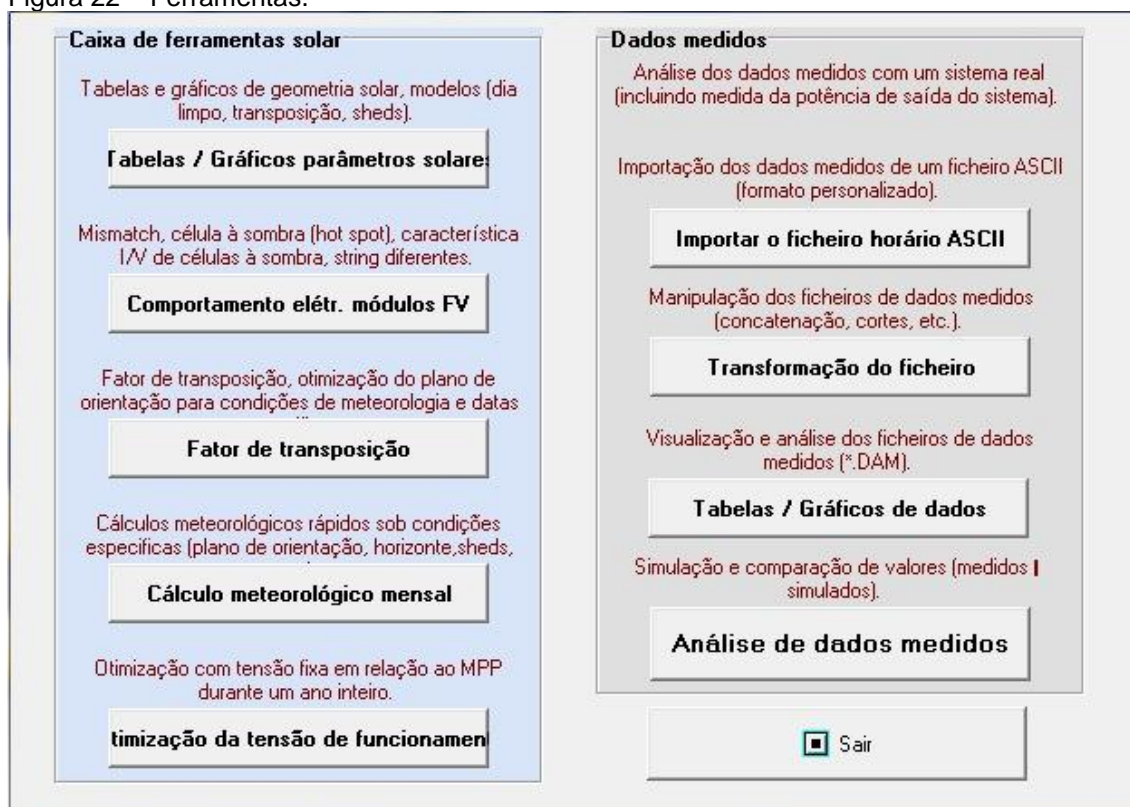
O simulador PVSyst fornece ao usuário diversas fontes de dados e ferramentas de forma didática, que o ajudam a tomar decisões para o desenvolvimento do projeto de placas solares, conforme se pode observar nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 – Banco de dados.



Fonte: O autor (2018).

Figura 22 – Ferramentas.



Fonte: O autor (2018).

Em resumo, com esse simulador, o usuário, além de ter uma base de dados para auxiliar na elaboração do projeto de placas solares, consegue fazer cálculos e aprender fazendo, pois apresenta explicações para cada ação realizada. Foi a partir dele, com suas características distintas, que se questionou que simuladores podem ser utilizados na docência, como forma de exemplificar determinado conteúdo de forma atualizada e coerente com as novas gerações.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Durante a realização da pesquisa, o objetivo principal foi a criação de uma ferramenta, projeto ou produto que facilitasse o ensino e aprendizagem da temática. Esta análise constitui-se a partir da interpretação dos dados oferecidos pelos *experts*, buscando estabelecer articulação com o conhecimento à luz das teorias que fundamentam esta investigação e aperfeiçoando o plano da disciplina de energias renováveis.

Ao analisar as respostas dos *experts* durante as etapas, perceberam-se entendimentos diversos, que demonstram que sua formação e atuação influenciam no entendimento e contribuições na ementa. Vejam-se as respostas na primeira rodada: E02 e E03 escolheram “O conteúdo precisa ser reorganizado”; E06, “O conteúdo é compatível com o tempo e horas”, enquanto E01, E04 e E07, “O conteúdo excede o tempo e horas destinadas”, o que reforça o entendimento de que a área de formação e atuação são predominantes no momento do desenvolvimento de determinado assunto. Ainda, fica evidente como o profissional de engenharia, afastado da docência, não possui elementos suficientes para planejar o desenvolvimento de determinada disciplina.

Os elementos da primeira rodada de apresentação do plano da disciplina mostraram que seria necessário readequar os conteúdos propostos na ementa. Nesse contexto, E01, E02 e E04 enviaram, com suas respostas, documento utilizado para selecionar os conteúdos que compõem uma ementa, na perspectiva de empregá-lo modelo para readequação da ementa da disciplina. Assim, antes do envio da segunda rodada, a ementa sofreu alterações, com o mapeamento a partir do documento enviado, reconhecido como matriz de competências.

O expert E01, no campo “Outras considerações”, comentou que o item da ementa Aula de Campo é uma das atividades mais complexas que existem para realização, pois envolve fatores econômicos, seguro dos alunos para deslocamento e liberação dos pais, caso de acadêmicos menores de 18 anos. Desse modo, a ementa sofreu drásticas alterações a partir do mapeamento dos conteúdos presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia e nas provas do Enade e dos comentários dos *experts*:

- a) **Primeira proposta de ementa:** Fundamentos de energias renováveis. Histórico das políticas de energias renováveis no Brasil. Comparativo entre

energias renováveis e tradicionais. Modelos de negócios de energias renováveis. Projetos sustentáveis e cidades educadoras. Protocolo de Quioto. Desenvolvimento de plano de negócios em energias renováveis. Tecnologias digitais para o desenvolvimento de energias renováveis. Aula de campo.

- b) **Segunda proposta de ementa:** Energias renováveis: fundamentos e possibilidades. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e políticas de energias renováveis no Brasil. Utilização de simuladores para desenvolvimento de plano de negócio com placa solares.

Na segunda e última rodada, foram selecionadas pelos *experts* as seguintes alternativas: E07 optou por “O conteúdo precisa ser reorganizado”, enquanto E02, E03, E04, E05, E06 e E07, “O conteúdo é compatível com o tempo e horas”. O *expert* E07, no campo “Outras considerações”, comentou que, apesar da reorganização da ementa, ainda seria necessário que os alunos tivessem tópicos específicos de gestão, pois apenas colocar os dados no simulador não resultaria num plano de negócio, faltando ao acadêmico os conhecimentos fundantes para sua elaboração.

Seguindo a orientação de E01, optou-se por não incluir na ementa a aula de campo, por se compreender que o fator econômico precisaria ser discutido anteriormente com a coordenação do curso. Os demais apontamentos, apesar de constituírem aprendizado, foram reconhecidos como de fácil operacionalização na prática docente quando se buscam metodologias que envolvam os alunos.

O comentário posto pelo *expert* E07 remeteu ao exposto por Schnaid, Zaro e Timm (2006, p. 23), quando citam o discurso de Feynman na Academia Brasileira de Ciências: “Nenhuma ciência estava sendo ensinada a ninguém”. A partir do amadurecimento teórico, concordou-se que agrupar, escolher e selecionar conteúdos parece ser uma tarefa de realização rápida e fácil, constituída a partir de meras observações em outros endereços eletrônicos ou, ainda, de conhecimentos expostos na caminhada profissional, sendo apenas o início do reconhecimento do cenário do conhecimento produzido naquela área.

Conforme ocorrido na ementa, manteve-se o padrão nos objetivos, com os *experts* demonstrando coerência na análise dos conteúdos propostos. Por exemplo, E01 e E04 solicitaram a inclusão de competências e habilidades, visto que as diretrizes curriculares da área utilizam este conceito e esses fundamentos estão presentes nos discursos educacionais.

Para o desenvolvimento das competências e habilidades, foi necessário visitar as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Engenharia, em que estão em destaque em relação ao perfil do egresso:

Art. 4º A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;

**II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;**

III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;

IV - planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;

V - identificar, formular e resolver problemas de engenharia;

**VI - desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;**

VI - supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;

VII - avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;

VIII - comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;

**IX - atuar em equipes multidisciplinares;**

**X - compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;**

**XI - avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;**

**XII - avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;**

XIII - assumir a postura de permanente busca de atualização profissional (BRASIL, 2018, grifo nosso).

Também se julgou importante aprimorar os conceitos de competências e habilidades. De acordo com Perrenoud (1999), competência é a junção de conhecimento teórico e prático, munido de ação. Ainda, trata-se da “faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações etc.). Para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações” (PERRENOUD, 2000, p. 28).

Diante disso, reformularam-se os objetivos do plano da disciplina da seguinte forma:

- a) **Primeira proposta:** Objetivo geral: Desenvolver com os alunos, por meio de simuladores, placas solares, na perspectiva de concretizar consciência de energia renováveis. Objetivos específicos: Fazer com que os alunos reconheçam várias fontes de energia renovável. Aprender fazendo, por meio de simuladores, placas solares. Verificar como acontecem as políticas públicas em distintos lugares do mundo e comparar com as políticas nacionais. Visitar com os alunos, na aula de campo, espaço que disponha de placas solares.

- b) **Segunda proposta:** Competência: Planejar projetos com equipes multidisciplinares, a partir de dados e novos instrumentos tecnológicos, na perspectiva de avaliar o impacto ambiental, social e de viabilidade econômica. Habilidades: Distinguir os diferentes tipos de energia renovável. Projetar, conduzir experimentos por meio de recursos tecnológicos e interpretar os resultados. Avaliar os resultados do simulador para viabilidade econômica do projeto.

Por sua vez, E02, na primeira rodada, havia realizado algumas considerações a respeito da norma culta da língua portuguesa, mas se compreendeu que, com a reescrita, de forma geral foram subtraídos os erros encontrados.

Na pergunta 3, que abordava a metodologia das aulas, visando a verificar se estava coerente com os conteúdos e a proposta do uso de simuladores para o desenvolvimento de placas solares, E06 marcou a opção “As aulas estão organizadas e coerentes com os objetivos da disciplina”; por outro lado, E01, E02, E03, E04 e E07, ou seja, quase totalidade dos *experts*, optaram por responder no item “Outras considerações”, indicando, em consonância com a pergunta 1, que a metodologia também precisava ser repensada a partir dos novos conteúdos. O *expert* E01 mencionou que as técnicas utilizadas, como formação de pequenos grupos, *software* Mentimeter e PVSyst, carregam consigo uma abordagem de metodologias ativas. Os Quadros 2 e 3 apresentam a primeira e segunda propostas metodológicas formuladas.

Quadro 2 – Primeira proposta de metodologia.

METODOLOGIA	
AULA 1	Aula expositiva, com explicação do plano de ensino, como serão as aulas e sistema de avaliação.
AULA 2	Aula dialogada com os alunos a partir de textos que tratam dos fundamentos de energias renováveis e do histórico das políticas de energias renováveis no Brasil. Distribuição de material do Protocolo de Quito e dados comparativos entre energias renováveis e tradicionais, que serão utilizados na próxima aula.
AULA 3	Aula com formação de pequenos grupos para debate inicial e posterior democratização da aprendizagem de forma virtual. Durante discussão nos grupos, professor discute de forma individual, além de iniciar com os alunos elaboração do mapa conceitual dos conteúdos. Ao término da aula, cada grupo compartilha seu mapa com os demais colegas de sala. Os alunos, também ao término da aula, são lembrados do próximo assunto: projetos sustentáveis e cidades educadoras.
AULA 4	A aula é iniciada com o desenvolvimento de uma nuvem de palavras pelo <i>software</i> Mentimeter. Os alunos acessam seus aparelhos celulares e colocam no <i>software</i> as palavras e conceitos da temática, que deveria ser estudada previamente. Por cinco minutos, realizam essa atividade. Após esse momento, o professor realiza uma discussão de 30 minutos para verificar os conceitos aprendidos. Em seguida, apresenta o simulador PVSyst e o tutorial

	com todas as telas. Os alunos começam a navegar no simulador e descobrir suas potencialidades.
AULA 5	Aula de campo.
AULA 6	Avaliação com uso do simulador PVSyst.

Fonte: O autor (2018).

Quadro 3 – Segunda proposta de metodologia.

<b>METODOLOGIA</b>	
AULA 1	Aula expositiva, com explicação do plano de ensino, como serão as aulas e o sistema de avaliação com utilização do simulador PVSyst.
AULA 2	Aula dialogada com os alunos a partir de textos disponíveis na rede mundial de computadores para discutir a temática de energias renováveis: fundamentos e possibilidades. Os alunos recebem QR code com acesso a vídeos explicativos, disponíveis dentro da perspectiva de Creative Commons.
AULA 3	Aula com formação de pequenos grupos para debate dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e políticas de energias renováveis no Brasil, com posterior democratização da aprendizagem de forma virtual e envio do mapa conceitual para os endereços eletrônicos dos demais alunos da turma. Nos grupos, professor discute de forma individual, além de iniciar com os alunos elaboração do mapa conceitual dos conteúdos. Ao término da aula, cada grupo compartilha os mapas com os demais colegas de sala. Também são lembrados do próximo assunto e é solicitado que testem o simulador PVSyst. Recebem no endereço eletrônico o tutorial para uso do simulador.
AULA 4	A aula é iniciada com o desenvolvimento de uma nuvem de palavras pelo <i>software</i> Mentimeter a partir do conceito de energia fotovoltaica. Por cinco minutos, os alunos realizam essa atividade. Na sequência, o professor realiza uma discussão de 30 minutos para verificar os conceitos aprendidos. Passa, então, a colocar dados aleatórios no simulador PVSyst. Os alunos começam a navegar no simulador e descobrir suas potencialidades. O professor forma grupos e solicita que para a próxima aula os alunos tragam dados para elaboração de projeto de placa solar.
AULA 5	O professor inicia a aula repassando para os alunos um modelo de plano de negócio e informa que eles devem, a partir do uso do simulador, apresentar uma proposta de projeto de placa solar.
AULA 6	Avaliação com uso do simulador PVSyst.

Fonte: O autor (2019).

Ao reorganizar a metodologia de acordo com os novos conteúdos, mapeados na matriz de competências, percebeu-se que não basta selecioná-los, sendo imprescindível manter coerência com o tempo e a forma, ou seja, o cuidado do professor é constante na perspectiva de manter a participação dos alunos e cumprir o objetivo de conduzir para as competências necessárias, neste caso, a compreensão da importância do desenvolvimento de consciência ambiental e sustentável. A prática do docente incorpora, além dos valores de assiduidade, pontualidade e responsabilidade, uma reflexão e prática de novas formas de ensinar, conforme preconizado por Kenski (2007, p. 60): “É preciso que se esteja em permanente estado de aprendizagem e adaptação ao novo”.

A integração proposta entre os alunos e o professor desde a primeira proposta da metodologia, esclarecendo como seria o desenvolvimento da disciplina como um



ponto efetivo para o sucesso, assim como dos conteúdos com as várias abordagens e tecnologias, possibilita maior autonomia para os acadêmicos. Dessa forma, o aprendizado não se restringe apenas aos conteúdos expostos pelo professor, uma vez que, a partir da simulação do projeto da placa solar, os acadêmicos permanecem com essa aprendizagem ao longo de sua vida.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo a pesquisa o objetivo central de elaborar e validar uma proposta para o desenvolvimento de disciplina com o uso de simulador como ferramenta pedagógica para trabalhar o tema de energias renováveis em cursos de engenharia, foi possível concluir inicialmente que, com as novas tecnologias existentes na sociedade globalizada, muitos setores sofreram transformações em sua forma de atuar. No entanto, a partir de uma concepção empírica de estudante, as formas de ensinar e aprender sofreram poucos impactos no ensino nas engenharias. Essa problemática foi revisitada durante esta pesquisa, na intenção de ultrapassar o conhecimento do senso comum para a ciência, além do fato de o egresso dos cursos de engenharia carregar consigo o desenvolvimento de artefatos para a melhoria da vida do homem, pois se concorda com o postulado de Smith (1983 *apud* SCHNAID; BARBOSA; TIMM, 2006, p. 44), de que a “engenharia é a arte profissional de aplicação da ciência para a conversão ótima dos recursos naturais para o benefício do homem”.

Reconhece-se que o trabalho educacional, tanto na função docente quanto discente, é repleto de significados e afetado pela velocidade dos fatos, dos dados, das formas e da distribuição de conhecimento nessa sociedade globalizada. Nesse contexto, as teorias estudadas e refletidas permitiram afirmar a amplitude, relevância e atualidade da temática. Em outras palavras, a reflexão sobre as metodologias adotadas por instituições de ensino em outros países reafirmou que existe possibilidade de adoção de novas abordagens metodológicas no ensino das engenharias.

A metodologia adotada (técnica Delphi) também permitiu muito além do esperado inicialmente, que se tratava da elaboração de um plano de ensino para ser utilizado como piloto. A realidade da ausência de formação pedagógica do pesquisador mostrou que o engenheiro, ao adentrar no espaço educacional, defronta-se com dilemas didáticos, neste caso, relacionados à escolha dos conteúdos; mesmo que reconheça epistemologicamente o que deve ser ensinado, não possui o conhecimento curricular e da legislação. Tampouco se pode admitir que as tecnologias são salvadoras no processo educacional, como se propunha, consistindo, na verdade, em aportes a partir dos processos de interação entre docentes e discentes. Esse entendimento baseou-se principalmente na utilização de *software* para o desenvolvimento de uma consciência ambiental com o uso de energias

renováveis, o que ultrapassa um momento fixo na formação dos engenheiros. Essas ferramentas devem ser utilizadas para promover o compartilhamento de ideias ao longo de toda a formação, a troca de experiências que motivem os discentes a tornarem-se empreendedores e o exercício constante de novas formas de aprender.

Ao passar pelo processo de estado da arte, em que se reconheceram metodologias e *softwares*, e pelos momentos de planejamento e refinamento da disciplina, a partir da matriz de competências, percebeu-se o progresso da aproximação da prática do egresso de engenharia, que testa sua realidade antes mesmo de fazê-la. Ao propor uma disciplina tratando da temática de uso de energias renováveis com ensino a partir de simulador, é possível afirmar que tal prática possibilita a aproximação da realidade profissional no ambiente educacional. Nas palavras de Schnaid, Barbosa e Timm (2006, p. 47), “se antes se pôde supor que o proto-engenheiro desenharia na areia seu invento para poder visualizá-lo, hoje chamará esse processo de simulação [...]”. Essa perspectiva de aprendizagem teórica e prática, de raciocinar e simular possibilidades, possibilita ao discente de engenharia desenvolver competências que ultrapassam o momento da graduação, perspectiva solicitada por governantes e empresas, que vai ao encontro do que prega Hargreaves (2004, p. 40): “[...] em lugar de tratar apenas com algo que os alunos devam memorizar e regurgitar”.

A reflexão realizada na aplicação da técnica Delphi findou no plano da disciplina, que culmina com o desenvolvimento da docência especificamente, a qual não pode ser construída a partir de tentativa e erro, das preferências de conteúdo ou apenas da escolha de novas abordagens que estão sendo utilizadas naquele momento histórico por outros pares. O processo de desenvolvimento de uma disciplina ultrapassa a solidão da escolha, sendo vital que o trabalho aconteça de forma conjunta.

Por fim, a pesquisa demonstrou a necessidade de se desenvolver o plano da disciplina a partir da matriz de competências. Acredita-se que o produto desta dissertação de mestrado profissional pode ajudar outros profissionais de áreas diversas quando estiverem diante da necessidade da docência ou, ainda, da realização de assessoria ou consultoria, pois, a partir da matriz de competências, se organizam por ordem de prioridade e relevância as temáticas que devem ser dialogadas para provocar novas aprendizagens.

Esta reflexão ultrapassa o pragmatismo simbólico que acompanha o engenheiro, pois é carregada de novas perspectivas de atuação, emanadas da percepção e do reconhecimento de que, a partir dos conceitos educacionais, é possível reescrever abordagens metodológicas com os discentes. É importante mencionar que outros engenheiros e, principalmente, professores, ao interpretar o estado da arte ou até mesmo as contribuições dos *experts*, podem perceber outras interpretações. Por reconhecer a finitude como pesquisador, estabeleceu-se que esta caminhada continuará em busca de novas formas de ensinar e aprender, para que as novas gerações possam viver e conviver de forma harmônica e sustentável.

Em pesquisas futuras, pretende-se propor a execução deste plano pedagógico junto a matriz de competência dentro da sala de aula, com os professores nas mais variadas áreas da Engenharia, sabe-se que para a incorporação deste plano se fará em turmas que já possuam um certo domínio de conteúdo. A atividade prática com alunos nos trará expertise e proporcionará uma segunda validação assim com um aprimoramento de nosso produto. O aprendizado demonstrará a real eficácia da proposta e a incorporação do conjunto no cotidiano do corpo discente.

## REFERÊNCIAS

ALBERTI, R. A.; FURTADO, J. C.; KIPPER, L. M. Simulação como ferramenta no ensino de engenharia: problematização e promoção da vivência em processos produtivos. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 73-83, 2015.

ALTVATER, E. **O preço da riqueza**. São Paulo: Editora Unesp, 1995.

ALENCASTRO, M. S. C.; JUNIOR, E. L. R. NOVAS ABORDAGENS NA EDUCAÇÃO DA ENGENHARIA EM EAD: UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2017/trabalhos/pdf/236.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2018.

ANDERSEN, A. A fórmula EPS – Projeto Semestral Europeu. *In*: MANRIQUE, A. L. (Org.). **Educação em engenharia: novas abordagens**. São Paulo: Editora PUC, 2011.

ANIMAIS NO ENSINO. **No Brasil universidade estão trocando as cobaias por simuladores realísticos**. 7 ago. 2017. Disponível em: <http://animaisnoensino.com.br/no-brasil-varias-universidades-estao-deixando-de-usar-cobaias-no-ensino/>. Acesso em: 20 maio 2018.

ANSYS CFX Release 11.0 (2006). ANSYS CFX Tutorials. Disponível em: <https://www.cfdlectures.com/tutorials/cfxtutorial.pdf>. Acesso em: 11 jan 2019.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução n. 11, de 11 de março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 abr. 2002.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior**. 2016a. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/censo-da-educacao-superior>. Acesso em: 20 maio 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Diretrizes curriculares nacionais para o curso de engenharia**. Consulta pública. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2018-pdf/93861-texto-referencia-dcn-de-engenharia/file>. Acesso em: 20 maio 2018.

CHAMINÉ solar é alternativa natural para conforto térmico. **CRUESP**, Destaque Pesquisa, 18 set. 2012. Disponível em: <http://www.cruesp.sp.gov.br/?p=2287>. Acesso em: 20 maio 2018.

CONFEA. Disponível em: <http://www.confea.org.br/>. Acesso em: 20 nov 2018.

CRAWLEY, D. B. **EnergyPlus**: DOE's Next Generation Simulation Program. Disponível em: [https://www1.eere.energy.gov/buildings/pdfs/eplus\\_webinar\\_02-16-10.pdf](https://www1.eere.energy.gov/buildings/pdfs/eplus_webinar_02-16-10.pdf). Acesso em: 16 nov 2018.

CREA. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/>. Acesso em: 20 nov 2018.

DECLARAÇÃO de Barcelona. 2004. Disponível em: <http://eesd15.engineering.ubc.ca/declaration-of-barcelona>. Acesso em: 15 maio 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 30 ago. 2018.

FREITAS FILHO, Paulo J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GIL, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HARGREAVES, A. **O ensino na sociedade do conhecimento**: educação na era da insegurança. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias**: o novo ritmo da informação. Campinas: Papyrus, 2007. (Coleção Papyrus Educação).

LEFF, H. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.

LIMA, L. O. **Mutações em Educação Segundo McLuham**. Petrópolis: Editora Vozes, 1976.

LIMA, R. M.; POUBEL, W. M. **Importância do uso do software livre aplicado à engenharia química**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2015, Campinas. **Anais [...]**. [S.l.: s.n.], 2015.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi method**: techniques and applications. New Jersey: [s.n.], 2002. Disponível em: <http://is.njit.edu/pubs/delphibook>. Acesso em: 20 jun. 2018.

LUCAS, F. R. *et al.* Uso de simuladores de direção aplicado ao projeto de segurança viária. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 341-352, abr./jun. 2013.

MASSUKADO, L. M.; SCHALCHB, V. Simulação no ensino de engenharia – avaliando a aplicação do *software* Simgere sob o paradigma do “aprender a aprender”. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 40-46, 2007.

MILLS, J.E.; TREAGUST, D.F. **Engineering education- Is problem-based or project-based learning the answer?** Australasian Journal of Engineering Education. 2003. Disponível em: [www.aeee.com.au/journal/2003/mills\\_treagust03.pdf](http://www.aeee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf). Acesso em: 05 nov. 2018.

MEC. MEC participa de debate sobre oportunidades na área de biocombustíveis e energias limpas. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/44921>. Acesso em 15 jan. 2019.

MEDEIROS, L. F.; MOSER, A.; SANTOS, N. A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO TÉCNICA DE PESQUISA NA ADMINISTRAÇÃO. Disponível em: [file:///C:/Users/DELL/Downloads/800-1798-1-SM%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/800-1798-1-SM%20(2).pdf). Acesso em: 28 nov. 2018.

NACIF, J. A.; FERREIRA, R. Um simulador multi-uso para ensino em engenharia de computação. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS*, 4., 2014, Manaus. **Anais [...]**. [S.l.: s.n.], 2014.

OLIVEIRA, V. F. **Trajetória e estado da arte da formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia**. Brasília, DF: Inep, 2010.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Porto Alegre: Editora Artmed, 1999.

PERRENOUD, P. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.

PRADO, L. A. **O "Estado da arte" em ciência, tecnologia e sociedade: um estudo em teses e dissertações de 2014 a 2017**. 2018. 200 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Educação e Novas Tecnologias) - Faculdade Centro Universitário Internacional Uninter, Curitiba, 2018.

PHET Interactive **Simulations**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 15 maio 2018.

PORVIR. **11 escolas inovadoras que você precisa conhecer**. 21 jun. 2016. Disponível em: <http://porvir.org/11-escolas-inovadoras-voce-precisa-conhecer/>. Acesso em: 20 maio 2018.

POWELL, P. C.; WEENK, G. W. H. **Project-led engineering education**. Utrecht: Lema Publishers, 2003.

PVSYST. Disponível em: <https://www.pvsyst.com/features/>. Acesso em: 15 maio 2018.

QBLADE. Disponível em: [https://windows-cdn.softpedia.com/screenshots/QBlade\\_1.png](https://windows-cdn.softpedia.com/screenshots/QBlade_1.png). Acesso em: 20 maio 2018.

REN21. 2017. **Renewables 2017 Global Status Report** (Paris: Ren21 Secretariat). Disponível em: [Http://Www.Ren21.Net/Wp-Content/Uploads/2017/06/17-8399\\_Gsr\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.Pdf](Http://Www.Ren21.Net/Wp-Content/Uploads/2017/06/17-8399_Gsr_2017_Full_Report_0621_Opt.Pdf) Acesso Em: 20 Maio 2018.

SCHNAID, F.; BARBOSA, F. F.; TIMM, M. I. O perfil do enPERFIL DO ENGENHEIRO AO LONGO DA HISTÓRIA. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/18/trabalhos/DTC021.pdf>. Acesso em: 10 jan 2019.

SCHNAID, F.; ZARO, M. A.; TIMM, M. I. **Ensino de engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o século XXI**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.

SEGALAS, A. J.; ESBRI, M. E. O Projeto Semestral Europeu (EPS) na Universidade de Tecnologia de Barcelona. *In*: MANRIQUE, A. L. (Org.). **Educação em engenharia: novas abordagens**. São Paulo: Editora PUC, 2011.

SEVERINO, A. J. S. Metodologia do trabalho científico. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SHANNON, R. E. **Systems Simulation: The Art and Science**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1975.

SILVA, M. G., GUIMARÃES, L. S. **Uso do Índice de Desenvolvimento Humano como Instrumento de Projeção de Demanda de Energia Elétrica**. Disponível em: [https://ecen.com/eee86/eee86p/idh\\_eletricidade.htm](https://ecen.com/eee86/eee86p/idh_eletricidade.htm). Acesso em: 11 jan. 2019.

SIMON, H. **The Sciences of the Artificial**. 2<sup>o</sup> ed. The MIT Press, Cambridge, 1981.

VALENTE, J. O uso inteligente do computador na educação. **Pátio – Revista Pedagógica**, Porto Alegre, ano 1, n. 1, p. 19-21, 1997. Disponível em: [http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic\\_literatura/artigos/USOINTELIGENTE.pdf](http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic_literatura/artigos/USOINTELIGENTE.pdf). Acesso em: 23 ago. 2018.

VERGARA, S. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo, 2000.

WEENK, W.; BLIJ, M. V. D. PLEE methodology and experiences at the University of Twente. *In*: CAMPOS, L. C. *et al.* (Ed.). **Project approaches to learning in engineering education**. Rotterdam: Sense, 2011. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-6091-958-9\\_4#page-1](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-6091-958-9_4#page-1). Acesso em: 19 mar. 2017.





## APÊNDICE A – MATRIZ DE COMPETÊNCIAS

## APÊNDICE B – PILOTO DO PLANO DA DISCIPLINA

### PERGUNTA 01

Pergunta: A seguir apresentamos a ementa da disciplina Energias Renováveis, pedimos que **analise quantidade de conteúdos** que serão discutidos durante o período da disciplina de 6 (seis) encontros de duas horas:

#### EMENTA

Fundamentos de energias renováveis. Histórico das políticas de energias renováveis no Brasil. Comparativo entre energias renováveis e tradicionais. Modelos de negócios de energias renováveis. Projetos sustentáveis e cidades educadoras. Protocolo de Quioto. Desenvolvimento de plano de negócios em energias renováveis. Tecnologias digitais para o desenvolvimento de energias renováveis. Aula de Campo.

Assinale alternativa que irá direcionar desenvolvimento da nova ementa partir dos conteúdos da ementa, número de encontros e horas é possível:

- a) (  ) O conteúdo é compatível com o tempo e horas.
- b) (  ) O conteúdo precisa ser reorganizado.
- c) (  ) O conteúdo excede ao tempo e horas destinadas.

Outras considerações:

---

---

---

---

### PERGUNTA 02

Pergunta: A seguir apresentamos os objetivos da disciplina Energias Renováveis, pedimos que **analise se os objetivos estão coerentes com os conteúdos** que serão discutidos durante o período da disciplina de 6 (seis) encontros de duas horas:

## OBJETIVOS

Objetivo geral:

Desenvolver nos alunos por meio de simuladores placas solares na perspectiva de concretizar consciência de energia renováveis.

Objetivos específicos:

Fazer com que os alunos reconheçam várias fontes de energias renováveis;

Aprender fazendo por meio de simuladores placas solares

Verificar como acontece as políticas públicas em distintos lugares do mundo e comparar com as políticas nacionais.

Visitar com os alunos na aula de campo espaço que disponha de placas solares.

Considerando o exposto acima:

- a) ( ) Os objetivos estão coerentes com os conteúdos.
- b) ( ) Os objetivos precisam ser reorganizados.
- c) ( ) Os objetivos atendem todos os conteúdos.

Outras considerações:

---

---

---

---

## PERGUNTA 03

Pergunta: A seguir apresentamos como acontecerão as aulas da disciplina Energias Renováveis, pedimos que **analise se a metodologia está coerente com os**

**conteúdos e com a proposta do uso de simuladores para o desenvolvimento de placas solares:**

<b>METODOLOGIA</b>	
AULA 01	Aula expositiva, com explicação do plano de ensino, de como seriam as aulas e o sistema de avaliação.
AULA 02	Aula dialogada com os alunos a partir de textos que tratam dos Fundamentos de Energias Renováveis e o Histórico das Políticas de Energias Renováveis no Brasil. Distribuição de material do Protocolo de Quito e Dados Comparativos entre energias renováveis e tradicionais, que será utilizado na próxima aula
AULA 03	Aula com formação de pequenos grupos para debate inicial nos grupos e depois democratização da aprendizagem de forma virtual. Durante discussão nos grupos o professor discutiria de forma individual, além de iniciar com os alunos elaboração do mapa conceitual dos conteúdos. Ao término da aula, cada grupo compartilha os mapas com os demais colegas de sala. Os alunos também ao término da aula são lembrados no próximo assunto: projetos sustentáveis e cidades educadoras.
AULA 04	A aula é iniciada com o desenvolvimento de uma nuvem de palavras pelo software mentimeter. Os alunos acessam seus aparelhos de celulares e colocam no software as palavras conceitos da temática que deveria ser estudada previamente. Por 5 minutos os alunos realizam esta atividade. Após este momento o professor irá realizar uma discussão de 30 minutos para verificar os conceitos aprendidos. Em seguida apresenta o simulador PVSyst e o professor apresenta tutorial com todas as telas do simulador. Os alunos começam a navegar no simulador e descobrir suas potencialidades.
AULA 05	Aula de campo
AULA 06	Avaliação com uso do simulador PVSyst

É coerente afirmar que:

- a) ( ) As aulas estão organizadas e coerentes com os objetivos da disciplina.
- b) ( ) O tempo destinado para cada conteúdo é coerente.
- c) ( ) A metodologia proposta é condizente com a temática.

Outras considerações:

---

---

---

---

#### PERGUNTA 04

Pergunta: A seguir apresentamos como acontecerá o processo avaliativo dos alunos na disciplina de energias renováveis, pedimos que **analise se a avaliação é coerente com a metodologia proposta anteriormente:**

#### AVALIAÇÃO

Os alunos em grupo, com utilização do simulador PVSyst irão projetar um projeto de energia solar residencial acoplado a rede para uma casa com 4 moradores, sendo eles: dois adultos e duas crianças. A casa é considerada um lar padrão, da região de Curitiba - PR e tem um consumo anual de 39.600 kWh. Tempo da avaliação: 2 horas

É coerente afirmar que:

- a) ( ) O sistema de avaliação é coerente com a metodologia.
- b) ( ) Os conteúdos apresentados para os alunos são suficientes para o desenvolvimento da placa solar

Outras considerações:

---

---

---