

ANÁLISE DO USO DE SOFTWARES DE SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICAS EM EDIFICAÇÕES.

Maria Mariana Xavier de Lima Medeiros¹, Lázaro Luis de Lima Sousa²

¹Graduanda do curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – UFRSA, Mossoró-RN;

²Professor da UFRSA, campus Mossoró-RN;

RESUMO: As simulações são saídas ainda pouco utilizadas para previsões de situações ocasionadas na construção civil. Realizou-se um estudo bibliográfico sobre a utilização de *softwares* de simulação termoenergéticas, a fim de quantificar o conforto térmico e desenvolvê-lo nas edificações como forma de sustentabilidade. Foi utilizado como base os *softwares* *DOMUS Procel Edifica* e o *EnergyPlus*. Com eles foi possível identificar a melhor alternativa para a eficiência energética quando for necessário estimar a redução de consumo e demanda de energia em uma construção ou residência. Fazendo a comparação entre eles, foi encontrado que o *DOMUS* tem melhor aplicabilidade no Brasil, pois utiliza dados reais de climas, topografias e topologias e possui interfaces gráficas apropriadas com terminologias em português.

Palavras-chave: Conforto térmico, simulações termoenergéticas, *DOMUS*, *EnergyPlus*.

1. INTRODUÇÃO

Hodiernamente, um dos debates das diversas esferas social, política e econômica é o desenvolvimento sustentável que tem como base satisfazer as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade de desenvolvimento das gerações futuras. Devido ao seu modo de produção, a indústria da construção civil gera expressivos impactos ambientais, tendo como práticas constantes as demolições e desativações de ambientes. Esta preocupação vem sendo instigada na sociedade e nas grandes corporações para que estas busquem alternativas que reduzam os impactos, a fim de construir padrões de sustentabilidade [9].

A construção civil vem sempre inovando em termos de tecnologias e descobrindo novos materiais para serem utilizados nas edificações residenciais e em construções civis. Para Brandli [5] a medição do desempenho ambiental de uma edificação é fundamental para o desenvolvimento sustentável, é através dela que é possível administrar os impactos ambientais e os altos níveis de desperdício causados pela construção civil.

A preocupação com o conforto térmico vem percorrendo a humanidade há anos e todas as construções levam em consideração a satisfação de quem irá usufruir de tal obra, porém, tais condições são de certa forma, dependentes da relação do homem com o meio em que se vive, bem como a escolha dos materiais que compõe seus abrigos [3].

Independente da temperatura de um ambiente, dentro dos limites físicos, este poderá ser termicamente agradável para uns e incômodo para outros, ou seja, um ambiente termicamente confortável deve agregar elementos de tal forma que, em média, a sensação de um indivíduo não deva ser nem tão quente, e nem tão frio, isso é algo próprio e pessoal, dentro dos limites de sensibilidade.

Tendo em vista a constância da abordagem da eficiência energética atrelada ao consumo de energia embutida nas edificações, os impactos ambientais gerados pela indústria da construção e, a fim de quantificar o conforto térmico e desenvolver isso nas edificações como forma de sustentabilidade, uma série de métodos, como *softwares* de medição de eficiência termo energética, surge em todo o mundo com o objetivo de avaliar o nível de desempenho ambiental das edificações.

Com base nesses conceitos, este trabalho tem como objetivo geral fazer um estudo bibliográfico sobre os *softwares* de simulação termoenergética, e como estes podem auxiliar na escolha do material que se vai utilizar em obras e/ou construções, medições de temperatura ou até mesmo a posição da edificação. Devido aos diferentes climas existentes no Brasil, muitas vezes, o conforto térmico pode ficar comprometido devido aos fatores que podem ser considerados pontuais de cada região.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentadas as fundamentações necessárias para introduzir a necessidade da existência dos *softwares* de simulação, bem como as informações que servirão de base para suas projeções, a iniciar pela transferência de calor entre corpos.

2.1. Transferência de Calor

Diariamente o conceito de calor está atrelado a sensação térmica que o ser humano sente no ambiente em que ele está. Contudo, calor é uma forma de energia que é transmitida entre dois corpos – ou apenas de uma ponta a outra do mesmo corpo – de forma que entre eles existe um gradiente de temperatura, ou seja, se a temperatura do corpo A é maior do que a temperatura do corpo B, como mostrado na figura 1, o fluxo de energia se dá no sentido da menor temperatura; de forma que quando ocorrer um equilíbrio térmico, o fluxo de calor seja nulo.

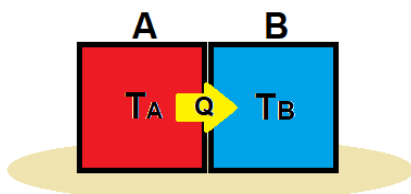


Figura 1 – Forma de transferência de calor de um sistema termicamente isolado. Adaptado de [10].

Na Figura 1 é ilustrada uma situação onde o corpo A, em uma temperatura T_A , que transfere calor Q para um corpo B, a uma temperatura T_B , com $T_A > T_B$, sendo o fluxo de calor no sentido do corpo mais quente para o corpo mais frio, e nunca ao contrário [16].

Os processos de transferência de calor podem ser classificados em três maneiras: condução, convecção e radiação térmica. De maneira geral, as transferências de calor em um corpo ocorrem com os três modos agindo de forma simultânea, como mostra a Figura 2.

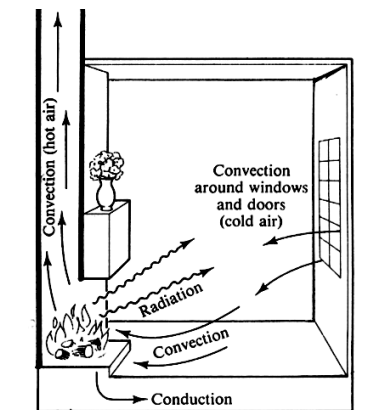


Figura 2 – Transferência de calor envolvendo os três modos. Retirado de [12].

Na Figura 2 está ocorrendo os três modos de transferências de calor de forma simultânea. O ar frio entra no ambiente através da janela e ocorre o processo de convecção, pois tem ar quente proveniente do fogo que está na chaminé. O processo de condução acontece no local onde está o fogo. Este aquece o local onde está e por meio da condução aquece o restante do ambiente. E por último acontece o processo transferência de calor por radiação nas chamas do fogo para o ambiente.

A condução é um tipo de transferência que ocorre através do meio de modo que o fluxo de energia saia de uma região de maior temperatura para uma região de menor temperatura de molécula a molécula, num processo dito quase estático e geralmente ocorre em sólidos, ou em fluidos estáticos [16].

A Lei de Fourier é que rege a condução térmica [16] e pode ser escrita como a Equação 1, que indica que a variação do fluxo de calor, $\Phi(T)$, através de um corpo é proporcional a área da seção transversal A do próprio corpo multiplicado pelo gradiente de temperatura na direção do escoamento ($\partial T / \partial x$). A constante de proporcionalidade, k , é denominada de condutividade térmica do material e tem unidade de watt por metro por kelvin ($Wm^{-1}K^{-1}$).

$$\Phi(T) = kA \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad \text{Equação 1}$$

A convecção [16] é a transferência de calor que ocorre quando um fluido está em movimento, sendo este atuante como o transportador de energia. Ela pode ser do tipo natural, em que o gradiente de temperatura ocasiona uma diferença de densidade, provocando o movimentando o fluido; ou pode ser do tipo forçada, em que o movimento do fluido é causado por uma atuação de uma força externa sobre o sistema.

Por último tem o processo de transferência de calor por radiação [16]. Assim, a energia é transportada através de ondas eletromagnéticas em que seu comprimento de onda (λ) resulte em energia térmica. Como maior exemplo, tem-se a radiação solar.

2.2. Eficiência Energética

A preocupação com os recursos surge da descoberta de que estes são esgotáveis, principalmente os que possuem reservas fósseis; acarretando sérios prejuízos tendo em vista que esses são a fonte primária para serviços que necessitam de energia, tais como, iluminação, aquecimento, equipamentos eletrônicos etc. [9].

O conceito de eficiência energética surge justamente da necessidade de manter o conforto e a qualidade, gerando a mesma ou até mesmo uma maior quantidade de energia com menos recursos naturais [2].

Atualmente, a produção energética utiliza-se de muitas fontes renováveis a fim de reduzir o uso de combustíveis fósseis, como é o caso da energia eólica, solar e hidrelétrica [9].

Em todo o território brasileiro e graças à quantidade de rios, a fonte de geração de energia elétrica mais utilizada é a proveniente das usinas hidrelétricas, utilizando como fonte a queda de água. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), em 2017, a oferta brasileira de energia elétrica proveniente de fonte hidrelétrica chegou a 65,2%, como representado na Figura 3 [14]. Contudo, mesmo as hidrelétricas sendo consideradas fontes de energia limpa, estas geram impactos ambientais, principalmente em sua construção no processo de alagamento das áreas, interferindo na fauna e na flora de forma direta.

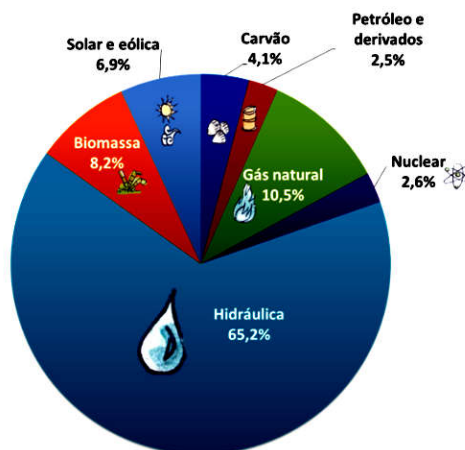


Figura 3 – Matriz Elétrica Brasileira 2017. Retirado de [14].

Na Figura 3 é possível observar a oferta brasileira de energia elétrica com base nas fontes de energia utilizadas. Como dito acima, fonte hidrelétrica é responsável por 65,2% da energia elétrica ofertada; seguida pelo gás natural, 10,5%; biomassa, 8,2%; e solar e eólica, que juntas correspondem a 6,9%.

Com relação à área de construção civil, esta é responsável por quase metade 50% da energia consumida no país, segundo os dados disponíveis no site da PROCEL INFO. Além de consumir energia na pós-construção, como edificações públicas, privadas, residenciais e comerciais; a construção civil ainda utiliza boa parte da energia no processo de produção de materiais, como aço e concreto; muito utilizados nas construções atuais [9][22].

Contudo, boa parte dessa energia utilizada é destinada a geração de conforto ambiental, tendo em vista que muitas edificações não realizam previamente o estudo de viabilidade e nem de eficiência energética [17].

2.3. Desenvolvimento Sustentável na Construção Civil

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), o termo desenvolvimento sustentável surgiu no relatório “Nosso Futuro Comum” publicado pela Comissão Brundtland, em 1987, e é

“o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.” Retirado de [6].

O desenvolvimento sustentável se tornou uma questão muito debatida na sociedade e a preocupação com o meu ambiente e as gerações futuras fez e faz com que as áreas de conhecimento buscassem soluções e aplicações práticas para os impactos ambientais, como poluição de recursos hídricos. A área da Engenharia Civil não se absteve desse conceito e preocupação.

De acordo com Picolli [21], a sociedade, consumidores e financiadores exigiram das empresas uma preocupação com os impactos ambientais e sociais que as atividades desenvolvidas pelas mesmas causas.

No setor de construção civil, as edificações e as obras de infraestruturas consomem muita energia em todas as suas fases de produção. Uma das alternativas que surgiram a fim de minimizar os impactos foi a construção de um edifício verde. Este é projetado para ser capaz de reduzir os impactos sobre o meio ambiente e a saúde humana, com economia de energia e água [9].

2.4. Conforto Térmico

De acordo com a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*), o conceito de conforto térmico é “uma condição mental que expressa satisfação com as condições térmicas do ambiente que é avaliado de forma subjetiva pelo indivíduo” [3]. Assim, ele é expresso de uma forma distinta para os indivíduos, mesmo que eles estejam no mesmo ambiente.

Os parâmetros subjetivos relacionados ao conforto térmico, como psicológico e metabólico, apesar de não poderem ser descartados totalmente, não são possíveis de serem quantificados para a elaboração de um projeto de uma edificação. Para isso, o engenheiro leva em consideração parâmetros físicos como de um ambiente, tais como a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar e umidade do ar para as suas análises; deixando assim que o ponto principal para o desenvolvimento do conforto térmico do ambiente esteja na escolha dos materiais e dos métodos construtivos.

Para as análises podem-se definir três tipos de índices para o estudo dos aspectos do conforto térmico. Elas são fisiológicas, biofísicas e subjetivas. Os três levam em consideração os quatro parâmetros físicos já citados, as trocas de calor e as sensações do ser humano com relação ao ambiente, respectivamente [17].

Nas edificações, a análise e desenvolvimento do conforto térmico são importantes, pois, aumenta a sensação de satisfação dos trabalhadores, fazendo com que estes produzam mais durante a sua jornada de trabalho [15]. Por ser um fator que agrega valor a edificação, o conforto térmico vem sendo trabalhado de forma que possa ser desenvolvido de forma natural; de modo que as obras são mais atrativas aos clientes são aquelas que retomam a perspectiva de um empreendimento sustentável e economicamente viável.

3. SOFTWARES DE SIMULAÇÕES TERMOENERGÉTICAS

A difusão da tecnologia permitiu que situações complexas reais fossem analisadas por microcomputadores pessoais. Uma dessas situações é a análise de fenômenos como a transferência de calor em edificações. Através de *softwares* (sistema de processamento de dados), engenheiros podem realizar análises que antes eram dificultadas pelo processo de resolução manual [19].

O artigo apresenta um estudo sobre softwares de simulação termoenergéticas para aplicação em edificações na construção civil. Segundo Brasileiro, [7], pode-se classificar essa pesquisa quanto aos fins, meios e à abordagem. A classificação quanto aos fins define a finalidade da pesquisa. Esta foi caracterizada como pesquisa exploratória, pois faz um levantamento bibliográfico, de sondagem e de observação do tema proposto. A classificação quanto aos meios é o modo de investigação que o pesquisador vai utilizar para conduzir a pesquisa e esta foi caracterizada como pesquisa bibliográfica, porque é um estudo desenvolvido com base na literatura disponível.

Por fim, a classificação quanto à abordagem diz respeito a como será o modo de ver os dados e foi caracterizado como uma pesquisa qualitativa devido ao uso das interpretações dos fenômenos e das atribuições de significados no decorrer da pesquisa. O método utilizado será o Método Comparativo, em que irá ser desenvolvida uma análise dos softwares de simulação termoenergéticas. Serão utilizadas referências bibliográficas de estudos, de redes eletrônicas, de livros e de casos práticos. Ao final desse processo, será apresentada em quais casos a aplicação dessa estrutura é viável.

Os dois softwares de simulações termoenergéticas pesquisados foram *Domus Procel Edifica* e *EnergyPlus*. Foram realizadas pesquisas bibliográficas em artigos e livros que abordassem os

conceitos vistos no referencial teórico, a fim de entender o funcionamento desses softwares e saber a importância do seu uso. Por fim, foi realizada uma pesquisa utilizando um questionário feito no Google Docs com o objetivo de sondar o conhecimento do público da UFERSA com respeito a esses softwares; se já conheciam, há quanto tempo conheciam ou se já utilizaram etc.

3.1. Domus Procel Edifica

O *software Domus* é “um programa de simulação hidrotérmica e energética de edificações, que foi desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Térmicos da PUCPR que possui uma máquina de cálculo e uma interface própria” [13]. Sua interface possui comandos específicos e em seu lado esquerdo uma aba com projetos abertos e simulações feitas; além de possuir uma área de trabalho bastante ampla, como representada na Figura 4.

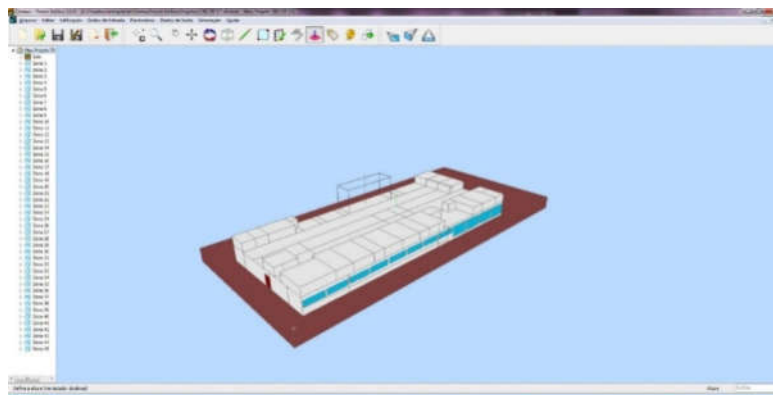


Figura 4 – Interface do software Domus. Retirado de [20].

O *Domus* utiliza uma interface gráfica apropriada para a simulação termoeenergética no Brasil com terminologia em português. É um programa adaptado a realidade brasileira, pois possuiu os dados de climas e topografias presentes no país [18].

Através dele é possível fazer uma análise da temperatura no interior de uma possível construção civil, fazendo uma análise temporal de dias, meses ou anos. E desta forma, as medidas podem apontar o melhor material para uma determinada construção, em uma localização com clima específico. Em [11], os autores fazem este tipo de análise a partir de dados obtidos da simulação pelo DOMUS, usando três tipos de material para a construção, tijolo, concreto e silico-calcário de uma residência unifamiliar. Seus resultados puderam apontar qual o melhor material poderia constituir esta residência em Mossoró-RN.

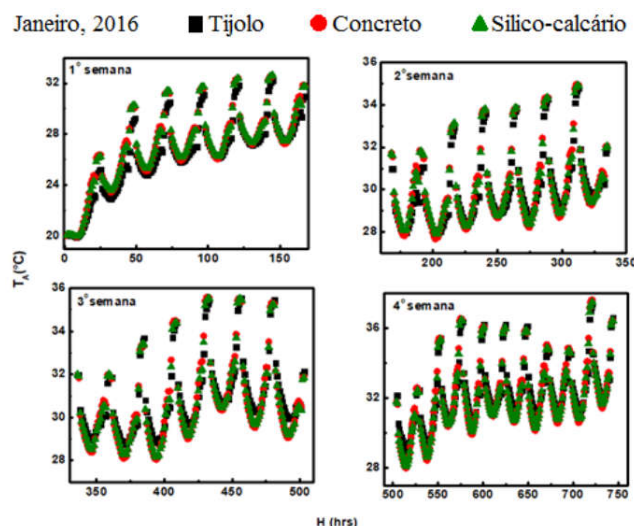


Figura 5 – Estudo da temperatura no interior de uma construção usando o *DOMUS*. Retirado de [11].

3.2. EnergyPlus

O *software EnergyPlus* é um dos mais usados para simulações termoeenergéticas. Ele calcula o consumo de energia da edificação a partir de informações climáticas horárias da região, descrição

arquitetônica e construtiva do prédio, padrões de uso e ocupação, potência instalada em iluminação, equipamentos, características do sistema de condicionamento de ar e estrutura tarifária [19].

Ele lê parâmetros como entradas em uma interface principal (EP-Launch) – como apresentada na Figura 6 – e mostra saídas em arquivos de textos ou até mesmo planilhas; podendo até mesmo comparar graficamente o resultado de várias simulações.

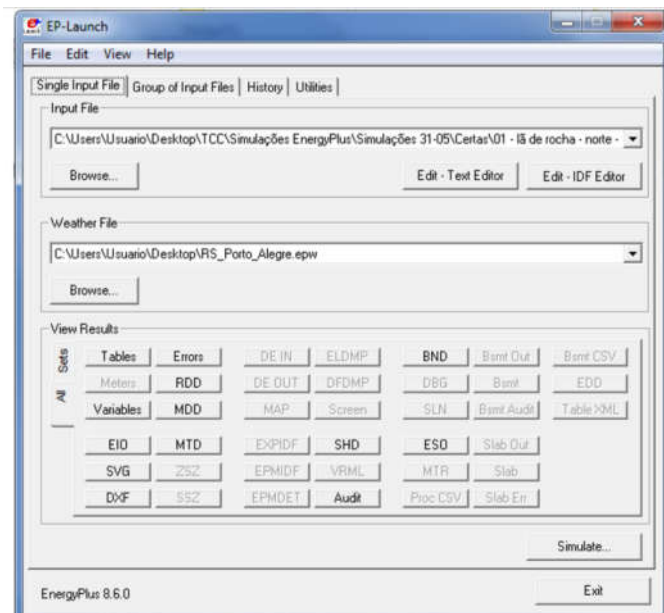


Figura 6 – Interface do *EnergyPlus*. Retirado de [1].

A construção e modelagem da edificação são realizadas no sistema de edição (Edit – IDF Editor), de acordo com a Figura 7 [8][1].

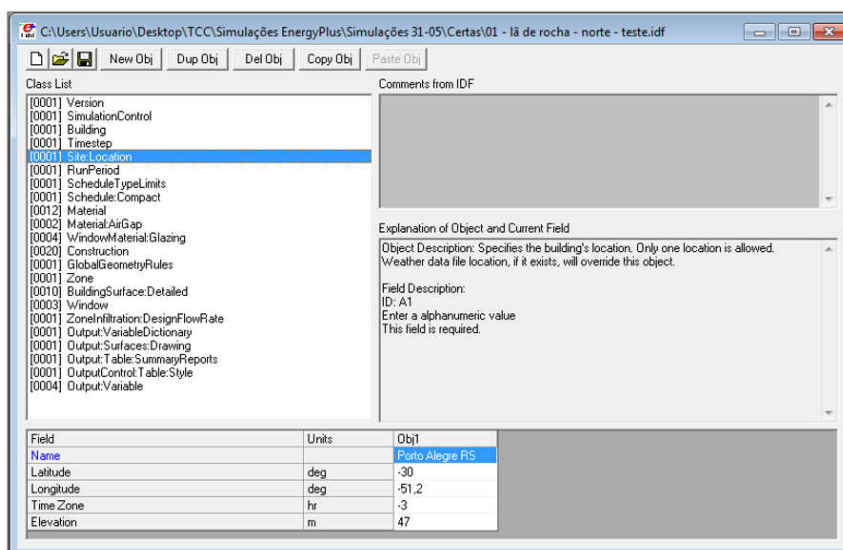


Figura 7 – Sistema de edição de dados do *EnergyPlus*. Retirado de [1].

5. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Os softwares pesquisados foram o *DOMUS* e o *EnergyPlus* será observado o seu desempenho diante de casos práticos apresentados em outros artigos e referências bibliográficas. Ambos realizam simulações parecidas com interfaces diferentes, o que gera algumas vantagens que serão apresentadas; e o software *DOMUS* ainda calcula a classificação da edificação quanto sua eficiência energética. No artigo de Thyanne Lodete [4], foi utilizado o software de análise termoenergética para modelagem de uma Planta Piloto Bioclimática da UFSC – Centro Araranguá, com resultado da modelagem representada na Figura 8.

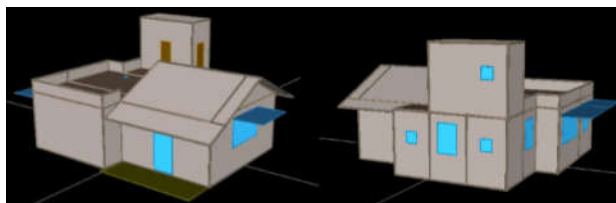


Figura 8 – Modelagem da Planta Piloto Bioclimática da UFSC – Centro Araranguá. Retirado de [4].

Realizou-se uma comparação com os dados de consumo energéticos utilizados para iluminação e equipamentos, mantendo o padrão para a modelagem sem estratégias bioclimáticas e com estratégias bioclimáticas. Com isso, percebeu-se que em relação ao consumo anual, a edificação com estratégias bioclimáticas teve um consumo 25% menor do que a edificação sem estratégia bioclimática, como é observada na Tabela 1, concluindo que em alguns períodos do ano foi possível reduzir o consumo, pois a estrutura da edificação era mais adequada.

Tabela 1 – Consumo mensal de energia, em kWh, referente a climatização para as edificações bioclimáticas e comum.

Mês	Resfriamento		Aquecimento		Ventilação	
	Com estratégias	Sem estratégias	Com estratégias	Sem estratégias	Com estratégias	Sem estratégias
Janeiro	121,10	1193,10	0,00	0,00	15,10	27,30
Fevereiro	130,10	214,70	0,00	0,00	15,90	29,80
Março	148,10	235,70	0,00	0,00	18,20	32,50
Abril	91,20	133,20	0,00	2,30	11,20	18,70
Maio	58,90	69,40	1,50	19,50	7,40	11,70
Junho	19,70	14,20	4,30	56,90	2,80	9,00
Julho	13,70	4,40	5,70	59,10	2,20	8,00
Agosto	54,90	64,20	0,80	30,90	6,90	12,10
Setembro	51,30	50,90	0,50	10,00	6,70	8,30
Outubro	78,40	96,60	0,10	2,90	9,90	13,70
Novembro	134,70	199,80	0,00	0,00	16,80	27,80
Dezembro	148,50	251,40	0,00	0,00	18,60	35,50
TOTAL	1050,60	1527,60	12,90	181,60	131,70	234,40

Fonte: Retirado de [4].

Outro ponto observado foi a diferença entre as temperaturas internas da edificação. Na tabela 2, está apresentada a diferença média diária mensal entre a temperatura externa e a temperatura no interior das áreas climatizadas.

Tabela 2 – Diferença média diária mensal, em °C, entre a temperatura interna e externa.

Mês	Área Técnica 1		Área Técnica 2	
	Com estratégias	Sem estratégias	Com estratégias	Sem estratégias
Janeiro	1,57	1,48	2,30	2,03
Fevereiro	0,47	0,42	1,19	0,91
Março	0,97	0,66	1,68	1,20
Abril	2,62	1,28	3,19	1,92
Maio	4,02	1,91	4,59	2,69
Junho	5,46	2,74	6,41	3,37
Julho	5,94	2,83	6,79	3,87
Agosto	5,37	2,82	6,04	3,69
Setembro	4,61	2,18	4,94	2,96
Outubro	3,94	2,07	4,37	2,81
Novembro	1,20	0,79	1,93	1,32
Dezembro	1,11	0,90	2,02	1,46
Média Anual	3,13	1,68	3,80	2,39

Fonte: Retirado de [4]

A partir dos dados da Tabela 2, é notório que a diferença média diária mensal entre as temperaturas é menor na edificação que não possui estratégias, fazendo com que esta sofra maiores influências das condições climáticas externas. Além disso, este tipo de edificação possui amplitude

térmica maior, especialmente pela ausência de isolamento térmico, e isto implica em uma redução da diferença média diária mensal de temperaturas.

Nas análises feitas por Milena Paim [23] os principais resultados são de consumo anual de energia elétrica e o desempenho térmico das superfícies, obtidos para edificações com e sem estratégias bioclimáticas. Em consonância com as análises de Thayanne Lodete [4], foi comprovado que o conforto térmico da edificação melhorou com as estratégias bioclimática; concluindo que estratégias de isolamento térmico utilizados na construção da edificação bioclimática, como fachadas ventiladas, telhado vegetado e termoacústicos tem um desempenho melhor.

Os trabalhos que utilizam análises térmica e energética de edificações envolvem a utilização de simulação computacional, fazendo o uso de *softwares* como o *DOMUS* e o *EnergyPlus*. Dentre as inúmeras vantagens, recursos e aplicações pode-se destacar: simulação de variáveis ambientais em edificações; identificação da melhor alternativa para a eficiência energética; estimativa de redução de consumo e demanda de energia; e rapidez, baixo custo e precisão de resultados quando se comparado a outros métodos.

Tanto o *DOMUS* e o *EnergyPlus* podem ser obtidos gratuitamente em seus respectivos sites de fornecimento. Contudo, existem algumas diferenças significativas entre eles, diferenças essas que podem ser significativas na hora de utilizar o *software*. Enquanto o *EnergyPlus* roda nos sistemas operacionais *Windows*, *Mac OS X* e *Linux*; o *DOMUS* tem a restrição de poderem ser utilizados apenas em *Windows*.

O desenvolvimento do *EnergyPlus* é financiado pelo Departamento de Tecnologias de Construção (BTO) do Departamento de Energia dos EUA (DOE), o que torna sua interface e comandos no idioma inglês, o que pode limitar o uso pode algumas pessoas no Brasil, tendo em vista que o idioma oficial do país é o português.

Um dos problemas que pode invalidar a utilização de *softwares* de simulação termoenergética de edificações no Brasil seria a escassez de adaptação desses programas à realidade brasileira, como por exemplo, a utilização de dados reais de climas, topografias e topologias – e também a escassez de interfaces gráficas apropriadas com terminologias em português; o que não o torna acessível a toda a população.

Isso ocorre porque, em sua maioria, os programas disponíveis têm origem estrangeira. O *DOMUS* pode suprir as dificuldades citadas acima, pois possui interface no idioma português e possui dados do zoneamento brasileiro.

Para fins de sondagem, foi realizada uma pesquisa utilizando um questionário feito no *Google Docs* sobre conhecimento do público da UFERSA com respeito a esses softwares; *se já conheciam, há quanto tempo conheciam, se já utilizaram*. Participaram da pesquisa 74 discentes da UFERSA, e a seguir são apresentados os resultados.

Foi observado que quase 90% dos entrevistados não conhecem nenhum *software* de simulação termoenergética de edificações, como mostrado no Figura 9. Possivelmente ocasionado pela pouca divulgação, ou pela baixa necessidade de aplicação nos cursos de graduação. Talvez esse dado se torne um alerta para uma possível atualização tecnológica, o que pode produzir profissionais mais bem preparados para o mercado de trabalho.

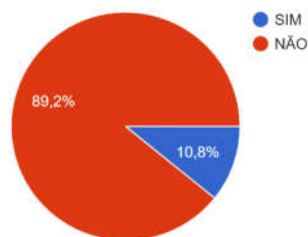


Figura 9 – Respostas da pergunta VOCÊ CONHECE ALGUM SOFTWARE DE SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES? Fonte: Autoria Própria.

De um pouco mais de 10% que disseram conhecer os softwares de simulação, aproximadamente 62% conhecem a menos de um ano, como mostra a Figura 10, concluindo que ainda é um conhecimento que é recente dentro na universidade, e possivelmente esteja ganhando espaço entre os estudantes, sejam por produções de trabalhos científicos ou por curiosidade, pois aproximadamente 38% dos entrevistados conhecem há mais tempo. Por outro lado, ter respondido ter o conhecimento da sua existência não os habilitam, ainda, como usuários recorrentes destes *softwares*.

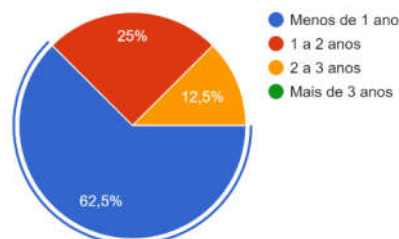


Figura 10 – Respostas da pergunta HÁ QUANTO TEMPO VOCÊ CONHECE O SOFTWARE DE SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA? Fonte: Autoria Própria.

De um grupo de oito discentes que afirmam conhecer algum software de simulação termoenergética, apenas 25% já utilizou algum deles, como mostra a Figura 11. Esta pergunta foi essencial para determinar o nível de conhecimento sobre os *softwares*, se há somente a informação da existência ou a prática do uso. O que foi percebido é que ainda não há a recorrência do uso destas simulações. O que levantou questionamentos sobre quais destes softwares estão dentro da perspectiva de uso dando três perspectivas dos mais disponíveis e acessíveis no momento.

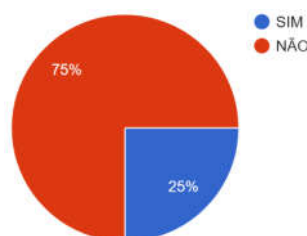


Figura 11 – Respostas da pergunta VOCÊ JÁ UTILIZOU ALGUM DESSES SOFTWARES? Fonte: Autoria Própria.

Dos 25% que utilizam um software de simulação, todos apontaram o uso do DOMUS. Acredita-se que este dado seja devido aos dados de zoneamento do Brasil que estão disponíveis para uso, deixando a entender que ele foi utilizado para aplicação direta em casos reais, ou que necessitavam de resultados mais descritivos.

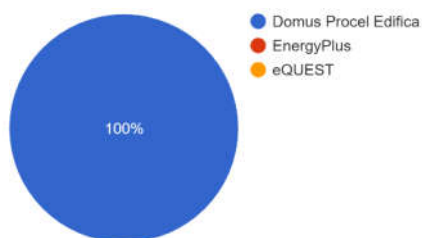


Figura 12 – Respostas da pergunta QUAL DESSES SOFTWARES DE SIMULAÇÃO VOCÊ JÁ UTILIZOU? Fonte: Autoria Própria.

Estes resultados descrevem basicamente que o caminho para difundir a simulação como prática de obtenção de medidas para o conforto térmico é longo e está somente no início. Assim, é necessário planejamento pedagógico e preparação para a inserção destas ações em atividades na graduação.

6. CONCLUSÕES

O artigo visou mostrar a importância da aplicação de *softwares* de simulação termoenergética, a fim de melhorar o conforto térmico e o desempenho da edificação. Diante dos resultados apresentados, pode-se perceber que as edificações que utilizam esses *softwares* têm um resultado melhor de consumo energético, além gerarem maior economia. Quanto ao seu uso, conclui-se que a principal característica que limita a escolha é os dados que ele possui de clima, região, topologia etc. Com a pesquisa feita no *Google Docs*, foi possível concluir que apesar deles serem de suma importância na hora do projeto da edificação, ainda é pouco o número de utilizadores dessa ferramenta ainda na graduação. Por fim, pode-se afirmar que a aplicação de desses *softwares* proporciona benefícios aos ocupantes da edificação, sendo fundamental que esta seja uma

alternativa, desde a fase de projeto, para melhorar o desempenho termoenergético e evitar problemas futuros.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Andreolli, S. **Avaliação Do Desempenho Térmico De Edificações Em Contêiner**. Lajeado, 2017.
- [2] Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. (s.d.). Fonte: ABESCO: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>, acesso em janeiro de 2020.
- [3] Batiz, E. C., Goedert, J., Morsch, J. J., Junior, P. K., & Venske, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo. PRODUÇÃO. 2009.
- [4] Bilésimo, T. L., Rampinelli, G. A., & Marcelino, R. **Modelagem E Simulação Do Desempenho Termoenergético De Uma Edificação Com Arquitetura Bioclimática**. Gramado, Rio Grande do Sul/RS, Brasil. 2018.
- [5] BRANDLI, L.; KOHLER, R.; BRITO, F.; KOTLINSKI, J.; FRANDOLOSO, M. **Avaliação do Indicador de Sustentabilidade em Edificações nas Cidades de Passo Fundo e Ijuí, RS**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. Anais de Eventos. Campinas. 2007.
- [6] BRASIL, O. (s.d.). NAÇÕES UNIDAS BRASIL. site: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>, acesso em janeiro de 2020.
- [7] Brasileiro, A. M. **Manual de Produção de Textos Acadêmicos e Científicos**. São Paulo: Atlas. 2012.
- [8] BTO, T. U. (s.d.). EnergyPlus. Fonte: EnergyPlus: <https://energyplus.net/>, acesso em janeiro de 2020.
- [9] CAMPOS, I. B. (s.d.). **Análise Da Adequação De Um Edifício Comercial A Etiqueta**. Fortaleza. 2010.
- [10] Canoas-RS, C. E. (2009). CALOR. Fonte: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física; Instituto de Física: <https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/calor.htm>, acesso em janeiro de 2020.
- [11] Costa, B. A.; Nunes, L. A. da S.; Sousa, L. L. L.; **Estudo do conforto térmico de uma residência unifamiliar**. TCC do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia – UFERSA, 2017.
- [12] Donoso, P. D. (s.d.). Universidade de São Paulo; Instituto de Física de São Carlos - IFSC. Fonte: Calor, energia e transferência de calor.
- [13] Edifica, D. d. (s.d.). PBE EEDIFICA. site: <http://www.pbeedifica.com.br/node/27>, acesso em janeiro de 2020.
- [14] Empresa de Pesquisa Energética. (s.d.). Site: EPE: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>, acesso em janeiro de 2020.
- [15] ENGEPOLI. (s.d.). SISTEMAS SUSTENTÁVEIS: <https://engepoli.com/o-que-e-conforto-termico/>, acesso em janeiro de 2020.
- [16] Freedman, Y., & Freedman. **Física 2**. São Paulo: Pearson. 2012.
- [17] GRILLO, José Carlos Soares. **Reabilitação ambiental de edifício público moderno: O caso do Palácio Itamaraty**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2005.
- [18] Instrumento de Apoio à Eficiência Energética de Edificações. (s.d.). Fonte: DOMUS PROCEL EDIFICA: <http://www.domus.pucpr.br/>, acesso em janeiro de 2020.
- [19] LABEEE. (s.d.). LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES: <http://www.labeee.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/simulacao-termo-energetica-de-edificacoes>, acesso em janeiro de 2020.
- [20] Oliveira, R. C. (s.d.). School of Electrical and Computer Engineering. Fonte: University of Campinas - UNICAMP: <http://www.dt.fee.unicamp.br/~ricfow/domus.php>, acesso em janeiro de 2020.
- [21] PICCOLI, R.; KERN, A. P.; GONZÁLEZ, M. A. S. **Sustentabilidade, Avaliação e Certificação**

- de Edifícios.** In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 12. Anais de Evento. Fortaleza. 2008.
- [22] PROCELINFO 2006. site: Centro Brasileiro de Informação e Eficiência Energética: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04%7D/>, acesso em janeiro de 2020.
- [23] SILVA, M. P. **Simulação E Análise Termoenergética De Uma Planta Piloto Bioclimática.** Aranguá, Santa Catarina, 2017.



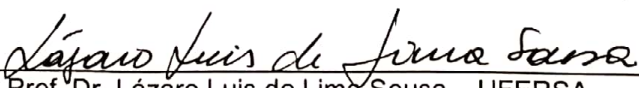
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

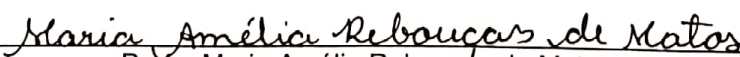
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

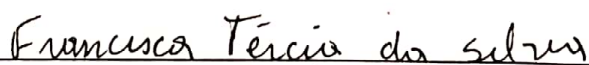
Às 15h00 horas do dia sete de fevereiro de dois mil e vinte, na sala 03 da Central de Aulas V do CCEN – Centro de Ciências Exatas e Naturais da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **MARIA MARIANA XAVIER DE LIMA MEDEIROS**, aluno do curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2017010791**, com o título **“ANÁLISE DO USO DE SOFTWARES DE SIMULAÇÃO TERMOENÉRGICAS EM EDIFICAÇÕES”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. Lázaro Luis de Lima Sousa, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Profa. Maria Amélia Rebouças de Matos e Profa. Francisca Tércia da Silva, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **9,5; 9,5; 10,0**. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi **APROVADO** com média geral **9,7 (nove vírgula sete)**. E para constar, eu, Lázaro Luis de Lima Sousa, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 07 de fevereiro de 2020.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.


Prof. Dr. Lázaro Luis de Lima Sousa – UFERSA
Presidente e orientador


Profa. Maria Amélia Rebouças de Matos
Primeiro Membro


Profa. Francisca Tércia da Silva
Segundo Membro