



Simulação de Eficiência Energética de Modelos com paredes de Concreto e Alvenaria através do Archicad 27

Simulation of Energy Efficiency of Models with Concrete and Masonry walls using Archicad 27

Simulación de Eficiencia Energética de Modelos con Muros de Hormigón y Mampostería usando Archicad 27

Fabricio Kohl

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, Atitus Educação, Brasil.
fabriciokohl@gmail.com

Thaís Leal da Silva

Professora Doutora, Atitus Educação, Brasil.
thaisa.silva@atus.edu.br

Lauro André Ribeiro

Professor Doutor, Atitus Educação, Brasil.
lauro.ribeiro@atus.edu.br



RESUMO

A eficiência energética é um importante aspecto para racionalização de energia. Através dela busca-se manter o conforto térmico dos usuários com um menor consumo de energia. Conforme a escolha dos materiais de construção, a edificação poderá ter um pior ou melhor desempenho energético em sua utilização. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é analisar a eficiência energética de um modelo arquitetônico com paredes de alvenaria e concreto armado, através da ferramenta de simulação nativa de verificação do Archicad 27. Como metodologia, foram realizadas simulações energéticas de quatro tipos de paredes diferentes, usando a ferramenta EcoDesigner STAR do Archicad 27. Duas simulações usando paredes de alvenaria com espessuras de 19cm e 14cm, e outras duas com paredes de concreto nas espessuras de 12cm e 10cm. A partir dos resultados foi possível verificar um melhor desempenho das paredes de alvenaria, onde o modelo de alvenaria de espessura de 19cm apresentou a temperatura interna mínima mais elevada, demonstrando melhor isolamento térmico. Ainda, ao analisar o modelo com as paredes de concreto, a parede de 10cm de espessura obteve os piores resultados apresentando maior número de horas utilizadas por ano para aquecimento e refrigeração, sendo a menos eficiente de todos os modelos testados. Assim, é possível ressaltar a importância de estudos de avaliação do desempenho energético ainda na fase de projeto das edificações, auxiliando os projetistas na escolha de materiais de construção que possibilitem a elaboração de projetos arquitetônicos mais eficientes energeticamente.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética. Simulação Computacional. Paredes de Alvenaria. Paredes de Concreto.

SUMMARY

Energy efficiency is an important aspect for energy rationalization. This aims to maintain the thermal comfort of users with lower energy consumption. Depending on the choice of construction materials, the building may have worse or better energy performance. In this context, the objective of this article is to analyze the energy efficiency of an architectural model with masonry and reinforced concrete walls, using the native simulation verification tool of Archicad 27. As a methodology, energy simulations of four different types of walls were carried out, using the EcoDesigner STAR tool in Archicad 27. Two simulations using masonry walls with thicknesses of 19cm and 14cm, and two others with concrete walls with thicknesses of 12cm and 10cm. From the results it was possible to verify a better performance of the masonry walls, where the 19cm thick masonry model presented the highest minimum internal temperature, demonstrating better thermal insulation. Furthermore, when analyzing the model with concrete walls, the 10cm thick wall obtained the worst results, presenting the highest number of hours used per year for heating and cooling, being the least efficient of all the models tested. Thus, it is possible to highlight the importance of energy performance assessment studies even in the building design phase, helping designers choose construction materials that enable the creation of more energy-efficient architectural projects.

KEYWORDS: Energy Efficiency. Computational Simulation. Masonry Walls. Concrete Walls.

RESUMEN

La eficiencia energética es un aspecto importante para la racionalización energética. Con ello se pretende mantener el confort térmico de los usuarios con un menor consumo energético. Dependiendo de la elección de los materiales de construcción, el edificio puede tener peor o mejor rendimiento energético. En este contexto, el objetivo de este artículo es analizar la eficiencia energética de un modelo arquitectónico con muros de mampostería y hormigón armado, utilizando la herramienta nativa de verificación de simulación de Archicad 27. Como metodología, se realizaron simulaciones energéticas de cuatro tipos diferentes de muros. a cabo, utilizando la herramienta EcoDesigner STAR en Archicad 27. Dos simulaciones usando muros de mampostería con espesores de 19cm y 14cm, y otras dos con muros de concreto con espesores de 12cm y 10cm. A partir de los resultados se pudo verificar un mejor desempeño de los muros de mampostería, donde el modelo de mampostería de 19 cm de espesor presentó la temperatura mínima interna más alta, demostrando un mejor aislamiento térmico. Además, al analizar el modelo con muros de hormigón, el muro de 10 cm de espesor obtuvo los peores resultados, presentando el mayor número de horas utilizadas al año para calefacción y refrigeración, siendo el menos eficiente de todos los modelos probados. Así, es posible resaltar la importancia de los estudios de evaluación del desempeño energético incluso en la fase de diseño de los edificios, ayudando a los diseñadores a elegir materiales de construcción que permitan la creación de proyectos arquitectónicos más eficientes energéticamente.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia energética. Simulación computacional. Muros de mampostería. Paredes de concreto.



1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) aponta no Objetivo 7 – Energia Limpa e Acessível que como uma das metas: “dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030” (ONU, 2015). Uma das alternativas para melhorar a eficiência energética diz respeito ao consumo energético das edificações.

O crescimento do consumo energético nas edificações é uma questão preocupante. Segundo o Balanço Energético Nacional 2023, o consumo de energia do setor residencial cresceu 20,1% entre 2013 e 2022 no Brasil. Este setor é responsável pelo consumo de 26,6% de toda a energia utilizada no Brasil (Empresa de Pesquisa Energética, 2023).

A eficiência energética pode ser conceituada como o uso racional da energia. Através dela busca-se melhorar o desempenho, com o menor consumo possível. O uso de dispositivos, sistemas e materiais com esse intuito, reduzem o desperdício de energia e enquanto melhoram o conforto térmico dos usuários dos ambientes (Iberdrola, 2023).

Uma edificação eficiente energeticamente promove o bem estar e conforto térmico dos usuários com menor tempo de uso de sistemas, economizando energia e reduzindo o impacto ambiental (Oliveira *et al.*, 2016) . Ainda, a redução do consumo de energia está relacionada com a implementação de classificações energéticas através de padrões de classificação reconhecidos nacionalmente, proporcionando a escolha de materiais eficientes e com melhor desempenho nas edificações (Oliveira *et al.*, 2016) . A localização da edificação também tem grande influência nos resultados de desempenho, os fatores regionais são determinantes para a análise de eficiência energética em uma construção (Dos Santos Ramos, 2022). O clima exerce um papel fundamental no desempenho energético das edificações. Entender essa relação é crucial para analisar o comportamento das edificações, onde estão inseridas e quais diretrizes iniciais de projeto voltadas ao seu comportamento térmico podem reduzir o consumo de energia durante a operação (Verzola *et al.*, 2021).

Dentre os sistemas construtivos mais usuais, podemos destacar dois sistemas de fechamento de paredes, o de estrutura de concreto armado com vedação em alvenaria e o sistema de paredes de concreto moldadas no local. Eles abrangem um conjunto de métodos construtivos comumente utilizados nas edificações (Cruz; Santos; Mendes, 2018). A alvenaria ainda é o principal método construtivo utilizado nas edificações, sendo denominado convencional a obra com estruturas de concreto armado moldadas *in loco* e as vedações de tijolo cerâmico assentados com argamassa (Zúñiga; Santos; Silva, 2017).

Devido ao alto crescimento do mercado brasileiro passou-se a utilizar um sistema mais eficiente e ágil, para acompanhar as demandas de mercado (Silva *et al.*, 2008). Desta forma, o método de parede de concreto começou a ser amplamente implementado para a execução de obras que demandavam mais celeridade (Santos; Gouveia, 2018).

Em 2001, ano em que ocorreu a crise de desabastecimento de energia, fez com que o Brasil repensasse o seu posicionamento em relação ao consumo de energia. Esse fato, em seu ápice, proporcionou a implementação da Lei 10.295 (Brasil, 2001), conhecida como a Lei da Eficiência Energética. Essa lei obteve como alguns resultados a promoção da regulamentação da eficiência energética de edificações (Cruz *et al.*, 2014). Como forma de regulamentação, foram publicados o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de



Edifícios Comerciais (RTQ-C), de Serviços e Públicos, publicado em 2009 (BRASIL, 2009); e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), publicado em 2010 (Brasil, 2010).

Os regulamentos foram sendo atualizados através de portarias e seus métodos de avaliação modificados. Em 2021, passaram a se chamar Instrução Normativa Inmetro, denominadas especificamente para edificações comerciais e residenciais assim como eram chamadas nos regulamentos (PBE Edifica, Brasil, 2022). As instruções normativas têm como objetivo determinar os métodos de avaliação, classificação e criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações. Os parâmetros das configurações de materiais e composições de materiais foram publicados através da Portaria do INMETRO nº50 em 2013 (Brasil, 2013).

No ano de 2022, através da Portaria nº309 (Brasil, 2022), foi publicada a mais recente atualização da Instrução Normativa Inmetro para as Edificações Comerciais (INI-C), de Serviços e Públicas, a Instrução Normativa Inmetro para as Edificações Residenciais (INI-R), os Requisitos de Avaliação da Conformidade e as Especificações para o Selo de Identificação da Conformidade, na forma da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), para Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, e Edificações Residenciais.

Nesse contexto, através do uso de ferramentas de simulação computacional é possível avaliar energeticamente por meio de simulações e identificar o desempenho térmico e energético de edificações com diferentes materiais e modelos arquitetônicos na fase inicial dos projetos, estimando o consumo de energia, custo e também o impacto ambiental gerado pela escolha de projeto (Mendes *et al.*, 2005). Na busca por melhores resultados das edificações, o método de simulação está sendo amplamente utilizado pelos projetistas ainda nas fases iniciais dos projetos. Tecnologias digitais são ferramentas importantes para simular e analisar e antecipar o comportamento durante o uso da edificação ainda na fase de projeto (Santos *et al.*, 2022).

O melhor momento para a definição do desempenho dos edifícios são as fases iniciais do projeto. Nesta etapa é possível avaliar e comparar o impacto exercido por diferentes configurações arquitetônicas, métodos construtivos e materiais de construção no nível de eficiência energética da edificação (Oliveira; Bittencourt; Dória, 2023). Culturalmente tem-se como premissa que as ferramentas de simulação são apenas utilizadas por especialistas da área, distanciando a simulação do cotidiano de escritórios de arquitetura e engenharia (Oliveira *et al.*, 2016). Uma forma de realizar uma simulação é a utilização de um software BIM como o *Archicad 27*, onde é possível desenvolver todo o projeto e ainda realizar a simulação através do motor de simulação integrado ao sistema.

Assim, o objetivo deste artigo é analisar a eficiência energética de paredes de alvenaria e concreto armado, inseridas em um modelo arquitetônico elaborado através da ferramenta de simulação nativa de verificação do *Archicad 27*.

A simulação para a avaliação da eficiência energética da edificação, utilizando as configurações de materiais do Anexo V possibilita ao projetista tomar a melhor decisão quanto ao desenvolvimento de uma projeto eficiente energicamente, evitando desperdícios de tempo



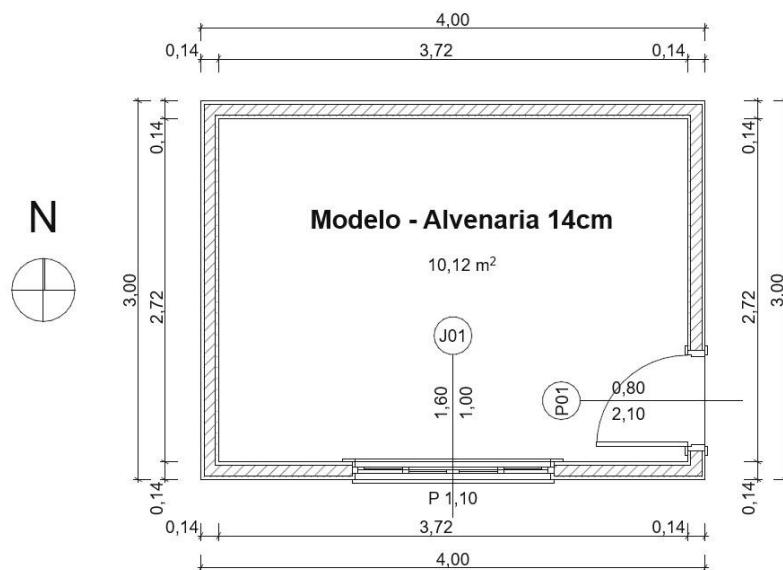
e materiais (Oliveira; Bittencourt; Dória, 2020).

2 MÉTODO

Para atingir o objetivo deste artigo, foi desenvolvido um modelo arquitetônico para executar comparações de eficiência energética em um simulador nativo de um software BIM. O projeto foi elaborado através do software *Archicad 27*, desenvolvido pela *Graphisoft*, que possui a ferramenta denominada “Avaliação Energética” *EcoDesigner STAR*.

O modelo projetado foi um ambiente residencial, de forma retangular com 3,00m de largura, por 4,00m de comprimento, conforme a apresentado na Figura 1. O modelo possui uma janela com dimensões de 1,60m de largura, 1,00m de altura e peitoril de 1,10m e ainda uma porta de 0,80mx2,10m. Foram projetados modelos com paredes de alvenaria com espessura de 14cm, onde a área interna resulta em 10,12m², paredes de alvenaria com espessura de 19cm, resultando na área interna de 9,48m², paredes de concreto com espessura de 10cm, com área interna de 10,64m² e paredes de concreto com espessura de 12cm com área interna de 10,38m².

Figura 1 - Planta baixa do modelo elaborado com paredes de alvenaria de 14cm

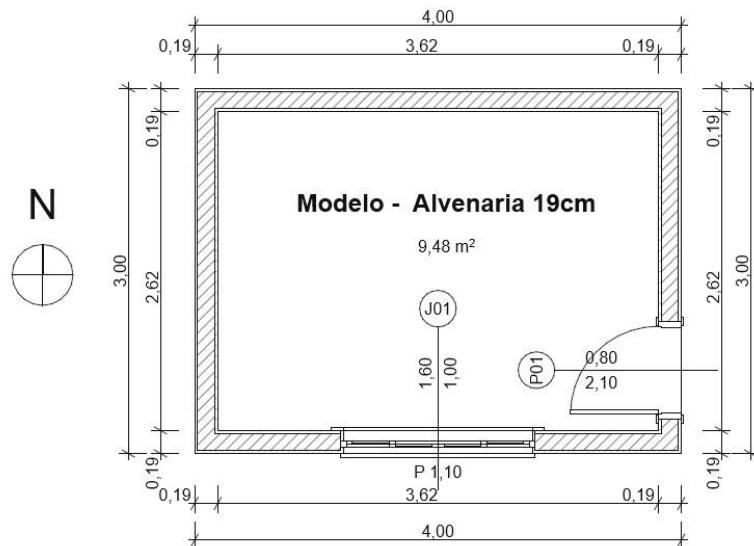


Fonte: Autores (2024).

As variações de espessuras das paredes não alteram as dimensões externas do objeto, apenas as internas, como pode ser observado na Figura 2, a qual apresenta uma área interna menor do que a área interna da Figura 1. O pé direito adotado para o estudo é de 2,55m e a cobertura é de laje de concreto maciça.



Figura 2 - Planta baixa do modelo com paredes de alvenaria de 19cm



Fonte: Autores (2024).

O simulador *EcoDesigner STAR* calculou a eficiência energética dos modelos que tiveram as suas paredes configuradas com materiais de alvenaria e também de concreto, baseado no Anexo Geral V – Catalogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros (INMETRO,2013).

A análise deste estudo identificou o consumo de energia do modelo elaborado utilizando uma simulação da fase operacional do edifício, não sendo analisado o consumo de energia durante a aquisição de matéria-prima, fabricação e construção do modelo. A avaliação apresentou como resultado o consumo de energia em kWh/a – (quilowatt-hora por ano) para aquecimento, refrigeração, iluminação, eletrodomésticos e sistemas de ventilação. Ainda descreveu o número de horas utilizadas por ano para aquecimento e também refrigeração e as temperaturas mínimas e máximas internas dos ambientes simulados. Também foi possível analisar o consumo de energia por tipos de fonte, renovável ou secundária, balanço energético mensal, impacto ambiental, perfis de temperatura diária, consumo e custos de energia.

Os modelos arquitetônicos elaborados possuem a representação em 3D conforme apresentado na Figura 3. Não foi modelado o entorno, terreno, vegetação e nem o beiral, focando na simulação apenas da edificação.



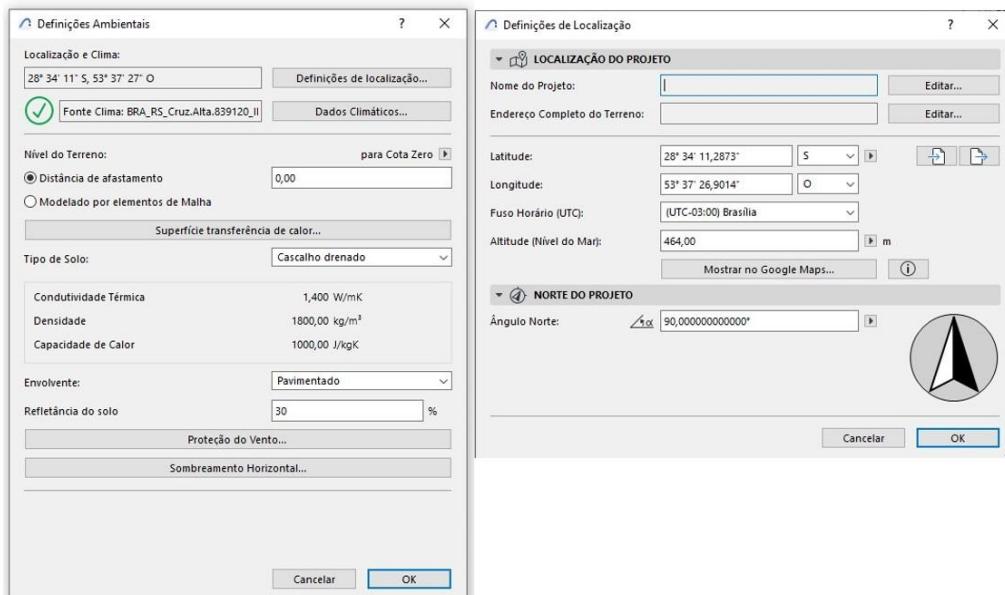
Figura 3 - Representação das perspectivas de modelos de alvenaria e concreto



Fonte: Autores (2024).

Posterior ao desenvolvimento dos modelos propostos, foi necessário inserir os dados de localização, com as coordenadas do local proposto. Neste caso, a localização do projeto foi a cidade de Cruz Alta/RS (Brasil), as coordenadas de localização são 28°34'11,2873" Sul e 53°37'26,9014" Oeste, ponto esse localizado a uma altitude de 464,00m em relação ao nível do mar. Os modelos propostos possuem fachada voltada para o norte. Conforme representado na Figura 4, a fonte dos dados climáticos utilizados e importados para a simulação no programa, foi extraída através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de acordo com a cidade selecionada.

Figura 4 - Definições ambientais e localização do projeto

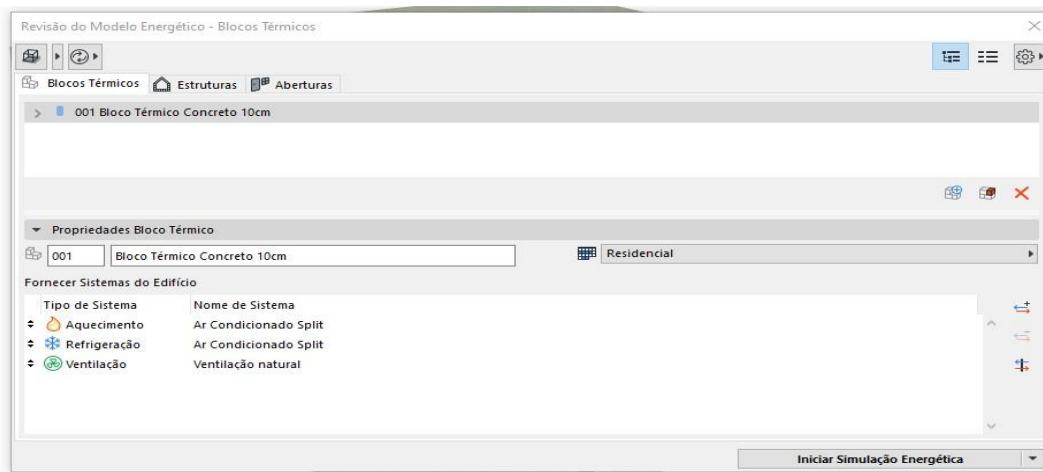




Fonte: Autores (2024).

Posterior a definição da localização, foi necessário identificar a zona térmica que seria analisada na simulação. Por se tratar de um modelo para simples avaliação, o objeto apresentava apenas uma zona térmica a ser configurada. Essa zona representou o ambiente que foi avaliado pelo simulador. Quando configurada a zona térmica, o software permitiu vincular a zona térmica ao bloco térmico (Figura 5), que é a seleção de um ou mais ambientes em um edifício que têm orientação, operação de perfil e requisitos internacionais de temperatura, esse vínculo permitiu selecionar a zona a ser analisada, definir o perfil da operação, que nesse caso foi residencial e também definir os sistemas do edifício. Os sistemas adotados para a simulação foram o sistema de ar condicionado e o sistema de ventilação natural através das aberturas.

Figura 5 - Configuração do bloco térmico



Fonte: Autores (2024).

O sistema de aquecimento e refrigeração foi configurado com o aparelho de ar condicionado split, conforme a Figura 6, onde é configurado o aparelho de aquecimento e sua potência de saída de aquecimento. Para a refrigeração, também é configurado a quantidade de Btu/h de capacidade de refrigeração do aparelho. O sistema de ventilação natural utilizado para a simulação possui um fluxo de ar definido de 1,00 m³/h, 24 horas por dia, todos os dias do ano.



Figura 6 - Configurações dos sistemas de aquecimento e refrigeração

DEFINIÇÕES DE AQUECIMENTO

- Subtipo: Circulação-água
- Caldeira ou Fornalha
- Coletor Térmico Solar
- Bomba de Calor da Água
- Expansão Direta (XD)

DEFINIÇÕES DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

- Subtipo: Ainda não especificado
- Central
- Local
- Máquina de Refrigeração
- Expansão Direta (XD)

DEFINIÇÕES DE EXPANSÃO DIRETA (XD) LOCAL

Objectivo:	Ar Interior
Capacidade de Resfriamento:	12000 Btu/hr
Fator de Calor (COP):	3,26
Fator By-pass:	5,00 %
Parte Coeficiente de Carga:	0,30
Refrigerante:	R410A

DEFINIÇÕES DE EXPANSÃO DIRETA (XD) LOCAL

Saída de aquecimento:	1020,00 W
Fator de Aquecimento (COP):	11,76
Temperatura do evaporador:	Nominal 7,00 °C
	Menor -10,00 °C
Temperatura do Condensador:	Nominal 35,00 °C
	A Mais Elevada 46,00 °C
Faixa de velocidade do Compressor:	Baixa 50,00 %
Com base na velocidade nominal de 100%	Alta 150,00 %
Demandas de Energia de:	
Bomba de Circulação de Aquecimento Médio:	0,00 %
Ventilador do Evaporador:	4,00 %
Refrigerante:	R410A

Evaporador:

Temperatura:	10 °C
Límite mínimo de operação:	5 °C
Diferença de Temperatura:	5 °C
Demandas Elétricas Ventilador Auxiliar:	400 W
Fluxo de Ar Ventilado Auxiliar:	200 m³/h

Condensador:

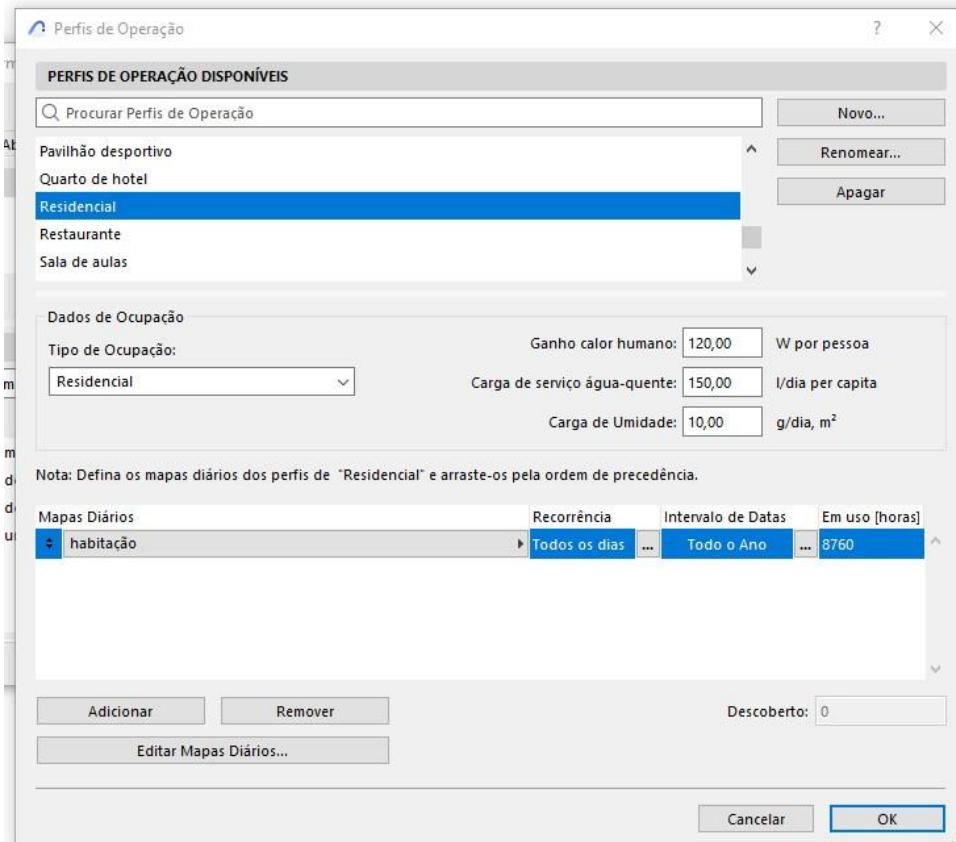
Temperatura:	35 °C
Límite Máximo de Operação:	45 °C
Diferença de Temperatura:	5 °C
Demandas Elétricas Ventilador Auxiliar:	0 W

Fonte: Autores (2024).

Os perfis de operação podem ser personalizados conforme o uso da edificação projetada. Nos perfis ainda foi possível definir o ganho de calor humano, carga de serviço de água-quente e a carga de umidade. Ainda, conforme a Figura 6, foi possível criar mapas diários de uso e permanência para estabelecer as horas de uso da edificação. Para a simulação, o perfil residencial foi configurado com o mapa diário padrão para residencial, que especificava a temperatura ideal entre 26°C de máxima e 20°C de mínima no período diário das 06:00 horas até as 23:00 de cada dia. O ambiente residencial simulado, foi caracterizado com o ganho de calor humano de 120,00 Watts por pessoa, a carga de água-quente com 150,00 litros/dia per capita e a carga de umidade de 10,00 gramas/dia.m². No mapa diário, a configuração padrão utilizada para todos os modelos foi de 30,00 m² por pessoa. A potência da iluminação compacta fluorescente foi de 3,00 W/m² no período das 6 horas às 8 horas da manhã e das 19 horas às 23 horas da noite. Não foram contabilizados equipamentos no ambiente simulado.



Figura 6 - Configuração dos perfis de operação



Fonte: Autores (2024).

A Tabela 1 apresenta as propriedades térmicas adotadas para a simulação de cada modelo com as configurações de paredes escolhidas para o estudo. O simulador avaliou todas as paredes e também analisou os sistemas de cobertura, no caso do objeto modelado é laje maciça de concreto para todos os tipos de paredes.

Tabela 1 – Propriedades térmicas das paredes utilizadas na simulação.

Configuração das paredes	Valor U [W/(m ² .K)]	C _t [Kj/(m ² .K)]
Alvenaria 14cm	2,46	150
Alvenaria 19cm	1,85	161
Concreto 10cm	4,40	240
Concreto 12cm	4,19	288

Fonte: Autores (2024).

Após a configuração de cada modelo, com as respectivas configurações de paredes, foi possível iniciar as simulações no software escolhido. Posterior as simulações dos modelos com todos os tipos de paredes, foi possível analisar os resultados de consumo energético dos diferentes sistemas construtivos.



3 RESULTADOS

Os resultados obtidos através dos relatórios da ferramenta “Avaliação Energética” do Archicad 27, conforme demonstrados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, demonstraram que o modelo com as paredes de alvenaria com 19cm de espessura utilizou menos energia ao longo do ano para todos os objetivos. Foi possível identificar também que o modelo com as paredes de alvenaria superou em eficiência as paredes de concreto, obtendo menos consumo de energia durante o ano. Ainda, observou-se que os modelos com as paredes de alvenaria e de concreto quando possuem a espessura próxima, tendem a ter resultados aproximados, porém ainda com vantagem em eficiência em relação às paredes de alvenaria.

Tabela 2 – Resultados de consumo de energia por objetivos

Nome do Alvo	Alvenaria	Alvenaria	Concreto	Concreto
	14cm kWh/a	19cm kWh/a	10cm kWh/a	12cm kWh/a
Aquecimento	478	298	661	597
Refrigeração	2278	1336	3301	2869
Iluminação e eletrodomésticos	77	72	93	79
Total	2833	1706	4055	3545

Fonte: Autores (2024)

Ao analisar os dados de HVAC – (*Heating, Ventilation and Air Conditioning – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado – tradução nossa*), foi possível verificar a demanda anual de consumo de energia e a temperatura mínima e máxima no interior dos blocos térmicos simulados conforme apresentado na (Tabela 3).

Tabela - 3 Dados de demanda e temperatura das simulações

Bloco Térmico	Demanda de Aquecimento		Demanda de Refrigeração		Temperatura Interna	
	Anual [kWh]	De Hora em Pico [kW]	Anual [kWh]	De Hora em Pico [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
Bloco Alvenaria 14cm	478	1.2	2278	1.8	6.3	30.4
Bloco Alvenaria 19cm	298	1.0	1336	1.2	10.1	30.9
Bloco Concreto 10cm	661	1.3	3301	2.5	5.1	32.3
Bloco Concreto 12cm	597	1.2	2869	2.3	6.0	32.9

Fonte: Autores (2024)

A Tabela 3 demonstrou que o modelo com as paredes de alvenaria com 19cm de espessura obteve a temperatura mínima mais elevada em comparação aos demais modelos, onde a temperatura mínima foi de 10.1°C em 23 de junho e a máxima de 30.9°C no dia 08 de dezembro. O modelo com as paredes de concreto de 10cm de espessura obteve a temperatura mínima de 5.1°C em 07 de setembro e a máxima de 32.3°C em 25 de dezembro. O modelo com as paredes de concreto de 12cm de espessura obteve a temperatura máxima 32.9°C, demonstrando que o modelo com paredes de concreto de maior espessura esquentou mais que



o modelo com paredes de concreto de 10cm, no dia 08 de dezembro e a temperatura mínima de 6°C em 06 de setembro. Por fim o modelo com as paredes de alvenaria de 14cm de espessura obteve a temperatura mínima de 6.3°C em 23 de junho e a máxima de 30.4°C em 08 de dezembro, sendo a temperatura máxima inferior ao modelo com as paredes de alvenaria com 19cm de espessura.

Ainda, com base nos resultados de HVAC gerados pelas simulações, foi possível analisar as horas de utilização no ano, de energia para aquecimento e refrigeração de cada modelo. O modelo com as paredes de alvenaria com 19cm de espessura se mostrou mais eficiente quando comparado ao modelo de alvenaria com espessura de 14cm, reduzindo 180 horas de utilização para aquecimento e 942 horas para refrigeração. Entre os modelos com as paredes de concreto, a parede com espessura de 12cm se mostrou mais eficiente energicamente economizando 64 horas para aquecimento e 432 horas para refrigeração em relação a parede de concreto com espessura de 10cm.

Essa comparação de horas utilizadas para aquecimento e refrigeração demonstrou a eficiência energética superior do modelo com as paredes de alvenaria com 19cm de espessura. Também apresentou a proximidade dos resultados em relação ao número de horas utilizadas pelo modelo com as paredes de alvenaria de 14cm de espessura e pelo modelo com as paredes de concreto com 12cm de espessura. A parede de concreto de 10cm de espessura obteve os piores resultados apresentando maior número de horas utilizadas por ano para aquecimento e refrigeração.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade de analisar a eficiência energética na fase inicial de projeto proporciona escolhas mais eficientes com melhor desempenho e baixo consumo de energia. A avaliação do desempenho energético no projeto permite aos projetistas monitorar e controlar os parâmetros que influenciam o desempenho dos edifícios.

O artigo apresentou a simulação de eficiência energética através da ferramenta nativa de “Avaliação Energética” do *Archicad 27*. Foram desenvolvidos 4 modelos com diferentes composições de materiais de paredes onde cada modelo foi avaliado.

O modelo com as paredes de alvenaria com 19cm de espessura apresentou menor consumo de energia tanto para aquecimento quanto para refrigeração, esse modelo ainda apresentou a temperatura mínima interna mais elevada que os outros modelos, chegando a 10.1°C. O modelo com as paredes de concreto de 10cm, obteve o maior consumo de energia para aquecimento e refrigeração, sendo o menos eficiente de todos os modelos testados.

A evolução nos estudos de desempenho energético através do *Archicad* pode auxiliar na implementação de avaliação energética como método de trabalho ainda na fase de projeto, facilitando a criação de projetos mais eficientes energeticamente e que cumpram as exigências dos padrões de eficiência energética para a construção civil.

Para uma pesquisa futura, seria interessante a exportação dos modelos desenvolvidos para esse estudo comparativo para um formato capaz de ser simulado com o software *Energy Plus*, onde será possível analisar as simulações em ambos as ferramentas para validação resultados obtidos. Ademais, outros materiais poderiam ser testados para verificar a eficiência dos mesmos e também poderia ser avaliado o consumo de energia por tipos de fontes, bem



como o impacto ambiental do funcionamento do edifício, apresentando a pegada de carbono e a energia primária de acordo com as fontes de energia, consumos e custos de energia.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15220-3:2005. Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BRASIL, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Portaria nº 163 - **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. 2009.

BRASIL, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Portaria nº 449 - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. 2010b.

CRUZ, Juliana *et al.* Eficiência energética de diferentes sistemas construtivos avaliados segundo o método prescritivo do RTQ-R. In: **REGSA, 1., 2014, Florianópolis**, [s. l.], n. May, p. 15. Florianópolis: UNISUL, 2014.

CRUZ, Herbert Melo; SANTOS, Débora de Gois; MENDES, Ludmilson Abritta. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 49–65, 2018.

DOS SANTOS RAMOS, Guilherme Henrique. Análise da Eficiência Energética de uma Residência Unifamiliar: um estudo da Classificação Conforme o Selo Procel. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 9, p. 14–31, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço energético nacional 2023**: Ano base 2022. [s. l.], p. 275, 2023. Disponível em: <https://www.ype.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>.

IBERDROLA. "Eficiência energética: o que é e como funciona." Iberdrola, n.d. <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/meio-ambiente/eficiencia-energetica>. Accessed June 12, 2024.

INMETRO. **Anexo Geral V – Cátalogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf> Acessado em:15.jun.2024.

MENDES, Nathan *et al.* Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Ambiente Construído**, [s. l.], p. 47–68, 2005.

OLIVEIRA, Lacyane Krysna dos Santos *et al.* Simulação Computacional Da Eficiência Energética Para Uma Arquitetura Sustentável. **Holos**, [s. l.], v. 4, p. 217–230, 2016.

OLIVEIRA, Lacyane Krysna dos Santos *et al.* SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UMA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL. **HOLOS**, [s. l.], v. 4, p. 217–230, 2016.

OLIVEIRA, Fernando Márcio de; BITTENCOURT, Leonardo Salazar; DÓRIA, David Rodrigues Silva. Aplicação de uma ferramenta BIM de simulação de eficiência energética em projeto de habitações multifamiliar. **Xix Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído**, [s. l.], v. 19, p. 1–13, 2023.

OLIVEIRA, Fernando Marcio; BITTENCOURT, Leonardo Salazar; DÓRIA, David Rodrigues Silva. Uma ferramenta BIM para simulação de eficiência energética nas fases iniciais de projeto. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s. l.], v. 11, p. e020003, 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nossa Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf> Acesso em 12.jun.2024.

SANTOS, Julia Ferrari Rodrigues dos *et al.* Utilização do BIM como apoio à simulação para análise do desempenho



das edificações: uma revisão sistemática da literatura. [s. l.], 2022.

SANTOS, M.B.; GOUVEIA, F.P. Análise do desempenho térmico de habitações de interesse social construídas em paredes de concreto: Um estudo de caso em Tucuruí-PA. **Revista de Engenharia Civil**, [s. l.], n. 55, p. 5–18, 2018. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.5-18.pdf>.

SILVA, Bruna Pedrosa Miguel *et al.* Comparação dos sistemas construtivos: alvenaria estrutural e paredes de concreto. *In: [S. l.: s. n.]*, 2008. p. 282.

VERZOLA, Carlos Eduardo *et al.* INSERÇÃO DE SIMULAÇÕES DE DESEMPENHOS TÉRMICO NO O constante aumento de consumo energético em edificações vem preocupando. [s. l.], p. 1–18, 2021.

ZÚÑIGA, Lucas de Oliveira; SANTOS, Thais Carvalho; SILVA, Juliano RODrigues. Viabilidade do sistema construtivo de paredes de concreto para habitações populares. **Revista Mirante**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2017.