



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA  
FACULDADE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PATRICK MAR SIQUEIRA

**ANÁLISE SOBRE DESEMPENHO TÉRMICO EM DUAS CAPITAIS BRASILEIRAS**

ANANINDEUA - PA

2022

PATRICK MAR SIQUEIRA

**ANÁLISE SOBRE DESEMPENHO TÉRMICO EM DUAS CAPITAIS BRASILEIRAS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciência e Tecnologia com ênfase em tecnologia mecânica, pela Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua.

Orientador: Dr. Luiz C. Fialho Andrade

ANANINDEUA - PA

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

M298a Mar Siqueira, Patrick.  
Análise sobre Desempenho Térmico em duas Capitais  
Brasileiras / Patrick Mar Siqueira. — 2022.  
16 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Luiz Claudio Fialho Andrade  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua, Curso de  
Ciência e Tecnologia, Ananindeua, 2022.

1. Temperatura interna do ar. 2. Conforto térmico.  
3 . Simulações numéricas. I. Título.

CDD 621.402

---

PATRICK MAR SIQUEIRA

**ANÁLISE SOBRE DESEMPENHO TÉRMICO EM DUAS CAPITAIS BRASILEIRAS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciência e Tecnologia com ênfase em tecnologia mecânica, pela Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua

Orientador: Dr. Luiz C. Fialho Andrade

**APROVADO EM: 16 / 12 / 2022**

**BANCA EXAMINADORA**

*Luiz C. F. Andrade*

---

Prof. Dr. Luiz Claudio Fialho Andrade  
Orientador – UFPA

*Jean Carlos de Almeida Nobre*

---

B.Sc. Jean Carlos de Almeida Nobre  
Examinador Externo - UFPA

*David Lohan Pereira de Sousa*

---

B.Sc. David Lohan Pereira de Sousa  
Examinador Externo - UFPA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família que sempre me apoiou nos momentos difíceis e não me deixaram desistir dessa jornada, em especial a minha mãe Ciranilde Mar Siqueira.

Dedico esse trabalho também à minha avó Maria De Lordes Fiel Cardoso (in memoriam) que sempre me apoiou e nunca perdeu a fé nos meus sonhos que cuidou de mim até o último instante da sua vida. Saudades eternas.

E por último, mas não menos importante um amigo ou melhor dizendo um irmão chamado Francine Silva da Costa, que sem ele nada disso seria possível, foi alguém que nos momentos mais difíceis, sempre esteve ali e sempre me incentivou, a continuar que acreditou em mim quando ninguém mais acreditava, uma pessoa que motivou com suas atitudes e conhecimento, sempre disposto a ajudar a todos, com sua autoestima, assim como sua disponibilidade de sempre está presente na minha formação.

Agradeço a Universidade Federal do Pará, pelos conhecimentos e experiências adquiridos nesta jornada.

A Faculdade de Ciência e Tecnologia e seu corpo docente, por ter proporcionado ensino, pesquisa e extensão de qualidade.

Aos graduados do curso Ciência e Tecnologia, Jean Nobre e David Sousa pela parceria e dicas no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu orientador, o Prof Dr. Luiz Claudio Fialho Andrade pela orientação deste trabalho de conclusão de curso na modalidade de resumo expandido.

## RESUMO

O objetivo deste estudo é realizar simulações numéricas para se encontrar a temperatura interna do ar em uma edificação padrão em duas capitais brasileiras no ano de 2021, verificando como uma edificação com os mesmos materiais se comporta em situações climáticas diferentes. Na pesquisa utilizou-se três *softwares* que foram: o *Energypius*, *SketchUp* e o *Openstudio*. A partir do estudo é possível verificar como um mesmo edifício se comporta termicamente em diferentes climas do Brasil, além de analisar viabilidade de materiais de construções habitacionais para diferentes climas, verificando quais materiais são mais proveitosos para determinada região climática em relação ao conforto térmico.

Palavras-chave: Temperatura interna do ar. Conforto térmico. Simulações numéricas.

## **ABSTRACT**

The objective of this study is to carry out numerical simulations to find the internal air temperature in a standard building in two Brazilian capitals in the year 2021, verifying how a building with the same materials behaves in different climatic situations. In the research, three softwares were used: Energyplus, SketchUp and Openstudio. From the study it is possible to verify how the same building behaves thermally in different climates in Brazil, in addition to analyzing the feasibility of materials for housing constructions for different climates, verifying which materials are most useful for a given climate region in relation to thermal comfort.

Keywords: Internal air temperature. Thermal comfort. Numerical simulations.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>09</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>11</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>12</b>

## ANÁLISE SOBRE DESEMPENHO TÉRMICO EM DUAS CAPITAIS BRASILEIRAS

Patrick Mar Siqueira (Universidade Federal do Pará)  
Melchiades Gomes da Silva (Universidade Federal do Pará)  
Gisele Fabiane do Nascimento Gomes (Universidade Federal do Pará)  
Jean Carlos de Almeida Nobre (Universidade Federal do Pará)  
David Lohan Pereira de Sousa (Universidade Federal do Pará)  
Luiz Claudio Fialho Andrade (Universidade Federal do Pará)

### 1. Introdução

Este estudo visa analisar termicamente uma estrutura padrão em duas cidades brasileiras de latitudes diferentes, verificando as respostas de uma mesma estrutura, com os mesmos materiais, em condições climáticas diferentes no Brasil. Todo material de construção civil possui características térmicas específicas, logo, tais materiais respondem de forma diferente a condições climáticas diferentes, desde que qualquer edificação é influenciada termicamente por cargas internas (material da estrutura e fontes internas de calor) e cargas externas (variáveis climáticas). A análise comparativa do desempenho térmico é realizada sobre uma edificação de mesma geometria, construída com os mesmos materiais, na região Norte, em Belém-PA, que possui clima equatorial, e na região Sul, em Florianópolis-SC, que apresenta clima subtropical. A análise é realizada a partir dos resultados obtidos em simulações utilizando o *software Energyplus*, com auxílio dos *softwares SketchUp* e *Openstudio*. Assim, os resultados da temperatura interna do ar na edificação, em Belém-PA, e em Florianópolis-SC, são confrontados, buscando prover subsídios para adequação arquitetônica e de materiais ao clima local, no âmbito do conceito de Projeto Bioclimático proposto por Olgyay (1973).

### 2. Materiais e Métodos

O objetivo deste estudo é realizar simulações numéricas para se encontrar a temperatura do ar interna em uma edificação padrão em duas capitais brasileiras no ano de 2021, verificando como uma edificação com os mesmos materiais se comporta em situações climáticas diferentes.

Na pesquisa utilizou-se três *softwares* que foram: o *Energyplus*, *SketchUp* e o *Openstudio*. O *Energyplus* é um *software* criado a partir dos programas *BLAST* e *DOE-2* e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, desenvolvido para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas.

O *SketchUp* é um *software* utilizado na pesquisa para reproduzir a arquitetura da edificação estudada, ou seja, desenhar a estrutura padrão com suas respectivas dimensões e componentes.

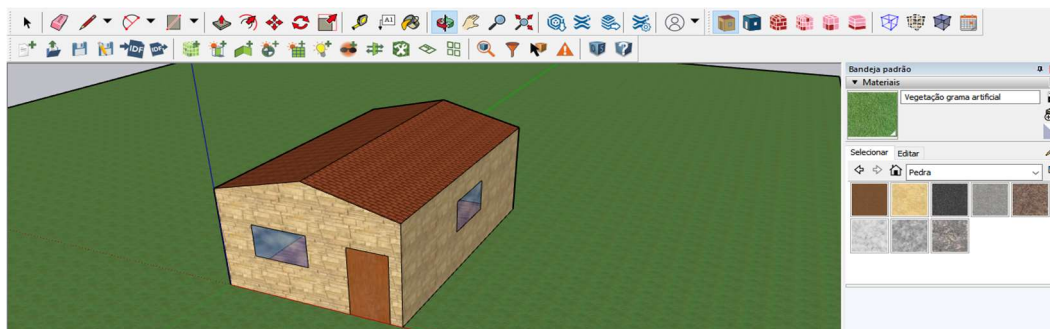
O *Openstudio* é um *software* que serve como um gerenciador entre o *Energyplus* e o *SketchUp*, ou seja, em um único *software* consegue-se acessar o *Energyplus* e o desenho arquitetônico realizado no *SketchUp* otimizando o estudo.

São feitas duas simulações na mesma edificação: a primeira simulação é feita com o arquivo climático de Belém-PA e a segunda é feita com o arquivo climático de Florianópolis-SC. Estes arquivos são encontrados na página da internet do *EnergyPlus*.

A simulação funciona da seguinte forma: desenha-se o edifício padrão no *Sketchup* com suas respectivas dimensões, feito isso, o desenho é aberto no *Openstudio* onde será inserido o arquivo climático da região estudada e as características (condutividade térmica, calor específico, densidade, espessura e rugosidade) de cada material presente na construção. Em seguida, utiliza-se o método analítico do *Energyplus* para se obter os resultados referentes à temperatura do ar.

A edificação estudada possui um comprimento de 9 m, largura de 6 m, altura de 3,5 m, duas janelas de vidro, duas portas de madeira, piso, paredes e telhado. A Figura 1 abaixo ilustra o desenho da edificação padrão feito no *SketchUp*.

Figura 1 – Desenho arquitetônico da estrutura padrão estudada.



Fonte: Autores (2022).

A Tabela 1 ilustra os materiais e suas características presentes na edificação estudada.

Tabela 1 – Dados térmicos dos materiais estruturais da casa estudada.

Material	Espessura (m)	Con. Térmica (W/mK)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico (J/kgK)
Piso cerâmico	0,01	0,9	1600	920
Piso de concreto	0,06	1,75	2200	1000

Argamassa	0,015	1,15	1600	1000
Reboco	0,025	1,15	1800	1000
Telha/fibrocimento	0,02	0,95	1800	920
Porta de madeira	0,03	0,15	614	2300
Tijolo cerâmico	0,096	0,9	1764	920
Vidro comum	0,01	1,0	2500	840

Fonte: NBR 15220-2 (2003).

### 3. Resultados e discussões

Na Tabela 2 encontram-se os resultados gerados na simulação numérica pelo *Energyplus* em °C na edificação padrão. Nota-se que a temperatura interna do ar varia em torno de 22,8 °C a 31,6 °C em Belém-PA, com uma média mensal de 26,7 °C. O mês que apresentou maior temperatura foi o de junho e o mês que apresentou menores temperaturas foi o de fevereiro.

Tabela 2 – Resultados da temperatura do ar interna na edificação em Belém-PA.

Temp.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	26.6	26.2	26.5	26.4	26.6	27.1	26.7	27.1	26.7	27.07	26.98	26.99
Mín.	23.3	22.8	22.9	23.3	23.5	23.8	23.4	23.5	23.6	23.4	23.26	23.7
Máx.	31.3	30.7	30.5	30.6	31.3	31.6	30.9	31.5	30.8	31.2	31.3	31.4

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 3 encontram-se os resultados sobre a temperatura interna do ar na edificação expressa em °C. Nota-se que a temperatura varia em torno de 14,6 °C a 31,2 °C na cidade de Florianópolis-SC, com uma média mensal de 23,6 °C. O mês que apresentou maior temperatura foi o de fevereiro e o mês apresentou menores temperaturas foi o de junho.

Tabela 3 – Resultados da temperatura do ar interna na edificação em Belém-PA.

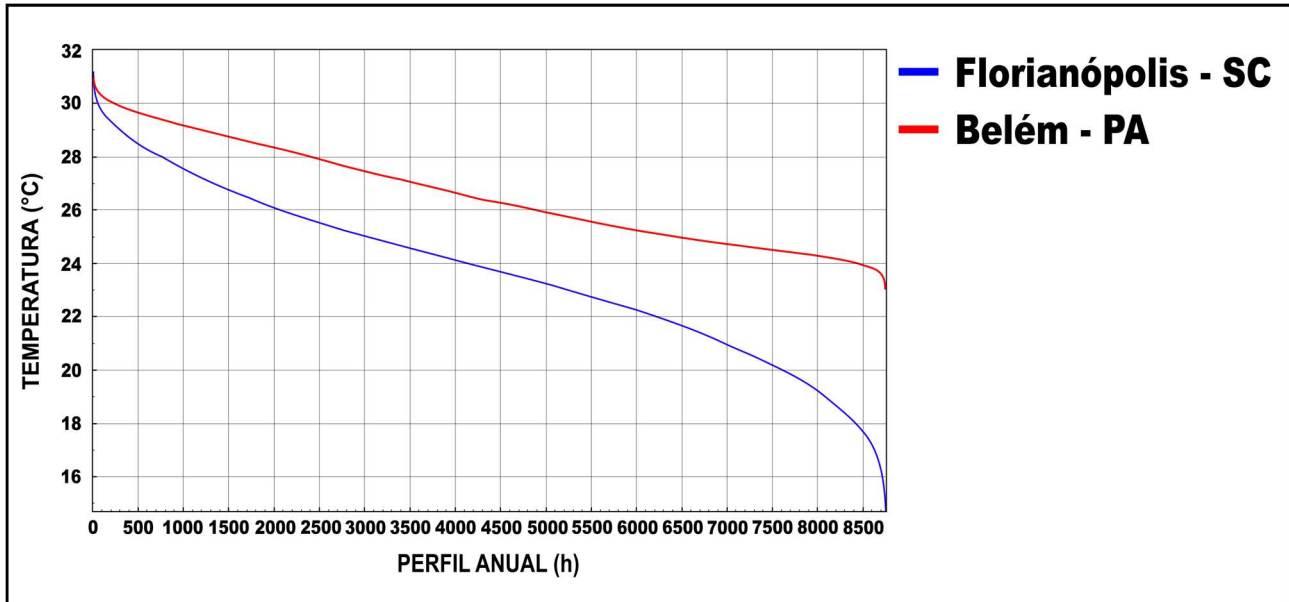
Temp.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	25.9	26.3	25.7	24.4	22.6	21.04	21.2	21.8	21.8	23.2	24.3	25.5
Mín.	21.4	21.3	20.5	20.1	16.5	14.6	16.1	16.6	14.7	17.6	18.7	20.3
Máx.	30.3	31.2	30.5	29.5	28.5	26.3	28.2	27.8	28.3	28.7	29.6	30.4

Fonte: Autores (2022).

O Gráfico 1 ilustra a curva de duração em horas da temperatura interna do ar para 2021. Nota-se que a temperatura na cidade de Belém-PA vai de 22,8 °C até 31,6 °C; na cidade de Florianópolis-SC a temperatura interna do ar vai de 14,6 °C a 31,2 °C. Percebe-se que devido ao clima de cada região a temperatura do ar variou dentro da mesma edificação,

realizando uma comparação simples nota-se que em 7.500 horas à edificação em Belém está com uma temperatura entre 24 °C até 31,6 °C, já em Florianópolis em 7.500 horas passadas anuais a temperatura está entre 20 °C e 31,2 °C.

Gráfico 1 – Curva de duração da temperatura interna do ar na edificação entre Belém e Florianópolis



Fonte: Autores (2022).

#### 4. Considerações finais

A importância deste estudo se faz presente principalmente no quesito de conforto térmico tanto para aquecimento quanto para resfriamento do ar interno em uma estrutura. É possível verificar com a mesma base apresentada nesta pesquisa a viabilidade de materiais de construções habitacionais para diferentes climas, verificando quais materiais são mais proveitosos para determinada região climática em relação ao conforto térmico.

#### Referências Bibliográficas

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2. **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ENERGYPLUS v9. Disponível em: <https://energyplus.net/>. Acesso em: 3 set. 2022.

OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. 4 a ed. Princeton University Press, Princeton, USA, New Jersey em 1973.

OPENSTUDDIO v1 Disponível em: <https://openstudio.net/>. Acesso em: 3 set. 2022.

SKETCHUP MAKE. Disponível em: <https://sketchup.com/>. Acesso em: 3 set. 2022.