

# CONTRIBUIÇÕES DA INTEGRAÇÃO BIM/BES PARA ANÁLISES DE DESEMPENHO TÉRMICO E CONSERVAÇÃO DE LIVROS EM BIBLIOTECAS ICÔNICAS



CAROLINA FERNANDES VAZ

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

UBERLÂNDIA – MG

2022

CAROLINA FERNANDES VAZ

**CONTRIBUIÇÕES DA INTEGRAÇÃO BIM/BES PARA ANÁLISES DE  
DESEMPENHO TÉRMICO E CONSERVAÇÃO DE LIVROS EM  
BIBLIOTECAS ICÔNICAS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, ofertado pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Uberlândia.

**Área de concentração:** Projeto, espaço e cultura. Linha de pesquisa 2 – Produção do Espaço: processos urbanos, projeto e tecnologia.

**Orientador:** Dr. André Luís de Araujo

**Co orientadora:** Dra. Ana Carolina Fernandes Maciel

UBERLÂNDIA - MG

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

V393c Vaz, Carolina Fernandes, 1980-  
2022 Contribuições da integração BIM/BES para análises de desempenho  
técnico e conservação de livros em bibliotecas icônicas [recurso  
eletrônico] / Carolina Fernandes Vaz. - 2022.

Orientador: André Luís de Araujo.

Coorientador: Ana Carolina Fernandes Maciel.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.7012>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

I. Arquitetura. I. Araujo, André Luís de, 1981-, (Orient.). II. Maciel,  
Ana Carolina Fernandes, 1981-, (Orient.). III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.  
IV. Título.

---

CDU: 72

André Carlos Francisco  
Bibliotecário - CRB-6/3408



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Arquitetura e Urbanismo				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGAU				
Data:	vinte e dois de dezembro de 2022	Hora de início:	08:30	Hora de encerramento:	10:30
Matrícula do Discente:	12022ARQ006				
Nome do Discente:	Carolina Fernandes Vaz				
Título do Trabalho:	Desempenho térmico e conservação de livros em bibliotecas: estudo de caso da biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica em Uberlândia/MG				
Área de concentração:	Projeto, Espaço e Cultura				
Linha de pesquisa:	Produção do espaço: processos urbanos, projeto e tecnologia.				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Automatização de Processos Projetuais em Arquitetura e Urbanismo: prática e reflexão				

Reuniu-se em web conferência pela plataforma Mconf-RNP, em conformidade com a PORTARIA nº 36, de 19 de março de 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, pela Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, assim composta: Professores Doutores: Heber Martins de Paula - UFCAT, Simone Barbosa Villa – PPGAU.FAUeD.UFU, Ana Carolina Fernandes Maciel (Coorientador(a)) – FECIV.UFU, e André Luís de Araujo (Orientador(a)) – PPGAU.FAUeD.UFU orientadora do candidato.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). André Luís de Araujo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.



Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por Andre Luis de Araujo, Professor(a) do Magistério Superior, em 22/12/2022, às 11:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Ana Carolina Fernandes Maciel, Professor(a) do Magistério Superior, em 22/12/2022, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Simone Barbosa Villa, Professor(a) do Magistério Superior, em 22/12/2022, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Heber Martins de Paula, Usuário Externo, em 22/12/2022, às 16:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Carolina Fernandes Vaz, Usuário Externo, em 10/01/2023, às 13:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site: [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 4155490 e o código CRC 84A9EDD2.

## RESUMO

Como disseminadora de conhecimento, as universidades devem ser exemplos práticos de adequação às condicionantes ambientais, construindo ou intervindo em suas edificações sem descaracterizá-las. Dentre essas edificações estão as bibliotecas, que devem adequar o microclima interno às suas especificidades, à exemplo de desempenho térmico e conservação de livros, que requerem diferentes parâmetros. O objetivo principal desta pesquisa foi analisar conjuntamente o desempenho térmico e conservação de livros em bibliotecas icônicas a partir da integração BIM/BES, utilizando a Biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica em Uberlândia/MG como objeto de estudo. Os espaços analisados possuem plantas livres com ventilação natural e ambientes que abrigam área de estudo e acervo de livros para consulta. O método adotado foi a simulação higrotérmica baseada na transferência de dados BIM/BES, tendo como parâmetros para desempenho térmico e conservação de livros, respectivamente: faixas mensais de temperatura operativa da ASHRAE 55 (2020), e o método de isopermas de Sebera (2001). Em relação ao desempenho térmico, concluiu-se que o cenário existente foi satisfatório, pois apresentou atendimento entre 82,44% e 87,35% dos períodos ocupados ao longo do ano, e foi considerado como opção mais satisfatória em relação ao cenário alternativo. Para a conservação de livros, concluiu-se que o cenário atual não é satisfatório, uma vez que foram identificadas isopermas entre 0,28 e 1, o que corresponde à longevidade do papel entre 12,6 a 45 anos. Ainda, como resultado da transferência de dados BIM/BES, concluiu-se que esta não se encontra resolvida, uma vez que houveram erros na transferência de geometria, propriedades térmicas e informações como uso, ocupação e agendamento.

Palavras-chave: Biblioteca; Desempenho térmico; Conservação de livros; Integração BIM/BES; Simulação higrotérmica.

## ABSTRACT

As a spreader of knowledge, universities should be practical examples of adapting to environmental constraints, building or intervening in their buildings without mischaracterizing them. Among these buildings are libraries, which must adapt the internal microclimate to their specificities, such as thermal performance and conservation of books, which require different parameters. The main objective of this research was to jointly analyze the thermal performance and conservation of books in iconic libraries from the BIM/BES integration, using the UFU Library at Campus Santa Mônica in Uberlândia/MG as an object of study, in addition to producing inferences about scenarios alternatives. The analyzed spaces have open plans with natural ventilation and environments that house a study area and book collection for consulting. The method adopted was the hygrothermal simulation based on the transfer of BIM/BES data, having as parameters for thermal performance and books conservation, respectively: the monthly operating temperature ranges of ASHRAE 55 (2020) and the isoperm method of Sebera (2001). Regarding the thermal performance, we concluded that the best scenario is the existing one, between 82.44% and 87.35% of the occupied periods throughout the year, and was considered more satisfied than the alternative scenario. For the conservation of books, we concluded that the current scenario is unsatisfactory since isoperms between 0.28 and 1, corresponding to paper longevity between 12.6 and 45 years. BIM/BES data transfer still needs to be more accurate in transferring geometry, thermal properties, and information such as use, occupancy, and scheduling.

Key-words: Library; Thermal performance; Book conservation; BIM/BES Integration; Hygrothermal simulation.

## DEDICATÓRIA

Ao meu porto seguro: minha mãe, Viviana;  
e meu companheiro, Mário.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e à equipe espiritual pelo amparo e por me dar forças para a concretização desse sonho.

Agradeço ao meu orientador, André Luis de Araujo, pelo suporte na área de BIM e pelos conselhos e críticas construtivas ao longo dessa trajetória. À Ana Carolina Fernandes Maciel, co orientadora, por aceitar esse desafio, por abraçar a essência da pesquisa, pelo suporte na área de simulação e desempenho térmico, pela serenidade ao repassar seu conhecimento, e ao compartilhar momentos de muita alegria com sua filha Vivi. Aos professores Simone Barbosa Villa e Heber Martins de Paula, componentes da banca final, pelas contribuições e reflexões.

À equipe do Laboratório Informa 3D e grupo de estudo MOBI, pelo suporte e troca de experiências. À Iago, pela elaboração dos gráficos de Sebera. Ao corpo docente da FAU e PPGAU-UFU, em especial às professoras Themis Lima Fernandes Martins, Simone Barbosa Villa e Viviane dos Guimarães Alvim Nunes.

À Luís Antônio Almeida Reis e Paulo Zimbres (*in memoriam*), arquitetos responsáveis pela Biblioteca analisada, pelo belíssimo projeto destinado ao campus da UFU. Ao arquiteto Luís Antônio, pelo carinho com que acolheu minha pesquisa, e pela paciência e humildade no repasse das informações.

À Victor Mariotto Palma por me guiar às visitas técnicas da Biblioteca. À Alex Yogoro, professor particular de Revit. À Adriano Lopes, professor particular de DesignBuilder.

Obrigada, mãe, por estar presente em todos os momentos da minha vida, tanto nos bons como nos ruins, por ser minha maior inspiração. Obrigada, Mário, meu amor, por ser luz nos momentos mais escuros desse processo, por ser certo nas palavras e calma nos momentos mais turbulentos. Obrigada às tias Eliane e Marlice, que presenciaram parte dessa jornada.

Obrigada aos amigos, familiares e clientes, por entenderem minha ausência em eventos e projetos, uma vez que me dediquei quase que integralmente a essa jornada, que me exigiu sacrifícios emocionais, físicos e financeiros. Obrigada a todos, que de alguma forma contribuíram para essa realização profissional e pessoal!!

“

O design precisa ser incorporado à realidade. A realidade é o clima, a realidade são as pessoas.”

Francis Diébédo Keré, s.d.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Trocas de calor através de superfícies opacas e translúcidas. ....	27
Figura 2 - Trocas de calor por radiação em edifícios. ....	28
Figura 3 - Ganhos de calor em uma edificação.....	28
Figura 4 - Gráfico de Isopermas de Sebera. ....	31
Figura 5 - Gráfico de Multiplicador de expectativa de vida.....	32
Figura 6 - Exemplo de modelagem paramétrica.....	34
Figura 7 – Metodologia.....	45
Figura 8 - Vistas da Biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica. (a) Vista externa da Biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica, (b) vista do segundo pavimento com planta-livre que abriga área de estudo coletivo e acervo de livros para consulta/empréstimo. ....	46
Figura 9 - Espaços analisados hachurados no 1º pavimento.....	47
Figura 10 - Espaços analisados hachurados no 2º pavimento.....	48
Figura 11 - Croqui dos arquitetos prevendo elementos de sombreamento e ventilação natural. ....	48
Figura 12 - Elementos para estratégias passivas na Biblioteca. Elementos para sombreamento: (a) brise em cobogó; (b) placas cimentícias, (c) brises metálicos, (d) árvores. Elementos para ventilação natural: (e) janelas basculantes na área de leitura, (f) janelas no acervo de livros, (g) lanternins), (h) átrio. ....	49
Figura 13 - Detalhamento de elementos construtivos. (a) lanternim, (b) cobogós, (c) placas cimentícias, (d) esquadrias. ....	50
Figura 14 - Mapeamento in loco dos vazios do brise em cobogó.....	51
Figura 15 - Geometria detalhada no Revit. (a) vista externa, (b) cobertura com laje impermeabilizada, lanternins e claraboias, (c) vista interna da planta-livre do primeiro pavimento, (d) detalhe do brise em cobogós, (e) átrio externo. ....	53
Figura 16 - Geolocalização da Biblioteca. ....	54



Figura 17 - Criação de espaços no Revit identificados em verde pelo próprio programa. (a) espaços em planta-baixa do 2º pavimento; (b) espaços em corte.....	55
Figura 18 - Fluxo de trabalho entre BIM e BES. (a) plataforma BIM, (b) modelo analítico, (c) protocolo de transferência de dados, (d) programas BES. ....	58
Figura 19 - Limites de temperatura aceitáveis para ambientes ventilados naturalmente. ....	61
Figura 20 - Faixas mensais de temperaturas operativas aceitáveis plotados na Figura 19. ....	62
Figura 21 - Diagrama de Isopermas de Sebera. ....	63
Figura 22 - Geometrias dos modelos detalhados importados com erro no IES-ve. (a) Vista geral da geometria com ausência de brises e erros na cobertura, (b) erros nos lanternins e cobertura, (c) ausência de pilares e erro nas esquadrias, (e) erros nos vazios. ....	65
Figura 23 - Geometrias dos modelos detalhados importados com erro no DesigBuilder. (a) Vista geral da geometria com ausência de brises e erros na cobertura, (b) erros nos lanternins e cobertura, (c) ausência de pilares e erro nas esquadrias, (e) erros nos vazios. ....	66
Figura 24 - Exemplo de simplificação dos pilares e esquadria de código J1, mantendo as mesmas áreas do modelo detalhado.....	67
Figura 25 - Simplificação das esquadrias dos espaços analisados.....	68
Figura 26 - Simplificação das esquadrias dos espaços analisados.....	68
Figura 27 - Espaços dos lanternins em corte no modelo simplificado.....	69
Figura 28 - Espaços que compõe o mezanino em azul.....	69
Figura 29 - Cobertura simplificada no Revit. ....	72
Figura 30 - Vistas externas do modelo: (a) modelo detalhado, (b) modelo simplificado. ....	73
Figura 31 - Correção de localização no DesignBuilder. (a) antes da correção, (b) localização corrigida.....	77

Figura 32 - Processo de correção das venezianas dos lanternins. ....	79
Figura 33 - Processo de correção dos vazios verticais e de piso. ....	79
Figura 34 - Modelagem das prateleiras do acervo de livros no 2° pavimento. ....	80
Figura 35 - Uso, ocupação e cronograma de ocupação. (a) antes da correção, (b) após a correção. ....	80
Figura 36 - Alteração da unidade de medida do ganho de calor por iluminação. ....	81
Figura 37 - Alteração realizada no ganho de calor interno por iluminação. ....	81
Figura 38 - Percentual de abertura de esquadrias basculantes. ....	82
Figura 39 - Temperatura mínima para ventilação natural apresentada pelo programa Climate Consultant 6.0. ....	83
Figura 40 - Temperatura mínima para ventilação natural no DesignBuilder. ....	83
Figura 41 - Alimentação de troca de ar por hora no DesignBuilder. ....	84
Figura 42 – Cenário 3 para isolamento de acervo. (a) primeiro pavimento, (b) segundo pavimento. ....	86
Figura 43 – Cenário 4 para isolamento de acervo. (a) primeiro pavimento, (b) segundo pavimento. ....	87
Figura 44 – Cenário 5 de isolamento de acervo. (a) primeiro pavimento, (b) segundo pavimento. ....	88
Figura 45 - Caracterização dos cenários de análise ....	90
Figura 46 - Legenda de localização das áreas analisadas. ....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificações climáticas de Uberlândia/MG.....	27
Tabela 2 - Diferentes métodos de avaliação para conservação de livros que envolvem temperatura e umidade relativa.....	33
Tabela 3 - Propriedades térmicas dos materiais do modelo detalhado da Biblioteca. ....	56
Tabela 4 - Dados de entrada de ganhos de calor interno, trocas de ar por hora e ar externo por pessoa e por área. ....	57
Tabela 5 - Agendamento para Bibliotecas referentes à ocupação, iluminação e equipamentos. Em cinza estão os dados alterados para conformidade com o funcionamento da biblioteca analisada. ....	57
Tabela 6 - Tabela para desempenho de programa BES com melhor integração com o BIM.....	59
Tabela 7 - Faixas mensais de temperaturas operativas aceitáveis geradas a partir da Equação 02. ....	61
Tabela 8 - Resistência térmica da laje impermeabilizada. ....	70
Tabela 9 - Resistência térmica da laje impermeabilizada com telha termo acústica.	71
Tabela 10 - Materiais e propriedades térmicas do modelo simplificado. ....	74
Tabela 11 - Percentual de transferência de dados dos programas BES nas geometrias detalhada e simplificada. ....	75
Tabela 12 - Percentual de transferência de dados dos programas BES na geometria simplificada.....	76
Tabela 13 - Características do vidro duplo.....	85
Tabela 14 - Viabilidade dos novos cenários para análise de desempenho térmico e conservação de livros.....	89

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentuais de atendimento e não atendimento anuais em relação às faixas de temperatura aceitáveis nos espaços analisados.....	90
Gráfico 2 - Percentual de não atendimento às faixas mensais de temperatura operativa aceitáveis nos espaços analisados do cenário atual.....	92
Gráfico 3 - Pares de temperatura e umidade do Acervo de Livros 1 do primeiro pavimento, plotados no Diagrama de Sebera. ....	93
Gráfico 4 - Pares de temperatura e umidade do Acervo de Livros 2 do primeiro pavimento, plotados no Diagrama de Sebera. ....	94
Gráfico 5 - Pares de temperatura e umidade do Acervo de Livros do segundo pavimento, plotados no Diagrama de Sebera. ....	94
Gráfico 6 - Gráfico de atendimento anual às faixas de temperatura operativa aceitáveis nos três cenários. ....	96
Gráfico 7 - Gráfico de atendimento às faixas de temperatura aceitáveis no segundo pavimento em setembro.....	96
Gráfico 8 - Média de atendimento e não atendimento às faixas de temperatura operativa nos espaços analisados nos três cenários. ....	97

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMECLATURAS E ABREVIações

%	-	Porcentagem
c	-	Calor Específico
$\lambda$	-	Condutividade Térmica
$\rho$	-	Densidade
$\alpha$	-	Absortância
°C	-	Graus Celcius
ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ac/h	-	Trocas de ar por hora
ASHRAE	-	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Sociedade Americana de Engenharia de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado)
Aw	-	Clima Equatorial de invernos secos
BES	-	<i>Building Energy Simulation (Simulador de Energia para Edificações)</i>
BIM	-	<i>Building Information Modeling (Modelo da Informação da Edificação)</i>
CFD	-	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
DPE	-	Densidade de Potência de Equipamentos
DPI	-	Densidade de Potência de Iluminação
FS	-	Fator Solar
IES-ve	-	<i>Integrated Environmental Solutions Virtual Environmental</i>
IFC	-	<i>Industry Foundation Classes</i>
ISO	-	<i>Internacional Organization for Standardization</i>
gbXML	-	<i>Green Building eXtensible Markup</i>
l/s	-	Litros por segundo
l/s.m <sup>2</sup>	-	Litros por segundo x metro quadrado
m	-	metros

mm	-	milímetros
m <sup>2</sup> /pessoa	-	Metros quadrados por pessoa
R <sub>t</sub>	-	Resistência Térmica
R <sub>T</sub>	-	Resistência Térmica Total
R <sub>se</sub>	-	Resistência superficial externa
R <sub>si</sub>	-	Resistência superficial interna
TMY	-	Typical Meteorological Year (Ano Meteorológico Típico)
U	-	Transmitância Térmica
W/m.k	-	Watt por metro x kelvin
ZB	-	Zona Bioclimática

## LISTA DE APLICATIVOS UTILIZADOS NOS TESTES DE INTEGRAÇÃO BIM/BES DESTA PESQUISA

<b>Aplicativo</b>	<b>Versão</b>	<b>Fornecedor</b>
Revit	- 2022	- Autodesk, Inc.
DesignBuilder	- 2022	- DesignBuilder Software Ltda.
IES-ve	- 2022	- Integrated Environmental Solutions Limited.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
1.1. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	22
1.2. OBJETIVO GERAL .....	24
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>25</b>
2.1. DEFINIÇÕES DE DESEMPENHO TÉRMICO .....	25
2.2. DEFINIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE LIVROS .....	29
2.3. INTEGRAÇÃO BIM/BES E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL .....	34
2.4. ESTADO DA ARTE .....	38
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>44</b>
3.1. ESTUDO DE CASO DA BIBLIOTECA DO CAMPUS SANTA MÔNICA .....	46
3.2. INVESTIGAÇÃO PARA VIABILIZAR A MODELAGEM DA BIBLIOTECA .....	50
3.3. MODELAGEM DE GEOMETRIA DETALHADA NO PROGRAMA REVIT ...	52
3.4. DADOS DE ENTRADA NO PROGRAMA REVIT .....	54
3.5. EXPORTAÇÃO PARA OS PROGRAMAS BES .....	58
3.6. MÉTODO DE ANÁLISE DE INTEGRAÇÃO BIM/BES PARA IDENTIFICAR O PROGRAMA BES COM DESEMPENHO SATISFATÓRIO COM O REVIT .....	59
3.7. PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO .....	60
3.8. PARÂMETROS DE CONSERVAÇÃO DE LIVROS .....	62
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>64</b>
4.1. RESULTADOS DA TRANSFERÊNCIA DA GEOMETRIA DETALHADA PARA OS PROGRAMAS BES E SIMPLIFICAÇÃO DO MODELO NO REVIT .....	64
4.2. RESULTADOS DO DESEMPENHO DOS PROGRAMAS BES ANALISADOS 75	
4.3. RESULTADOS DO ACRÉSCIMO DE DADOS DE ENTRADA E CORREÇÕES NO DESIGNBUILDER PARA ANÁLISE HIGROTÉRMICA.....	77

4.4. RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA SIMULAÇÃO HIGROTÉRMICA .....	84
4.5. RESULTADOS DA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DO CENÁRIO ATUAL .....	90
4.6. RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONSERVAÇÃO DE LIVROS DO CENÁRIO ATUAL .....	93
4.7. RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO NOS TRÊS CENÁRIOS.....	95
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>99</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>116</b>
APÊNDICE A- FORMULÁRIO PREENCHIDO PELO ARQUITETO LUIS ANTÔNIO ALMEIDA REIS.....	117
APÊNDICE B – TRANSFERÊNCIA DE DADOS BIM (REVIT) E PROGRAMAS BES (DESIGNBUILDER E IES-VE) DAS GEOMETRIAS DETALHADA E SIMPLIFICADA. EM VERDE ESTÃO OS DADOS TRANSFERIDOS E EM VERMELHO, OS NÃO TRANSFERIDOS.....	131
APÊNDICE C – DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESPAÇOS ANALISADOS NO CENÁRIO ATUAL (VIDROS SIMPLES E JANELAS ABERTAS).....	133
APÊNDICE D- DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESPAÇOS ANALISADOS NO CENÁRIO PROPOSTO (VIDROS DUPLO E JANELAS ABERTAS).....	137
APÊNDICE E - DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESPAÇOS ANALISADOS NO CENÁRIO PROPOSTO (VIDROS SIMPLES E JANELAS FECHADAS) .....	141
<b>ANEXOS .....</b>	<b>145</b>
ANEXO A – FICHA DE INVENTÁRIO DA BIBLIOTECA DA UFU NO CAMPÚS SANTA MÔNICA.....	146

## 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura vernácula, definida como construções adequadas ao contexto cultural, aliada às condicionantes naturais, emprego de materiais locais e técnicas passadas de geração em geração, cumpre a função de “abrigo climático”, já que protege o homem das peculiaridades de cada clima (CORBELLA; CORNER, 2015). Essas construções em épocas remotas já possuíam estratégias que vinculavam o clima ao conforto humano quase que totalmente resolvidas, uma vez que “(...) antes do aparecimento e da difusão dos métodos modernos de climatização artificial, as questões térmicas eram quase resolvidas com recursos de formas, materiais, orientações e localização das edificações” (CUNHA, 2006, p.23). Em 1963, Olgay, criou o termo bioclimatismo ao apresentar cartas bioclimáticas com “(...) estratégias de adaptação da arquitetura ao clima”, além de apresentar conceitos básicos de desempenho térmico (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014, p.84). Na década de 1990, Givoni (1992) aprimorou os conceitos de Olgay e apresentou a carta bioclimática para países quentes em desenvolvimento.

Nos anos 2000, foram criadas normativas brasileiras voltadas ao desempenho térmico de edificações habitacionais. O termo “desempenho térmico”, está intrinsecamente ligado à arquitetura bioclimática, pois refere-se às respostas térmicas internas da edificação frente ao clima, influenciado pelas propriedades térmicas da envoltória, áreas envidraçadas, ganhos de calor interno e operação de esquadrias, como forma de avaliar a adequação da construção aos critérios normativos. Em 2005, foi criada a ABNT NBR 15220 (2005), a primeira norma brasileira de desempenho térmico, sendo a parte 3 referente ao zoneamento bioclimático brasileiro, que dividiu o Brasil em 8 zonas, apontando estratégias ativas e passivas para habitações unifamiliares, além de outras normativas referentes às propriedades térmicas de alguns materiais, com fórmulas para cálculos de transmitância térmica, capacidade térmica, dentre outros.

Em 2013 foi lançada a primeira norma brasileira referente ao desempenho de habitações, a ABNT NBR 15575 (2013), atualizada em 2021, sendo os capítulos 1, 4 e 5 destinados à critérios de desempenho térmico. Assim, algumas normativas internacionais podem auxiliar na análise do desempenho térmico de edificações

públicas e comerciais brasileiras, como a ASHRAE 55 (2020) *Thermal environmental conditions for human occupancy* (condições térmicas de ambientes para ocupação humana), ISO 17772-1, (2017) – *Energy Performance of buildings* (Desempenho energético de edificações) a ASHRAE 90.1 (2016) – *Energy Standard for Buildings* (Padrões energéticos para edificações) entre outras.

Nesse contexto, muitos campi universitários abrigam edificações que são consideradas icônicas em função de sua relevância arquitetônica, e que não foram avaliadas termicamente, uma vez que foram construídas antes dos anos 2000. Dentre essas edificações estão as bibliotecas, que em grande parte possuem plantas-livres ventiladas naturalmente, áreas conjuntas de leitura coletiva e acervo de livros, tornando-se necessária a análise microclimática não só do desempenho térmico, mas da conservação do acervo de livros. Além disso, se essas edificações forem icônicas, as soluções tomadas também devem ser pautadas pela não descaracterização do exemplar.

Nesse sentido, plataformas BIM (*Building Information Modeling*) e programas BES (*Building Energy Simulation*) contribuem para a tomada de decisões de projetos adequados ao clima. Conforme Succar (2009), o conceito BIM permite uma visão holística e colaborativa de projetos. O BIM engloba além do modelo tridimensional, informações parametrizadas, sendo possível a inserção de propriedades térmicas dos materiais, localização, orientação, dentre outras, e ainda, permite um projeto colaborativo, uma vez que pode ser exportado para outros programas para análises específicas (EASTMAN *et al.*, 2014). Os programas BES foram desenvolvidos para análises termo energéticas, que, com dados de entrada, permitem resultados em temperatura interna e consumo de energia ao longo do ano. As análises termo energéticas podem ser otimizadas por meio do fluxo de trabalho BIM e BES a partir da transferência de dados entre estes.

Dentre os artigos mais relevantes sobre análise de bibliotecas existentes, utilizando a simulação termo energética, estão a pesquisa de Tronchin e Fabbri (2017), que analisaram a conservação de livros em uma biblioteca histórica na Itália por meio da simulação higratérmica com o programa IES-VE, e a pesquisa de Waddicor *et al.* (2016) que analisaram o desempenho termo energético de uma biblioteca na Itália em diferentes cenários por meio de simulação com o programa IDA-ICE. Coskun *et al.*

(2017), compararam os riscos de degradação química, mecânica e biológica nos manuscritos de uma biblioteca histórica na Turquia, por meio da simulação com o aplicativo DesignBuilder para os cenários da biblioteca no seu estado original (com hall semiaberto) e atual (com hall fechado).

Nesse sentido, o objetivo principal desta pesquisa foi analisar conjuntamente o desempenho térmico e conservação de livros da Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no Campus Santa Mônica, em Uberlândia/MG, por se tratar de uma edificação icônica do campus. A biblioteca possui ambientes com condicionamento natural e artificial, sendo que os espaços analisados possuem plantas livres com ventilação natural, área de estudo comum e coleções de livros para consulta. Além da sua relevância arquitetônica, a edificação foi escolhida por apresentar estratégias passivas de resfriamento, como sombreamento por cobogós, ventilação natural a partir de grandes esquadrias e átrios, além de lanternins que possibilitam o efeito chaminé.

Em relação à metodologia, trata-se de uma pesquisa explicativa e exploratória, utilizando-se da integração BIM/BES para simulação higrotérmica, por meio dos programas Revit e DesignBuilder, tendo como critérios as faixas de temperatura operativa mensais baseadas na ASHRAE 55 (2020) para a avaliação do desempenho térmico, e o método de isopermas de Sebera (2001) para análise de conservação dos livros. Além do cenário atual de desempenho térmico e conservação do acervo, foram analisadas as condições térmicas da edificação com as janelas fechadas, e com a alteração dos vidros simples para vidros duplos, uma vez que esse cenário não descaracterizaria a arquitetura.

Esta pesquisa foi estruturada em 5 capítulos, sendo o Capítulo 1 referente à introdução, justificativa e objetivos. No Capítulo 2 apresenta-se o referencial teórico com definições dos principais conceitos relacionados à pesquisa: desempenho térmico, conservação de livros, integração BIM/BES e simulação higrotérmica; além da apresentação do estado da arte sobre o tema. O Capítulo 3 refere-se à metodologia, no qual são apresentados: as características da edificação; modelagem e dados de entrada no BIM, no caso o Revit, exportação para programas BES (IES-ve e DesignBuilder); método de análise de integração BIM/BES para identificar o programa BES com desempenho satisfatório com o Revit, parâmetros de

desempenho térmico, e parâmetros de conservação de livros. O Capítulo 4 refere-se aos resultados e discussão e foram divididos em sete itens: transferência da geometria detalhada para os programas BES e simplificação do modelo no Revit; desempenho dos programas BES analisados; acréscimo de dados de entrada e correções no DesignBuilder para análise higrotérmica, caracterização dos cenários alternativos para simulação higrotérmica, análise de desempenho térmico do cenário atual, análise de conservação de livros do cenário atual, e comparação do desempenho térmico nos três cenários. Por fim, o Capítulo 5 refere-se à conclusão desta pesquisa.

## **1.1. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS**

A elaboração de projetos arquitetônicos requer uma visão interdisciplinar, visto que problemáticas devem ser solucionadas por meio de decisões projetuais, que vão desde a adequação às condicionantes climáticas e custo, ao desempenho de edificações (GONÇALVES e BODE, 2015). No caso de bibliotecas com plantas-livres ventiladas naturalmente, como é o caso do objeto de estudo, há duas problemáticas como foco da pesquisa: área de estudo coletivo e conservação de livros em um mesmo espaço, o que requer o atendimento a critérios diferenciados de desempenho térmico e conservação de livros. Neste caso, o critério utilizado para avaliação do desempenho térmico da edificação está relacionado ao atendimento de faixas mensais de temperatura operativa<sup>1</sup> em função das médias de temperaturas externas da cidade, conforme ASHRAE 55 (2020). Em contrapartida, para a análise de conservação de livros utilizou-se do método de isopermas de Sebera, que adota pares de temperatura e umidade relativa internas, para avaliar a expectativa de vida de papéis.

Para avaliar os critérios citados, foram utilizadas simulações higrotérmicas, que permitem resultados em temperatura e umidade relativa, utilizando-se da integração

---

<sup>1</sup>A temperatura operativa é definida por Lamberts (2002) como o valor médio da temperatura do ar e temperatura radiante

BIM/BES, sendo esta apontada por Eastman et al. (2014) como um facilitador de análises ambientais, uma vez que o modelo é gerado na plataforma BIM com informações pertinentes à análise e exportado para um programa BES para resultados específicos. No entanto, autores como Moon et al. (2011) e Zhao et al. (2021) apontam que a transferência de dados entre estas plataformas não se encontra resolvida, sendo necessários testes para definição do programa BES com melhor desempenho com o aplicativo BIM selecionado. Assim, esta pesquisa explorou esta lacuna a partir de testes de integração BIM/BES, adotando-se o Revit, e outros dois programas BES: o IES-ve e o DesignBuilder.

A pesquisa justifica-se ainda, pela análise de possibilidades de intervenções para melhorar o desempenho térmico na biblioteca, que é icônica, prezando-se pela não descaracterização da arquitetura. Como referência, Neves (2009) analisou o desempenho térmico do Campus da Universidade Federal do Amazonas, projetado pelo arquiteto Severiano Porto, que também é constituído por construções de relevância arquitetônica e social e elaborado com estratégias passivas de resfriamento, como ventilação natural e efeito chaminé proporcionados por lanternins. Posteriormente, adicionou-se condicionamento artificial nas salas de aula, sendo necessário o fechamento dos lanternins e locação de condensadoras nas fachadas. No parecer de Neves (2009), o atendimento ao desempenho térmico sem condicionamento artificial não foi integral, mas atendeu quase todo o ano, questionando-se a utilização indiscriminada do ar condicionado, que interfere nas fachadas em função das condensadoras, e nas estratégias passivas de ventilação natural. Dessa forma, como as planta-livres da biblioteca da UFU ainda possuem estratégias passivas de resfriamento, é relevante analisar o seu desempenho térmico e propor cenários que não interfiram na materialidade da arquitetura. Cabe salientar que o foco desta pesquisa não é criar diretrizes de intervenção em bens históricos ou icônicos, mas refletir sobre a tomada de decisões multidisciplinares relacionadas ao atendimento de desempenho térmico e conservação de livros.



## **1.2. OBJETIVO GERAL**

Analisar conjuntamente o desempenho térmico e conservação de livros em bibliotecas icônicas a partir da integração BIM/BES, utilizando a Biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica em Uberlândia/MG como objeto de estudo.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a transferência de dados de geometria complexa no BIM (Revit) para os programas BES;
- Avaliar estratégias de simplificações geométricas para modelos complexos a fim de viabilizar a transferência entre BIM e BES;
- Analisar o desempenho dos programas BES com relação à integração BIM/BES, para definir a opção satisfatória para simulação higrotérmica;
- Buscar cenários alternativos para melhorar o desempenho térmico e conservação de livros sem descaracterizar a edificação;
- Produzir inferências sobre cenários alternativos;
- Comparar os resultados de desempenho térmico e conservação de livros do cenário existente com os cenários alternativos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo abordar os principais conceitos relacionados ao tema, sendo estes: definições de desempenho térmico, definições de conservação de livros, integração BIM/BES e simulação computacional, além de contextualizar o estado da arte desta pesquisa.

### 2.1. DEFINIÇÕES DE DESEMPENHO TÉRMICO

O desempenho térmico está relacionado ao comportamento da edificação em relação ao clima externo, e é determinado pelas propriedades da envoltória, operação de janelas e ganhos de calor interno (ABNT NBR 15575-1, 2021). Para avaliações de desempenho térmico, não é considerado o conforto térmico, relacionado às sensações térmicas dos usuários, tampouco à eficiência energética, referente à quantidade de energia consumida para aquecimento e resfriamento dos ambientes. As normativas de desempenho térmico têm a função de apontar por meio de critérios normativos que partem do contexto climático onde a edificação está inserida, parâmetros para o atendimento à faixas de temperatura operativa ou à carga térmica total de ambientes internos (este último referente ao calor retirado ou acrescentado no ar para mantê-los nas condições desejadas). Essas avaliações podem ser realizadas para ambientes ventilados naturalmente ou com condicionamento artificial. A presente pesquisa avaliou o desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente.

Como o desempenho térmico está relacionado à adequação da edificação ao contexto climático, foram levantadas classificações climáticas de Uberlândia a partir de diferentes fontes, sendo elas: Zoneamento Bioclimático Brasileiro a partir da ABNT NBR 15220-3 (2005), Classificação Climática de Köppen-Geiger, Classificação Climática Brasileira (CB3E, 2017), e Zonas Climáticas conforme ASHRAE 90.1 (2016). A ABNT NBR 15220-3 (2005), divide o Brasil em 8 zonas bioclimáticas, no entanto

Uberlândia não foi contemplada pela normativa. Assim, utilizou-se o programa ZBBR<sup>2</sup>, que permite identificar o zoneamento bioclimático de cidades brasileiras, no qual Uberlândia foi identificada como zona bioclimática 4, mesma zona bioclimática de Brasília-DF.

Conforme Maciel (2018), a Classificação Climática de Köppen-Geiger é uma das mais completas, pois identifica as regiões a partir de características de vegetação, temperatura do ar e precipitação. Para encontrar a classificação climática de Uberlândia a partir de Köppen-Geiger, foi aberto no Google Earth o arquivo na extensão .kmz<sup>3</sup>, no qual a cidade foi identificada como classificação climática AW: clima equatorial e desértico, mesma classificação de Brasília-DF.

Já a Classificação Climática Brasileira é uma extensão da pesquisa elaborada por Roriz (2014), que classifica o Brasil em 24 grupos climáticos, das zonas mais quentes às mais frias, além de parâmetros como temperatura média anual, desvio padrão da temperatura média, amplitude média anual e desvio do padrão de amplitude. Nesta classificação, Uberlândia é inserida no Grupo 10, mesmo grupo de Brasília (CB3E, 2017). A classificação de 5564 municípios brasileiros pode ser encontrada no site do PBE Edifica (CB3E, 2017).

Por fim, a ASHRAE 90.1 (2016), apresenta uma classificação climática global a partir de zonas térmicas identificadas em um mapa com zonas que variam de 0 a 8 (extremamente quente à subártico/ártico) e em letras A, B e C (A: úmido, B: seco e C: marítimo). Para localização de Uberlândia, cruzou-se o mapa brasileiro em .dwg com o mapa de zona térmica da norma, porém essas não coincidiram, o que impossibilitou a sua identificação. Sendo assim, para esse estudo, adotou-se a zona climática 2A, por ser a mesma zona de Brasília-DF, uma vez que ambas possuem a mesma classificação climática no Zoneamento Bioclimático Brasileiro, assim como na Classificação Climática de Köppen-Geiger e Classificação Climática Brasileira. Na Tabela 1 são elencadas as quatro classificações climáticas para Uberlândia.

---

<sup>2</sup> Programa disponível em <https://labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>

<sup>3</sup> Disponível em <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>

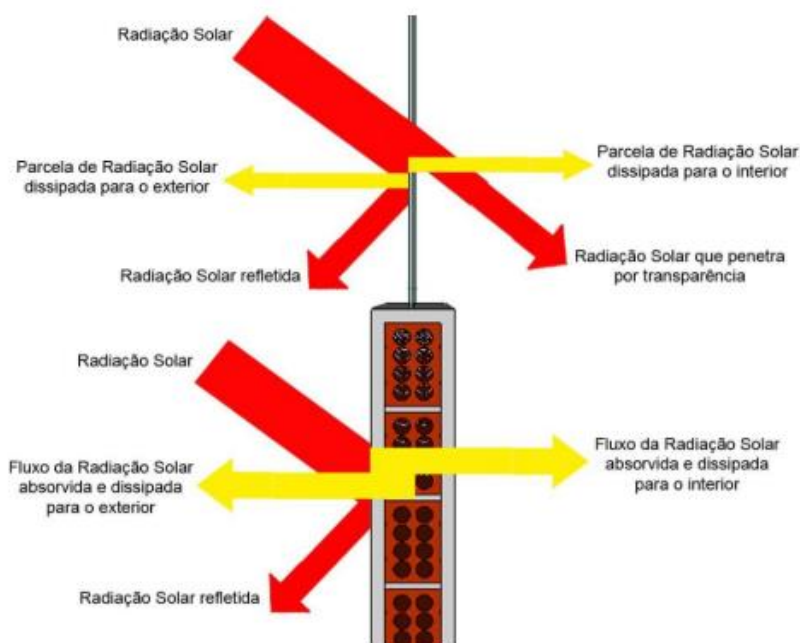
Tabela 1- Classificações climáticas de Uberlândia/MG

Uberlândia/MG			
Zoneamento Bioclimático Brasileiro conforme NBR 15220-3	Classificação Climática de Köppen-Geiger	ASHARE 90.1-2006	Classificação Climática Brasileira conforme CB3E (2017)
ZB4	Aw	2A	Grupo 10

Fonte: Autora (2022).

Para adequar a edificação ao clima, a envoltória deve proteger o ambiente interno das condições climáticas extremas do exterior (BUXTON, 2017). Os elementos que compõe a envoltória (paredes, cobertura e esquadrias) podem ser opacos ou translúcidos. Conforme Frota e Schiffer (2001), em fechamentos opacos a transferência de calor ocorrerá da superfície mais quente para a mais fria. Para fechamentos translúcidos, Alberto (2015, p.32) esclarece que a “totalidade dos ganhos solares transmitida através de qualquer vão envidraçado é a combinação da radiação solar direta, difusa e refletida” (Figura 1)

Figura 1- Trocas de calor através de superfícies opacas e translúcidas.

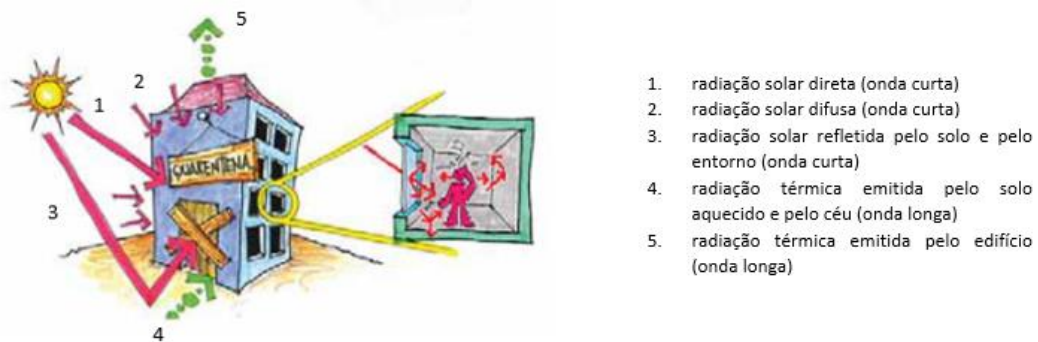


Fonte: Maciel (2013, p.40), adaptado de Frota e Schiffer (2001).

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a radiação solar é um dos principais fatores de ganhos térmicos na edificação, e é constituída por radiação solar direta, radiação solar difusa,

radiação solar refletida pelo solo e pelo entorno, radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu e radiação térmica emitida pela edificação, que podem ser conferidas na Figura 2. A ABNT NBR 15220 (2005), apresenta métodos de cálculo de transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar de elementos homogêneos e heterogêneos, assim como apresenta as propriedades térmicas de alguns materiais, como: emissividade, absorptância, densidade, condutividade térmica e calor específico.

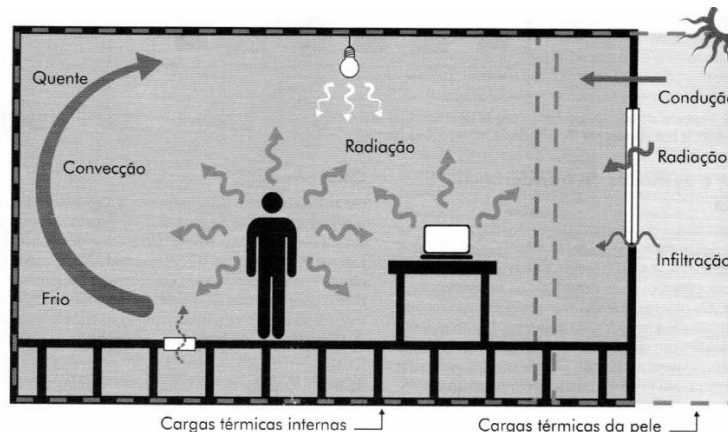
Figura 2 - Trocas de calor por radiação em edifícios.



Fonte: Lamberts, Pereira e Dutra (2014, p.113).

Além da troca de calor existente na envoltória, os ganhos de calor interno também influenciam nas respostas térmicas da edificação, e são elencados como calor gerado por pessoas, iluminação e equipamentos, como apresentado na Figura 3 (KELLER; VAIDYA, 2018).

Figura 3 - Ganhos de calor em uma edificação



Fonte: Keeler e Vaidya (2018, p.112).

Edificações ventiladas naturalmente apresentam estratégias passivas para resfriamento e aquecimento e possuem microclima interior oscilante, uma vez que são aquecidos e resfriados mais facilmente (GONÇALVES; SOUZA, 2013; RIVERO, 1985). Em climas quentes, além dos materiais que compõem a envoltória, a ventilação natural aliada ao sombreamento são estratégias passivas que contribuem para o resfriamento passivo (BROWN; DEKAY, 2004).

A ABNT NBR 15575-1 (2021), norma brasileira sobre desempenho térmico, é exclusiva para habitações. Nesse sentido, normativas internacionais auxiliam na análise de desempenho térmico de edificações não habitacionais, como: ISO 17772-1 (2017) sobre eficiência energética e qualidade ambiental em ambientes interno, ASHRAE 90.1 (2016) sobre eficiência energética em edificações, e ASHRAE 55 (2020) que apresenta condições ambientais térmicas em ambientes ocupados. Dentre as contribuições dessas normativas para a análise de desempenho térmico em edificações brasileiras ventiladas naturalmente, estão: definição de método de avaliação, agenda de funcionamento e dados de ganho de calor interno.

A ISO 17772-1 (2017) e ASHRAE 55 (2020), contribuem para o método de avaliação, uma vez que apresentam faixas de temperatura operativa aceitáveis em ambientes ventilados naturalmente, obtidas através da média de temperaturas externas.

A ASHRAE 90.1 (2016) e a ISO 17772-1 (2017), apresentam informações de ganhos de calor interno relacionados à iluminação, equipamentos e pessoas para diferentes usos de edificações, assim como determina os horários de funcionamento da edificação com os percentuais de ocupação.

## **2.2. DEFINIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE LIVROS**

As bibliotecas são consideradas como unidades de informação, sejam elas digitais ou impressas (LEMOS, 2002). Apesar da crescente digitalização dos livros, a quantidade de exemplares impressos é significativa nas bibliotecas e ocupa uma área considerável nas edificações, o que requer a conservação de seu acervo. A biblioteca

universitária analisada nesta pesquisa, possui acervo raro (que não será analisada na pesquisa) e de consulta / empréstimo, sendo que o acervo raro é acondicionado em salas com climatização artificial e desumidificadores, e o acervo para consulta e empréstimo encontra-se junto às áreas de estudo coletivo em ambientes ventilados naturalmente. Nesse sentido, como a biblioteca foi inaugurada em 1991, há livros de empréstimo que podem estar deteriorados em função do microclima interior, uma vez que não é controlado artificialmente, além da relevância da análise do cenário atual com vistas a prever como as condições internas podem afetar a conservação dos livros ao longo do tempo.

Conforme Cassares (2000), diversos fatores influenciam na deterioração de acervos de livros: ambientais, biológicos, intervenções impróprias e acidentes como incêndio e terremotos. Os fatores ambientais são influenciados pelo ambiente interno e estão relacionados à incidência de luz excessiva diretamente nos livros (tanto natural como artificial), temperatura elevada, umidade relativa e poluição atmosférica (CASSARES, 2000; GIORDANO; CASSARES; MOTTA, 2008).

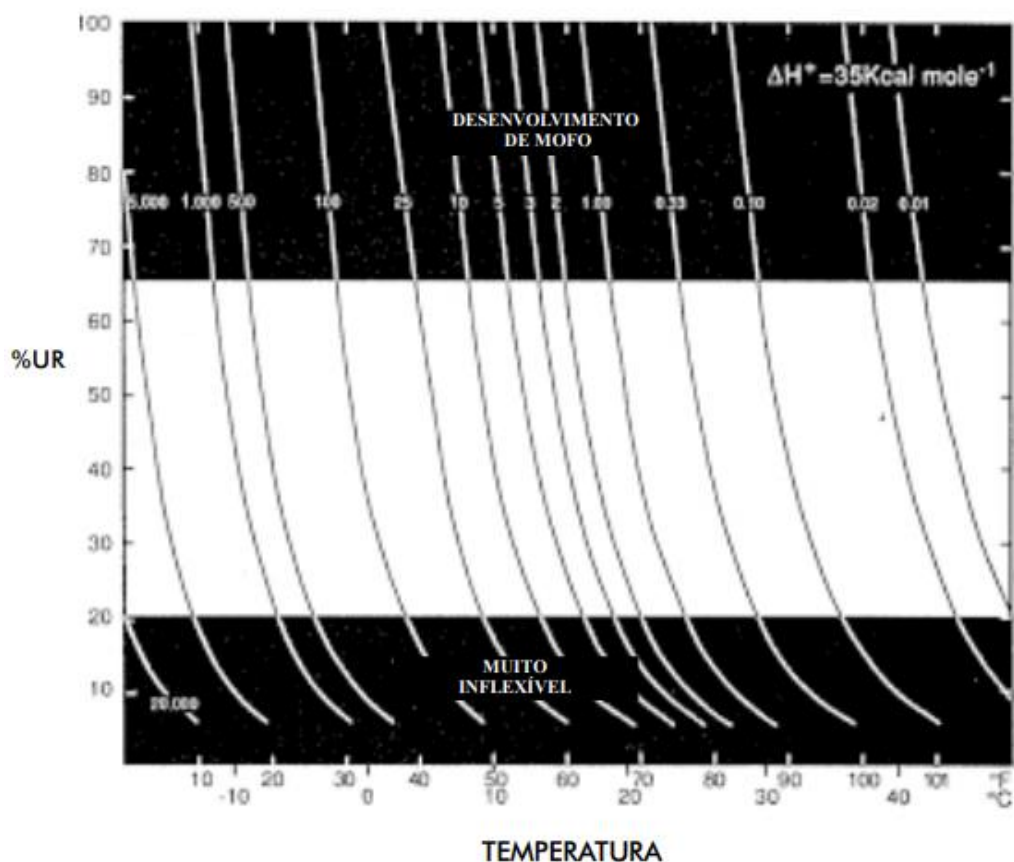
Alguns autores apontaram a temperatura e a umidade relativa como as variáveis que mais interferem na conservação de livros e obras de arte e essas serão avaliadas nesta pesquisa (MICHALSKI, 2016; SEBERA, 2001). Conforme De Backer (2017), dentre os tipos de degradações que envolvem temperatura e umidade relativa estão as degradações química, biológica e mecânica. Segundo De Backer (2017) e Sebera (2001), degradações químicas relacionam-se às reações químicas provocadas pela umidade (como exemplo da hidrólise e oxidação), que ocorrem mais rapidamente quando ativados por altas temperaturas<sup>4</sup>. Já degradações biológicas estão relacionadas à fungos e bactérias; e degradações mecânicas, à deformação do papel (DE BACKER, 2017). Segundo De Backer (2017, p. 25), “se o valor médio da temperatura ou umidade relativa forem altos, pode ocorrer degradação biológica e/ou química, enquanto flutuações na temperatura e umidade relativa levam principalmente à degradação mecânica”.

---

<sup>4</sup> Também chamado por Sebera (2001) de energia de ativação ou entalpia

Sebera (2001) propôs um método para avaliação das condições ambientais para conservação dos papéis a partir da plotagem de pares de temperatura e umidade relativa na Figura 4, ou utilizando-se a Equação 1. As isopermas estão relacionadas à longevidade de vida do papel, no qual a isoperma de valor 1 equivale ao par de 20°C de temperatura e 50% de umidade, e estimativa de vida do papel de 45 anos. O autor utiliza energias de ativação de 25 ou 35kcal. Este método também foi adotado por Fritoli, Krüger e Carvalho (2016) que utilizaram protótipos alocados no interior e exterior de bibliotecas para monitoramento da umidade e temperatura nos Campus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e no Campus Litoral da Universidade Federal do Paraná, em Coiabá. Camuffo (2019), também adotou o método de isopermas de Sebera, para estimar a expectativa de vida dos livros da Antiga Capela do Coro em Pádua.

Figura 4 - Gráfico de Isopermas de Sebera.



Fonte: Sebera (2001, p.16).

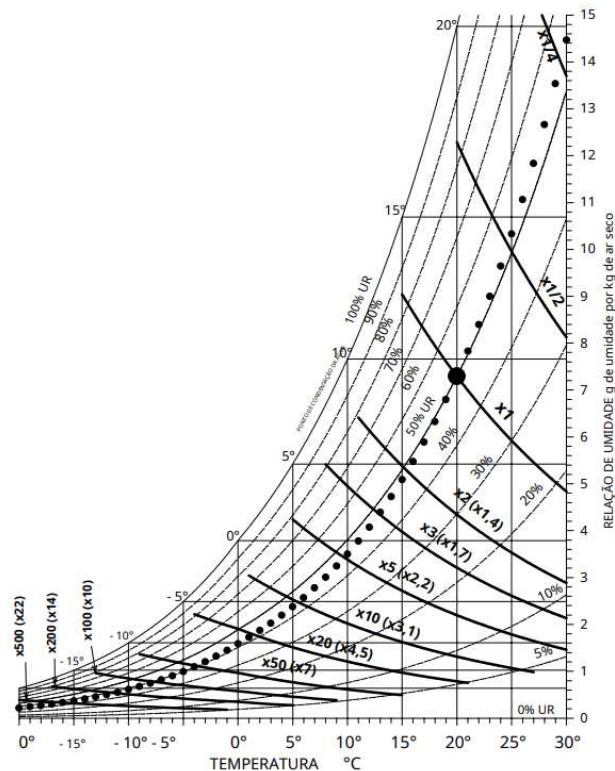


Equação 1:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{UR_1}{UR_2} \right) \left( \frac{T_1 + 460}{T_2 + 460} \right)^{10^{+394\Delta H^{\circ}}} \left( \frac{1}{T_2 + 460} - \frac{1}{T_1 + 460} \right)$$

Michalski (2002) criou o multiplicador de expectativa de vida, associado também a isopermas com pares de temperatura e umidade relativa com energia de ativação de 100 KJ/mol, que podem ser plotados em um gráfico, conforme Figura 5. A isoperma (LM) com valor de 1,0 equivale a 20°C e 50% de UR.

Figura 5 - Gráfico de Multiplicador de expectativa de vida.



Fonte: Michalski (2002, p.71).

De Bacher (2017), apresentou um compilado de fórmulas (Tabela 2) para conservação de papéis e obras de arte relacionadas às reações químicas que envolvem temperatura e umidade relativa.

Tabela 2 - Diferentes métodos de avaliação para conservação de livros que envolvem temperatura e umidade relativa.

	<b>Método</b>	<b>Autor</b>	<b>Equação</b>
1	Método de Isopermas	Sebera, 1994	$\frac{k_1}{k_2} = \left(\frac{RH_1}{RH_2}\right) \left(\frac{T_1}{T_2}\right) 10^{0.0523 (E_a - RT) \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$
2	Método revisado de isopermas	Strang and Grattan, 2009	$\frac{k_1}{k_2} = \left(\frac{C_1}{C_2}\right) e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$
3	Índice de Preservação	IPI, 1995	$PI = \frac{e^{\frac{95220 - 134.9RH}{RT} + 0.0284RH - 28.023}}{360}$
	TWPI	IPI, 1995	$TWPI_n = \frac{n TWPI_{n-1} PI_n}{PI_n(n-1) + TWPI_{n-1}}$
4	Multiplicador de expectativa de vida	Michalski, 2001	$LM_x = \left(\frac{k_1}{k_2}\right) = \left(\frac{50\%}{RH_x}\right)^{1.3} e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_x} - \frac{1}{293}\right)}$
	Multiplicador de vida útil equivalente	Silva e Henriques, 2015	$eLM = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n LM_i}$
5	Isoburn	Padfileld, 2004	$\frac{k_1}{k_2} = RH_x \cdot 1,34 \cdot 10^{16} e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{293}\right)}$

R Gás constante, 8.314 J/(K.mole)

E<sub>A</sub> Energia de ativação [J/(mole)]

T Temperatura (k)

RH Umidade relativa (%)

Fonte: Adaptado de De Backer (2017, p.246).

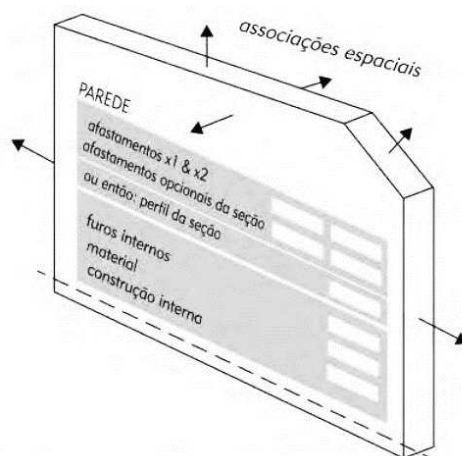
Observa-se que o microclima de bibliotecas influencia substancialmente na conservação de livros, e que métodos de avaliação são fundamentais para analisar o cenário atual e possibilitar propostas de cenários para aumentar a longevidade de coleções.

### 2.3. INTEGRAÇÃO BIM/BES E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Análises ambientais estão relacionadas às soluções projetuais em função do contexto climático em que se situa a edificação. As problemáticas de análises ambientais apontadas por Bode e Gonçalves (2015) são elencadas como: condicionantes climáticas, custo/benefício, desempenho da edificação, dentre outros. Nesse sentido, simulações computacionais são relevantes, pois são geradas a partir de modelos virtuais que permitem análises que se aproximam da realidade (GROAT; WANG, 2013), sendo plataformas BIM e programas BES, ferramentas que se complementam e permitem a simulação de diferentes cenários para a tomada de decisões.

Para Eastman et al. (2014), o BIM além de ser uma tecnologia de modelagem, é um conjunto de processos utilizados para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações. Para Bahar et al. (2013), o BIM está além de uma representação bi e tridimensional de uma edificação (o que ocorre em programas CAD), uma vez que o modelo é alimentado com dados de propriedades dos materiais, espaços, zonas, sistemas de condicionamento artificial, geolocalização, dentre outros. A modelagem paramétrica é um grande diferencial desta tecnologia, uma vez que possibilita a especificação de diversos parâmetros de um elemento. Por exemplo, uma parede, que além da geometria, agrega informações como tipo de material, propriedades térmicas, estruturais, dentre outras (Figura 6).

Figura 6 - Exemplo de modelagem paramétrica.



Fonte: Eastman et al. (2014, p.30).

Conforme Succar (2009), plataformas BIM permitem um projeto com visão holística, englobando diversas dimensões de projeto em diferentes estágios, como: modelagem paramétrica, colaboração entre profissionais de áreas distintas e integração entre diversos aplicativos. A possibilidade de inserção de informações na modelagem possibilita a compatibilidade do projeto arquitetônico com projetos complementares e análises de desempenho, como as energéticas e estruturais. Conforme Eastman et al. (2014), as principais plataformas BIM para projetos de arquitetura são: Revit, ArchiCAD, Bentley Architecture e Digital Project.

Apesar do BIM possibilitar a inserção de dados de entrada para análise termo energética como: localização, propriedades térmicas dos materiais e dados de ganhos de calor interno, alguns autores esclarecem a impossibilidade do BIM para análises térmicas com resultados em temperatura, que é um dos objetivos do presente trabalho (ELNABAWI, 2020; OLIVEIRA; LAMEIRAS; CARVALHO, 2020). Além disso, plataformas BIM não possibilitam a inserção de arquivos climáticos do ano meteorológico típico (TMY.) para análises termo energéticas, indicados por normativas como a ABNT NBR 15575 (2021) e ASHRAE 55 (2020), com isso, faz-se necessária a utilização de programas específicos para simulação computacional. Conforme Gonçalves e Bode (2015) e Groat e Wang (2013), a simulação computacional baseia-se em simplificações na qual são elaborados modelos que agregam somente informações necessárias às simulações para obtenção de dados de saída para avaliações específicas como: iluminação, ventilação, estrutural, termo energética, dentre outros.

Nesse sentido, aplicativos BES são específicos para simulações termo energéticas, higrotérmicas (resultados em temperatura e umidade) e CFD (*Computational Fluid Dynamics*), e permitem a inserção de dados de entrada necessários para análises ambientais com resultados para as 8760 horas do ano. Conforme Garg et al. (2017) as simulações termo energéticas devem ser alimentadas com dados de entrada como: localização e arquivo meteorológico, geometria da edificação com as respectivas espessuras e propriedades térmicas, sistemas de condicionamento de ar, operação de esquadrias e dados de ganho de calor interno como equipamentos, iluminação e ocupação. Dentre os programas BES mais utilizados estão: Energyplus, Ecotec, GBS,

IES-VE, e-Quest e DesignBuilder (LILIS; GIANNAKIS; ROVAS, 2017; PORSANI *et al.*, 2021).

O fluxo de trabalho BIM/BES otimiza as análises ambientais, uma vez que o modelo geométrico poder ser criado no BIM, alimentado com dados de entrada necessários para a análise, e então exportado para programas BES para simulação com os *outputs* exigidos pelas normativas. Conforme Eastman *et al.* (2014), este fluxo de trabalho é denominado interoperabilidade e permite a importação e exportação entre BIM e BES, sendo a transferência de dados entre esses uma parte da interoperabilidade. Moon *et al.* (2011), indicam seis áreas de avaliação para checagem de transferência de dados entre BIM e BES: geometria, espaços e zonas térmicas, materiais, cargas internas, ocupação e sistemas de condicionamento de ar.

Para facilitar a interoperabilidade entre BIM e BES são utilizados protocolos de classes como IFC, gbXML, IDF e INP (PRETTI, 2018). O protocolo IFC facilita o compartilhamento de informações da construção e gerenciamento de instalações. O protocolo gbXML, desenvolvido pelo Green Building Studio é o mais utilizado, por ter sido desenvolvido para projetos de análise ambiental (BAHAR *et al.*, 2013). Já o IDF e INP são extensões exigidas pelos programas Energyplus e e-Quest respectivamente, e faz-se necessária a exportação em protocolo gbXML para o GBS e conversão deste para o formato final (PRETTI, 2018).

Diversos autores apontaram que a transferência de dados entre BIM/BES não se encontra resolvida, uma vez que há perda de dados entre esses, sendo necessários testes para identificar os programas BES com melhor desempenho nesse quesito (CORTÊS; MACIEL, 2021; ELNABAWI; HAMZA, 2019; LI *et al.*, 2020; MOON *et al.*, 2011; PORSANI *et al.*, 2021; ZHAO *et al.*, 2021). Outros autores analisaram o programa BES com melhor integração com o BIM também de forma interpretativa, analisando critérios como usabilidade e gerenciamento de informações (BAAMER; BRUTON; O'SULLIVAN, 2020). Dessa forma, tornam-se necessários testes para identificar o programa BES com melhor integração com o programa BIM, sendo esse um dos objetivos específicos desta pesquisa.

Como forma de avaliar a transferência de dados entre BIM e BES, Gourlis e Kovacic (2017), modelaram dois edifícios industriais no Revit, com exportação do modelo para o Sketchup por meio do protocolo gbXML, e com o plugin OpenStudio realizaram a

simulação energética no Energyplus. Os autores concluíram que foi necessário remodelar o edifício e inserir as propriedades térmicas dos materiais no aplicativo BES. Pan, Qin e Zhao (2017) analisaram a eficiência energética de um edifício residencial de grande altura em Hong Kong por meio da interoperabilidade entre BIM e BES, utilizando o Revit e o DesignBuilder a partir do protocolo gbXML, e concluíram que houve perda de dados entre esses. Elnabawi e Hamza (2019), também realizaram teste entre o Revit e o DesignBuilder a partir da modelagem de uma edificação em três localidades: no Cairo, Alexandria e Asyu e concluíram que a interoperabilidade não se encontra resolvida, pois apesar da geometria ser importada corretamente, houve falha na transferência de dados não geométricos. Moon et al. (2011) realizaram teste de interoperabilidade entre o Revit e os programas BES: Energyplus, e-Quest, Ecotec e IES-ve. Os autores concluíram que houve perda de dados em todos os programas, sendo o programa que apresentou melhor desempenho, o e-Quest. Já Cortês e Maciel (2021), analisaram a transferência de dados entre BIM (Revit) e BES (e-Quest e IES-ve) e concluíram que o e-Quest apresentou melhor desempenho.

Alguns autores apresentaram métodos que analisam outros critérios além da transferência de dados. Baamer, Bruton e O'Sullivan (2020) definiram o programa BES com melhor desempenho através da análise de dois critérios (usabilidade e gerenciamento de informações), no qual a transferência de dados entre BIM e BES foi um dos itens analisados, e os programas BES e plugin comparados foram IES-ve, DesignBuilder, GBS e Insight 360. Os autores utilizaram-se do estudo de caso de uma casa típica na Arábia Saudita e concluíram que os programas BES com melhor desempenho foram: IES-ve e DesignBuilder (com o mesmo desempenho), seguidos de GBS e Insight 360.

Algumas pesquisas apontaram a dificuldade de modelagens de geometrias complexas em programas BES (LILIS; GIANNAKIS; ROVAS, 2017; TAVARES, 2011). Nesse sentido, a interoperabilidade BIM/BES torna-se mais interessante, uma vez que a geometria pode ser gerada no BIM com os dados de entrada para análise termo energética e exportada para um programa BES para a simulação. No entanto, ainda podem ocorrer perda de dados entre esses, sendo necessária a conferência do modelo no programa BES. Nesse contexto, Porsani et al. (2021) analisaram a transferência de dados de um modelo simples e outro complexo, e exportação para

os programas BES com motor Energyplus (DesignBuilder, Open Studio e CYPETHERM HE), sendo o protocolo gbXML para o DesignBuilder e Open Studio, e o IFC para o programa CYPETHERM HE. Como resultado, os autores apresentaram tabelas com os erros de transferência de dados, assim como suas respectivas soluções. Constatou-se que a interoperabilidade BIM/BES não se encontrava resolvida e que a geometria simples apresentou menos erros de importação que a geometria complexa, sendo a solução corrigir o modelo no programa BES. Já as propriedades dos materiais foram importadas corretamente, com isso, os autores concluíram que a interoperabilidade com o DesignBuilder foi a mais viável e com o Open Studio a menos viável.

Observa-se que alguns programas de plataforma BIM, como o Revit, otimizam a análise termo energética com exportação do modelo analítico para os programas BES, no entanto, são necessárias correções nos modelos após sua importação. Em função disso, testes são fundamentais para determinar os programas BES com melhor desempenho com o BIM para evitar retrabalho nas modelagens.

## **2.4. ESTADO DA ARTE**

Para o levantamento do estado da arte, efetuou-se buscas nas plataformas Scopus, Science Direct e Web of Science no período de 2010 a 2022. O período de busca justifica-se com maior intervalo por ser um tema com poucas publicações. Houveram buscas também no Google Acadêmico, sem restrição de período para levantamento do estado da arte no contexto nacional. Foram levantadas pesquisas relacionadas ao microclima de bibliotecas novas ou existentes, ou edificações que abrigam papéis ou artefatos de madeira. Os temas das buscas variaram de desempenho térmico, análises termo energéticas e conforto térmico, aliados ou não à conservação de papéis. Apesar de o foco da pesquisa não ser conforto térmico e sim desempenho térmico, esse termo foi incluído no estado da arte, uma vez que muitas pesquisas consideraram as sensações térmicas dos usuários juntamente com a conservação de papéis. Eficiência energética em bibliotecas também foi selecionado, apesar de não

integrarem o escopo da pesquisa, pois englobaram novos cenários com simulações termo energéticas. As ferramentas também são variadas e elencadas como monitoramento de edificações existentes, simulações termo energéticas, junção de monitoramento e simulação, além de monitoramento de protótipos.

Das pesquisas levantadas, apresentam-se as que avaliaram conjuntamente o conforto térmico e a conservação de papéis, uma vez que as duas análises requerem atendimento à diferentes índices. Krüger e Diniz (2011) analisaram a conservação de papéis e o conforto térmico por meio da mensuração em um ano de temperatura e umidade relativa utilizando-se de protótipos para três cidades brasileiras (Curitiba, Belo Horizonte e Rio de Janeiro). As análises basearam-se nas Isopermas de Sebera e no Índice de Preservação Ponderada no Tempo (TPWI) para análise da conservação de papéis, e a ISO 7730 (2005) e a carta bioclimática das cidades para análise do conforto humano. Os autores concluíram que existe diferença significativa nas condições de armazenamento entre os diferentes locais, embora exista semelhança nas condições de conforto térmico. Turhan (2021), analisaram a Biblioteca Nacional de Izmir, construída em 1933, por meio do monitoramento de um ano de temperatura do ar interior, umidade relativa e velocidade do ar, para averiguar a conservação de livros e o atendimento ao conforto térmico através do índice PMV/PPD com questionários sobre as sensações térmicas dos usuários. Os resultados mostraram alto risco de degradação química em função das altas temperaturas, proporcionadas principalmente pelos vitrais e telhas de vidro. Por outro lado, 87% e 93% dos visitantes sentiram-se termicamente satisfeitos no inverno e verão, respectivamente.

Steehan, De Paepe, e Janssens (2010) analisaram as condições da Faculdade de Economia e Administração de Empresas da Universidade de Ghent na Bélgica a partir de mensurações no verão (07/05/2007 a 13/09/2007) e inverno (14/11/2007 a 27/01/2008), e simulações termo energética com o programa TRNSYS. O índice adotado para o conforto térmico foi o Indicador Adaptativo de Limites de Temperatura (ATG), e o capítulo 21 ASHRAE (2007) como parâmetro para a conservação de papéis. Os resultados apresentaram o desafio no atendimento à preservação de livros e conforto térmico, uma vez que o cenário com exclusão da ventilação noturna ou



redução da taxa de renovação de ar melhoraram a preservação dos livros, mas pioraram o conforto térmico.

Alguns autores analisaram apenas a conservação de papéis em edificações existentes. Tronchin e Fabbri (2017) analisaram as condições higrotérmicas da Biblioteca Malatestiana na Itália, datada de 1452, uma vez que os livros se mantiveram conservados com estratégias passivas. Foram simulados três cenários utilizando o programa Sketchup para modelagem e o aplicativo IES-ve para simulação higrotérmica: a biblioteca no seu estado atual (com os dois pavimentos e o sótão), sem o térreo, e sem o sótão. Os autores concluíram que o cenário atual com o acervo no piso superior contribui para a conservação dos livros, uma vez que os cenários sem o sótão geram aumento da temperatura, e o cenário com os livros acondicionados no térreo interferiram na conservação dos papéis devido ao aumento de umidade.

Outros autores utilizaram a mensuração higrotérmica para avaliar a conservação de papéis. Andretta, Coppola e Seccia (2016) compararam os dados microclimáticos monitorados na Biblioteca Classense na Itália, em relação aos índices de desempenho (IP) e UNI 10586 (1997). Os monitoramentos foram realizados no verão (22/06/2014 a 06/08/2014) e inverno (15/12/2014 a 30/12/2014). Os autores concluíram que a temperatura está fora da faixa recomendada pelo IP e a umidade relativa atende 80% quando comparado à UNI 10586 (1997). Schito et al. (2019a), analisaram a conservação de livros da Biblioteca Barroca da Universidade de Coimbra, ventilada naturalmente, uma vez que a edificação foi aberta para visitação e a conservação dos livros poderia ser afetada por esse ganho de calor. Como ferramenta, utilizaram o monitoramento por seis meses e concluíram que em função da ausência de climatização artificial, é necessário reduzir a umidade relativa para conservação dos livros. Drougka et al. (2020), monitoraram a biblioteca do Museu de Geostrofísica do Observatório Nacional de Atenas durante um mês no período do verão para analisar a conservação de livros e concluíram que a temperatura e umidade relativa ultrapassaram as recomendações do índice de desempenho (IP), assim como inferiram sobre a não recomendação do ar condicionado com rupturas bruscas de temperatura, uma vez que aumenta as flutuações térmicas e essas não são recomendadas para a conservação dos livros.

Sahin et al. (2017), monitoraram por um ano a Biblioteca histórica em Tire-Izmir, que possui acervos do século XII, comparando os resultados ao capítulo 21 da ASHRAE (2007). Os autores concluíram que as condições naturais mantêm o acervo conservado até certo ponto, por isso estratégias passivas devem ser priorizadas em relação ao condicionamento artificial, uma vez que a instalação de ar condicionado poderia afetar a aclimação dos livros no ambiente histórico. Boeri et al. (2022) realizaram o monitoramento de um ano na Biblioteca da Universidade de Bolonha, e compararam os resultados ao atendimento das faixas da UNI 10829 e índices de HRM e PRD , e concluíram que o acervo e os artefatos são preservados por meio de estratégias passivas e que, por outro lado, os condicionamentos artificiais de aquecimento e resfriamentos existentes influenciam na deterioração dos livros. Verticchio et al. (2020), monitoraram três bibliotecas históricas na Itália em períodos diferentes: em Milão (setembro de 2001 a janeiro de 2013), Udine (outubro de 2016 a março de 2018) e Roma (junho de 2019 em diante) e concluíram, a partir do Tempo de Vida Ponderado no Tempo (TWEL) que a longevidade das coleções é inferior a 300 anos.

Diulio, Santa Cruz e Gómez (2015) realizaram o monitoramento anual de 12 bibliotecas na Argentina e compararam ao atendimento da UNI 10829 (1999), concluindo que todas as bibliotecas excederam o padrão permitido. Verificou-se ainda que o aquecimento artificial prejudicou a conservação de livros, em função da diminuição drástica de umidade e que as melhores condições de conservação foram apontadas na primavera e outono, quando os ambientes são ventilados naturalmente. Diulio, Merader-Movano e Gómez (2019) monitoraram várias bibliotecas em La Plata, Argentina, de março de 2011 a março de 2013, e analisaram a influência do envelope e das estratégias passivas para a conservação dos livros, por meio dos índices de desempenho (PI) e de amplitude (AI). Os autores concluíram que os parâmetros de envelope que mais influenciam na conservação dos livros são respectivamente: área adjacente a outros espaços, transmitância térmica, envidraçamento, densidade e adjacência ao solo.

Somente uma pesquisa analisou a eficiência energética juntamente com o conforto térmico e conservação de livros. Sadeghifam et al. (2021), analisaram as condições microclimáticas da Biblioteca no Campus Johor Bahru da Universidade Tecnológica

da Malásia por meio do programa Revit, com o intuito de analisar e readequar o consumo de energia em função do conforto térmico e conservação de livros. A ASHRAE 55 foi utilizada como parâmetro para conforto térmico. Os resultados de um novo cenário para a envoltória apresentaram temperatura segura para os livros (abaixo de 23°C), temperatura confortável para os usuários (entre 23 e 25°C, conforme ASHRAE 55) e economia de energia de 25%.

Como forma de avaliar a eficiência energética de bibliotecas, Waddicor et al. (2016), simularam vários cenários no aplicativo IDA ICE da Biblioteca de Turim na Itália, alcançando um cenário com redução de 87,3% de energia para resfriamento. Liu e Wang (2022), analisaram o desempenho termo energético de três edifícios universitários no norte da China com o programa Revit, criando cenários para eficiência energética e alcançaram redução de energia de 59,1% para resfriamento e 21,5% para aquecimento. Song, Zhang e Meng (2015), analisaram a eficiência energética por meio de simulação da Biblioteca da Universidade Politécnica de Tianjin, com o programa e-Quest e concluíram que a densidade de potência de iluminação tem impacto direto no consumo de energia da edificação. Hussin et al. (2019) realizaram a simulação termo energética na Biblioteca na UITM Bertam na Malásia utilizando o aplicativo IES-ve, para melhorar o seu consumo energético. Os resultados apresentaram que o ar-condicionado consome 53% de energia, e apresentaram novo cenário com redução de 5,9% do consumo de energia por condicionamento artificial.

Stoakes, Passe e Battaglia (2011) analisaram os efeitos de estratégias passivas e ativas para resfriamento e aquecimento na Biblioteca Viipuri, por meio de simulação de CFD com o programa Fluent Ansys CFD. Os autores concluíram que para otimizar o resfriamento passivo, a ventilação natural é uma estratégia adequada no verão, e foi otimizada com a locação oposta de portas e janelas para melhorar o fluxo do ar.

Coskun et al. (2017) analisaram a conservação de livros na Biblioteca de Necip, na Turquia, por meio de simulação higrotérmica com o aplicativo DesignBuilder. Foram avaliados dois cenários: modelo original (com hall semiaberto) e modelo atual (com hall fechado), concluindo que o risco de degradação dos livros é maior no modelo atual, uma vez que o fechamento do hall com esquadrias de vidro influenciou no aumento da temperatura interior. Para melhorar o microclima interno, os autores recomendaram a retomada do modelo original para favorecer a ventilação natural.

A fim de contextualizar o estado da arte no cenário nacional, efetuou-se uma busca no Google Acadêmico sem restrição de período. Assis e Bastos (2007), avaliaram as condições de conservação do acervo da Biblioteca da Escola de Arquitetura da UFMG por meio das Isopermas de Sebera, utilizando-se de medições e simulação higrotérmica com o programa Arqitrop para o mês de junho. As autoras concluíram que os pares de temperatura e umidade se encontram próximos à isoperma 1, o que evidencia baixa expectativa de vida do papel. Em contrapartida a situação de conforto térmico apresentou-se favorável. Gonçalves e Souza (2013), analisaram o potencial da ventilação natural ou forçada na Capela da Ceia do Santuário de Bom Jesus de Matosinhos em Congonhas através de monitoramento e concluíram que a desumidificação em torno de 20% do ano ocasionada pela ventilação natural ou forçada, contribuiriam para a conservação dos artefatos.

Gonçalves (2016), analisou os índices de desempenho para conservação de artefatos e o índice de desempenho de conforto térmico humano, através de monitoramento de temperatura e umidade na Capela da Ceia do Santuário de Bom Jesus de Matosinhos em Congonhas. O autor concluiu que o índice de conservação dos objetos é mais restritivo que o índice de conforto humano. Fritoli, Krüger e Carvalho (2016), avaliaram as condições de acervo em bibliotecas em Curitiba (PR) e Caiobá (no litoral do Paraná), através do monitoramento de caixas com papéis em seu interior, utilizando do método de Isopermas de Sebera para avaliação da conservação dos papéis. Os autores concluíram que os dois acervos apresentaram riscos de conservação, uma vez que a umidade relativa ultrapassou 65%, deixando os acervos na zona de mofo. Como resultado, Caiobá apresentou pior cenário de isopermas que Curitiba, com isoperma 0,10, o que influencia na longevidade dos papéis.

### 3. METODOLOGIA

A partir da organização metodológica proposta por Groat e Wang (2013), esta pesquisa de lógica indutiva estabelece como hipótese, que a utilização de diferentes parâmetros de desempenho térmico e conservação de livros produzam inferências distintas sobre mesmos ambientes de biblioteca ventilada naturalmente. Os parâmetros de desempenho térmico se baseiam em faixas de temperatura operativa mensais baseadas na ASHRAE 55 (2020), e os parâmetros para conservação de livros foram baseados no Método de Isopermas de Sebera, que relaciona diferentes isopermas a partir de pares de temperatura e umidade (SEBERA, 2001). Para averiguar o atendimento conjunto de desempenho térmico e conservação de livros, utilizou-se a simulação higrotérmica a partir da integração BIM/BES. Propõe-se ainda a criação de cenários para melhorar o desempenho térmico e conservação e livros sem a descaracterização da arquitetura.

Nesta pesquisa de caráter explicativo e exploratório, isto é, que visa explicar um fenômeno e testar hipóteses, foram utilizadas estratégias qualitativas e de simulação. A primeira possibilitou visão holística e contato prolongado com a amostra, que no caso é a Biblioteca da UFU; e a segunda, permitiu uma aproximação com a realidade a partir da simulação do modelo da Biblioteca.

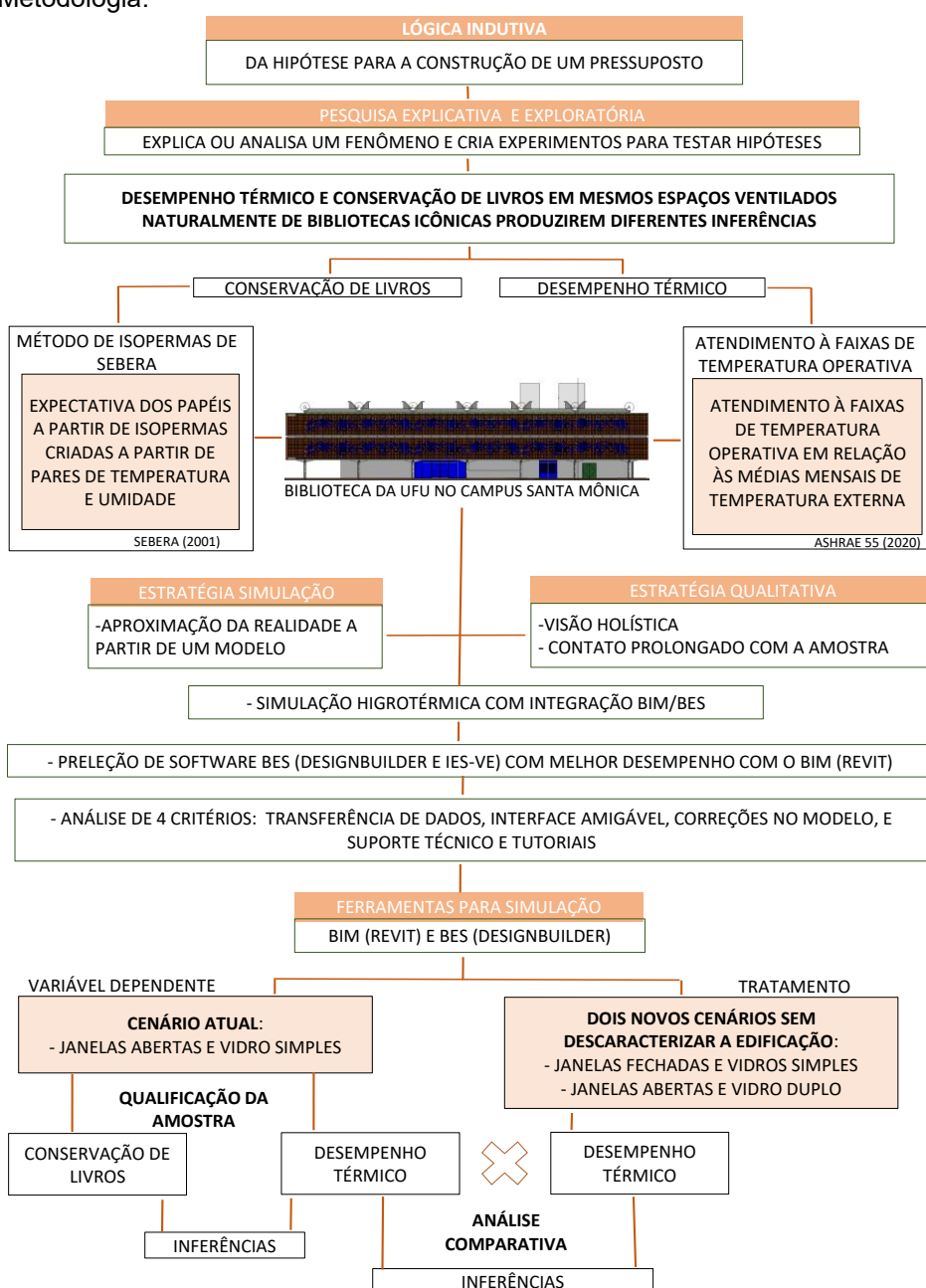
Inicialmente a edificação foi modelada no programa Revit, com os dados de entrada necessários para a análise higrotérmica, gerado o modelo analítico em .gbXML, e então exportado para dois programas BES (DesignBuilder e IES-ve) para testes de integração entre BIM e BES para possibilitar a definição do programa BES com desempenho satisfatório baseado em quatro critérios: transferência de dados, interface amigável, correção de geometria, e suporte técnico e tutoriais.

Além disso, como análise comparativa de desempenho térmico, comparou-se o cenário atual (vidro simples e janelas abertas) com mais dois outros cenários alternativos (para não descaracterização do bem): janelas fechadas, e vidro duplo com janelas abertas. A partir da comparação do cenário com janelas fechadas, buscou-se avaliar a influência da ventilação natural no desempenho térmico dos espaços analisados. Já para o cenário com vidros duplos e janelas abertas, buscou-se criar um

modelo para melhorar o desempenho térmico dos espaços analisados alterando a envoltória sem descaracterizar o bem.

A metodologia descrita acima encontra-se diagramada na Figura 7 e resultou em duas principais inferências: sobre o objetivo geral, que é a análise do atendimento conjunto de desempenho térmico e conservação de livros no cenário atual; e um dos objetivos específicos: a comparação de desempenho térmico do cenário atual com mais dois outros cenários alternativos.

Figura 7 – Metodologia.



Fonte: Autora (2022).

### 3.1. ESTUDO DE CASO DA BIBLIOTECA DO CAMPUS SANTA MÔNICA

A biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia no Campus Santa Mônica está localizada em Uberlândia, Minas Gerais (18,92S, 48,26W), possui aproximadamente 5.800,00 m<sup>2</sup>, e é classificada como Aw na classificação climática de Köppen-Geiger: clima equatorial desértico (KOTTEK *et al.*, 2006). A edificação concluída em 1991, foi projetada pelos arquitetos Paulo Zimbres e Luís Antônio Almeida Reis, é um exemplar icônico do campus e possui plantas-livres ventiladas naturalmente ocupadas com espaço de estudo coletivo e acervo de livros (Figura 8). O imóvel foi inventariado em 2006, conforme ficha de inventário no Anexo A, o que enfatiza sua relevância arquitetônica e social, e justifica intervenções pautadas pela não descaracterização do bem.

Figura 8 - Vistas da Biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica. (a) Vista externa da Biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica, (b) vista do segundo pavimento com planta-livre que abriga área de estudo coletivo e acervo de livros para consulta/empréstimo.



(a)



(b)

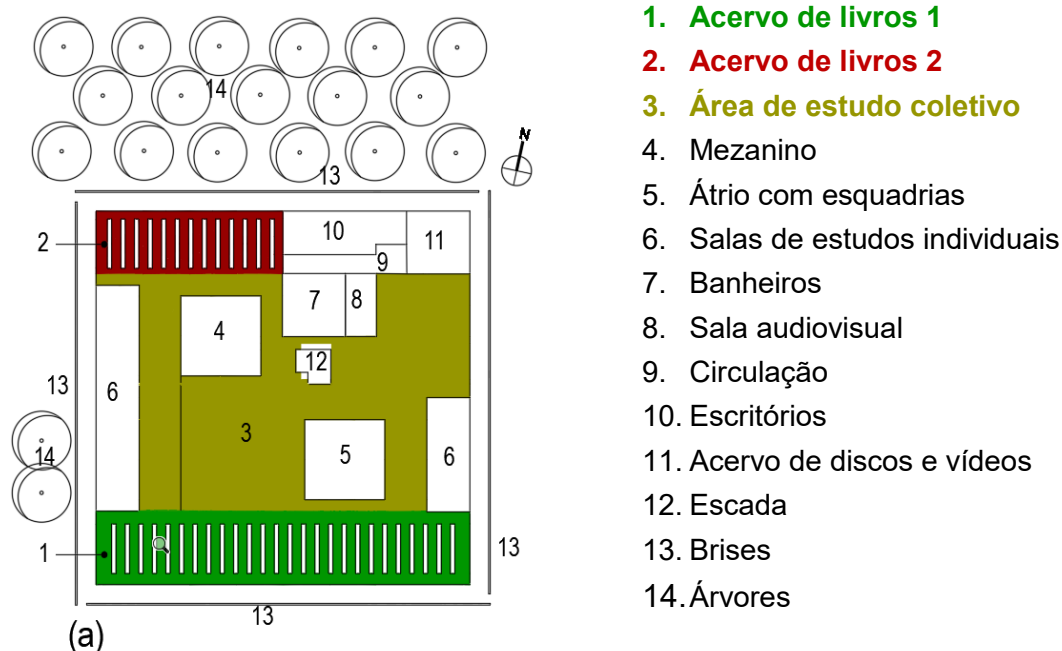
Fonte: Autora (2022).



Conforme Anexo A, os arquitetos foram contratados pela Reitoria da Universidade para a realização de um projeto que contemplasse duas bibliotecas para a UFU em Campus distintos, uma no Santa Mônica e outra no Umuarama, uma vez que as bibliotecas dos Campus não atendiam às necessidades da época em função do número crescente de usuários e pequenos espaços para acervo, além da necessidade de ambientes de encontro para a vida acadêmica. As bibliotecas são chamadas de gêmeas, uma vez que a modulação, métodos construtivos e cobogós foram utilizados nas duas edificações, apesar de apresentarem características próprias, como diferentes programas de necessidades e área construída (ANEXO A).

Segundo Luís Antônio Almeida Reis, a Biblioteca do Campus Santa Mônica foi projetada para ventilação natural. Posteriormente, novos ambientes foram adicionados com a implantação de divisórias e condicionados artificialmente. Os espaços analisados nesta pesquisa (Figura 9 e Figura 10) estão localizados em plantas-livres ventiladas naturalmente com espaços conjuntos de estudo coletivo e acervo de livros para consulta/empréstimo.

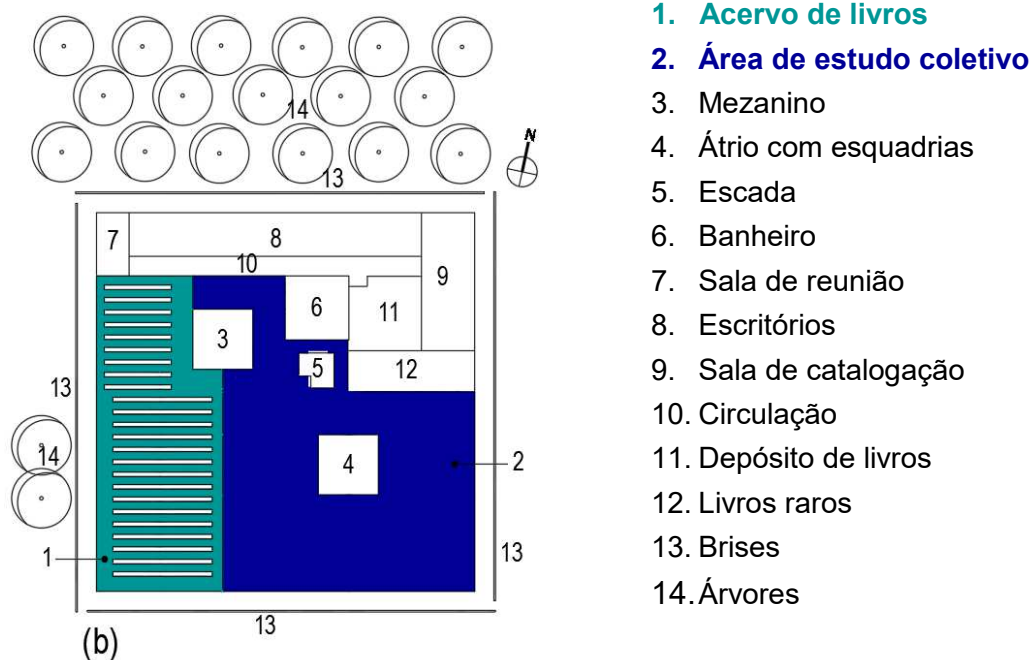
Figura 9 - Espaços analisados hachurados no 1º pavimento.



Fonte: Autora (2022).



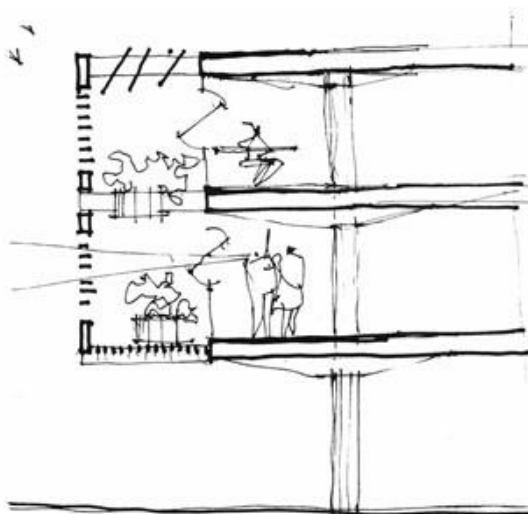
Figura 10 - Espaços analisados hachurados no 2º pavimento.



Fonte: Autora (2022).

As estratégias passivas foram contempladas nas fases iniciais de projeto conforme apresentado no croqui dos arquitetos (Figura 11), no qual observa-se elementos para favorecer o sombreamento e a ventilação natural.

Figura 11 - Croqui dos arquitetos prevendo elementos de sombreamento e ventilação natural.



Fonte: Zimbres (1993).

Dentre as estratégias passivas da edificação estão: sombreamento proporcionado por cobogós cerâmicos que permeiam toda a fachada envidraçada dos pisos superiores, placas cimentícias, e brises metálicos móveis, assim como árvores na fachada posterior (fachada norte) para bloqueio solar; e também ventilação cruzada através de grandes aberturas e átrios, além do efeito chaminé proporcionado por lanternins (Figura 12). O acervo dos espaços analisados é composto por livros para empréstimo, sendo os livros raros locados em ambientes fechados com controle artificial de temperatura e umidade.

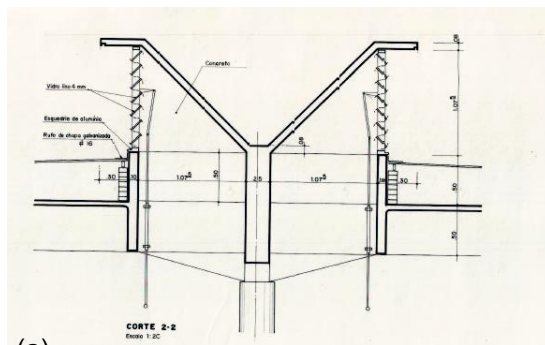
Figura 12 - Elementos para estratégias passivas na Biblioteca. Elementos para sombreamento: (a) brise em cobogó; (b) placas cimentícias, (c) brises metálicos, (d) árvores. Elementos para ventilação natural: (e) janelas basculantes na área de leitura, (f) janelas no acervo de livros, (g) lanternins, (h) átrio.



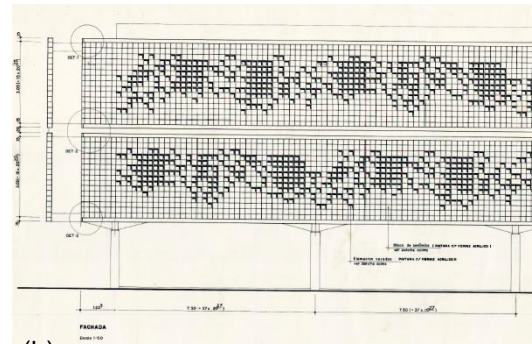
Fonte: Autora (2022).

Observa-se na Figura 13, que alguns elementos para estratégia passiva foram detalhados no projeto arquitetônico.

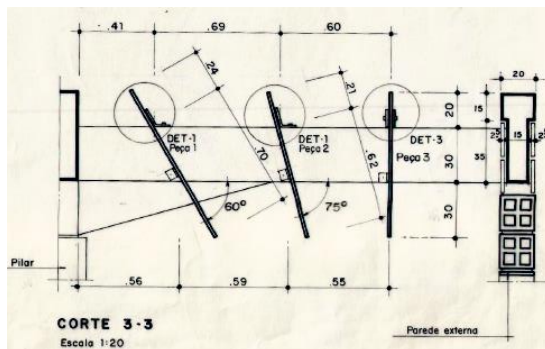
Figura 13 - Detalhamento de elementos construtivos. (a) lanternim, (b) cobogós, (c) placas cimentícias, (d) esquadrias.



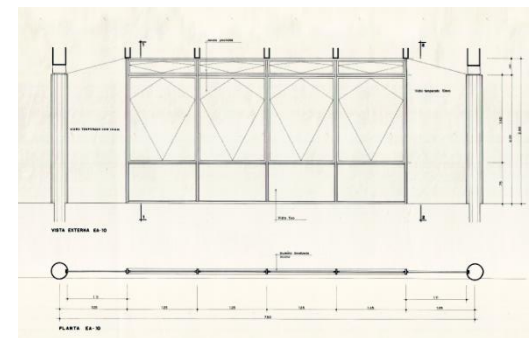
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Prefeitura da UFU (2021).

### 3.2. INVESTIGAÇÃO PARA VIABILIZAR A MODELAGEM DA BIBLIOTECA

Para possibilitar a modelagem da edificação foi necessário proceder uma investigação acerca dos projetos que a compuseram, das modificações, dos componentes construtivos, entre outros. Para tanto, foi necessário consultar a Prefeitura do Campus Santa Mônica UFU acerca da disponibilização dos projetos originais arquitetônicos e complementares, assim como memorial descritivo. A Prefeitura possuía grande parte do projeto arquitetônico original desenhado à nanquim, porém, sem as plantas, além

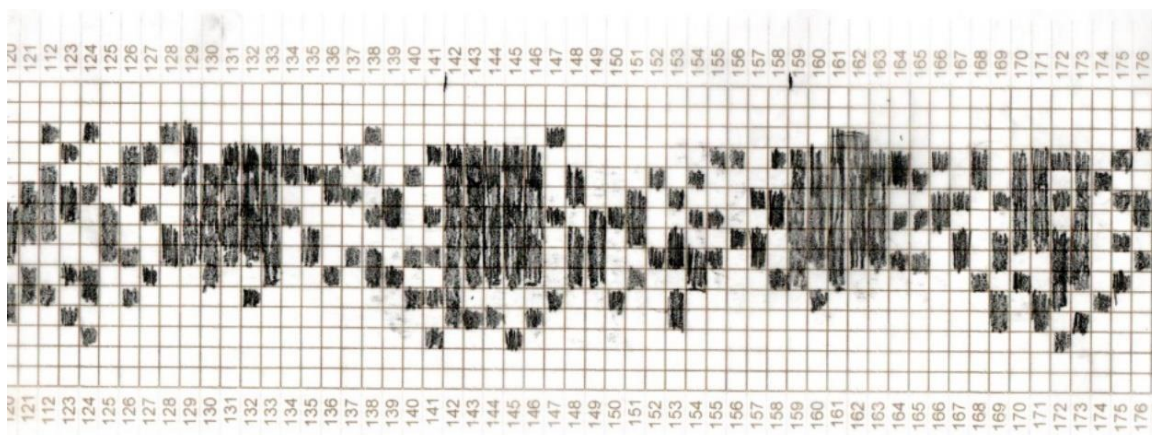
de um projeto de acessibilidade da biblioteca em .dwg produzido no ano de 2020. Dentre as documentações não encontradas estavam: projetos complementares e memorial descritivo.

O projeto arquitetônico da biblioteca foi elaborado por Luis Antônio Almeida Reis e Paulo Zimbres, sendo o segundo já falecido. Dessa forma, o arquiteto Luis Antônio foi consultado por telefone sobre a disponibilidade do projeto arquitetônico original, e esse afirmou não o possuir, passando o contato do arquiteto Marcos Zimbres, filho de Paulo Zimbres, o qual também não possuía mais os projetos arquitetônicos originais.

O projeto arquitetônico original disponível, embora sem planta, foi encaminhado em formato digital pela Prefeitura do Campus com alto nível de detalhamento como apresentado no item 3.1. No entanto, tornou-se necessária também a visita *in loco* para conferência de medidas com o projeto original.

As visitas *in loco* foram essenciais para criação de documentação fotográfica, aferição de medidas e comparação do projeto original com o executado. Como o quadro de esquadrias não estava disponível no projeto original em função das pranchas faltantes, as esquadrias foram medidas *in loco*, assim como conferidas as dimensões dos ambientes. Conferiu-se também que os vazios dos cobogós eram irregulares, dessa forma, foi necessário realizar um mapeamento *in loco* para identificar esses vazios, conforme Figura 14.

Figura 14 - Mapeamento in loco dos vazios do brise em cobogó.



Fonte: Autora (2022).



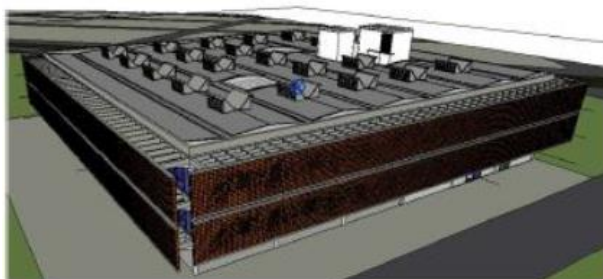
Ainda, foi elaborado um formulário no Google Forms (Apêndice A) para levantamento dos materiais utilizados na biblioteca, uma vez que não foi encontrado memorial descritivo. Este foi aplicado ao arquiteto Luis Antônio e apresenta-se na íntegra no Apêndice A com imagens e questões discursivas para maior liberdade de informações.

### **3.3. MODELAGEM DE GEOMETRIA DETALHADA NO PROGRAMA REVIT**

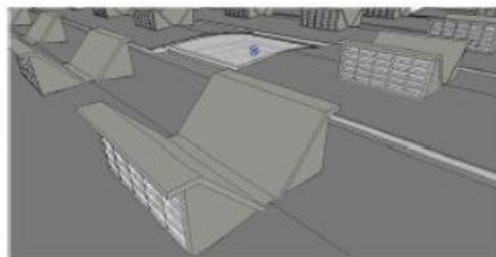
A edificação foi modelada de forma detalhada em um aplicativo BIM, neste caso o Revit, para retratar uma prática recorrente na integração BIM/BES, que é aproveitar a geometria existente do BIM para posterior análise em programa BES. Assim, a modelagem teve início com a importação do arquivo .dwg, juntamente com a inserção das informações adquiridas no projeto original, visitas *in loco* e formulário preenchido pelo arquiteto. Primeiramente modelou-se a estrutura, constituída por pilares com capitéis e lajes nervuradas, que são elementos aparentes na fachada e no interior, depois foram modelados pisos, esquadrias e elementos complexos como clarabóias, lanternins, cobogós, dentre outros. A modelagem dos cobogós demandou um tempo considerável, uma vez que os vazios desses são irregulares e foram modelados conforme mapeamento *in loco* visto na Figura 14.

As esquadrias foram modeladas conforme medições *in loco* representando as folhas fixas, basculantes e de abrir. Os vazios dos átrios, mezaninos e lanternins também foram modelados com vazios nas lajes de piso e da cobertura. A cobertura foi modelada com os diferentes materiais que a compõe, sendo eles: laje impermeabilizada, telha termo acústica, claraboia, lanternins e placas cimentícias. Todos os componentes foram modelados com as espessuras de suas camadas para posterior inserção das propriedades térmicas. Na Figura 15 apresenta-se a modelagem finalizada com detalhes da volumetria e interior da edificação.

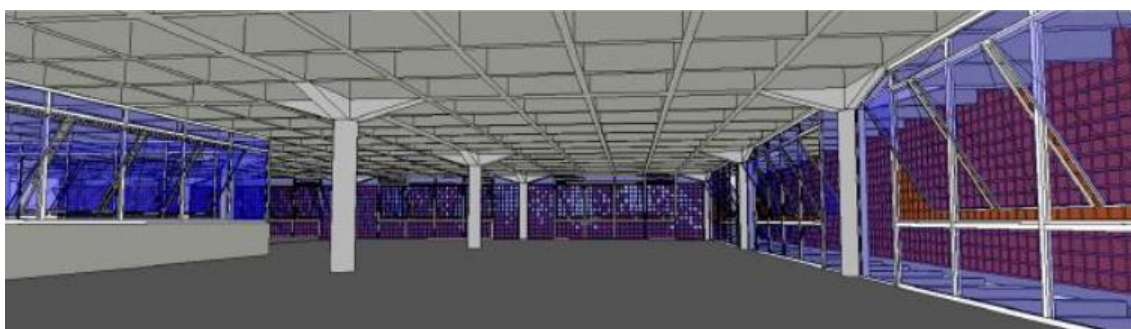
Figura 15 - Geometria detalhada no Revit. (a) vista externa, (b) cobertura com laje impermeabilizada, lanternins e claraboias, (c) vista interna da planta-livre do primeiro pavimento, (d) detalhe do brise em cobogós, (e) átrio externo.



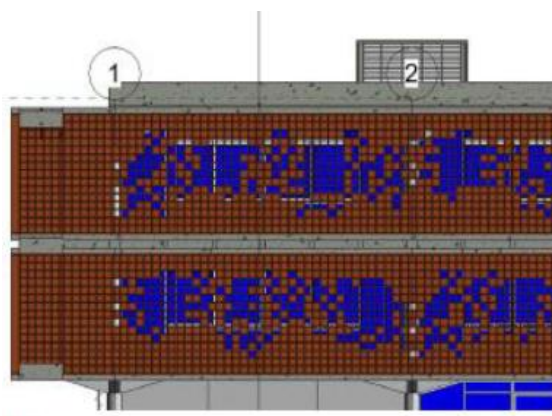
(a)



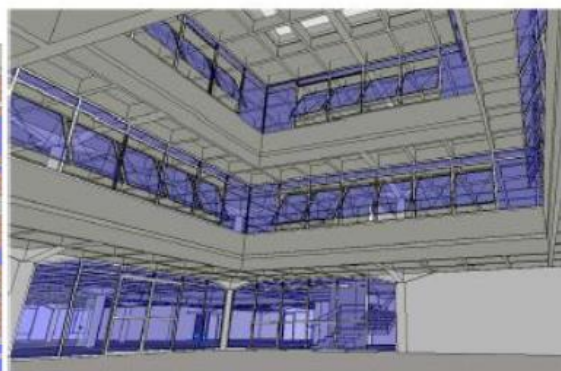
(b)



(c)



(e)

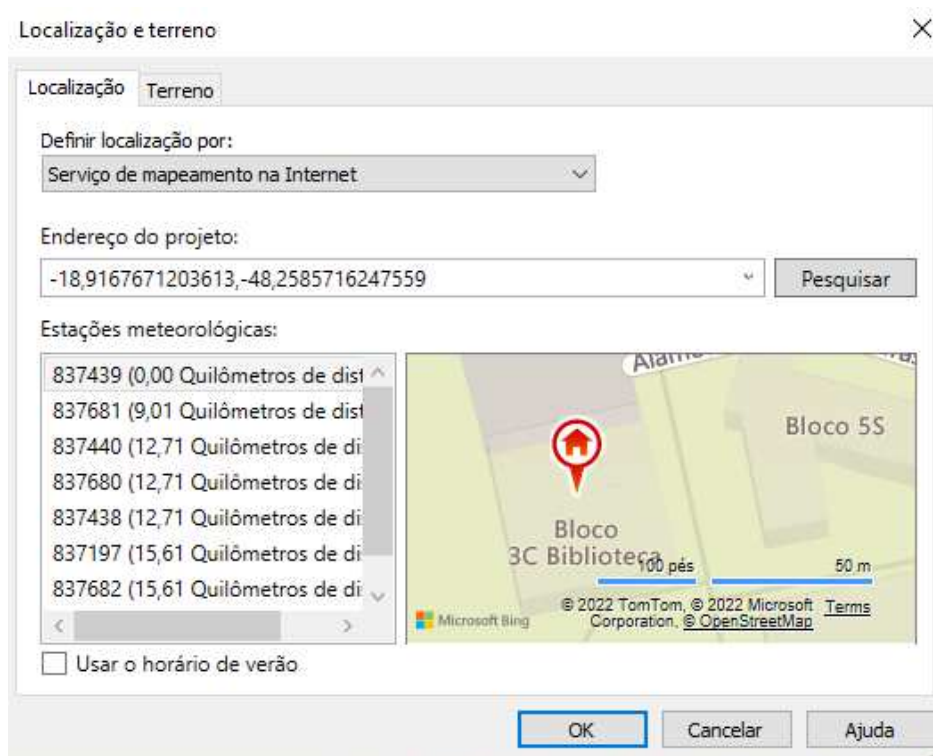


(e)

Fonte: Autora (2022).

É possível observar na Figura 15 os detalhes da edificação, assim como a diferenciação dos materiais opacos e translúcidos. Também foram inseridas a geolocalização do imóvel conforme Figura 16, assim como o norte verdadeiro.

Figura 16 - Geolocalização da Biblioteca.

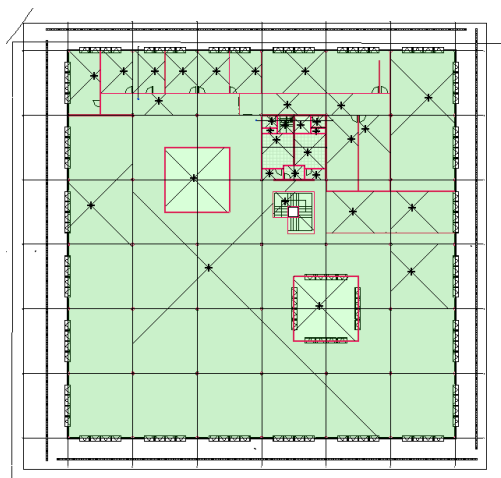


Fonte: Autora (2022).

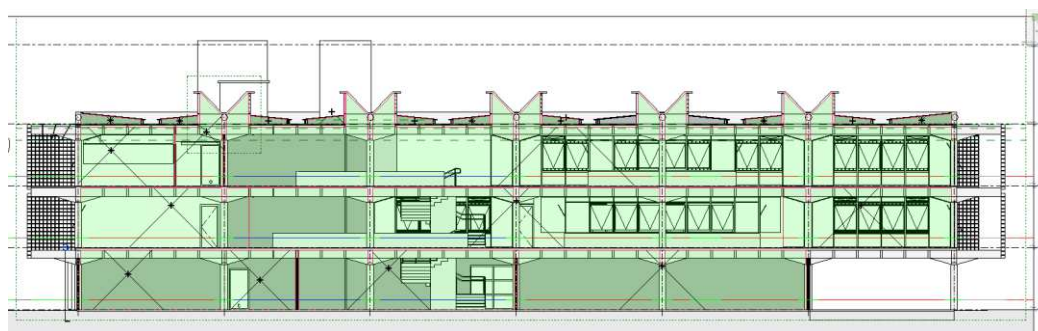
### 3.4. DADOS DE ENTRADA NO PROGRAMA REVIT

Dados de entrada são informações inseridas no modelo BIM para posterior simulação higrotérmica no programa BES. Assim, foram adicionadas informações no modelo BIM como: propriedades térmicas dos materiais, localização, orientação solar, ganhos de calor interno e agendamentos, no qual esses dois últimos foram alimentados a partir de espaços (em verde) gerados no Revit, conforme Figura 17. Como esse modelo é o detalhado, foram gerados 109 espaços, incluindo cobertura, shafts, banheiros, escritórios, dentre outros. Os espaços dos lanternins foram criados como continuação dos espaços do 2º pavimento, e os espaços das coberturas em telha termo acústica foram configuradas como espaços plenum.

Figura 17 - Criação de espaços no Revit identificados em verde pelo próprio programa. (a) espaços em planta-baixa do 2º pavimento; (b) espaços em corte.



(a)



(b)

Fonte: Autora (2022).

Para configuração dos dados de entrada, estes foram baseados em normas internacionais, assim como normas e autores brasileiros, para melhor adaptação à realidade brasileira, conforme Tabelas 3, 4 e 5. Na Tabela 3 apresentam-se as propriedades térmicas dos materiais do modelo detalhado com suas respectivas camadas e espessuras, e informações como: condutividade térmica ( $\lambda$ ), calor específico ( $c$ ), densidade ( $\rho$ ) e absorvância ( $\alpha$ ), assim como informações referentes a materiais translúcidos como: fator solar, transmissão de luz visível e transmitância térmica. Foram modelados os volumes das prateleiras dos acervos, uma vez que essas interferem na ventilação cruzada da edificação, no entanto, em virtude dessas, os espaços ficaram segmentados, optando-se então por refazer essa parte da modelagem no programa BES.



Tabela 3 - Propriedades térmicas dos materiais do modelo detalhado da Biblioteca.

Sistema	Material	Espessura (mm)	$\lambda$ (w/m.k)	c (kJ/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Fator Solar	Transmitância da luz visível	Transmitância Térmica	$\alpha$
Paredes tijolo 8 furos rebocado em ambas a faces[a]	Argamassa	25	1,15	1	2000	—	—	—	0,2
	Cerâmica	13	0,9	0,92	1600	—	—	—	—
	Câmara de Ar	64	0,356	1,0035	—	—	—	—	—
	Cerâmica	13	0,9	0,92	1600	—	—	—	—
	Argamassa	25	1,15	1	2000	—	—	—	—
Brisas metálicas [b]	metal	2	55	0,46	7800	—	—	—	—
Brise cerâmica [b]	cerâmica	—	0,7	0,92	1300	—	—	—	—
Polycarbonato lantermin [b] [d]	Polycarbonato alveolar leitoso	6	0,2	1,26	1200	0,565	0,42	5	—
Porta madeira	madeira [b]	—	1,34	0,23	750	—	—	—	0,65
vidro esquadrias	vidro incolor 6mm [b]	6	—	—	—	0,87	0,87	5,7	0,3
Pilar de concreto	concreto [b]	150	1,75	1	2300	—	—	—	0,7
MDF	MDF [b]	40	0,2	2,3	850	—	—	—	—
Drywall	placa de gesso [b]	12,5	0,35	0,84	750	—	—	—	—
	câmara de ar [e]	75	0,468	1	1,2	—	—	—	—
	placa de gesso [b]	12,5	0,35	0,84	750	—	—	—	—
Lajes internas	Piso vinílico[c]	2	0,27	1,5	2300	—	—	—	0,3
	Contrapiso [b]	20,8	1,15	1	2000	—	—	—	—
	concreto [b]	10	1,15	1	2000	—	—	—	—
Telha termo acústica	aço galvanume[b]	0,43	176,9	0,657	4680	—	—	—	0,25
	poliestireno	30	0,04	1,42	35	—	—	—	—
	aço galvanume[b]	0,43	176,9	0,657	4680	—	—	—	—
Laje impermeabilizada	camada de proteção [b]	30	1,15	1	2000	—	—	—	0,7
	impermeabilização [b]	40	0,23	1,46	1000	—	—	—	—
	regularização [b]	20	1,15	1	2000	—	—	—	—
	concreto [b]	100	1,75	1	2300	—	—	—	—
Clarabóia	Polycarbonato alveolar leitoso [b] [d]	6	0,2	1,26	1200	0,565	0,42	5	—
	camada de ar	75	0,356	1,0035	—	—	—	—	—
	Vidro comum 6mm [b]	6	1,1	0,84	2500	0,87	0,892	5,7	—

[a] sistema construtivo equivalente a um bloco cerâmico de oito furos, conforme Weber et al. (2017)

[b] ABNT NBR 15220-2 (2005)

[c] Weber et al. (2017)

[d] Balsamo, Cabral e Sanfelice (2019)

Fonte: Autora (2022).

Na Tabela 4 são apresentados os dados de ganhos de calor interno, trocas de ar por hora, ar externo por pessoa e ar externo por hora. André et al. (2022) foi adotado como referência para configuração dos dados de densidade de potência de iluminação (DPI) e densidade de potência de equipamentos (DPE), uma vez que foram levantados no local para uma pesquisa de simulação energética em escritórios no país, e representam melhor a realidade brasileira. O DPE foi desativado nos acervos de livros, uma vez que não há utilização de equipamentos nesses espaços.

Tabela 4 - Dados de entrada de ganhos de calor interno, trocas de ar por hora e ar externo por pessoa e por área.

Dados de entrada	Valor	Unidade	Fonte
Ocupação	9,29	m <sup>2</sup> /pessoa	ASHRAE 90.1:2016
*Densidade de potência de iluminação	8,1	W/m <sup>2</sup>	André et al. (2022)
*Densidade de potência de equipamentos	9,7	W/m <sup>2</sup>	
Trocas de ar por hora	1	ac/h	ISO 17772-1:2017
Ar externo por pessoa	14	l/s	ISO 17772-1:2017
Ar externo por área	1,4	l/(sm <sup>2</sup> )	ISO 17772-1:2017

\* Foram levantados em um edifício de escritórios no Brasil por André et al. (2022) e adotados como referência para a pesquisa, pois se adequam melhor à realidade brasileira.

Fonte: Autora (2022).

Na Tabela 5 apresentam-se os dados de entrada das agendas de ocupação, iluminação e equipamentos, para as quais a ASHRAE 90.1 (2016) foi adotada como referência. Dessa forma, primeiramente foi acessado o Apêndice C da norma<sup>5</sup>, no qual o uso da edificação foi identificado como código C, e assim determinado as respectivas agendas para cada espaço. Os domingos foram suprimidos da Tabela 5, uma vez que o prédio é desocupado neste período, além de serem feitas adequações (em cinza), referentes à realidade da edificação.

Tabela 5 - Agendamento para Bibliotecas referentes à ocupação, iluminação e equipamentos. Em cinza estão os dados alterados para conformidade com o funcionamento da biblioteca analisada.

		01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Ocup.	Seg-Sex.	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0	0
	Sáb.	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0	0	0	0
Ilum.	Seg-Sex.	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,2	0,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,3	0,3	0	0
	Sáb.	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1	0,3	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0
Equip.	Seg-Sex.	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,3	0	0
	Sáb.	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0

Fonte: Apêndice C da ASHRAE 90.1 (2016). Adaptado pela Autora.

Como os espaços analisados são ventilados naturalmente e a eficiência energética não será analisada nesta pesquisa, todos os espaços foram configurados com ventilação natural. Os espaços não analisados foram alimentados com a mesma agenda, porém, sem ativação de DPE. A operação de esquadrias não foi encontrada

<sup>5</sup> Os agendamentos de ocupação, iluminação e equipamentos, encontram-se no Apêndice C da ASHRAE 90.1 (2016), com acesso através do link <http://sspc901.ashraepcs.org/content.html>.

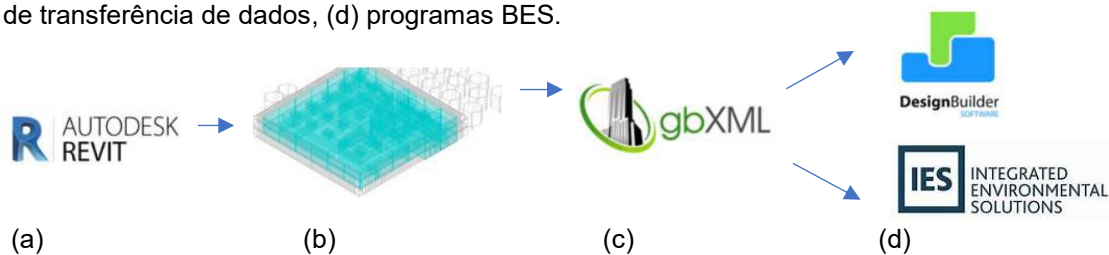
no Revit, portanto, a entrada dessas informações foi inserida diretamente no programa BES.

### 3.5. EXPORTAÇÃO PARA OS PROGRAMAS BES

Para o fluxo de trabalho BIM/BES é necessária a transferência de dados entre esses, que é possível a partir de protocolos que permitam essa integração (EASTMAN *et al.*, 2014). A escolha dos programas BES para os testes de integração BIM/BES ocorreu em função das análises de uma pesquisa desenvolvida no Grupo de Pesquisa em Modelagem Baseada em Informação (MOBI), que visou analisar a transferência de dados de uma geometria simples, do Revit para três programas validados pela ASHRAE 140 (2017): IES-ve, DesignBuilder e e-Quest. Para esta pesquisa, optou-se pela análise de dois programas BES citados anteriormente: IES-ve e DesignBuilder.

Conforme recomendação dos programas BES escolhidos, o protocolo de transferência de dados entre BIM e BES para análise termo energética é o .gbXML (DESIGNBUILDER, 2022; IES-VE, 2022). Na Figura 18 apresenta-se o fluxo de trabalho entre BIM e BES, no qual a modelagem com os dados de entrada pertinentes foi desenvolvida no BIM, gerado o modelo analítico a partir do modo espaços e ambientes, e exportação para os programas BES (DesignBuilder e IES-ve) a partir do protocolo gbXML, para posterior teste de integração e definição do programa BES com melhor integração com o BIM.

Figura 18 - Fluxo de trabalho entre BIM e BES. (a) plataforma BIM, (b) modelo analítico, (c) protocolo de transferência de dados, (d) programas BES.



Fonte: Autora (2022).

### 3.6. MÉTODO DE ANÁLISE DE INTEGRAÇÃO BIM/BES PARA IDENTIFICAR O PROGRAMA BES COM DESEMPENHO SATISFATÓRIO COM O REVIT

A fim de identificar o programa BES com desempenho satisfatório com o Revit em modelos complexos para fins de simulação higrotérmica da Biblioteca, optou-se por um método que não avaliasse apenas a transferência de dados entre BIM/BES, mas que permitisse o fluxo de trabalho entre esses, assim como viabilizasse a análise térmica. Para isso, o método proposto foi adaptado da pesquisa de Baamer, Bruton e O'Sullivan (2020), no qual para esta pesquisa utilizou-se quatro critérios: transferência de dados, interface amigável, correções na geometria, e suporte técnico e tutoriais.

O primeiro critério se refere à transferência de dados entre BIM (Revit) e dois programas BES: DesignBuilder e IES-ve, a partir da análise de sete subcritérios: localização, orientação, geometria, vegetação, composição de espaços e zonas, composição de construção e propriedade térmica dos materiais, ganhos internos de calor e agendamento. Além disso, como uma das vantagens de interoperabilidade BIM/BES apontadas pelo referencial teórico ser a modelagem no BIM para evitar retrabalho no programa BES, propõe-se analisar as duas geometrias (detalhada e simplificada) para averiguar se a geometria simplificada transferirá os dados integralmente, além de verificar as principais falhas de transferência da geometria detalhada.

Dessa forma, criou-se uma tabela para transferência de dados, e outra tabela (Tabela 6) com o desempenho final de cada programa BES com a análise dos quatro critérios representados em 3 cores: vermelho (insatisfatório), amarelo (regular) e verde (satisfatório).

Tabela 6 - Tabela para desempenho de programa BES com melhor integração com o BIM.

TABELA PARA DESEMPENHO DE SOFTWARE BES COM MELHOR INTEGRAÇÃO COM O BIM			
CRITÉRIOS	INSATISFATÓRIO	REGULAR	SATISFATÓRIO
Transferência de dados	<33,33%	entre 33,33 e 66,66%	>66,66%
Interface amigável			
Correções na geometria			
Suporte pelo administrador e tutoriais			

Fonte: Autora (2022).

Assim, o desempenho dos programas BES com relação à integração com o Revit, pôde ser avaliado de maneira quantitativa no quesito transferência de dados e de forma interpretativa nos quesitos interface amigável, correções no modelo, e suporte técnico e tutoriais.

### 3.7. PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO

O parâmetro para desempenho térmico da Biblioteca, baseou-se no capítulo 5.4.2.2 da ASHRAE 55 (2020) que apresenta faixas de temperatura operativa aceitáveis para edificações naturalmente ventiladas para aceitabilidade de 80% dos usuários. Esse método é adotado para espaços no qual os ocupantes têm controle sobre a operação de esquadrias, para climas com temperatura média externa predominante inferior a 35°C, ocupantes com taxa metabólica entre 1,0 e 1,5, e vestimentas entre 0,5 a 1,0 clo, o que corrobora com as características de localização e ocupação dos espaços analisados nesta pesquisa.

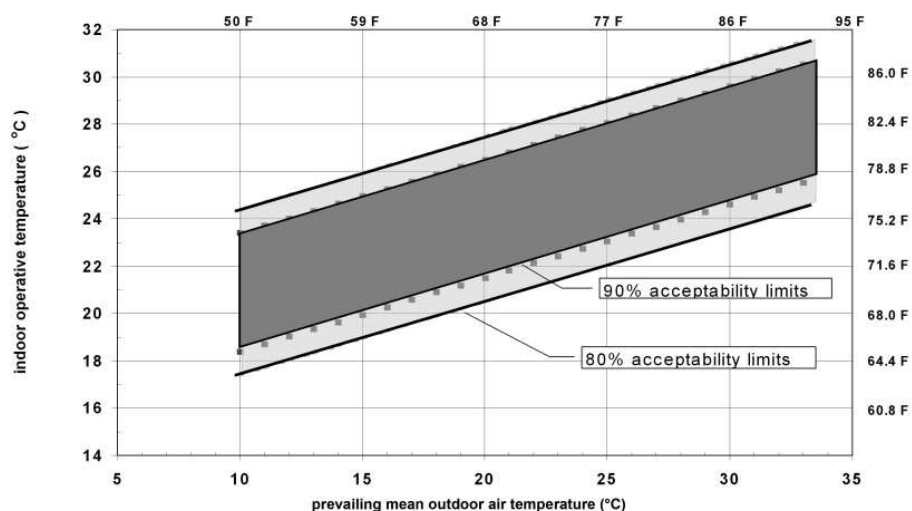
Para determinar as faixas de temperatura aceitáveis pelos usuários, o método da pesquisa de Nico-Rodrigues et al. (2015) foi adaptado para esta pesquisa utilizando-se as temperaturas médias mensais externas na Equação 2 ou Figura 19, presentes ASHRAE 55 (2020). Para isso, simulou-se no DesignBuilder as temperaturas médias mensais externas a partir do arquivo climático disponibilizado pela ABNT TR 15575-1-1(2021), resultando nas temperaturas operativas mensais aceitáveis identificadas nas Tabela 7 e Figura 20.

Equação 2:

$$\text{Limite superior de aceitabilidade de 80\% (}^{\circ}\text{C)} = 0,31 t_{pma(out)} + 21,3$$

$$\text{Limite inferior de aceitabilidade de 80\% (}^{\circ}\text{C)} = 0,31 t_{pma(out)} + 14,3$$

Figura 19 - Limites de temperatura aceitáveis para ambientes ventilados naturalmente.



Fonte: ASHRAE 55 (2020, p.20).

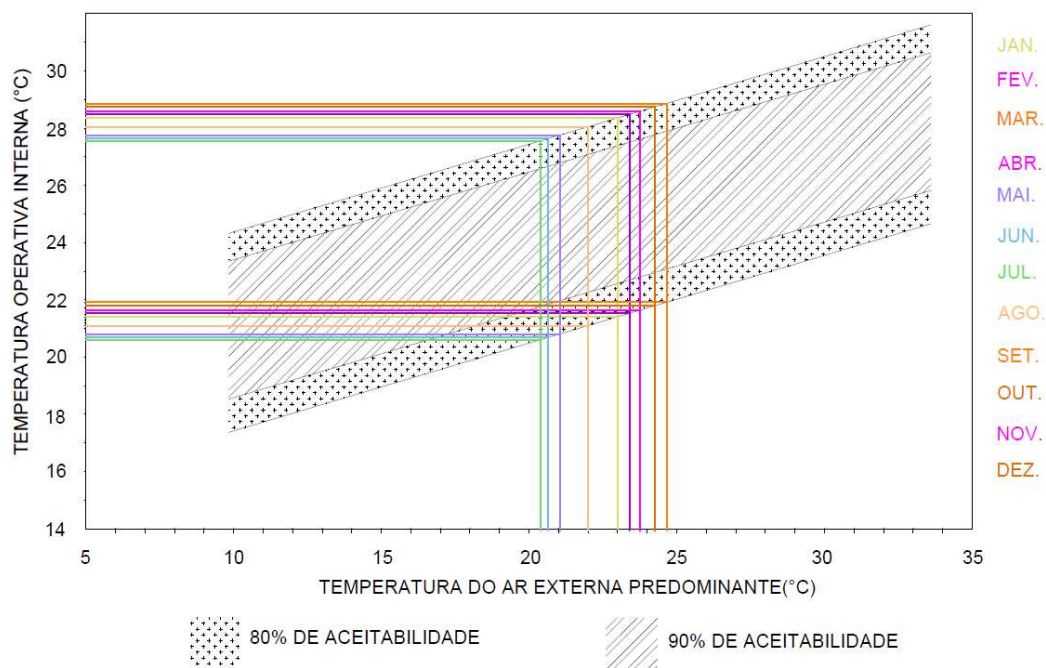
Esse método é baseado na adaptabilidade do usuário ao clima e controle da edificação. Nesse sentido, a aceitabilidade térmica interna é condicionada à média mensal da temperatura exterior, ou seja, meses com temperaturas médias externas mais baixas resultam em faixas de temperaturas aceitáveis também mais baixas. O controle das aberturas da edificação também é um requisito para este método, uma vez que os usuários operam as esquadrias como forma de manipular as temperaturas internas.

Tabela 7 - Faixas mensais de temperaturas operativas aceitáveis geradas a partir da Equação 02.

	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
JANEIRO	$0,31 \cdot 22,97 + 14,3 = 21,42^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 22,97 + 21,3 = 28,42^{\circ}\text{C}$
FEVEREIRO	$0,31 \cdot 23,39 + 14,3 = 21,55^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 23,39 + 21,3 = 28,55^{\circ}\text{C}$
MARÇO	$0,31 \cdot 24,65 + 14,3 = 21,94^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 24,65 + 21,3 = 28,94^{\circ}\text{C}$
ABRIL	$0,31 \cdot 23,77 + 14,3 = 21,66^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 23,77 + 21,3 = 28,66^{\circ}\text{C}$
MAIO	$0,31 \cdot 21,05 + 14,3 = 20,82^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 21,05 + 21,3 = 27,82^{\circ}\text{C}$
JUNHO	$0,31 \cdot 20,65 + 14,3 = 20,70^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 20,65 + 21,3 = 27,70^{\circ}\text{C}$
JULHO	$0,31 \cdot 20,39 + 14,3 = 20,62^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 20,39 + 21,3 = 27,62^{\circ}\text{C}$
AGOSTO	$0,31 \cdot 21,97 + 14,3 = 21,11^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 21,97 + 21,3 = 28,11^{\circ}\text{C}$
SETEMBRO	$0,31 \cdot 24,69 + 14,3 = 21,95^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 24,69 + 21,3 = 28,95^{\circ}\text{C}$
OUTUBRO	$0,31 \cdot 24,24 + 14,3 = 21,81^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 24,24 + 21,3 = 28,81^{\circ}\text{C}$
NOVEMBRO	$0,31 \cdot 23,42 + 14,3 = 21,56^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 23,42 + 21,3 = 28,56^{\circ}\text{C}$
DEZEMBRO	$0,31 \cdot 24,22 + 14,3 = 21,80^{\circ}\text{C}$	$0,31 \cdot 24,22 + 21,3 = 28,80^{\circ}\text{C}$

Fonte: Autora (2022).

Figura 20 - Faixas mensais de temperaturas operativas aceitáveis plotados na Figura 19.



Fonte: Autora (2022).

Assim, foram simuladas as 8760 horas do ano, e analisados os dados de saída de temperatura operativa das 4483 horas dos períodos ocupados. Posteriormente, foram avaliados o percentual do atendimento mensal ao desempenho térmico de cada ambiente analisado comparando as temperaturas operativas internas de cada mês às faixas de temperatura operativa mensais aceitáveis, além do percentual do atendimento anual.

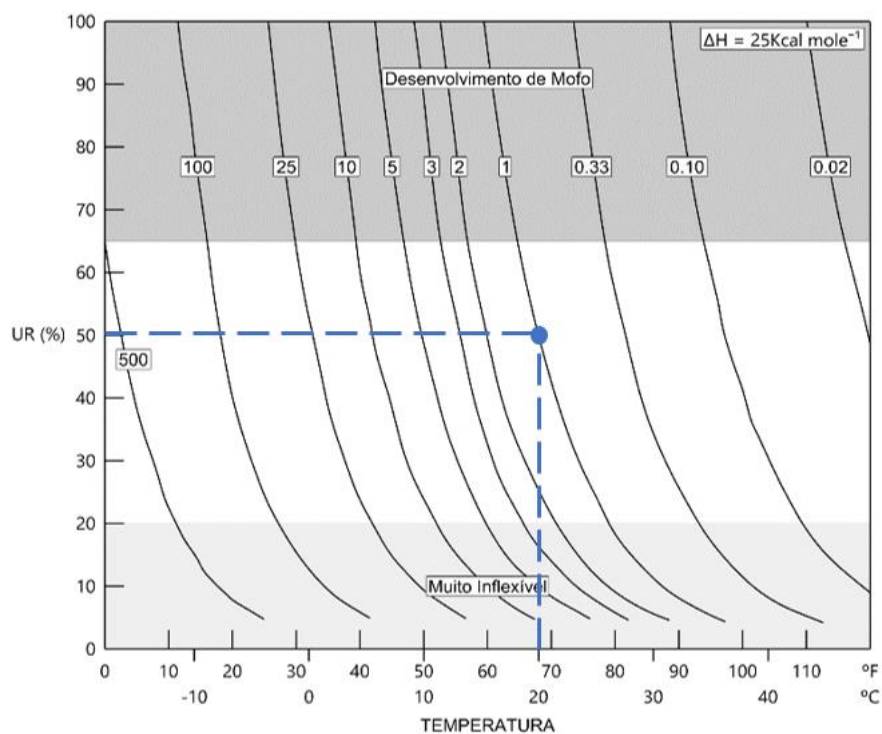
### 3.8. PARÂMETROS DE CONSERVAÇÃO DE LIVROS

Nesta pesquisa adotou-se o método de isopermas de Sebera como parâmetro para conservação de livros, relacionando pares de temperatura e umidade relativa à expectativa de vida do papel (SEBERA, 2001).

Conforme Sebera (2001, p.13) as variáveis de temperatura e umidade relativa não são avaliadas individualmente, uma vez que se “(...) aumentar a umidade relativa e a temperatura permanecer inalterada, a taxa de deterioração aumentará”. O autor criou

isopermas (ou valores de permanência), que apontam a expectativa de vida do papel a partir de pares de temperatura e umidade relativa. A isoperma de valor número 1 corresponde a pares de temperatura de 20°C e UR de 50%, que equivalem a 45 anos de vida útil do papel. Já a isoperma 5,0 com 12,2°C e 50% de UR, equivale a expectativa de vida de 225 anos. O autor ainda apresenta no gráfico, zonas de mofo em função da alta umidade relativa, assim como inflexibilidade do papel em função de baixas umidades. Dessa forma, resultados de pares de temperatura e umidade relativa obtidas a partir de mensuração ou simulação, podem ser plotadas no gráfico da Figura 21 para identificar a expectativa de vida do papel.

Figura 21 - Diagrama de Isopermas de Sebera.



Fonte: Sebera (2001), adaptado pela autora.

O Diagrama de isopermas de Sebera com entalpia de 25kcal/mol foi adotado para esta pesquisa (Figura 21), conforme entalpia empregada nos estudos de Assis e Bastos (2007), no qual as autoras avaliaram a conservação de livros da biblioteca da Escola de Arquitetura da UFMG.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

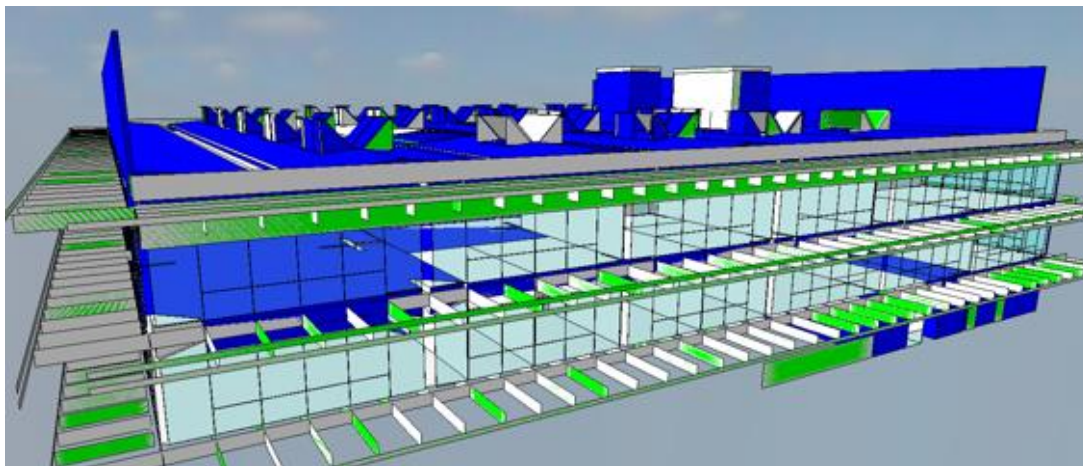
Neste capítulo apresentam-se os resultados e discussão que foram divididos em 7 itens: 4.1, que apresenta os resultados da transferência de geometria detalhada para os programas BES, assim como a simplificação do modelo no Revit; 4.2, que apresenta o desempenho dos programas BES analisados para escolha do aplicativos para simulação higrotérmica. 4.3, com acréscimo dos dados de entrada e correções no DesignBuilder para análise higrotérmica; 4.4, com a caracterização de cenários alternativos para desempenho térmico e conservação de livros, tendo como foco a não descaracterização da edificação; 4.5, resultados da análise de desempenho térmico; 4.6, os resultados e análises da conservação de livros no cenário atual; e 4.7, comparação do desempenho térmico do cenário existente com os cenários alternativos.

### 4.1. RESULTADOS DA TRANSFERÊNCIA DA GEOMETRIA DETALHADA PARA OS PROGRAMAS BES E SIMPLIFICAÇÃO DO MODELO NO REVIT

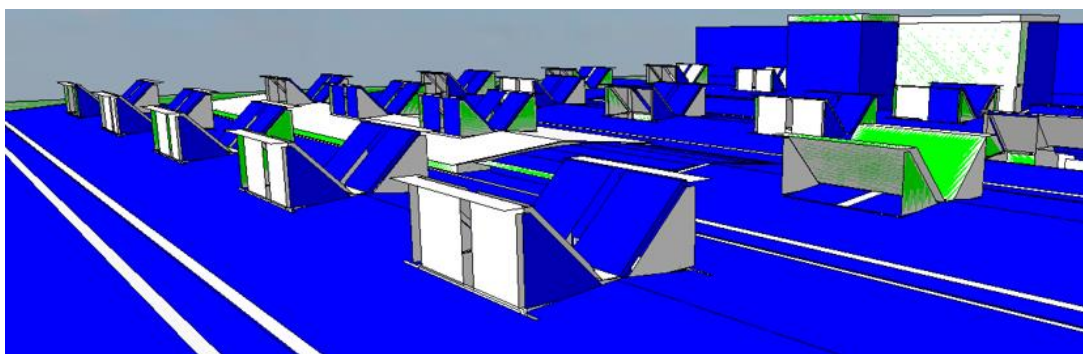
Os resultados da transferência da geometria detalhada foram analisados após a configuração do modelo conforme itens 3.3, 3.4, e exportação para os programas BES (IES-ve e DesignBuilder).

Nas Figura 22 e Figura 23 apresentam-se os resultados da geometria do modelo detalhado exportado para os dois programas BES, com diversos erros de importação. Assim, foram identificadas as principais falhas de geometria, sendo elas: ausência de vazios de piso como mezaninos, átrios e lanternins; ausência de cobogós e brises metálicos; e erros na telha termo acústica, lanternins, esquadrias e pilares.

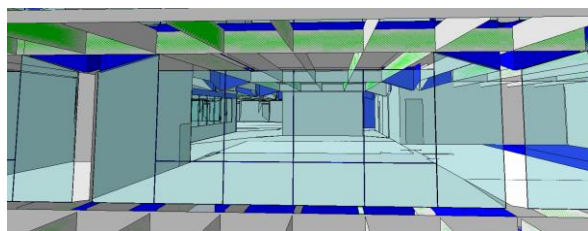
Figura 22 - Geometrias dos modelos detalhados importados com erro no IES-ve. (a) Vista geral da geometria com ausência de brises e erros na cobertura, (b) erros nos lanternins e cobertura, (c) ausência de pilares e erro nas esquadrias, (e) erros nos vazios.



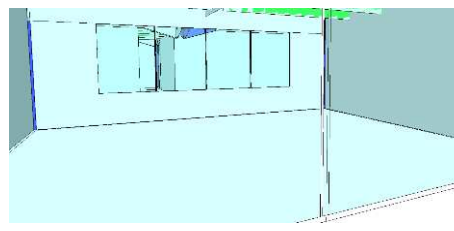
(a)



(b)



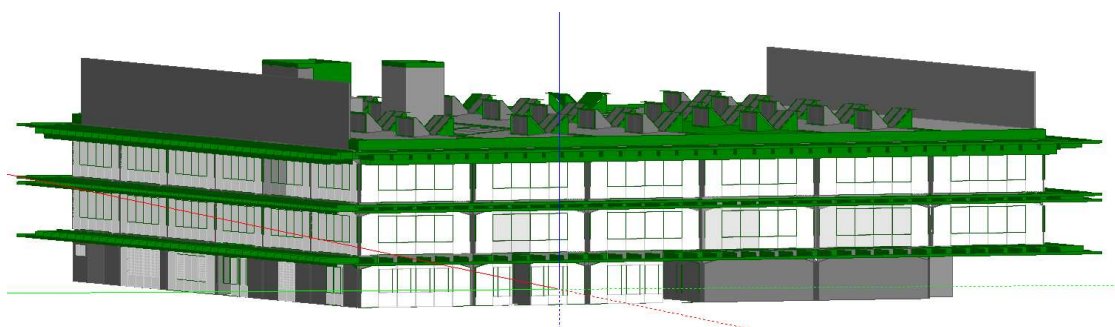
(c)



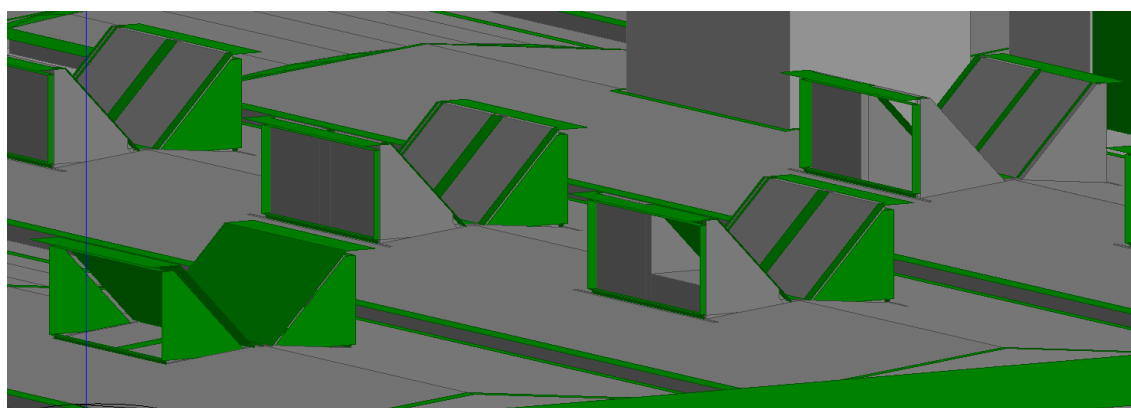
(d)

Fonte: Autora (2022).

Figura 23 - Geometrias dos modelos detalhados importados com erro no DesigBuilder. (a) Vista geral da geometria com ausência de brises e erros na cobertura, (b) erros nos lanternins e cobertura, (c) ausência de pilares e erro nas esquadrias, (e) erros nos vazios.



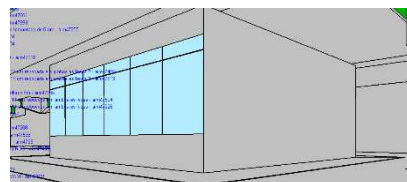
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autora (2022).

Após a identificação dos erros nos dois programas BES, passou-se à correção da geometria, porém, sem sucesso, devido aos inúmeros erros encontrados. Concluiu-se então que o mais viável seria uma nova modelagem simplificada no Revit.

Como forma de criar um método de simplificação, optou-se pela redução dos espaços do modelo, simplificação dos principais erros da geometria detalhada, e conferência da geometria por etapas. Com isso, cada pavimento foi avaliado separadamente,

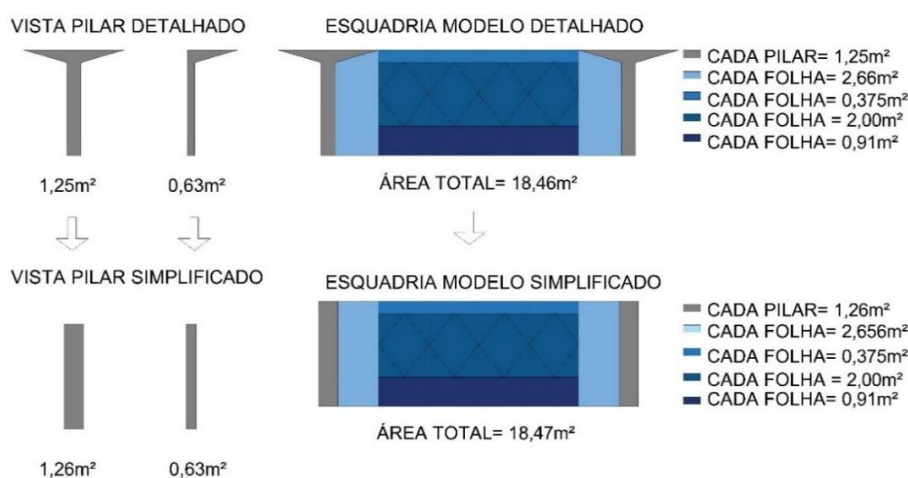
reduzindo-se os números de espaços, e criando estudos de simplificações para que essas não se afastassem do modelo detalhado e não interferissem na análise térmica. Outro requisito foi eliminar chanfros e formas curvas.

Os espaços foram criados novamente no modo “ambiente e espaços”, que conforme testes, reconhece as superfícies a partir dos espaços, o que requer atenção, pois se houverem falhas na criação desses, a geometria é importada incorretamente. Os espaços foram reduzidos de 109 no modelo detalhado para 89 no modelo simplificado. Como exemplo, 8 salas administrativas que ficavam lado a lado foram reduzidas para uma única sala administrativa, o mesmo ocorreu com banheiros adjacentes, assim como eliminação dos *shafts*, dentre outros. Um grande desafio foram os diversos vazios que compunham a edificação: lanternins, átrios e mezaninos, o que suscitou em vários testes até a geometria final.

Desta forma, os testes foram realizados por etapas, ou seja, foi modelada a envoltória de um pavimento a partir das simplificações de geometria e da redução de espaços, para depois o modelo ser exportado para os programas BES com o protocolo gbXML, para conferência da geometria.

Na Figura 24 apresenta-se o processo de simplificação da esquadria de código J1 juntamente com pilares, eliminando chanfros e curvas, mas mantendo a porcentagem envidraçada e mesma área das folhas das esquadrias, assim como área dos pilares.

Figura 24 - Exemplo de simplificação dos pilares e esquadria de código J1, mantendo as mesmas áreas do modelo detalhado.



Fonte: Autora (2022).

O processo de simplificação acima foi aplicado a todas as esquadrias da envoltória dos espaços analisados, conforme Figura 25.

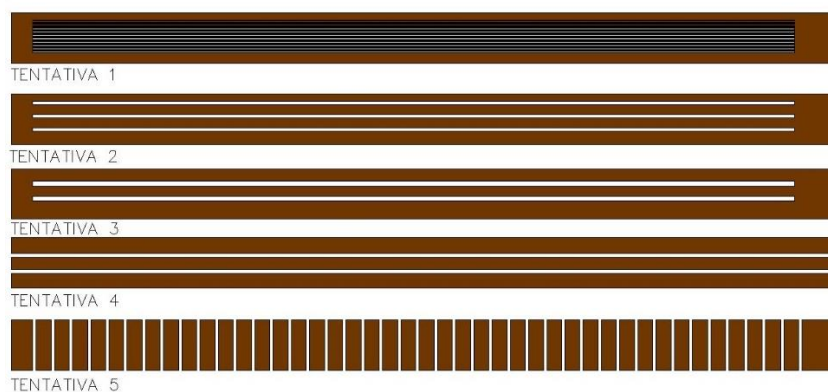
Figura 25 - Simplificação das esquadrias dos espaços analisados.

CÓDIGO ESQUADRIAS	VISTAS	TIPO	CORTES/PLANTA-BAIXA
J1 (FACHADA 1° E 2° PAV.)		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PILAR EM CONCRETO</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> <li>■ FOLHA BASCULANTE</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> </ul>	CORTE 
J2 (ÁTRIO 1° PAV.)		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PEITORIL EM CONCRETO</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> <li>■ FOLHA BASCULANTE</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> </ul>	CORTE 
J3 (ÁTRIO 2° PAV.)		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PEITORIL EM CONCRETO</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> <li>■ FOLHA BASCULANTE</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> </ul>	CORTE 
P1 (ENTRADA)		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PILAR CONCRETO</li> <li>■ FOLHA FIXAM</li> <li>■ FOLHA ABRIR</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> <li>■ FOLHA FIXA</li> </ul>	PLANTA-BAIXA 

Fonte: Autora (2022).

Quanto aos brise em cobogó, calculou-se primeiramente a porcentagem de vazios nos cobogós de cada painel, totalizando 27,6m<sup>2</sup>. Então foram desenhadas opções com a mesma permeabilidade (Figura 26), modeladas no Revit e exportadas para os programas BES para análise da geometria. A única opção importada corretamente foi a chamada “Tentativa 5”, modelada no Revit a partir de paredes com separação de 20 cm entre elas e correspondentes à área permeável dos vazios dos cobogós.

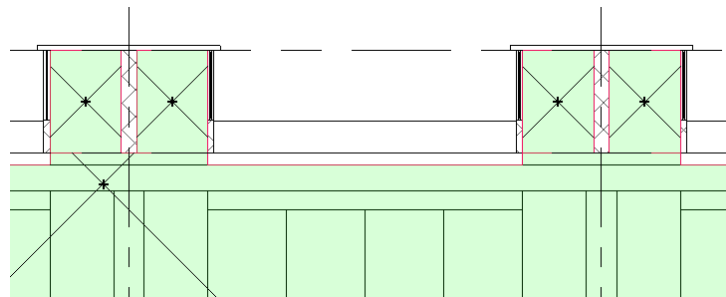
Figura 26 - Simplificação das esquadrias dos espaços analisados.



Fonte: Autora (2022).

Para a simplificação dos lanternins, foram realizadas várias tentativas com continuação dos espaços do pavimento superior, porém, sem sucesso. Então primeiramente, optou-se por eliminar os chanfros do lanternim adotando-se uma geometria em cubo com a mesma área de venezianas. Também se acrescentou uma parede no interior desse volume para representar a inclinação do lanternim, uma vez que não há ventilação cruzada entre as venezianas. As venezianas foram simplificadas a partir de uma única esquadria envidraçada. Após isso, cada lanternim foi definido com dois espaços em função da parede no seu interior, separados dos espaços adjacentes do pavimento superior e configurados como “sem ocupação” (Figura 27).

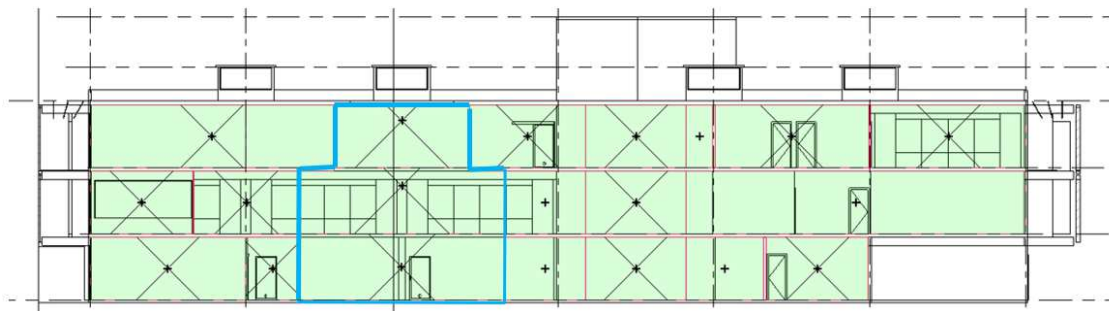
Figura 27 - Espaços dos lanternins em corte no modelo simplificado.



Fonte: Autora (2022).

Já os mezaninos e átrios, foram criados com espaços distintos para cada pavimento, conforme delimitação do mezanino em azul na Figura 28.

Figura 28 - Espaços que compõe o mezanino em azul.



Fonte: Autora (2022).

A cobertura foi um dos elementos que demandou maior tempo de investigação, uma vez que é formada por locais que apresentam apenas laje impermeabilizada, e locais que apresentam laje impermeabilizada e telha termo acústica. Assim, calculou-se manual e separadamente, a resistência térmica da laje impermeabilizada (Tabela 8) e da laje impermeabilizada com telha termo acústica (Tabela 9), aplicando-se a média ponderada entre essas (Equação 3), o que resultou na resistência térmica da cobertura<sup>6</sup>.

Tabela 8 - Resistência térmica da laje impermeabilizada.

<b>LAJE IMPERMEABILIZADA</b> <b>ÁREA= 646,564m<sup>2</sup></b>			
Materiais	e (espessura) (m)	λ (condutividade) W/(m.K)	R <sub>t</sub> (resistência térmica do material) (m <sup>2</sup> .K)/W
Camada de proteção	0,03	1,15	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,03}{1,15} = 0,026$
Impermeabilização	0,004	0,23	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,004}{0,23} = 0,017$
Camada de regularização	0,02	1,15	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{1,15} = 0,017$
Laje de concreto	0,1	1,75	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,1}{1,75} = 0,057$
<b><math>R_t = 0,026 + 0,017 + 0,017 + 0,057 = 0,117 \text{ (m}^2\text{.K)/W}</math></b>			

Fonte: Autora (2022).

A média ponderada também foi utilizada para calcular a absorvância e emissividade da cobertura simplificada.

---

<sup>6</sup> A resistência térmica encontrada não corresponde à resistência térmica total da cobertura, uma vez que o Revit não considera as resistências superficiais internas e externas.



Tabela 9 - Resistência térmica da laje impermeabilizada com telha termo acústica.

LAJE IMPERMEABILIZADA + TELHA TERMOACÚSTICA ÁREA= 1342,953 m <sup>2</sup>			
Materiais	e (espessura) (m)	λ (condutividade) W/(m.K)	R <sub>t</sub> (resistência térmica do material) m <sup>2</sup> .K/W
Aço galvalume (55% de alumínio, e 45% de zinco)	0,00043	176,9	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,00043}{176,9} = 0,000002$
EPS	0,03	0,04	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,03}{0,04} = 0,75$
Aço galvalume (55% de alumínio, e 45% de zinco)	0,00043	176,9	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,00043}{176,9} = 0,000002$
Câmara de ar	0,218	0,356	$R_{ar} = 0,61$
Camada de proteção	0,03	1,15	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,03}{1,15} = 0,026$
Impermeabilização	0,004	0,23	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,004}{0,23} = 0,017$
Camada de regularização	0,02	1,15	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{1,15} = 0,017$
Laje de concreto	0,1	1,75	$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,1}{1,75} = 0,057$
$R_t = 0,000002 + 0,75 + 0,000002 + 0,61 + 0,026 + 0,017 + 0,017 + 0,057 = 1,477 \text{ m}^2.\text{K/W}$			

Fonte: Autora (2022).

Equação 3:

$$R_t \text{ cobertura} = \frac{(1,477 \times 1342,953) + (0,117 \times 646,564)}{1989,517}$$

$$R_t \text{ cobertura} = \frac{1983,54 + 75,64}{1989,517}$$

$$R_t \text{ cobertura} = \frac{2059,18}{1989,517}$$

$$R_t \text{ cobertura} = \frac{2059,18}{1989,517} = 1,035 \text{ (m}^2.\text{K)/W}$$

Fonte: Autora (2022).



Com isso, uma única laje foi criada para representar a cobertura no Revit (Figura 29), onde foram adicionadas todas as camadas com suas respectivas propriedades térmicas, alterando-se a espessura da camada de ar até a aproximação da resistência térmica total da cobertura, conforme apresentado na Equação 3.

Figura 29 - Cobertura simplificada no Revit.

Tipo:	TELHADO SIMPLIFICADO - MÉDIA PONDERADA
Espessura total:	18.96
Resistência (R):	1.0280 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Massa térmica:	343.08 kJ/(m <sup>2</sup> ·K)
Material	Espessura
<b>Camadas acima da virada do revestimento</b>	<b>0.00</b>
AÇO TELHA TERMOACÚSTICA	0.08
EPS	3.00
AÇO TELHA TERMOACÚSTICA	0.08
Ar	0.40
CAMADA DE PROTEÇÃO	3.00
IMPERMEABILIZAÇÃO	0.40
CAMADA DE REGULARIZAÇÃO	2.00
CONCRETO	10.00
<b>Camadas abaixo da virada do revestimento</b>	<b>0.00</b>

Fonte: Autora (2022).

A Equação 4 corresponde à transmitância térmica da cobertura, uma vez que essa é o inverso da resistência térmica total, e foi utilizada para conferir se a transmitância térmica da cobertura foi considerada corretamente nos programas BES, após transferência.

Equação 4:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

$$R_T = 0,04 + 1,035 + 0,17 = 1,245 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

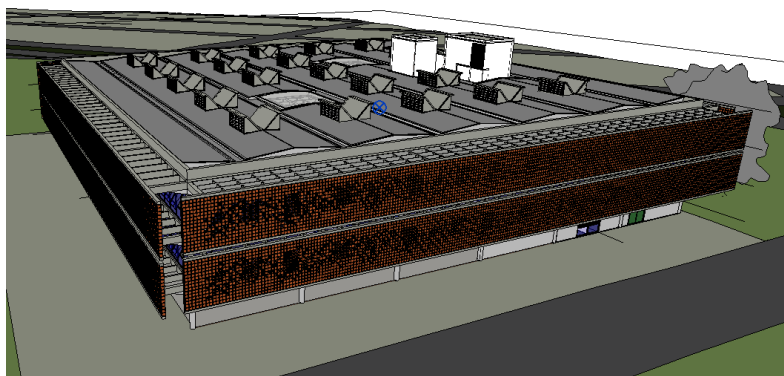
$$U = \frac{1}{1,245} = 0,8032 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Fonte: Autora, 2022

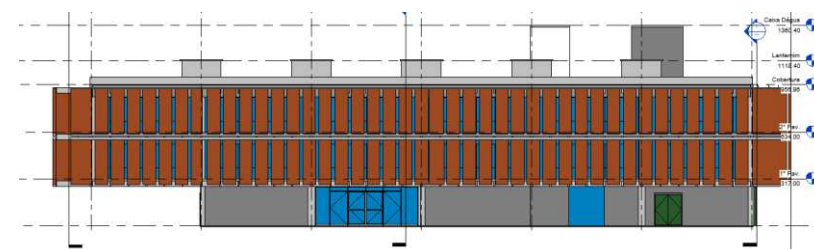
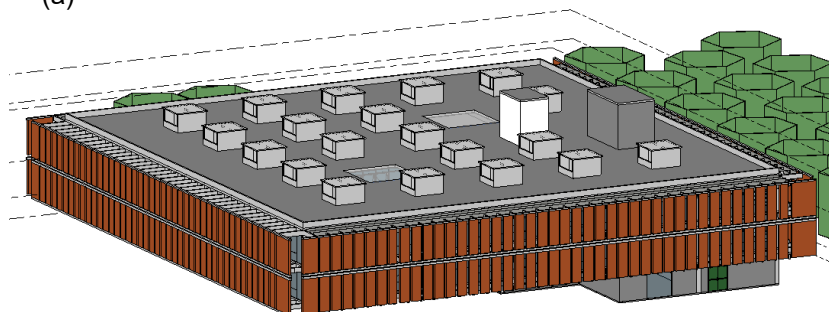
Para a clarabóia dos átrios, composto de três camadas (policarbonato leitoso, ar e vidro), foi adotado o mesmo método de simplificação da cobertura. As árvores também foram simplificadas como paredes, uma vez que não foram importadas com o modelo

detalhado. Na Figura 30, podem ser observadas as vistas externas do modelo detalhado e simplificado.

Figura 30 - Vistas externas do modelo: (a) modelo detalhado, (b) modelo simplificado.



(a)



(b)

Fonte: Autora (2022).

Apresenta-se na Tabela 10, os materiais e suas propriedades térmicas no modelo simplificado, onde alterou-se a cobertura e a claraboia com as simplificações.

Tabela 10 - Materiais e propriedades térmicas do modelo simplificado.

Sistema	Material	Espessura (mm)	$\lambda$ (w/m.k)	c (kJ/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Fator Solar	Transmitância da luz visível	Transmitância Térmica	$\alpha$
Paredes tijolo 8 furos rebocado em ambas a faces[a]	Argamassa	25	1,15	1	2000	—	—	—	0,2
	Cerâmica	13	0,9	0,92	1600	—	—	—	—
	Câmara de Ar	64	0,356	1,0035	—	—	—	—	—
	Cerâmica	13	0,9	0,92	1600	—	—	—	—
	Argamassa	25	1,15	1	2000	—	—	—	—
Brisas metálicos [b]	metal	2	55	0,46	7800	—	—	—	—
Brise cerâmica [b]	cerâmica	—	0,7	0,92	1300	—	—	—	—
Polycarbonato lanternim [b] [d]	Polycarbonato alveolar leitoso	6	0,2	1,26	1200	0,565	0,42	5	—
Porta madeira	madeira [b]	—	1,34	0,23	750	—	—	—	0,65
vidro esquadrias	vidro incolor 6mm [b]	6	—	—	—	0,87	0,87	5,7	0,3
Pilar de concreto	concreto [b]	150	1,75	1	2300	—	—	—	0,7
MDF	MDF [b]	40	0,2	2,3	850	—	—	—	—
Drywall	placa de gesso [b]	12,5	0,35	0,84	750	—	—	—	0,2
	câmara de ar	75	0,468	1	1,2	—	—	—	—
	placa de gesso [b]	12,5	0,35	0,84	750	—	—	—	—
Lajes	Piso vinílico[c]	2	0,27	1,5	2300	—	—	—	0,3
	Contrapiso [b]	20,8	1,15	1	2000	—	—	—	—
	concreto [b]	10	1,15	1	2000	—	—	—	—
Cobertura simplificada laje impermeabilizada	aço galvanume [b]	0,43	55	0,46	7800	—	—	—	0,3962
	poliestireno	30	0,04	1,42	35	—	—	—	—
	aço galvanume [b]	0,43	55	0,46	7800	—	—	—	—
	câmara de ar [e]	4	0,356	1,0035	—	—	—	—	—
	camada de proteção [b]	30	1,15	1	2000	—	—	—	—
	impermeabilização [b]	0,04	0,23	1,46	1000	—	—	—	—
	regularização [b]	20	1,15	1	2000	—	—	—	—
Cobertura simplificada dômus	concreto [b]	100	1,75	1	2300	—	—	—	—
	Polycarbonato alveolar leitoso [b] [d]	6	0,2	1,26	1200	0,565	0,42	5	—
	camada de ar	75	0,356	1,0035	—	—	—	—	—
	Vidro comum 6mm	6	1,1	0,84	2500	0,87	0,892	5,7	—

[a] sistema construtivo equivalente a um bloco cerâmico de oito furos, conforme Weber et al. (2017)

[b] ABNT NBR 15220-2 (2005)

[c] Weber et al. (2017)

[d] Balsamo, Cabral e Sanfelice (2019)

Fonte: Autora (2022).

Observa-se que modelos complexos devem ser simplificados no BIM com testes em etapas, avaliando a importação de cada pavimento e seus elementos separadamente para viabilizar o processo de transferência de dados entre metodologias BIM e BES.

## 4.2. RESULTADOS DO DESEMPENHO DOS PROGRAMAS BES ANALISADOS

Para avaliar o desempenho do programa BES com melhor integração com o BIM, analisou-se primeiramente a transferência de dados entre os programas Revit, DesignBuilder e IES-ve a partir do preenchimento de tabelas com as transferências de dados das geometrias detalhada e simplificada. A tabela completa pode ser visualizada no Apêndice B.

Após preenchida a tabela no Apêndice B, foi gerada a Tabela 11 com o percentual de transferência de dados de 7 subcritérios dos dois programas BES (DesignBuilder e IES-ve) nas geometrias detalhada e simplificada, para averiguar a diferença de transferência de dados entre as duas geometrias. Na Tabela 11, as cores representam o percentual de transferência de dados: vermelho como insatisfatório, como percentual abaixo de 33,33%; amarelo como regular com percentual entre 33,33 e 66,66%; e verde como satisfatório, com percentual acima de 66,66%.

Tabela 11 - Percentual de transferência de dados dos programas BES nas geometrias detalhada e simplificada.

PERCENTUAL DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS			
TIPO	SUBCRITÉRIOS	DesignBuilder	IES-ve
GEOMETRIA DETALHADA	LOCALIZAÇÃO	0%	100%
	ORIENTAÇÃO	100%	100%
	GEOMETRIA DETALHADA	25%	8%
	VEGETAÇÃO	0%	0%
	COMPOSIÇÃO DE ESPAÇO	100%	100%
	COMPOSIÇÃO DE CONSTRUÇÃO E PROPRIEDADES TÉRMICAS	45,65%	43,47%
	CARGAS INTERNAS / CRONOGRAMA DE	0%	57%
	TOTAL DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS COM A GEOMETRIA DETALHADA	38,66%	58,35%
GEOMETRIA SIMPLIFICADA	LOCALIZAÇÃO	0%	100%
	ORIENTAÇÃO	100%	100%
	GEOMETRIA SIMPLIFICADA	72,72%	64%
	VEGETAÇÃO	100%	100%
	COMPOSIÇÃO DE ESPAÇO	100%	100%
	COMPOSIÇÃO DE CONSTRUÇÃO E PROPRIEDADES TÉRMICAS	53,65%	39,02%
	CARGAS INTERNAS / CRONOGRAMA DE OCUPAÇÃO	0%	57%
	TOTAL DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS COM A GEOMETRIA SIMPLIFICADA	60,91%	80,00%

### Legenda

INSATISFATÓRIO	<33,33%
REGULAR	entre 33,33 e 66,66%
SATISFATÓRIO	>66,33%

Fonte: Autora (2022).

Observa-se que os modelos simplificados apresentaram melhor percentual de transferência de dados em relação ao modelo detalhado, o que enfatiza a necessidade de simplificações de geometria para simulações higrotérmicas. Analisando os critérios de transferência de dados do modelo simplificado, o DesignBuilder apresentou melhor transferência de geometria, já o IES-ve foi o programa BES que apresentou melhor transferência de dados, uma vez que importou 80% dos dados analisados.

No entanto, para uma avaliação mais ampla e com testes que resultem na análise higrotérmica da edificação, também foram avaliados critérios interpretativos como interface amigável, correções na geometria, e suporte técnico e tutoriais. Assim, foi gerada a Tabela 12 com o resultado final do desempenho dos programas BES a partir da geometria simplificada, uma vez que esta apresentou melhor transferência de dados.

Tabela 12 - Percentual de transferência de dados dos programas BES na geometria simplificada.

DESEMPENHO DO <i>SOFTWARE</i> BES COM MELHOR INTEGRAÇÃO COM O BIM		
	BIBLIOTECA SIMPLIFICADA	
CRITÉRIOS	DesignBuilder	IES-ve
Transferência de dados	60,91%	80%
Interface amigável		
Permitiu correções na geometria		
Suporte pelo administrador e tutoriais		

LEGENDA			
	INSATISFATÓRIO	REGULAR	SATISFATÓRIO
Transferência de dados	<33,33%	entre 33,33 e 66,66%	>66,33%
Demais critérios			

Fonte: Autora (2022).

Observa-se na Tabela 12, que o aplicativo BES com melhor integração com o Revit foi o DesignBuilder, que, apesar de ter apresentado menor transferência de dados, apresentou melhor desempenho em relação ao IES-ve nos demais critérios. O DesignBuilder apresentou interface mais intuitiva comparado ao IES-ve. Já as correções na geometria da Biblioteca, como venezianas nos lanternins e vazios nos átrios e mezaninos, foram executadas com rapidez a partir dos tutoriais disponibilizados pelo DesignBuilder, além de permitir as correções com facilidade em relação às propriedades térmicas dos materiais, ganhos internos e agendamento,

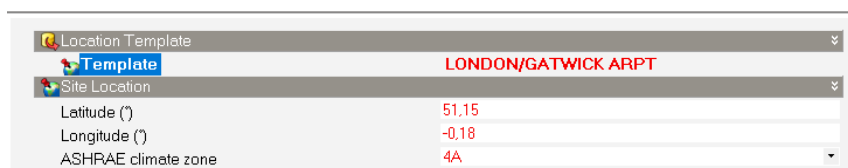
viabilizando a análise higrotérmica. Em relação ao IES-ve, apesar da melhor transferência de dados da Biblioteca, demandou-se tempo dispendioso na tentativa de correções da geometria a partir dos tutoriais e fóruns, a interface não foi intuitiva, o suporte técnico apresentou-se ineficiente e não foi possível corrigir a geometria, o que inviabilizou a análise higrotérmica. A partir desta análise, pode-se concluir que o DesignBuilder apresentou melhor integração com o Revit e por isso foi adotado para esta pesquisa.

#### 4.3. RESULTADOS DO ACRÉSCIMO DE DADOS DE ENTRADA E CORREÇÕES NO DESIGNBUILDER PARA ANÁLISE HIGROTÉRMICA

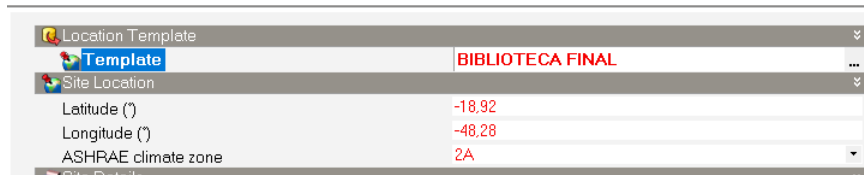
Este item tem como objetivo apresentar os dados de entrada que precisaram ser acrescentados no DesignBuilder, além de correções no modelo BES para simulação higrotérmica da Biblioteca em estudo. Dentre os acréscimos de dados de entrada estão: localização, inserção do arquivo climático, temperatura do solo e operação de esquadrias; já para correções no modelo estão: modelagem das venezianas dos lanternins e criação de vazios de pisos e verticais presentes no átrio e mezanino, assim como correções nas propriedades térmicas dos materiais, ganhos de calor interno, uso e agendamento.

A localização não foi importada corretamente e precisou ser corrigida manualmente no DesignBuilder, a partir da aba “*Location*” com a criação de um *template*, conforme Figura 31.

Figura 31 - Correção de localização no DesignBuilder. (a) antes da correção, (b) localização corrigida.



(a)



(b)

Fonte: Autora (2022).

O arquivo climático é um dado imprescindível para análise higrotérmica, e é alimentado no programa BES. O arquivo climático de Uberlândia, para esta pesquisa, foi extraído da ABNT TR 15575-1-1 (2021) intitulada “Base-padrão de arquivos climáticos para a avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento de simulação computacional”. Na aquisição do relatório técnico, a ABNT disponibilizou arquivos climáticos de várias cidades brasileiras, dentre eles, um arquivo comprimido de Uberlândia intitulado “BRA\_MG\_Uberlandia.867760\_INMET”, o qual foi adotado no formato .epw. Conforme relatório técnico, os arquivos disponibilizados já são padronizados para simulações computacionais, para fins de desempenho térmico, conforme trecho:

Considerando que o processo de aquisição de dados confiáveis e o seu posterior processamento representam aspectos que promoveriam grandes incertezas na qualidade dos arquivos climáticos obtidos, este Relatório Técnico disponibiliza uma base de arquivos climáticos já processados para a padronização de simulações computacionais para desempenho térmico. Esta base-padrão foi elaborada mediante dados medidos com frequência horária em estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), nos anos de 2001 a 2010, sendo uma base robusta, abrangente e de qualidade conhecida.

A base de arquivos climáticos descrita por esse Relatório Técnico, dá suporte à avaliação de desempenho térmico de edificações habitacionais por meio da aplicação do procedimento de simulação computacional da ABNT NBR 15571-1. Os arquivos climáticos atendem às características descritas na ABNT NBR 15575-1, possuindo dados horários representativos das 8760h do ano meteorológico típico de cada cidade, bem como os valores mensais de temperatura média do solo. (ABNT TR 15575-1-1, 2021, p.V)

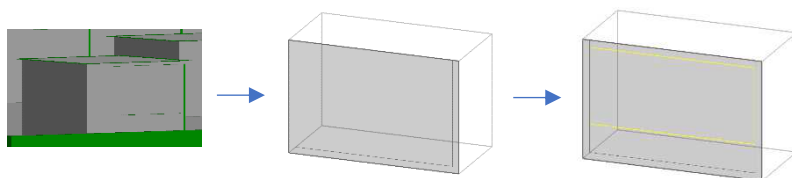
Após definido o arquivo climático, este foi acrescentado no DesignBuilder no *template* em “*Location*” na aba “*simulation weather*”, e também na aba “*simulation weather data*”.

As temperaturas do solo foram acrescentadas no DesignBuilder e os pisos do térreo não se encontravam adjacentes ao chão. Para essa correção adotou-se o método apresentado por Venâncio (s. d.) e Tavares (2011), no qual manteve-se os valores *default* do solo em “*Monthly Temperatures*” e simulou-se a edificação já corrigida e

sem solo para obtenção das médias mensais internas. Na sequência, foi subtraído 2°C de cada mês e esses foram substituídos pelas informações de “*Monthly Temperatures*”. Depois, um “*component block*” do tipo “*ground*”, que corresponde ao chão, foi modelado e conectado a todos os pisos do térreo tornando-os adjacentes ao chão.

As venezianas dos lanternins foram criadas a partir do comando “*draw window*”, desenhadas conforme suas dimensões, e identificadas pelo programa com linhas amarelas. As três etapas de correção das venezianas estão na Figura 32.

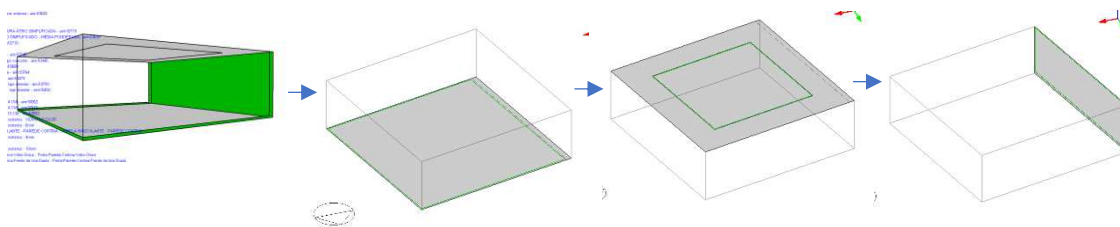
Figura 32 - Processo de correção das venezianas dos lanternins.



Fonte: Autora (2022).

Os vazios verticais e de piso pertencentes à átrios e mezaninos foram criados utilizando o comando “*draw hole*” e são identificadas pelo programa como linhas verdes. Como exemplo, foram criados vazios verticais e de piso no mezanino do primeiro pavimento, conforme Figura 33.

Figura 33 - Processo de correção dos vazios verticais e de piso.



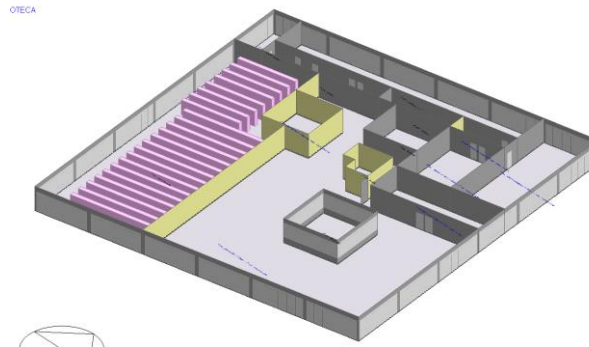
Fonte: Autora (2022).

A modelagem das prateleiras dos acervos foi realizada diretamente no DesignBuilder por meio do comando “*component block*”, que é um elemento que serve somente para



sombreamento e não possui propriedades térmicas, exemplificado no acervo de livros do 2º pavimento, conforme Figura 34.

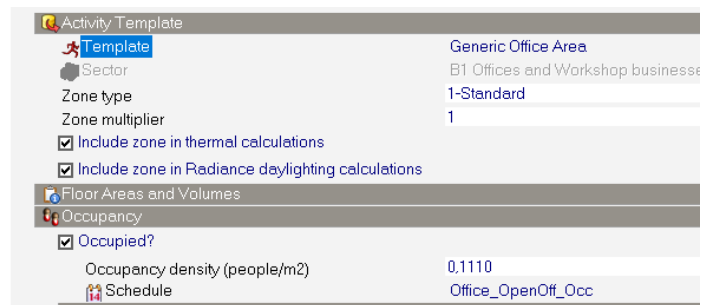
Figura 34 - Modelagem das prateleiras do acervo de livros no 2º pavimento.



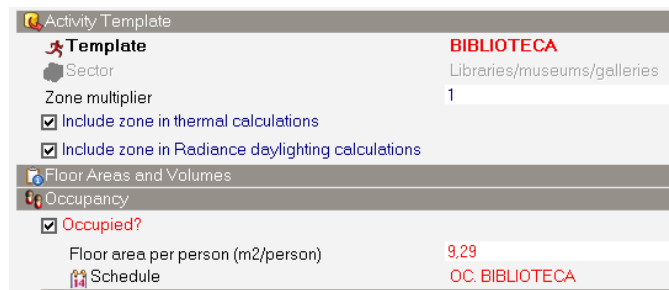
Fonte: Autora (2022).

O uso e agenda de ocupação foram corrigidos na aba “Activity”, através da criação de um *template* (Figura 35). A agenda de ocupação foi criada e alimentada conforme informações das Tabela 4 e Tabela 5.

Figura 35 - Uso, ocupação e cronograma de ocupação. (a) antes da correção, (b) após a correção.



(a)

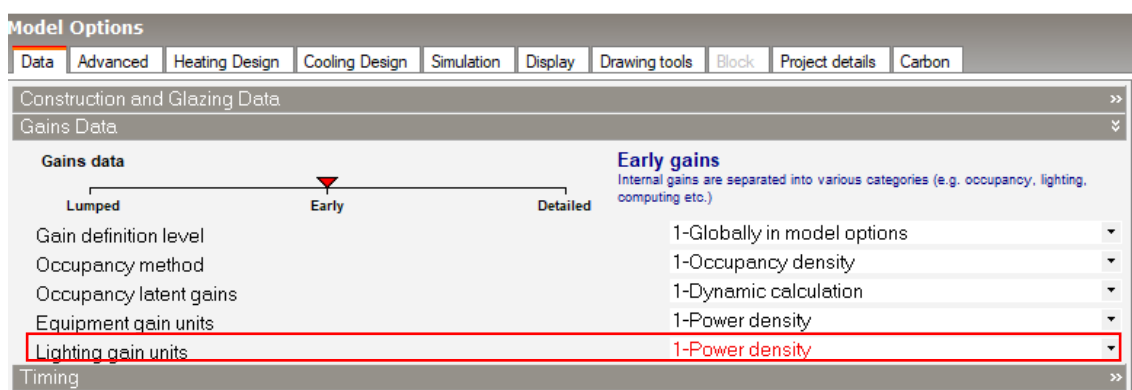


(b)

Fonte: Autora (2022).

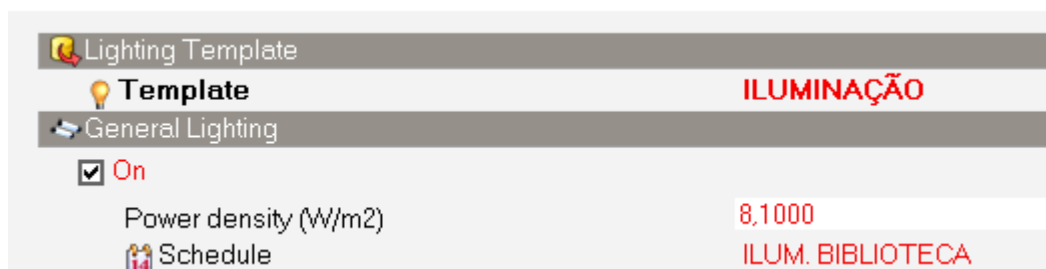
A correção dos ganhos de calor interno por iluminação, foi realizada a partir da aba “Lighting”, porém, antes alterou-se a unidade de medida de W/m<sup>2</sup>-100 lux para W/m<sup>2</sup>. Para isso, utilizou-se o comando “Model Options”, selecionou-se a aba “Data”, e alterou-se a opção “normalised power density” para “power density”, conforme Figura 36. Após isso, aplicou-se a DPI conforme Tabela 4, e agendamento conforme Tabela 5. O resultado desta alteração pode ser visto na Figura 37.

Figura 36 - Alteração da unidade de medida do ganho de calor por iluminação.



Fonte: Autora (2022).

Figura 37 - Alteração realizada no ganho de calor interno por iluminação.

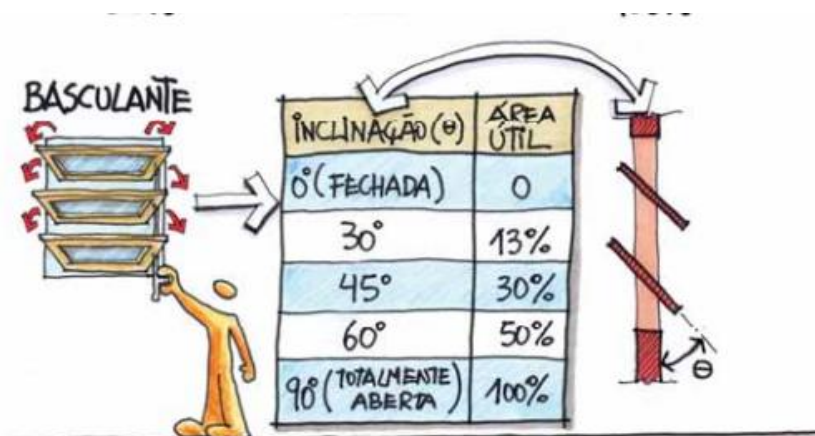


Fonte: Autora (2022).

Já a correção do ganho de calor interno por equipamento foi realizada na aba “Activity”, na opção “Equipment”, com alteração dos valores conforme Tabela 4, e agendamento conforme Tabela 5. As correções nas dimensões e propriedades térmicas dos materiais foram realizadas na aba “Construction” de cada componente, conforme alterações necessárias.

A operação das esquadrias foi adicionada no DesignBuilder nas janelas dos ambientes de análise, venezianas dos lanternins e na porta de entrada. As demais esquadrias permaneceram fechadas. Essa etapa demandou um tempo considerável, pois foram 193 folhas alimentadas individualmente. A percentagem de abertura das janelas basculantes, se baseou em Lamberts, Dutra e Pereira (2014), no qual os autores apontam 30% de abertura para ângulos de 45°, como apresentado na Figura 38, e com operação conforme agenda de ocupação. Para as venezianas acrescentou-se o material de policarbonato leitoso, com inclinação de 30° nas paletas, que corresponde a 13% de abertura e foram agendadas para ficarem sempre abertas, uma vez que são fixas. As venezianas foram modeladas como esquadrias, com isso, acrescentou-se 5 divisões horizontais no DesignBuilder, conforme identificado em visita *in loco*.

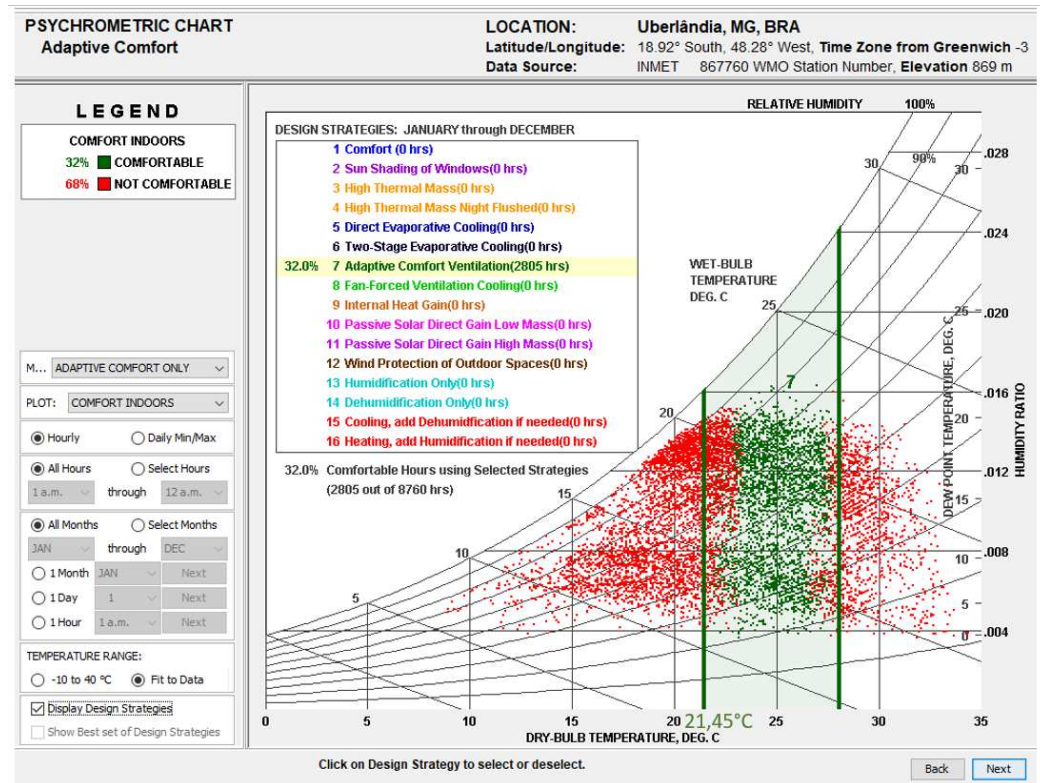
Figura 38 - Percentual de abertura de esquadrias basculantes.



Fonte: Lamberts, Pereira e Dutra (2014, p.177).

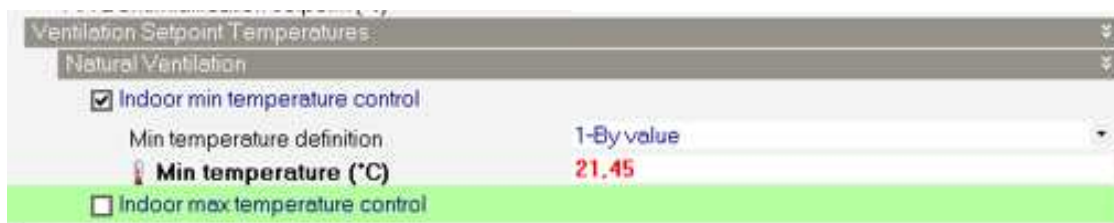
O programa Climat Consultante 6.0 foi utilizado para definir a temperatura interna de abertura das esquadrias, uma vez que esse gera a carta bioclimática da cidade a partir de um arquivo climático com extensão .epw. Para isso, o mesmo arquivo climático para simulação foi inserido no programa, e identificada a temperatura mínima para estratégia de ventilação natural em Uberlândia, que corresponde a 21,45°C, conforme Figura 39. Dessa forma, o DesingBuilder foi alimentado com essa temperatura na aba “*natural ventilation*” (Figura 40).

Figura 39 - Temperatura mínima para ventilação natural apresentada pelo programa Climate Consultant 6.0.



Fonte: Autora (2022).

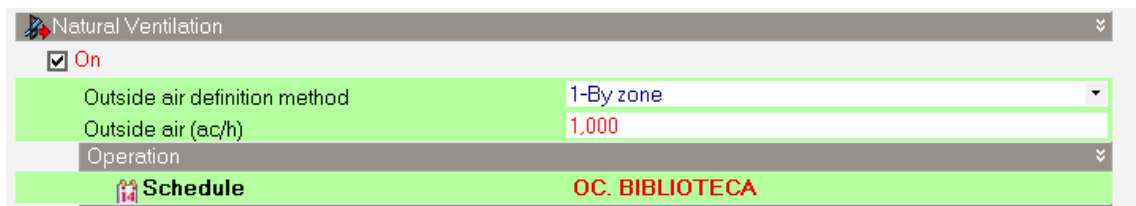
Figura 40 - Temperatura mínima para ventilação natural no DesignBuilder.



Fonte: Autora (2022).

Na aba de sistema HVAC foi configurada a quantidade de trocas de ar por hora, que, conforme Tabela 06 corresponde a 1 ac/h (Figura 41).

Figura 41 - Alimentação de troca de ar por hora no DesignBuilder.



Fonte: Autora (2022).

Após as correções apresentadas, foi ativada a opção “*calculated*” no sistema HVAC na aba “*Model Data*” e iniciada a simulação para dados de saída horários em todo o ano. No entanto, a simulação foi inviabilizada devido a erros de vazios apresentados no relatório, à exemplo de lanternins e mezaninos. Assim, foi selecionada a opção “*merge zones*”, e em seguida a opção “*merge zones connected by hole*”, que uniu as zonas com vazios, o que viabilizou a simulação. No entanto, após análise, percebeu-se que os espaços analisados do 2º pavimento (acervo de livros e área de leitura), se tornaram uma única zona, pois compartilhavam lanternins. Sendo assim, os espaços analisados no 2º pavimento (acervo de livros e área de leitura), apresentaram o mesmo resultado e por isso se tornaram uma limitação desta pesquisa.

#### 4.4. RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA SIMULAÇÃO HIGROTÉRMICA

O desempenho térmico de edificações e a conservação de livros em ambientes ventilados naturalmente, relaciona-se, dentre outros fatores, ao impacto da envoltória no microclima interior. Assim, novos cenários em bens icônicos devem ser pautados pela não descaracterização de seus principais elementos arquitetônicos. Nesse contexto, a criação dos novos cenários da Biblioteca, buscando explorar outras alternativas para o desempenho térmico e conservação de livros, partiu de estudos que avaliaram o impacto das alterações na envoltória.

Uma das características da Biblioteca é que os materiais e estruturas que compõe o interior e a envoltória da edificação são aparentes, e por isso, uma das premissas foi não alterar essa composição. Com isso, os brises em cobogós (característica marcante da fachada) e as esquadrias em painéis de vidro translúcido (influenciam na permeabilidade visual) não poderiam ser alterados. Assim, a fim de criar cenários alternativos para desempenho térmico, foram criados os Cenários 1 e 2. O Cenário 1 contemplou a alteração dos vidros, que no cenário atual são simples e incolores, para vidros duplos com propriedades térmicas conforme especificações do INMETRO 50 (2013) na Tabela 13. Esta proposta não descaracteriza o bem, pois mantém a permeabilidade visual e utiliza material translúcido com menor transmitância térmica. O Cenário 2 (com janelas fechadas e vidros simples) tem o propósito de avaliar o impacto da ventilação natural no desempenho térmico dos ambientes analisados.

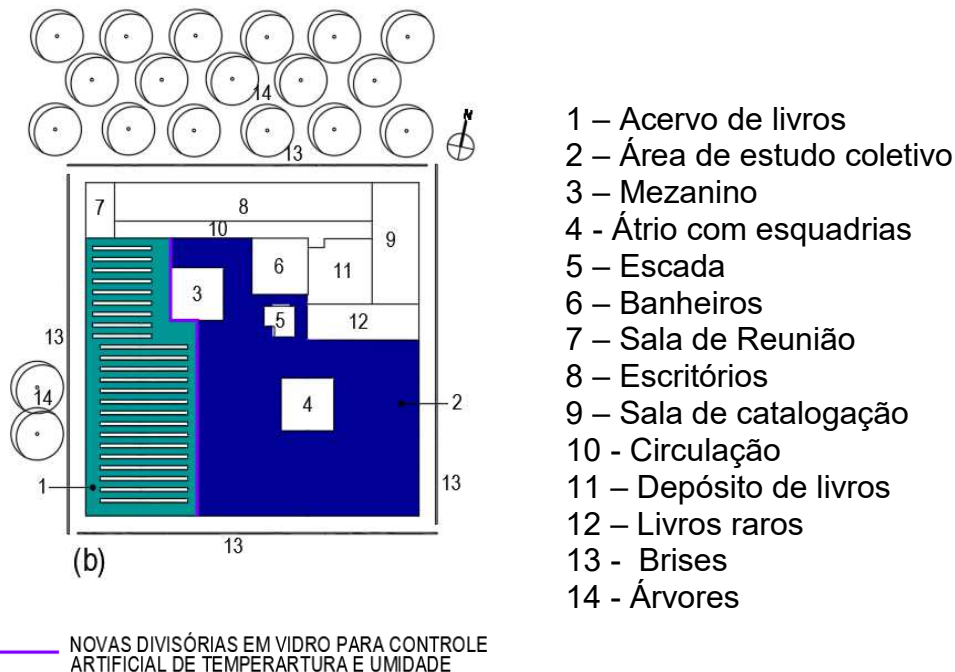
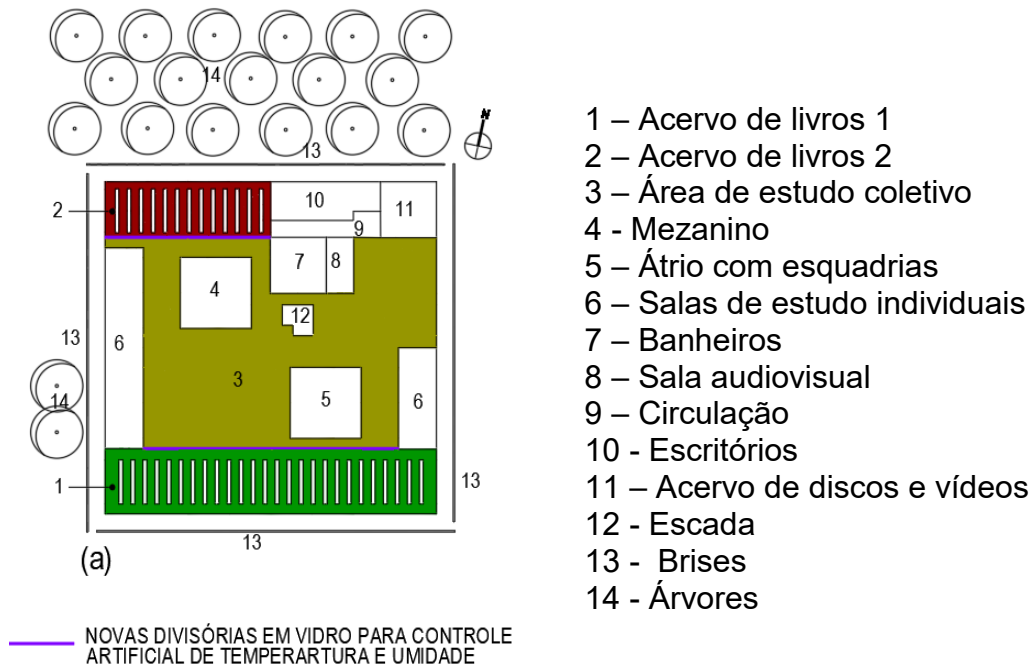
Tabela 13 - Características do vidro duplo.

Tipo de Vidro		FS	$\alpha$	U
Duplo incolor C	vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + vidro laminado incolor (6mm)	0,37	47%	1,9

Fonte: Anexo da Portaria do INMETRO 50 (2013).

Sobre cenários alternativos para conservação de livros, analisou-se o controle interno de temperatura e umidade relativa dos acervos a partir do condicionamento artificial. Para isso, seria necessário o isolamento dos locais de acervo de consulta para o funcionamento do equipamento. Assim, foram criadas propostas para avaliar o impacto dessas alterações na planta-livre dos pavimentos superiores, que também é uma característica marcante da edificação. O Cenário 3 foi do isolamento dos acervos, cujos locais de origem foram mantidos e isolados com vidro para controle artificial de temperatura e umidade (Figura 42). Nas propostas a divisória em vidro encontra-se na cor roxa.

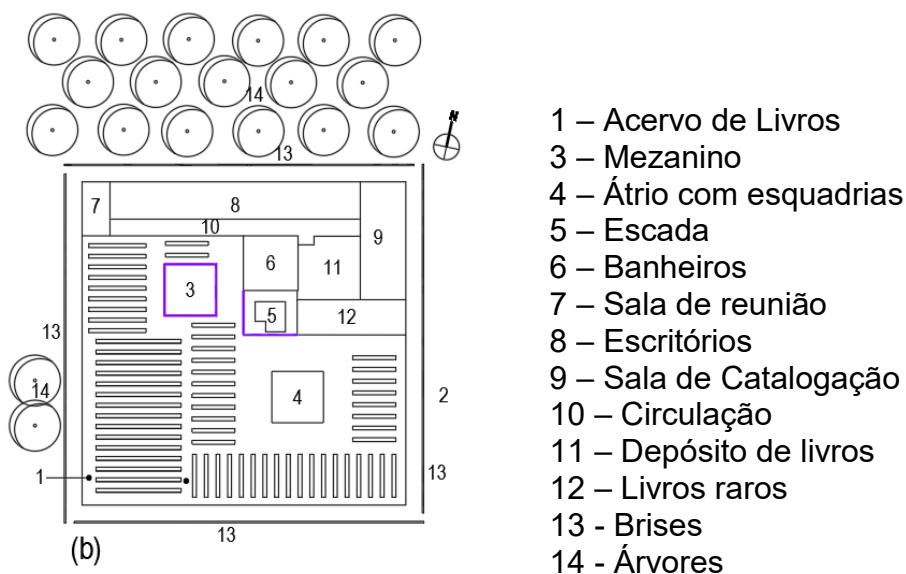
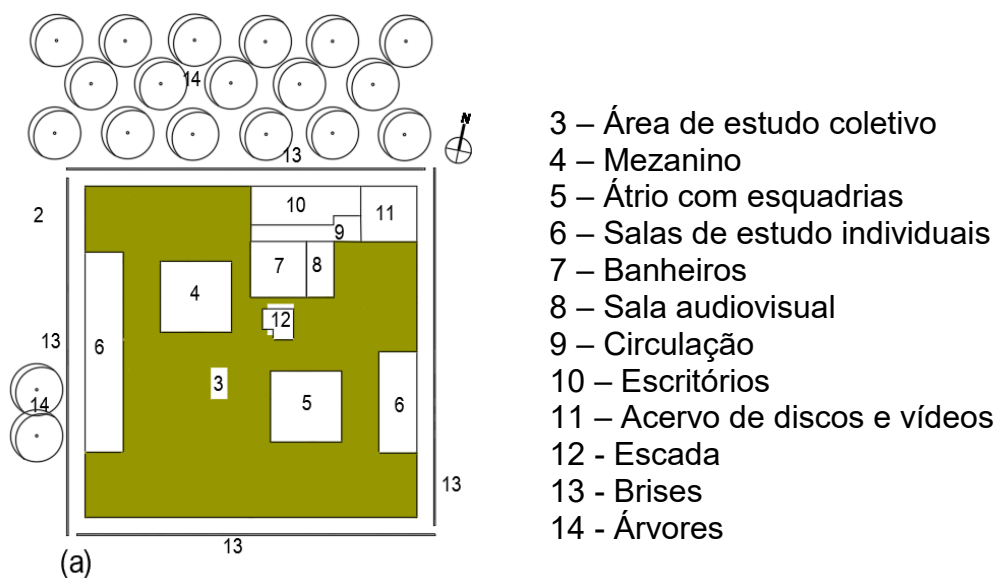
Figura 42 – Cenário 3 para isolamento de acervo. (a) primeiro pavimento, (b) segundo pavimento.



Fonte: Autora (2022).

O Cenário 4 para isolamento dos acervos separou os mesmos das áreas de estudo coletivo, realocando todo o acervo para o pavimento superior e concentrando a área de estudo coletivo no primeiro pavimento (Figura 43).

Figura 43 – Cenário 4 para isolamento de acervo. (a) primeiro pavimento, (b) segundo pavimento.



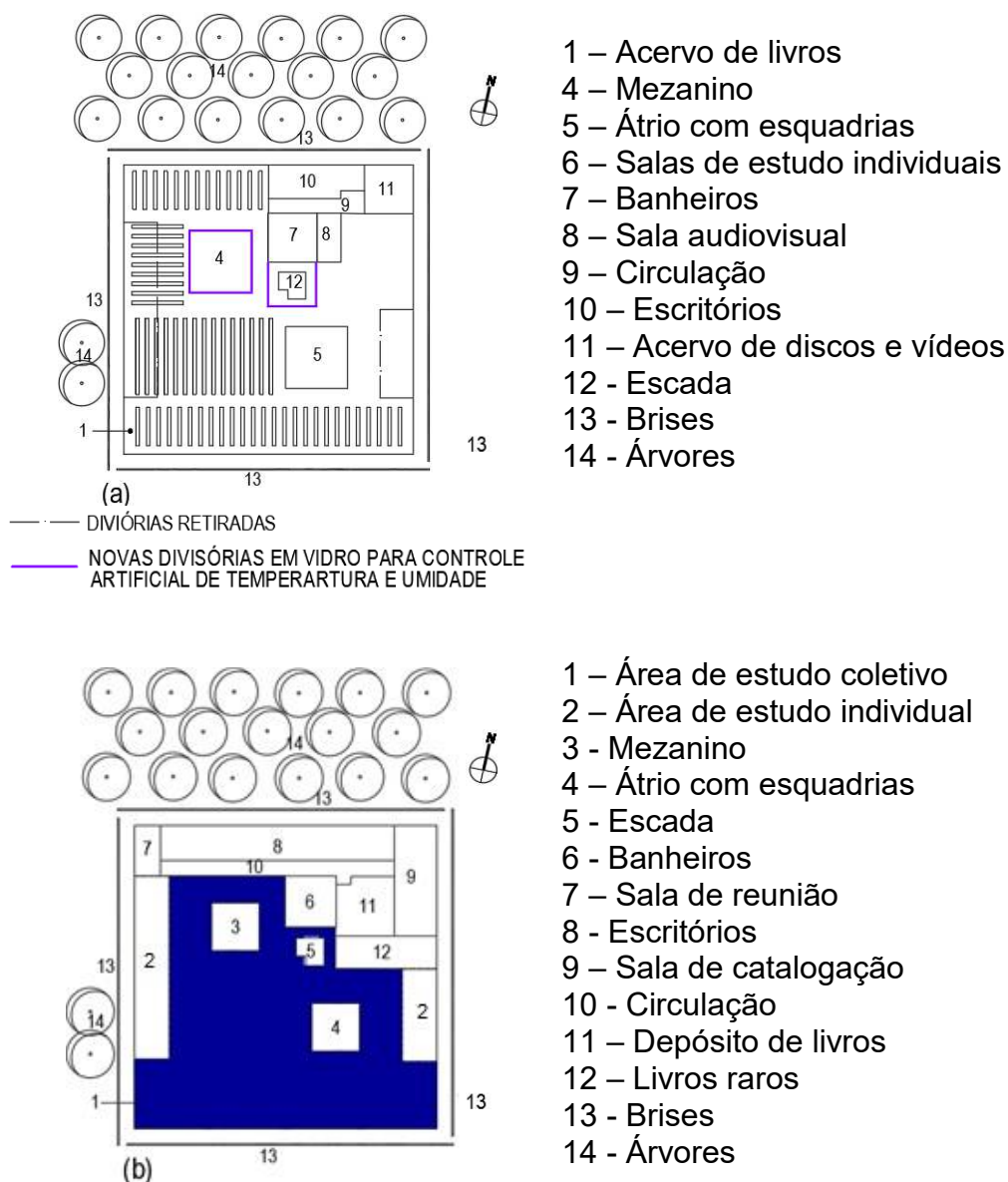
— NOVAS DIVISÓRIAS EM VIDRO PARA CONTROLE ARTIFICIAL DE TEMPERATURA E UMIDADE

Fonte: Autora (2022).

Na última opção (Cenário 5) concentrou-se todo o acervo no primeiro pavimento, e realocou-se a área de estudo coletivo no pavimento superior (Figura 44).



Figura 44 – Cenário 5 de isolamento de acervo. (a) primeiro pavimento, (b) segundo pavimento.



Fonte: Autora (2022).

Percebe-se que todas as propostas para isolamento de acervo para analisar cenários alternativos para melhorar as condições microclimáticas para conservação de livros descaracterizaram a planta-livre, uma vez que seria necessário o fechamento vertical dos mezaninos e o fechamento dos lanternins, além da impossibilidade de locação de equipamento de condicionamento artificial com dutos devido ao baixo pé-direito. Assim, as propostas de cenários alternativos para a conservação de livros foram descartadas.

As análises dos cenários são apresentadas na Tabela 14, inspirada na pesquisa de Vaz (2020), que analisou as intervenções e sua viabilidade em função da não descaracterização do bem.

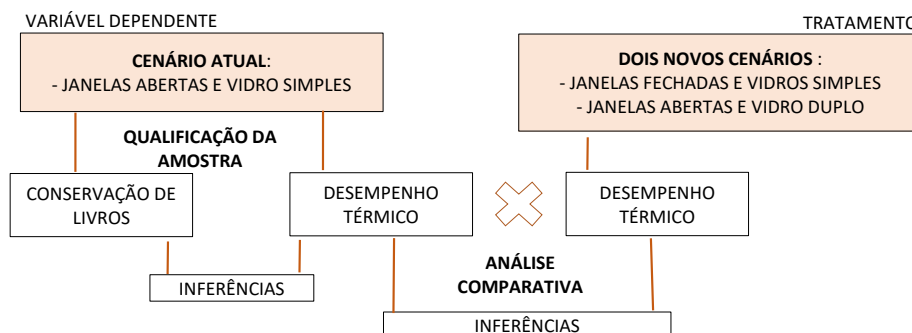
Tabela 14 - Viabilidade dos novos cenários para análise de desempenho térmico e conservação de livros.

NOVOS CENÁRIOS DE DESEMPENHO TÉRMICO	INTERVENÇÃO	ANÁLISE DA INTERVENÇÃO LEVANDO EM CONTA A NÃO DESCARACTERIZAÇÃO DO BEM
Cenário 1	Trocar os vidros simples por vidros duplos com menor transmitância térmica	VIÁVEL
Cenário 2	Fechamento das janelas para avaliar a influência da ventilação natural no desempenho térmico da edificação	VIÁVEL
NOVOS CENÁRIOS PARA MELHORAR A CONSERVAÇÃO DE LIVROS	INTERVENÇÃO	ANÁLISE DA INTERVENÇÃO LEVANDO EM CONTA A NÃO DESCARACTERIZAÇÃO DO BEM
Cenário 3	Isolamento dos acervos, cujos locais de origem foram mantidos e isolados com vidro para controle artificial de temperatura e umidade	INVIÁVEL - Fechamento vertical de parte do mezanino - Fechamento de parte dos lanternins - Fechamento vertical com vidro no local da escada - Descaracteriza a planta-livre
Cenário 4	Isolamento dos acervos separando esses das áreas de estudo coletivo, realocando todo o acervo para o pavimento superior e concentrando a área de estudo coletivo no primeiro pavimento	INVIÁVEL - Fechamento vertical de parte do mezanino - Fechamento de parte dos lanternins - Fechamento vertical com vidro no local da escada - Impossibilidade de locação de condicionamento artificial com duto devido ao baixo pé direito. - Descaracteriza a planta-livre
Cenário 5	Concentrou-se todo o acervo no primeiro pavimento, e realocou-se a área de estudo coletivo no pavimento superior	INVIÁVEL - Fechamento vertical de parte do mezanino - Fechamento de parte dos lanternins - Fechamento vertical com vidro no local da escada - Impossibilidade de locação de condicionamento artificial com duto devido ao baixo pé direito. - Descaracteriza a planta-livre

Fonte: Autora (2022).

Com isso, determinou-se cenários alternativos apenas para desempenho térmico, caracterizados como Cenários 1 e 2 para comparação com o cenário atual, sendo eles: janelas abertas e vidros duplos, e janelas fechadas e vidros simples, conforme Figura 45.

Figura 45 - Caracterização dos cenários de análise

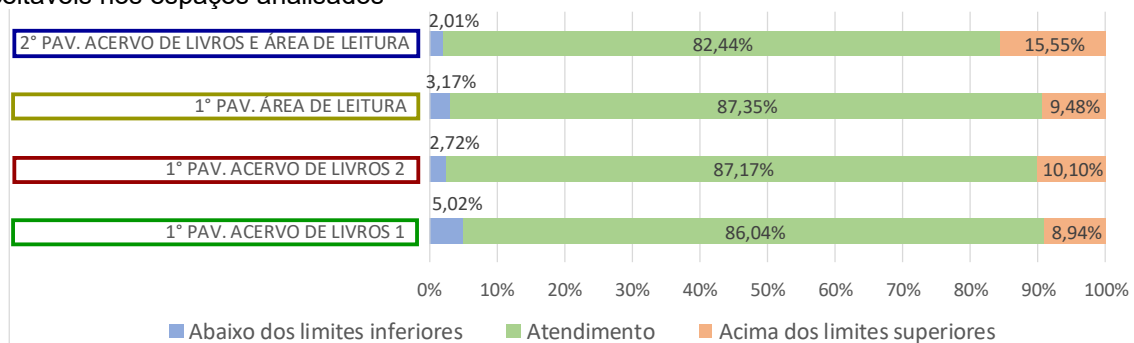


Fonte: Autora (2022).

#### 4.5. RESULTADOS DA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DO CENÁRIO ATUAL

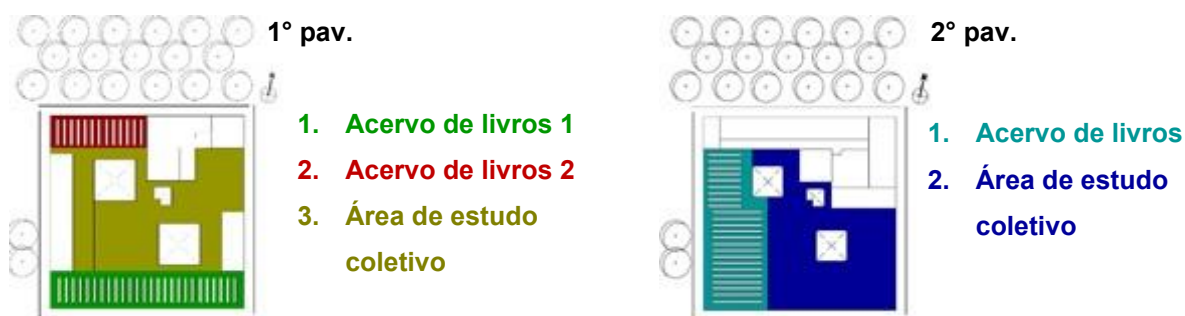
O desempenho térmico foi analisado primeiramente no cenário atual (janelas abertas e vidros simples) nos períodos ocupados dos espaços analisados. Observou-se o não cumprimento integral aos intervalos recomendados (Gráfico 1), no entanto, seu desempenho foi considerado satisfatório, uma vez que o percentual de atendimento às faixas mensais de temperatura operativa nos períodos ocupados atingiu de 82,44% a 87,35%. Os resultados mensais de atendimento e não atendimento às faixas de temperatura operativa do cenário atual, encontram-se no Apêndice C. A Figura 46, tem o intuito de identificar no Gráfico 1, a localização dos espaços analisados.

Gráfico 1 – Percentuais de atendimento e não atendimento anuais em relação às faixas de temperatura aceitáveis nos espaços analisados



Fonte: Autora (2022).

Figura 46 - Legenda de localização das áreas analisadas



Fonte: Autora (2022).

No Gráfico 1, observa-se que os espaços que apresentaram o melhor percentual de atendimento às faixas de temperatura operativa em períodos ocupados estão localizados no primeiro pavimento e são, respectivamente: área de leitura com 87,35%, acervo de livros 2 com 87,17% e acervo de livros 1 com 86,04%. O fato da área de leitura ter apresentado melhor desempenho térmico pode ser em função da menor quantidade de envidraçamento de fachadas. Já os espaços que apresentaram menor desempenho térmico localizavam-se no pavimento superior e são acervo de livros e área de estudo colaborativo, com 82,44%. O menor desempenho percebido pode ter relação com a proximidade da cobertura<sup>7</sup>.

É possível verificar que o não atendimento do cenário atual é resultado principalmente das temperaturas operativas acima dos limites superiores, o que indica a necessidade de estratégias de resfriamento. Há picos de alta temperatura à tarde, principalmente nos meses de março e setembro.

Percebe-se que no acervo de livros 1 do primeiro pavimento, há 13,96% de não atendimento das faixas de temperatura operativa, sendo 5,02% abaixo dos limites inferiores e 8,94% acima dos limites superiores. No acervo de livros 2 no primeiro pavimento, há 12,82% de não atendimento das faixas de temperatura operativa, sendo 2,72% abaixo dos limites inferiores e 10,10% acima dos limites superiores. Na

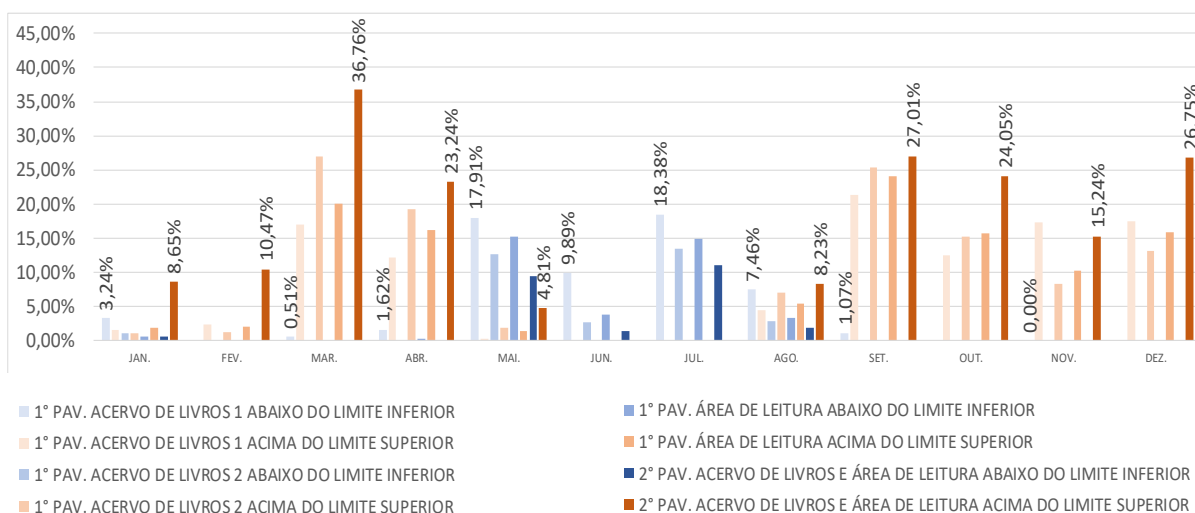
---

<sup>7</sup> Importante ressaltar que os espaços analisados do 2º pavimento (acervo de livros e área de leitura), foram apresentados conjuntamente em todos os gráficos, uma vez que possuem o mesmo resultado em função de uma limitação da simulação, que uniu os dois espaços devido aos vazios em comum, conforme apresentado no item 4.3.

área de estudo comum no primeiro andar, há 12,65% de não atendimento das faixas de temperatura operativa, sendo 3,17% abaixo dos limites inferiores e 9,48% acima dos limites superiores. No segundo pavimento, no acervo de livros e área de estudo colaborativo, há 17,56% de não atendimento das faixas de temperatura operativa, sendo 2,01% abaixo dos limites inferiores e 15,55% acima dos limites superiores.

Analisando separadamente o não atendimento em cada mês no cenário atual, observa-se por meio do Gráfico 2, que o não atendimento deve-se em grande parte, a faixas acima do limite superior, principalmente no pavimento superior nos meses de março, setembro e dezembro, o que pode ser em função da proximidade com a cobertura.

Gráfico 2 - Percentual de não atendimento às faixas mensais de temperatura operativa aceitáveis nos espaços analisados do cenário atual.



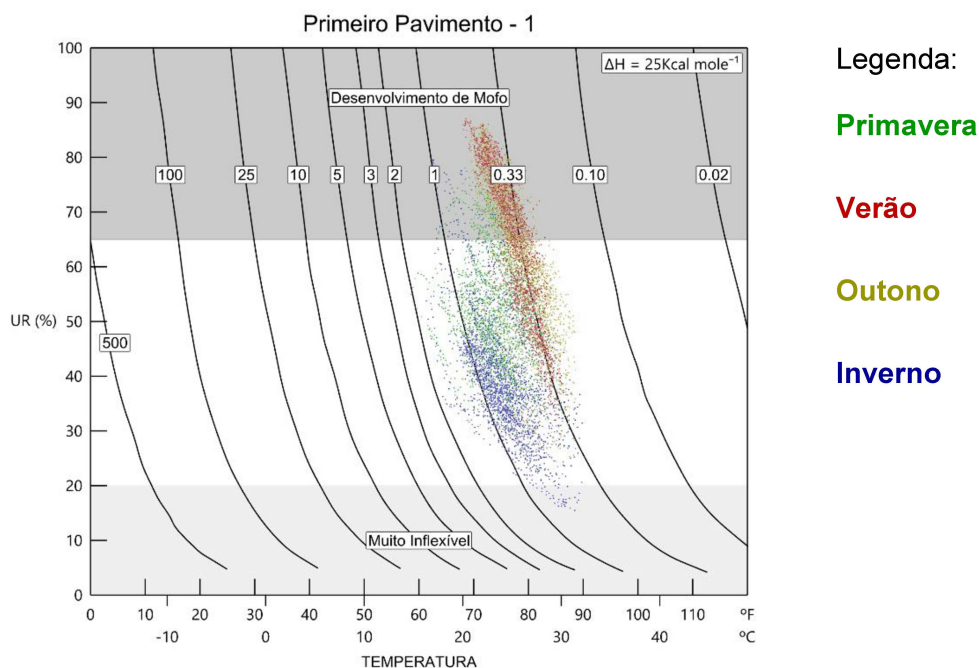
Fonte: Autora (2022).

O não atendimento abaixo do limite inferior apresenta menor percentual e encontra-se principalmente no acervo de livros 1 do primeiro pavimento, nos meses de maio, junho e julho, o que pode ser em função da maior distância em relação à cobertura, assim como sombreamento mais eficiente.

#### 4.6. RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONSERVAÇÃO DE LIVROS DO CENÁRIO ATUAL

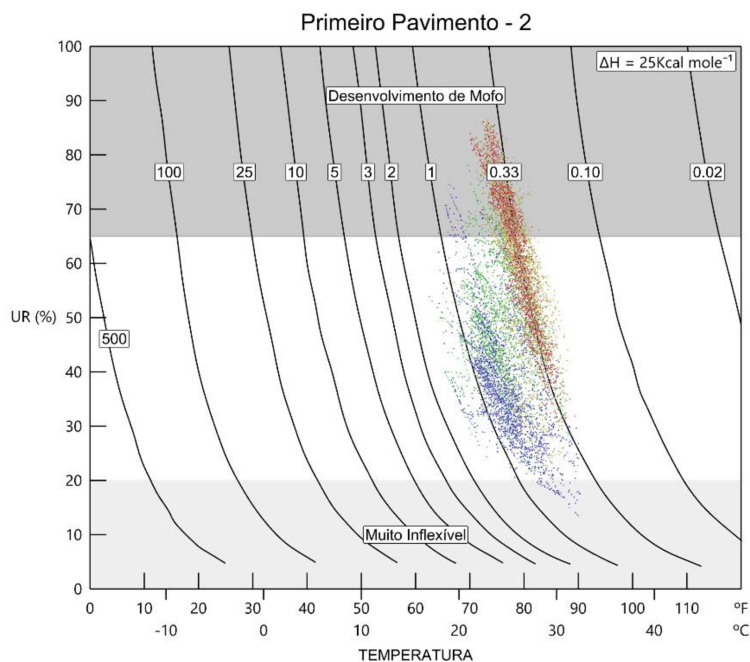
Em relação à conservação dos livros no cenário atual, foram plotadas nos gráficos de Sebera (Gráfico 3, 4 e 5), as 8.760 horas das temperaturas internas operativas e umidade relativa interna do ar, dos três espaços de acervo, no qual o ano foi dividido em estações por meio de quatro cores: inverno (azul), primavera (verde), outono (amarelo) e verão (vermelho). Apesar do desempenho térmico ser satisfatório, como apresentado no Item 4.5, o microclima interno não apresentou resultado satisfatório para a conservação de livros, pois todos os espaços ultrapassaram a zona de mofo devido à alta umidade interna, o que pode ter ocorrido em função das próprias condições climáticas da cidade aliada às condições de ventilação natural da edificação, às estratégias de sombreamento dos brises e árvores, além de bloqueios devido às estantes e divisórias alocadas posteriormente.

Gráfico 3 - Pares de temperatura e umidade do Acervo de Livros 1 do primeiro pavimento, plotados no Diagrama de Sebera.



Fonte: Autora (2022).

Gráfico 4 - Pares de temperatura e umidade do Acervo de Livros 2 do primeiro pavimento, plotados no Diagrama de Sebera.



Legenda:

Primavera

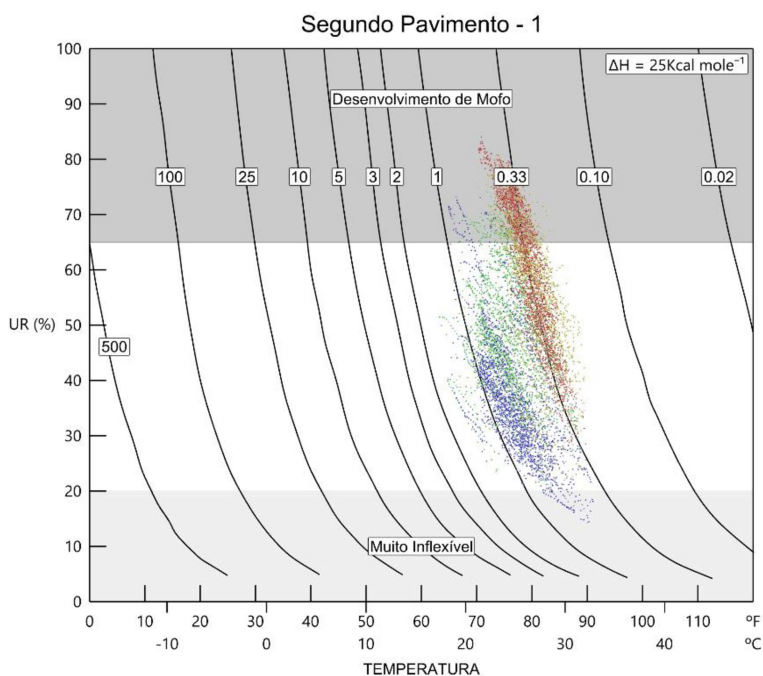
Verão

Outono

Inverno

Fonte: Autora (2022).

Gráfico 5 - Pares de temperatura e umidade do Acervo de Livros do segundo pavimento, plotados no Diagrama de Sebera.



Legenda:

Primavera

Verão

Outono

Inverno

Fonte: Autora (2022).

As melhores condições de conservação ocorreram no inverno e na primavera, sendo os períodos de outono e verão mais prejudiciais devido à alta umidade e temperaturas. Foram identificadas isopermas entre 0,28 e 1 indicando baixa expectativa dos livros, em torno de 12,6 a 45 anos, o que foi observado nos acervos dos dois pavimentos. As coleções do primeiro pavimento (Gráfico 3 e Gráfico 4) foram identificadas como mais suscetíveis ao mofo, por estarem mais próximas do solo e serem mais impactadas com os bloqueios solares. Ainda, houveram pontos na zona de inflexibilidade do papel nos dois pavimentos, em função de baixas umidades no inverno. No acervo do segundo pavimento (Gráfico 5), observou-se redução de umidade em relação ao cenário anterior, principalmente no outono e inverno, porém, a longevidade dos livros foi a mesma, entre 12,6 e 45 anos.

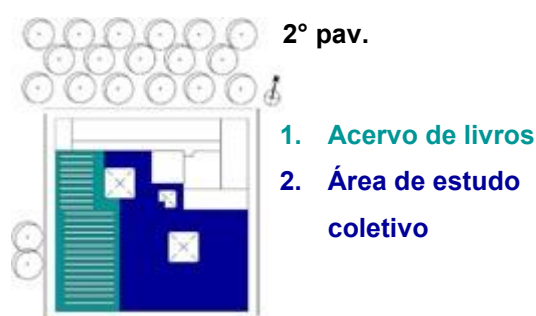
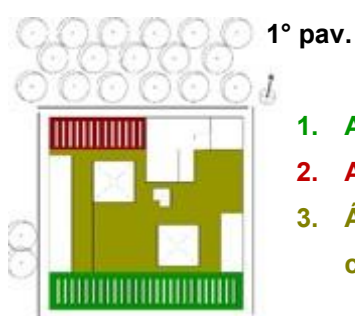
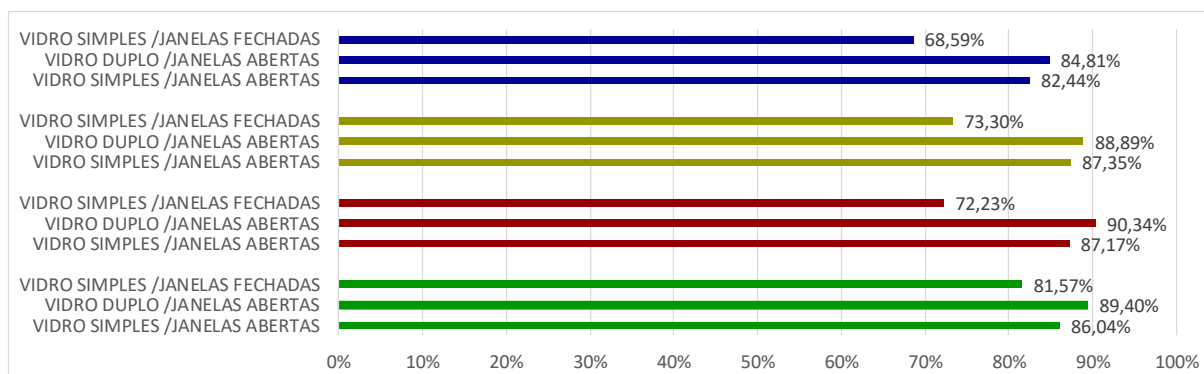
#### **4.7. RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO NOS TRÊS CENÁRIOS**

Devido ao não cumprimento integral das faixas de temperatura operativa, foram simulados mais dois cenários para comparação com o atual (vidros simples e janelas abertas), com apresentação de todos os cenários no Gráfico 6: vidro simples/janelas abertas; vidro simples/janelas fechadas; e vidros duplos/janelas abertas com propriedades térmicas conforme Item 4.4. Os resultados de atendimento e não atendimento dos dois cenários alternativos, encontram-se nos Apêndices D e E.

Observa-se no Gráfico 6 que o cenário com janelas fechadas teve o pior desempenho térmico, o que demonstrou a importância da ventilação natural na edificação. Embora o cenário com vidros duplos melhore o desempenho térmico em relação aos demais cenários analisados, ainda assim, não atendeu integralmente às faixas de temperatura operativa, e não atenuou significativamente o atendimento.



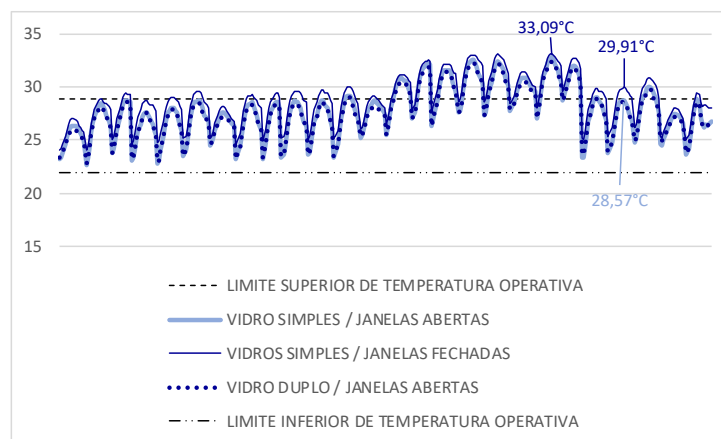
Gráfico 6 - Gráfico de atendimento anual às faixas de temperatura operativa aceitáveis nos três cenários.



Fonte: Autora (2022).

Os períodos de maior temperatura concentraram-se em março e setembro, assim, para avaliar a situação mais crítica (ou seja, as mais altas temperaturas), as temperaturas operativas nos períodos ocupados em setembro no segundo pavimento foram representadas nos três cenários no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Gráfico de atendimento às faixas de temperatura aceitáveis no segundo pavimento em setembro.

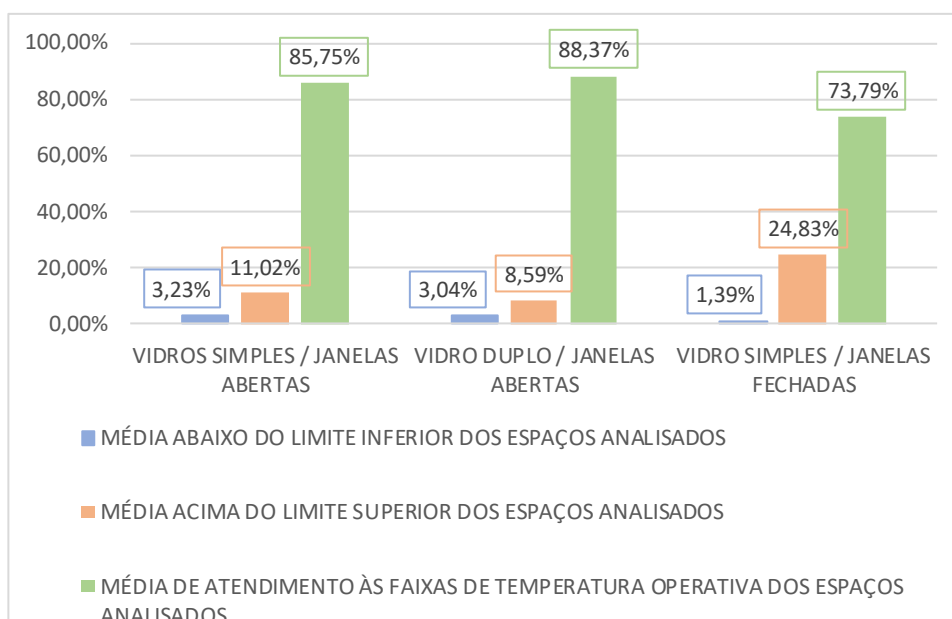


Fonte: Autora (2022).

Nota-se a relevância da ventilação natural, uma vez que o cenário com janelas fechadas apresentou temperaturas mais elevadas, além de não haver grandes alterações do cenário atual para o cenário com vidros duplos. Observa-se que houve diferença na temperatura operativa entre o cenário com janelas abertas e fechadas, chegando a 1,34°C de diferença, fazendo com que o cenário de janelas abertas não atingisse o limite superior em alguns momentos. Nota-se que a diferença de temperatura entre o cenário com janelas abertas e fechadas no pavimento superior é pequeno, o que pode ser em função dos lanternins que permitem a saída de ar quente mesmo com as janelas fechadas. Mesmo com altas temperaturas em setembro, este espaço atendeu a 72,99% no cenário atual e não houveram horas abaixo do limite inferior de temperatura operativa, tendo 27,01% das horas acima do limite superior.

No Gráfico 8 apresentam-se os percentuais da média de atendimento às faixas de temperatura operativas, assim como as médias acima e abaixo dos limites estabelecidos, dos espaços analisados nos três cenários. Observa-se que o pior cenário foi com vidros simples e janelas fechadas (24,83% de não atendimento acima dos limites superiores), e o pior cenário de não atendimento abaixo dos limites inferiores (3,23%) ocorreu no cenário com vidros simples e janelas abertas.

Gráfico 8 - Média de atendimento e não atendimento às faixas de temperatura operativa nos espaços analisados nos três cenários.



Fonte: Autora (2022).

Em relação ao atendimento às faixas de temperatura operativa, o cenário com janelas fechadas apresentou o menor atendimento, com 73,79%. A média de atendimento do cenário de vidro duplo com janelas abertas apresentou maior atendimento em relação ao cenário com vidro simples com janelas abertas, porém a diferença não se apresentou significativa o suficiente (2,62%) a ponto de justificar o investimento na substituição de todos os vidros das fachadas da edificação. Ainda em relação ao percentual de não atendimento nesses cenários, observa-se que o cenário com vidros duplos e janelas abertas apresentou menor percentual de não atendimento comparado ao cenário atual, mas que essa diferença também não foi significativa, sendo 0,19% abaixo dos limites inferiores e 2,43% acima dos limites superiores.

## 5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo geral analisar conjuntamente o desempenho térmico e conservação de livros da Biblioteca da UFU no Campus Santa Mônica em Uberlândia/MG a partir da integração BIM/BES.

Em relação ao desempenho térmico no cenário atual conclui-se que este foi satisfatório, uma vez que a faixa de atendimento de temperatura operativa nos períodos ocupados ficou entre 82,44% e 87,35%. Em relação à conservação de livros no cenário atual, concluiu-se que os ambientes que abrigam os acervos não são apropriados, uma vez que a longevidade dos livros foi baixa, e atingiu isopermas entre 0,28 e 1, que indicam expectativa de vida dos papéis entre 12,6 a 45 anos.

Com relação à integração BIM-BES, conclui-se que a transferência de dados entre programas das diferentes metodologias não se encontra completamente resolvida, uma vez que houveram erros na transferência de geometria, propriedades térmicas e informações como uso, ocupação e agendamento, o que enfatiza a necessidade de mais pesquisas na área para a solução desse desafio. Observa-se também que para a integração BIM/BES de modelos complexos, é imprescindível a simplificação da geometria para uma transferência de dados com menor quantidade de erros, para posterior correção no programa BES.

Esta pesquisa apresentou dois grandes desafios relacionados à integração BIM/BES: escolha do programa BES e simplificação do modelo BIM. Em relação ao primeiro desafio, dispendeu-se de tempo significativo para corrigir o modelo no IES-ve, e sem conseguir-lo a simulação foi inviabilizada, fazendo-se necessária a migração para o programa DesignBuilder. O segundo desafio se refere à simplificação geométrica do modelo BIM para exportação para os programas BES, uma vez que em função da complexidade da geometria, esta era transferida com incontáveis erros, assim, foram necessários diversos testes de simplificação e exportação até se chegar ao modelo que menos interferisse nas análises propostas.

A simulação higrotérmica para análise de conservação de livros e desempenho térmico em edificações existentes, se mostrou um desafio para a pesquisa, em função da ausência de documentação como desenhos técnicos e especificação de materiais

necessários para modelagem da Biblioteca. Dessa forma, dispendeu-se de tempo considerável para investigação dos elementos que compunham a edificação.

Uma limitação encontrada ocorreu devido aos dados dos espaços analisados do 2º pavimento (acervo de livros e área de leitura), que apresentaram um único resultado, pois compartilham de lanternins, o que demonstra a necessidade de mais pesquisas e estudos para solucionar a questão.

Pode-se conjecturar sobre alguns aspectos a partir dos resultados desta pesquisa respeitando as reduções científicas aqui propostas. Primeiramente, observou-se que a integração BIM/BES auxilia na tomada de decisões sobre desempenho térmico e conservação de livros em edificações complexas. No entanto, os protocolos para essa integração ainda são falhos, o que requer tempo considerável para correções do modelo a fim de viabilizar a simulação higrotérmica, o que pode influenciar na exclusão desse método por profissionais da área para elaboração e intervenção em projetos arquitetônicos. Portanto, é importante a realização de novas pesquisas para solucionar essa questão, além da capacitação de profissionais para efetivar esse método nos escritórios da área.

Conclui-se a partir dos resultados satisfatórios de desempenho térmico da Biblioteca, que estratégias passivas, principalmente de resfriamento, devem ser priorizadas em Uberlândia. Já sobre a conservação de livros, observa-se que em função do contexto climático da cidade, principalmente no verão que apresenta elevadas temperaturas e umidades, que o ideal é o controle artificial dessas variáveis. Assim, a simulação higrotérmica a partir da integração BIM/BES pode contribuir para essas soluções em fases iniciais de projeto.

Quanto aos parâmetros de conservação de livros, observou-se a disponibilidade de variadas fórmulas, mas de difícil entendimento, o que também pode influenciar de forma insatisfatória na interdisciplinaridade de projetos arquitetônicos em bibliotecas envolvendo a conservação de livros, à exemplo da exclusão da análise deste parâmetro.

Pode-se conjecturar ainda sobre a complexidade que envolve o atendimento ao desempenho térmico e conservação de livros em bens icônicos, uma vez que as soluções de intervenção estão além do atendimento aos parâmetros mencionados,

pois englobam também a não descaracterização da arquitetura. Assim, as análises de intervenções em bens icônicos requerem uma investigação sobre as principais características da edificação, assim como análise crítica com diversos testes para a tomada de decisões que aliam a melhoria, e não necessariamente o atendimento aos parâmetros citados, e acima de tudo à não descaracterização dos principais elementos arquitetônicos e conceituais da edificação.

Neste sentido, a criação de cenários alternativos para melhoria dos parâmetros analisados, demonstrou a complexidade mencionada. O vidro duplo com menor transmitância térmica foi um dos cenários adotados para melhoria do desempenho térmico sem descaracterizar a arquitetura. Assim, o cenário atual foi considerado como opção mais satisfatória em relação ao cenário alternativo em função dos resultados obtidos. Para trabalhos futuros, outros cenários, e até mesmo outros vidros, podem ser avaliados a partir da simulação térmica com a integração BIM/BES, tendo como premissa, manter as principais características da edificação.

Como sugestões para trabalhos futuros propõe-se análises de eficiência energética com integração BIM/BES nos mesmos cenários, assim como análises de emissão de CO<sub>2</sub> na fase operacional da edificação. Propõe-se ainda a análise de desempenho térmico de edificações históricas ventiladas naturalmente em Uberlândia, assim como melhorias ao atendimento de desempenho térmico sem a descaracterização da arquitetura, utilizando-se da integração BIM/BES.

## REFERÊNCIAS

ALBERTO, A. F. C. **Simulação e estudo paramétrico de fachadas de dupla pele utilizando o programa DesignBuilder**. 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2015. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=Simula%C3%A7%C3%A3o+e+estudo+param%C3%A9trico+de+fachadas+de+dupla+pele+utilizando+o+programa+DesignBuilder&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Simula%C3%A7%C3%A3o+e+estudo+param%C3%A9trico+de+fachadas+de+dupla+pele+utilizando+o+programa+DesignBuilder&btnG=). Acesso em: 02 nov. 2022.

ANDRÉ, M.; KAMIMURA, A.; BAVARESCO, M.; GIARETTA R. F; FOSSATI M.; LAMBERTS R. Achieving mid-rise NZEB offices in Brazilian urban centres: A control strategy with desk fans and extension of set point temperature. **Energy and Buildings**, Amsterdã, v. 259, p. 1–22, 2022. DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.111911. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778822000822>. Acesso em 19 out. 2022.

ANDRETTA, M.; COPPOLA, F.; SECCIA, L. Investigation on the interaction between the outdoor environment and the indoor microclimate of a historical library. **Journal of Cultural Heritage**, Amsterdã, v. 17, p. 75–86, 2016. DOI: 10.1016/j.culher.2015.07.002. Disponível em : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S129620741500117X>. Acesso em: 19 out. 2022.

ASHRAE. Museums, Galleries, Archives, and Libraries. *In*: HANDBOOK - HEATING, VENTILATING, AND AIR-CONDITIONING APPLICATIONS (I-P EDITION). Sled. Atlanta: W. Stephen Comstock, 2007. p. 21.1-21.23.

ASHRAE 55. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, Washington: ASHRAE, 2020.

ASHRAE 90.1. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. Washington: ASHRAE, 2016.

ASHRAE 140. **Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs**. Washington: ASHRAE, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **TR 15575-1-1**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1-1: Base-padrão de arquivos climáticos para a avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento de simulação computacional. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSIS, E. S. de; BASTOS, R. V. Análise das condições de conservação do acervo da Escola de Arquitetura da UFMG. *In*: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto. **Anais** [...]. Ouro Preto: ENCAC, 2007. p. 142–151.

BAAMER, A. S.; BRUTON, K.; O’SULLIVAN, D. A. Comparative Analysis of Energy Simulation Tools for Architectural Research : A Case Study of a Typical House in Saudi Arabia Intelligent Efficiency Research Group , Civil and Environmental Engineering Department , School of Engineering , University Coll. *In*: BSO CONFERENCE 2020, 5., 2020, Loughborough. **Anais** [...]. Loughborough: International Building Performance Simulation Association England, 2020. Disponível em: [http://www.ibpsa.org/proceedings/BSO2020/BSOV2020\\_Baamer.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BSO2020/BSOV2020_Baamer.pdf). Acesso em: 14 mar. 2021.

BAHAR, Y.N.; PERE C.; LANDRIEU J.; NICOLLE C. A Thermal Simulation Tool for Building and Its Interoperability through the Building Information Modeling (BIM) Platform. **Buildings**, Basileia, v. 3, n. 2, p. 380–398, 2013. DOI: 10.3390/buildings3020380. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2075-5309/3/2/380>. Acesso em: 02 mar. 2021.



BALSAMO, R. A. C.; CABRAL, B. V.; SANFELICE, R. C. Estudo comparativo entre materiais a base de vidro e policarbonato em projetos de superfícies transparentes. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, Uberaba, v. 4, n. 3, p. 327–345, 2019. DOI: 10.18554/rbcti.v4i3.3904. Disponível em: <https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/rbcti/article/view/3904>. Acesso em: 14 jan. 2022.

BOERI, A.; LONGO D.; FABBRI K.; PRETELLI M.; BONORA A.; BOULANGER S. Library Indoor microclimate monitoring with and without heating system. A bologna university library case study. **Journal of Cultural Heritage**, Amsterdã, v. 53, p. 143–153, 2022. DOI: 10.1016/j.culher.2021.11.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207421001849>. Acesso em: 16 abr. 2022.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

BUXTON, P. **Manual do arquiteto: planejamento, dimensionamento e projeto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

CAMUFFO, D. Chapter 6.2.3- Chemical Damage to Paper. *In*: CAMUFFO, D. **Microclimate for Cultural Heritage**. 3. Ed. Amsterdã: Elsevier Science. 2019. p. 103–105. DOI: 10.1016/b978-0-444-64106-9.00006-7.

CASSARES, N. C. **Como fazer conservação preventiva em arquivos e bibliotecas**. São Paulo: Arquivo do Estado e Imprensa Oficial, 2000. *E-book*. Disponível em: [www.imprensaoficial.com.br](http://www.imprensaoficial.com.br) . Acesso em: 20 abr. 2021.

CB3E - CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Classificação de climas brasileiros empregada na atualização dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações**. Florianópolis: UFSC/CB3E, 2017. *E-book*. Disponível em: [www.cb3e.ufsc.br](http://www.cb3e.ufsc.br). Acesso em :21 fev. 2021.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual da arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2015.

CORTÊS, F. L. dos S.; MACIEL, A. C. F. Estudo de interoperabilidade entre software BIM e softwares de análise energética de edificações (BES). *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO*, 3., 2021, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 13. DOI: 10.46421/sbtic.v3i00.588. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/588>. Acesso em: 19 out. 2022.

COŞKUN, T.; GÜLHAN Ö.; ŞAHİN C. D.; ARSAN Z. D.; AKKURT G. G. The effect of spatial interventions on historic buildings' indoor climate (Case Study:Tire Necip Paşa Library, Izmir-Turkey). **Energy Procedia**, Amsterdã, v. 133, p. 358–356, 2017. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.362. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/energy-procedia>. Acesso em: 19 out. 2021.

CUNHA, E. G. **Elementos de arquitetura de climatização natural**. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2006.

DE BACKER, L. **Preventive conservation of works of art in historic buildings: assessment and modelling**. Ghent: Universidade Gent, 2017. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/publication/8560690>. Acesso em: 21 fev, 2022.

DESIGNBUILDER. **DesignBuilder Software Ltda**. Stroud, 2022. Disponível em: <https://designbuilder.co.uk/>. Acesso em: 20 out. 2022.

DIULIO, M. de la P.; MERCADER-MOYANO, P.; GÓMEZ, A. F. The influence of the envelope in the preventive conservation of books and paper records. Case study: Libraries and archives in La Plata, Argentina. **Energy & Buildings**, Amsterdã, v. 189, p. 727–738, 2019. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.11.048. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778818321674>. Acesso em: 17 ago. 2021.

DIULIO, M. de la P.; SANTA CRUZ, M. G.; GÓMEZ, A. Preventive conservation plan for library buildings in La Plata, Argentina. **Energy Procedia**, Amsterdã, v. 78, p. 1293–1298, 2015. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.143. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215018755?pes=vor>. Acesso em: 19 out. 2021.

DROUGKA, F.; LIAKAKON E.; SAKKA A.; MITSOS D.; ZACHARIAS N.; MIHALOPOULOS N.; GERASOPOULOS G. Indoor Air Quality Assessment at the

Library of the National Observatory of Athens, Greece. **Aerosol and Air Quality Research**, Taipé, v. 889, p. 889–903, 2020. DOI: 10.4209/aaqr.2019.07.0360. Disponível em: <https://aaqr.org/articles/aaqr-19-07-0a-0360>. Acesso em: 19 out. 2021.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ P.; SACKS R.; LISTON K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetura, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ELNABAWI, M. H. Building Information Modeling-Based Building Energy Modeling: Investigation of Interoperability and Simulation Results. **Frontiers in Built Environment**, Londres, v. 6, p. 1–19, 2020. DOI: 10.3389/fbuil.2020.573971. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2020.573971/full>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ELNABAWI, M. H.; HAMZA, N. Investigating Building Information Model (BIM) to Building Energy Simulation (BES): Interoperability and Simulation Results. *In*: IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE. Cairo. **Anais [...]**. Cairo: IOP Publishing, v. 397, n. 1, 2019. DOI: 0.1088/1755-1315/397/1/012013. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/397/1/012013>. Acesso em: 28 fev. 2021.

FRITOLI, C. L.; KRÜGER, E.; CARVALHO, S. küster de P. C. História do papel: panorama evolutivo das técnicas de produção e implicações para sua preservação. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 475–502, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/RICI/article/view/2424/2162>. Acesso em: 02 nov. 2022.

FROTA, A. Barros.; SCHIFFER, S. Ramos. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GARG, V.; MATHUR J.; TETALI S.; BHATIA A. **Building Energy Simulation: A Workbook using DesignBuilder**. Boca Raton: Tylor & Francis Group, 2017.

GIORDANO, P. de A.; CASSARES, N. C.; MOTTA, G. C. **Caderno de Estudo 11: Conservação de Acervos de Biblioteca**. São Paulo: Sistema Integrado de Bibliotecas da USP, 2008. *E-book*. Disponível em: <https://www.abcd.usp.br/portfolio/produtos/publicacoes/cadernos-estudos-sibiusp/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, Amsterdã, v. 18, n. 1, p. 11–23, 1992. DOI: 10.1016/0378-7788(92)90047-K. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037877889290047K>. Acesso em: 26 fev. 2022.

GONÇALVES, W. de B. Interfaces e conflitos entre o conforto ambiental humano e a conservação preventiva do acervo em edifícios que abrigam coleções. **Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio - Unirio | MAST**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 10–27, 2016. Disponível: <http://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/ppgpmus/article/viewFile/481/537>. Acesso em: 21 fev. 2022.

GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. **Edifício ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GONÇALVES, W. de B.; SOUZA, L. A. C. Potencial de uso de ventilação natural ou forçada na conservação preventiva de bens culturais móveis - Estudo de caso. *In*: III CONGRESO IBEROAMERICNO Y XI JORNADA TÉCNICAS DE RESTAURACION Y CONSERVACION DEL PATRIMONIO. 2013, La Plata. **Anais [...]**. La Plata: UPSO, 2013. p. 1–12. Disponível em: <https://digital.cic.gba.gob.ar/items/9eb9362d-aa3a-4d0d-9228-53da02677813>. Acesso em: 21 fev. 2022.

GOURLIS, G.; KOVACIC, I. Building Information Modelling for analysis of energy efficient industrial buildings – A case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Amsterdã, v. 68, p. 953-963. DOI: 10.1016/j.rser.2016.02.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116002173>. Acesso em: 05 jan. 2022.

GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. v. 4.

HUSSIN, N.; RAZAK A. A.; BAHARUM F. YAAKOB Y. Simulation of energy consumption in the library building. *In*: AIP CONFERENCE PROCEEDINGS 2129, 5., 2019, Nova York. **Anais [...]**. Nova York: AIP Publishing, 2019. p. 1–5. Disponível em: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5118016>. Acesso em: 05 abr. 2021.

IES-VE. **Integrated Environmental Solutions Limited**. Glasgow, 2022. Disponível em: <https://www.iesve.com/>. Acesso em: 7 nov. 2022.

INMETRO. **Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013. Anexo Geral V - Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013.

ISO 17772-1. **Energy performance of buildings - Indoor environmental quality - Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings**. Genebra: ISO, 2017. *E-book*. Disponível em: [www.iso.org](http://www.iso.org). Acesso em: 12 dez. 2020.

KELLER, M.; VAIDYA, P. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK C.; RUDOLF B. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**. Stuttgart, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=%22World+map+of+the+K%C3%B6ppen-Geiger+climate+classification+updated%22&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22World+map+of+the+K%C3%B6ppen-Geiger+climate+classification+updated%22&btnG=). Acesso em: 01 jan. 2022.

KRÜGER, E. L.; DINIZ, W. Relationship between indoor thermal comfort conditions and the Time Weighted Preservation Index (TWPI) in three Brazilian archives. **Applied Energy**, Amsterdã, v. 88, p. 712–723, 2011. DOI: 10.1016/j.apenergy.2010.09.01. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261910003752>. Acesso em: 17 dez. 2020.

LAMBERTS, R. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Florianópolis: LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2002.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/PROCEL, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>. Acesso em: 25 jan. 2021.

LEMOS, L. A. P. **Avaliação da percepção do cliente interno: serviços de aquisição de livros de uma biblioteca universitária**. 2002. 174 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83962>. Acesso em: 02 de nov. 2022.

LI, H. X.; MA Z.; LIU H.; WANG J.; HUSSEIN M. A.; MILLS A. Exploring and verifying BIM-based energy simulation for building operations. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Bingley, v. 27, n. 8, p. 1679–1702, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-06-2019-0314/full/html>. Acesso em: 17 ago. 2021.

LILIS, G. N.; GIANNAKIS, G. I.; ROVAS, D. v. Automatic generation of second-level space boundary topology from IFC geometry inputs. **Automation in Construction**, Amsterdã, v. 76, p. 108–124, 2017. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.08.044. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516301984>. Acesso em: 05 jan. 2022.

LIU, Q.; WANG, Z. Green BIM-based study on the green performance of university buildings in northern China. **Energy, Sustainability and Society**, Londres, v. 12, p. 1–17, 2022. DOI: 10.1186/s13705-022-00341-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13705-022-00341-9>. Acesso em: 16 abr. 2022.

MACIEL, A. C. F. **Análise da demanda energética para climatização de fachadas ventiladas para regiões climáticas brasileiras**. 2018. 265 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/33875>. Acesso em: 06 fev. 2021.

MACIEL, A. C. F. **Energia incorporada de Fachadas ventiladas. Estudo de caso para edificação habitacional em Brasília-DF**. 2013. 1–147 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/15757>. Acesso em: 03 dez. 2020.

MICHALSKI, S. **Climate Guidelines for Heritage Collections: Where We Are in 2014 and How We Got Here**. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2016. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt->

BR&as\_sdt=0%2C5&q=Climate+Guidelines+for+Heritage+Collections%3A+Where+We+Are+in+2014+and+How+We+Got+Here&btnG=. Acesso em: 19 out. 2022.

MICHALSKI, S. Double the life for each five-degree drop, more than double the life for each halving of relative humidity. *In: PREPRINTS OF THE ICON COMMITTEE FOR CONSERVATION*, 13., 2002. Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Preprints, 2002. p. 66–72. Disponível em: [https://www.academia.edu/741946/2002\\_Double\\_the\\_life\\_for\\_each\\_five\\_degree\\_drop\\_more\\_than\\_double\\_the\\_life\\_for\\_each\\_halving\\_of\\_relative\\_humidity](https://www.academia.edu/741946/2002_Double_the_life_for_each_five_degree_drop_more_than_double_the_life_for_each_halving_of_relative_humidity). Acesso em: 01 jan. 2022.

MOON, H. J; CHOI M. S.; KIM S. K; RYU S. H. Case studies for the evaluation of interoperability between a BIM based architectural model and building performance analysis programs. *In: PROCEEDINGS OF BUILDING SIMULATION 2011*, 12., 2011. Sydney. **Anais [...]**. Sydney: IBPSA Australasia and AIRAH, 2011. p. 1521–1526. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=Case+studies+for+the+evaluation+of+interoperability+between+a+BIM+based+architectural+model+and+building+performance+analysis+programs&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Case+studies+for+the+evaluation+of+interoperability+between+a+BIM+based+architectural+model+and+building+performance+analysis+programs&btnG=). Acesso em: 17 fev. 2021.

NEVES, L. **Campus da Universidade Federal do Amazonas, Severiano Porto. In: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS EDIFICAÇÕES: Universidades**. Rio de Janeiro: Eletrobrás: IAB, 2009. v. 9.

NICO-RODRIGUES, E. A.; ALVAREZ C. E.; SANTO A. D.; PIDERIT M. B. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambientes ventilados naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 7–23, 2015. DOI: 10.1590/s1678-86212015000200011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/8TCXN3VMP6YFjhNqBSRRvSg/abstract/?lang=pt>. Acesso em 03 nov. 2022.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima. Manual de diseño biolimático para arquitectos y urbanistas**. 4. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

OLIVEIRA, R.; LAMEIRAS, R.; CARVALHO, M. A Aplicação do BIM nas Simulações Térmicas de Edificações: Uma Revisão Sistemática da Literatura. *In: PTBIM 2020*, 3.,

2020, Porto. **Anais** [...]. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2020. p. 707–716. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=A+Aplica%C3%A7%C3%A3o+do+BIM+nas+Simula%C3%A7%C3%B5es+T%C3%A9rmicas+de+Edifica%C3%A7%C3%B5es%3A+Uma+Revis%C3%A3o+Sistem%C3%A1tica+da+Literatura&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=A+Aplica%C3%A7%C3%A3o+do+BIM+nas+Simula%C3%A7%C3%B5es+T%C3%A9rmicas+de+Edifica%C3%A7%C3%B5es%3A+Uma+Revis%C3%A3o+Sistem%C3%A1tica+da+Literatura&btnG=). Acesso em: 23 ago. 2021.

PAN, W.; QIN, H.; ZHAO, Y. Challenges for energy and carbon modeling of high-rise buildings: The case of public housing in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdã, v. 123, p. 208–218, 2017. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.02.013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344916300337>. Acesso em: 05 jan. 2021.

PORSANI, G. B.; LERSUNDI K. D. V.; GUTIÉRREZ A. S.; BANDERA C. F. Interoperability between building information modelling (BIM) and building energy model (BEM). **Applied Sciences**, Basileia, v. 11, n. 5, p. 1–20, 2021. DOI: 10.3390/app11052167. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/5/2167>. Acesso em: 05 jan. 2022.

PRETTI, A. L. M. **Interoperabilidade BIM e BEM: avaliação de eficiência do sistema na análise energética de edifícios**. 2018. 210 f. - Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Vitória, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/10689>. Acesso em: 14 mar. 2021.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. Porto Alegre: D. D. Luzzatto Editores, 1985.

RORIZ, M. **Classificação de Climas do Brasil – Versão 3.0**. São Paulo: ANTAC, 2014.

SADEGHIFAM, A. N.; MEHERON S. J.; PAUZI N. N. M. P.; NAMINI S. S. B. Energy Retrofitting and Thermal Comfort Improvement of the Public Buildings in Malaysia. *In*: 2021 INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREEN ENERGY, COMPUTING AND SUSTAINABLE TECHNOLOGY, GECOST. Miri. **Anais** [...]. Miri: IEEE, 2021. p. 1–5. DOI: 10.1109/GECOST52368.2021.9538711. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9538711>. Acesso em: 05 jan. 2022.



SAHIN, C. D.; COŞKUN, T.; ARSAN Z. D.; AKKURT G. G. Investigation of indoor microclimate of historic libraries for preventive conservation of manuscripts. Case Study: Tire Necip Paşa Library, İzmir-Turkey. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdã, v. 30, p. 66–78, 2017. DOI: 10.1016/j.scs.2016.11.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670716303225>. Acesso em: 18 out. 2021.

SCHITO, E. PEREIRA L. D.; TESTI D.; SILVA M. G. A procedure for identifying chemical and biological risks for books in historic libraries based on microclimate analysis. **Journal of Cultural Heritage**, Amsterdã, v. 37, p. 155–165, 2019. DOI: 10.1016/j.culher.2018.10.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207418306137>. Acesso em: 18 out. 2021.

SEBERA, D. K. **Isopermas: uma ferramenta par ao gerenciamento ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Projeto Conservação em Bibliotecas e Arquivos, 2001. v. 18.

SONG, J.; ZHANG, X.; MENG, X. Simulation and Analysis of a University Library Energy Consumption based on EQUEST. **Procedia Engineering**, Amsterdã, v. 121, p. 1382–1388, 2015. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.09.028. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815028568>. Acesso em: 16 abr. 2022.

STEEMAN, M.; DE PAEPE, M.; JANSSENS, A. Impact of whole-building hygrothermal modelling on the assessment of indoor climate in a library building. **Building and Environment**, Amsterdã, v. 45, p. 1641–1642, 2010. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.01.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132310000247>. Acesso em: 16 abr. 2022.

STOAKES, P.; PASSE, U.; BATTAGLIA, F. Predicting natural ventilation flows in whole buildings. Part 1: The Viipuri library. **Build Simul**, Nova York, v. 4, p. 263–276, 2011. DOI: 10.1007/s12273-011-0045-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12273-011-0045-4>. Acesso em: 16 abr. 2022.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Amsterdã, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580508001568>. Acesso em: 12 ago. 2021.

TAVARES, L. R. **Eficiência energética em edificações: aplicação do RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - na cidade de Uberlândia-MG**. 2011. 192 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/10961>. Acesso em: 06 fev. 2021.

TRONCHIN, L.; FABBRI, K. Energy and Microclimate Simulation in a Heritage Building: Further Studies on the Malatestiana Library. **Energies**, Basileia, v. 10, p. 1–14, 2017. DOI: 10.3390/en10101621. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/10/1621>. Acesso em: 05 abr. 2021.

TURHAN, C.; TOPAN C.; ARSAN Z. D. OZBALTA T. G.; AKKURT G. G. Comfort based investigation on historic libraries for user satisfaction and preservation of paper-based collections. *In*: SBE21 SUSTAINABLE BUILT HERITAGE, 2021, Bolzano-Bozen. **Anais** [...]. Bolzano-Bozen: IOP Publishing Ltd, 2021. p. 1–8. DOI: 10.1088/1755-1315/863/1/012022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/863/1/012022/meta>. Acesso em: 16 abr. 2022.

UNI 10586. **Condizione climatiche per ambienti di conservazione di documenti grafici e caratteristiche degli alloggiamenti**. Milão: UNI, 1997.

UNI 10829. **Beni di interesse storico e artistico: Condizioni ambiental de conservazione Mizurazione ed analisi**. Milão: UNI, 1999.

VAZ, C. F. **Um olhar bioclimático e de eficiência energética sobre a Igreja Divino Espírito Santo do Cerrado**. 2020. 94 f. - Monografia (Especialização em Cidades, Edificações e Produtos) – Escola de Arquitetura, UFMG, Belo Horizonte, 2020.

VENÂNCIO, R. **Teinamento para o programa DesignBuilder: versão 2.0**. Lagoa Nova: Laboratório de Conforto Ambiental - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

VERTICCHIO, E.; FRASCA F.; CORNARO C.; SIANI A. M. Investigation on the use of hygrothermal modelling for paper collections. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE FLORENCE HERI-TECH: THE FUTURE OF HERITAGE SCIENCE AND TECHNOLOGIES*, 2020. Florence. **Anais** [...]. Florence: IOP Publishing Ltd, 2020. p. 1–9. DOI: 10.1088/1757-899X/949/1/012015. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/949/1/012015/meta>. Acesso em 19 out. 2022.

WADDICOR, D. A.; FUENTES E.; SISÓ L.; SALOM J.; FAVRE B.; JIMÉNEZ C.; AZAR M. Climate change and building ageing impact on building energy performance and mitigation measures application: A case study in Turin, northern Italy. **Building and Environment**, Amsterdã, v. 102, p. 13–25, 2016. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.03.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132316300737>. Acesso em 16 abr. 2022.

WEBER, F. S.; Melo A. P.; DEIVIS L. M.; GUTHS S.; LAMBERST R. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus**. Florianópolis: LabEEE, 2017. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/Biblioteca\\_ComponentesConstrutivos\\_0.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/Biblioteca_ComponentesConstrutivos_0.pdf). Acesso em, 30 nov. 2021.

ZHAO, T.; QU Z.; LIU C.; LI K. BIM-based analysis of energy efficiency design of building thermal system and HVAC system based on GB50189-2015 in China. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, Oxônia, v. 16, n. 4, p. 1277–1289, 2021. DOI: 10.1093/ijlct/ctab051. Disponível em: <https://academic.oup.com/ijlct/article/16/4/1277/6310597?login=false>. Acesso em: 05 jan. 2022.

ZIMBRES, P. Paulo Zimbres, Luís Antônio Almeida Reis: Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia, MG. Bibliotecas gêmeas: leitura de espaços de convívio. **Projeto**, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://revistaprojeto.com.br/acervo/paulo-zimbres-luis-antonio-almeida-reis-biblioteca-da-universidade-federal-de-uberlandia-mg/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A- FORMULÁRIO PREENCHIDO PELO ARQUITETO LUIS ANTÔNIO ALMEIDA REIS

08/11/2022 16:12

Formulário sobre materiais da Biblioteca UFU - Campus Santa Mônica - Uberlândia/MG

### Formulário sobre materiais da Biblioteca UFU - Campus Santa Mônica - Uberlândia/MG

Meu nome é Carolina Fernandes Vaz, sou arquiteta e mestranda do PPGAU-UFU com a pesquisa intitulada "Desempenho Térmico e conservação de livros: estudo de caso da biblioteca UFU do Campus Santa Mônica". Para a avaliação do desempenho térmico do edifício, é fundamental a especificação de todos os materiais utilizados na obra. No entanto, não foram encontradas as plantas-baixas e o memorial descritivo do edifício, além de alguns especificações no projeto arquitetônico não condizerem com a visita in loco. Para tanto, torna-se necessário a consulta ao arquiteto e fiscal da obra para a confirmação ou especificação de alguns materiais utilizados. Assim, esse formulário apresenta algumas partes do projeto arquitetônico e imagens do local para auxiliar nas especificações. As respostas são descritivas e o autor tem espaço para discorrer sobre seus apontamentos.

Nome \*

Preencha seu nome completo e assinale a opção sobre a sua responsabilidade sobre o edifício.

- Arquiteto responsável pelo projeto
- Arquiteto responsável pela execução da obra
- Fiscal da obra
- Outros
- Outro: .....

Você sabe especificar qual o material utilizado nas alvenarias externas? Por exemplo: foram utilizados tijolos maciços, blocos cerâmicos, blocos de concreto? Quais dimensões? A alvenaria teve revestimento argamassado? Na face interna e face externa ou somente em uma das faces? Sabe informar qual espessura desses revestimentos? Houve emassamento? Quantas demãos? A pintura foi feita com que tipo de tinta? Escreva tudo o que você souber sobre. \*

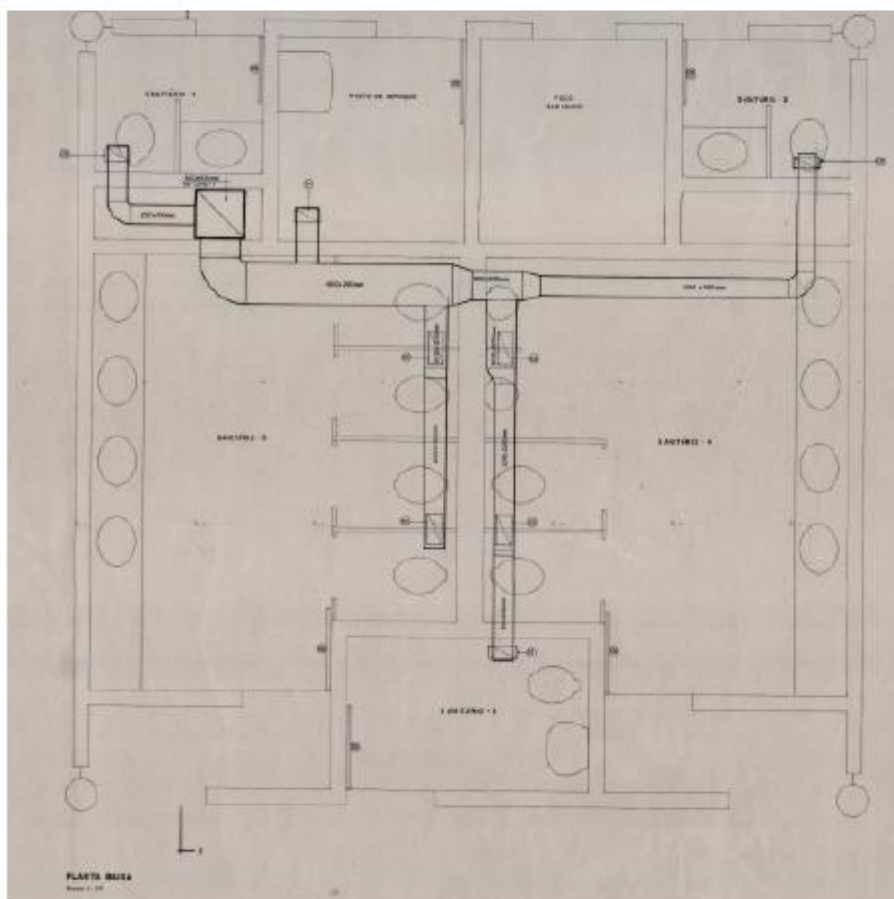


Que eu me lembre a alvenaria foi toda executada em blocos cerâmicos e revestida de argamassa em ambas as faces. Não posso dizer o tipo de tinta utilizada ou as espessuras nem o número de demãos. Os blocos cerâmicos da segunda pele foram projetados pelos arquitetos e fabricados especialmente para essas duas obras de bibliotecas da UFU.

E sobre as alvenarias internas? \*

Não me lembro mas acredito que tenha sido em blocos cerâmicos com argamassa e pintura.

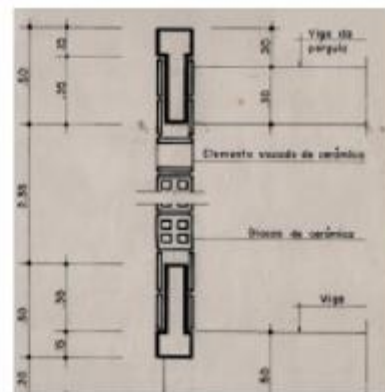
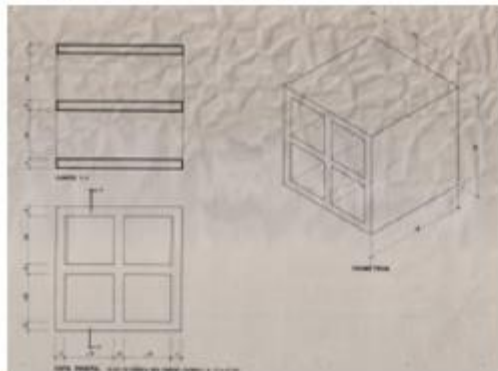
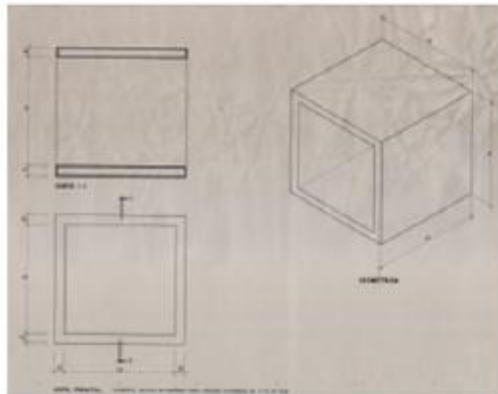
Você sabe especificar na alvenaria dos banheiros e caixa de elevador? Por exemplo: foram utilizados tijolos maciços, blocos cerâmicos, blocos de concreto? Quais dimensões? A alvenaria teve revestimento argamassado? Na face interna e face externa ou somente em uma das faces? Sabe informar qual espessura desses revestimentos? Houve emassamento? Quantas demãos? A pintura foi feita com que tipo de tinta? Escreva tudo o que você souber sobre. Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material.



Não me lembro.



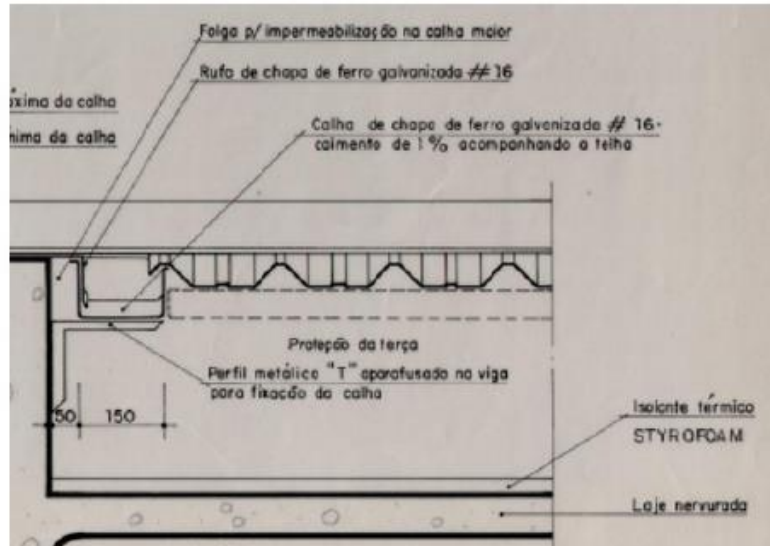
Em projeto, o "brise" apresenta tanto elementos vazados cerâmicos como blocos cerâmicos. No entanto, no local é possível ver um bloco cerâmico quebrado no qual não fica claro se existem as quatro câmaras de ar conforme projeto. O brise foi executado com os blocos cerâmicos conforme projeto ou todo o bloco cerâmico é oco? No projeto esses blocos cerâmicos e elementos vazados, possuem 20cm(comprimento)x19cm(largura)x19cm(altura), essa dimensão está correta? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



O bloco cerâmico foi projetado especialmente para essas bibliotecas. Todos os blocos têm 4 câmaras. quando o bloco era colocado na posição em que é um elemento vazado os septos internos eram retirados. As dimensões devem estar corretas pois foram cuidadosamente paginados para que o efeito de muxarabi fosse alcançado e os elementos estruturais de concreto fossem revestidos com a "casquinha" do mesmo material.

Esses elementos eram colocados na horizontal sobre o piso do térreo e distribuídos conforme a paginação. Depois os técnicos reproduziam aquele desenho na posição definitiva.

No projeto, foi especificado a aplicação de isolante térmico STYROFOAM nas lajes. Essa informação confere? Se sim, qual a espessura do isolante térmico? Qual a espessura da laje? Em visita in loco não foi possível verificar a face superior da laje devido a presença do telhado. Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



Sim. Me lembro de termos feito uma análise das cargas térmicas e de termos especificado o isolamento térmico da laje, que foi corretamente executado. Não me lembro da espessura da laje.

In loco observa-se que a telha é termoacústica preenchida com poliestileno (isopor). Qual a espessura da telha? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



Não tenho essa informação

Os domus não foram executados conforme projeto. Observa-se que no interior há um fechamento translúcido e no exterior há policarbonato alveolar. Qual o material do fechamento no interior (vidro temperado, acrílico, policarbonato, etc)? Qual a sua espessura e porcentagem de transparência? O policarbonato alveolar presente no fechamento externo é translúcido ou leitoso? Qual sua espessura e porcentagem de transparência? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*

Vista-se dois fechamentos no Domus



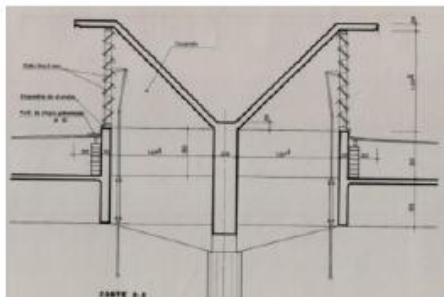
Vista do domus a partir do interior da biblioteca



Vista do domus a partir da cobertura da Biblioteca

.....  
 Não tenho informações precisas sobre os materiais ou a execução das claraboias.

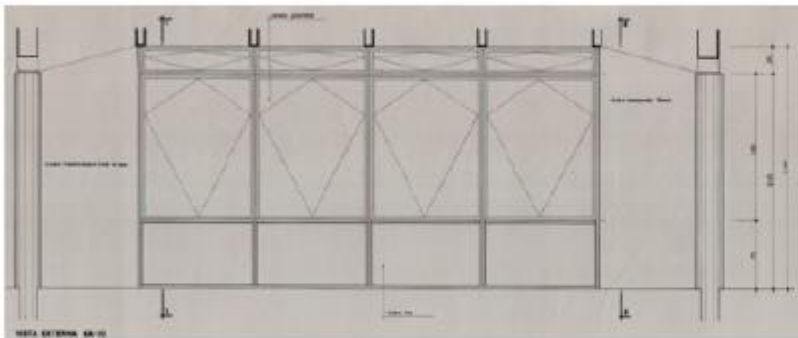
No projeto, a veneziana do shed está especificada como vidro liso 4mm. No entanto, in loco, não parece ser esse material. As venezianas do shed são em qual material? Qual espessura e qual porcentagem de transparência? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



.....  
 Não tenho informações precisas sobre os materiais ou a execução dos sheds.

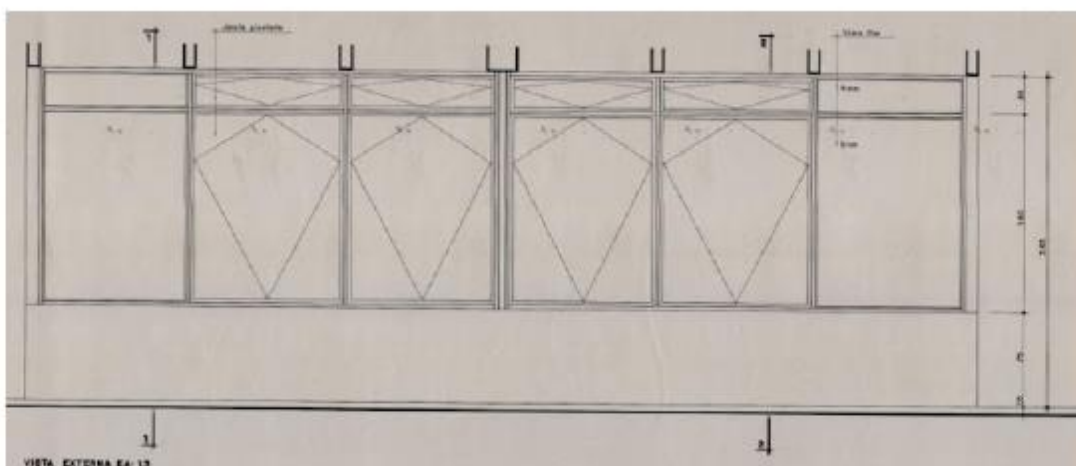


No projeto, as esquadrias da fachada do primeiro e segundo pavimentos, possuem as duas extremidades em vidro fixo temperado de 10mm. Essa informação confere? Quais as espessuras dos vidros do peitoril, folha e bandeira? Sabe informar qual o tipo de vidro utilizado? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material.



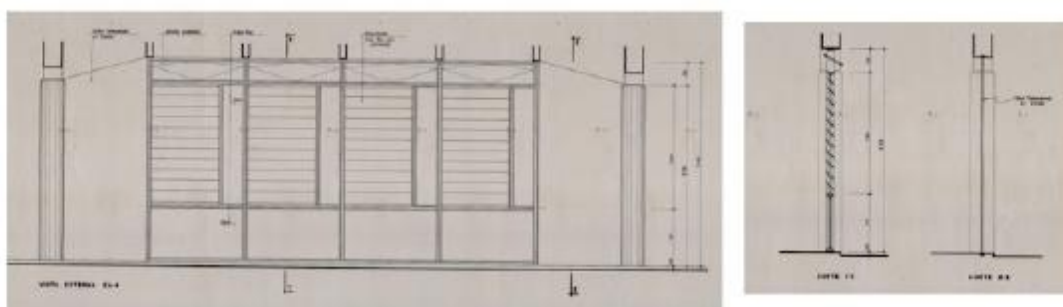
Não me lembro da espessura dos vidros temperados.

Conforme projeto, a esquadria EA-13 apresenta folha fixa de 6mm e bandeira fixa de 4mm. \*  
Essas informações conferem? Quais as espessuras das bandeiras e folhas pivotantes?



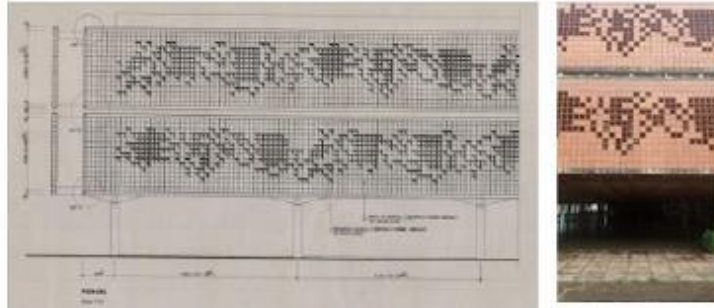
Não me lembro da espessura dos vidros.

No projeto, as esquadrias que possuem basculante tipo Solara Unidese, apresentam vidro \*  
temperado fixo nas laterais de 10mm, peitoril em vidro de 6mm, e vidro fixo ao lado dos  
basculantes de 4mm. Qual a espessura do vidro da bandeira pivotante? Qual a espessura  
da folha pivotante tipo Solara Unidese? As informações conferem? Descreva toda e  
qualquer informação que você tiver a respeito desse material.



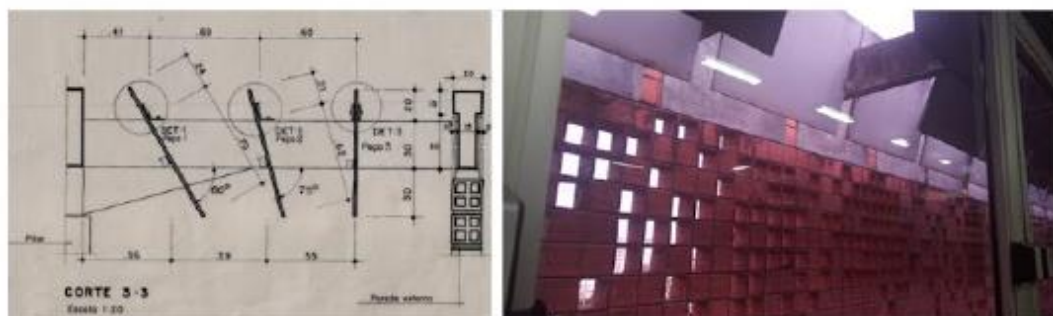
Não me lembro da espessura dos vidros.

Existe uma padronização na paginação do brise de blocos cerâmicos externo? Sabe dizer qual empresa executou? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



Foi executado pelo pessoal da obra (pedreiros) sob a orientação dos arquitetos como descrevi antes.

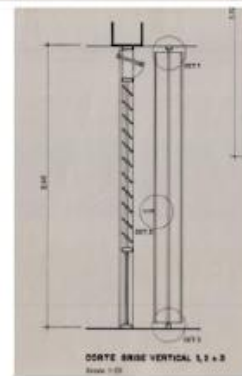
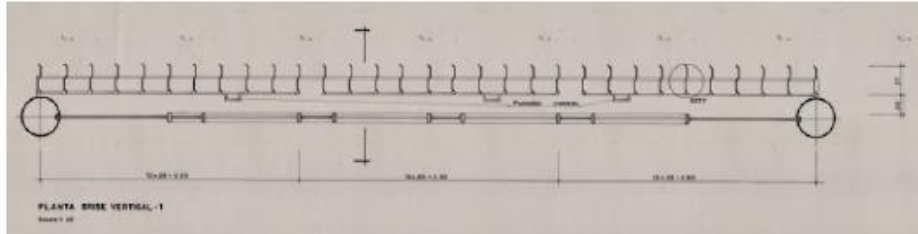
As placas cimentícias utilizadas como brise superior foram executadas conforme projeto? \*  
Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material.



Me lembro que sim. Foram executadas conforme projeto.

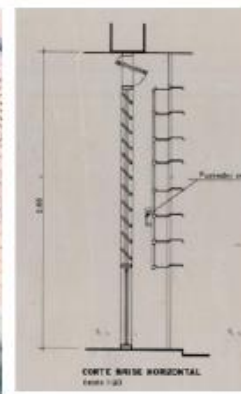
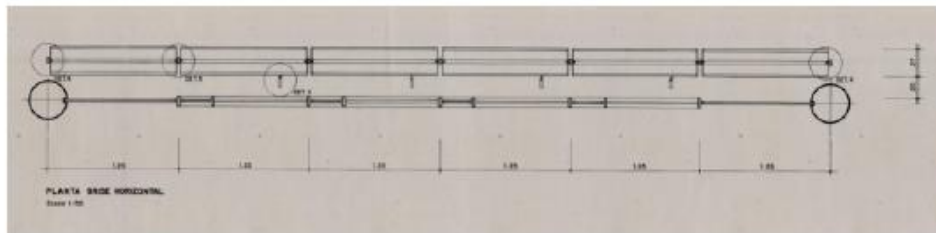


Os brises metálicos verticais foram executados conforme projeto? Descreva toda e qualquer \* informação que você tiver a respeito desse material.



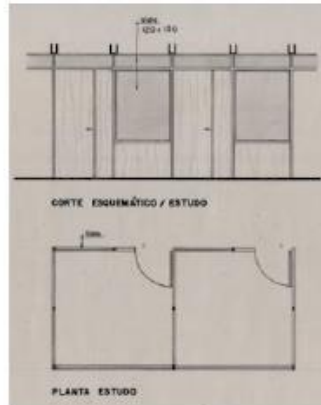
Me lembro que sim. Foram executadas conforme projeto.

Os brises metálicos horizontais foram executados conforme projeto? Descreva toda e qualquer \* informação que você tiver a respeito desse material.



Me lembro que sim. Foram executadas conforme projeto.

No projeto, as divisórias não são as mesmas verificadas in loco. Qual a espessura do vidro das divisórias? A divisória possui algum preenchimento termoacústico? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



Não tenho essa informação.

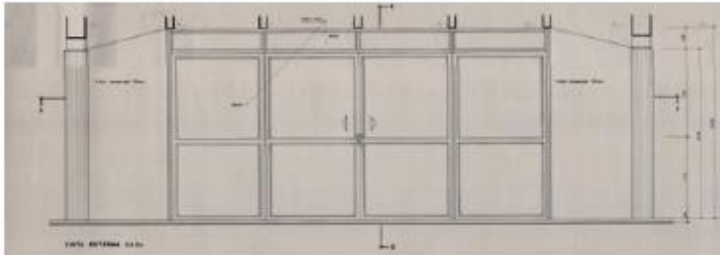
Essas divisórias foram elaboradas no projeto original? Qual o tipo e espessura do vidro? A divisória possui algum tratamento termoacústico? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



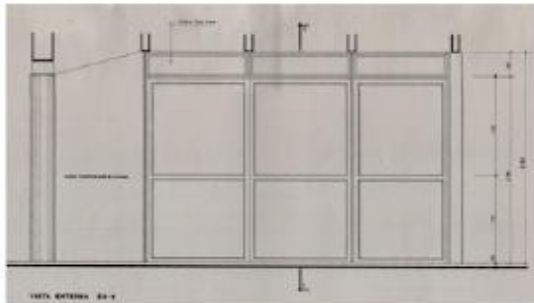
Não tenho essa informação.



No projeto, existem portas com especificação dos vidros e outras, não. Todas as esquadrias \* possuem o mesmo padrão de vidro ou há diferença entre elas? Quais foram os vidros utilizados? Quais espessuras foram utilizadas? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material.



Porta com especificação da espessura de todos os vidros.  
Bandeira fixa= vidro liso 4mm  
Folhas= vidro liso 6mmmm  
Folhas fixas laterais= 10mm



Porta com algumas especificações da espessura de todos os vidros.  
Bandeira fixa= vidro liso 4mm  
Folha fixas laterais= 10mm

Não tenho essa informação.

As divisórias de vidro são originais? Se sim, qual o tipo e espessura do vidro? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



Divisória de vidro no térreo



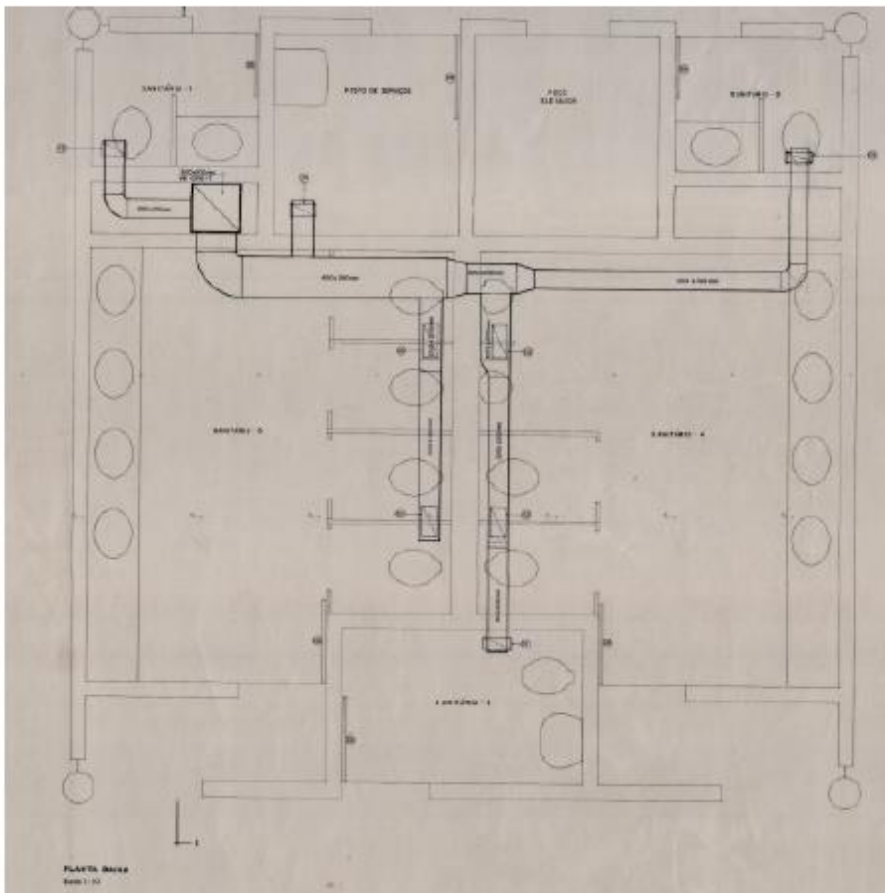
Divisória de vidro no pavimento superior

Não tenho essa informação.

Foi utilizado algum isolante nos pisos? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*

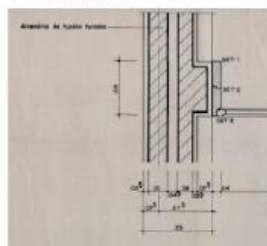
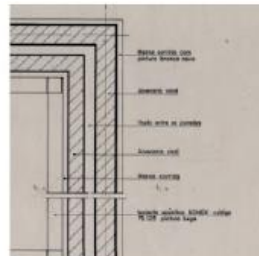
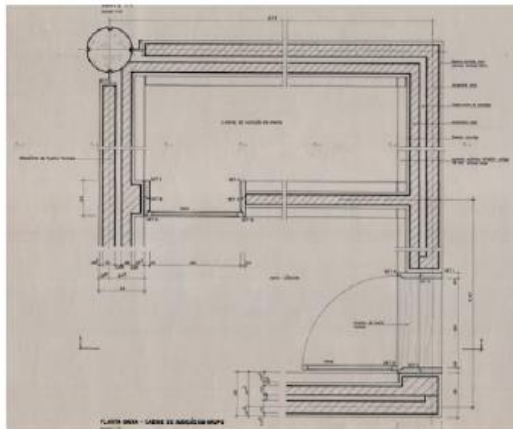
.....  
Não me lembro mas acho que não.

Observa-se que foi elaborado projeto projeto de exaustão. Foi elaborado projeto para ar-condicionado? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



.....  
O projeto original não previa ar condicionado central mas sim ventilação natural.

No projeto, a sala de áudio possui proteção acústica. Essas informações e dimensões conferem? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*



Não tenho essa informação.

Observou-se em visita in loco que há paredes em drywall. Essas paredes são originais? Há algum revestimento termoacústico? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*

Drywall

Divisória MDF

Drywall

Pilar concreto

Divisória MDF



Não tenho essa informação.

Houve enchimento de piso? Descreva toda e qualquer informação que você tiver a respeito desse material. \*

Não tenho essa informação.

Espaço para discorrer sobre algo que não tenha sido mencionado no formulário. \*

Espero ter ajudado.

**APÊNDICE B – TRANSFERÊNCIA DE DADOS BIM (REVIT) E PROGRAMAS BES (DESIGNBUILDER E IES-VE) DAS GEOMETRIAS DETALHADA E SIMPLIFICADA. EM VERDE ESTÃO OS DADOS TRANSFERIDOS E EM VERMELHO, OS NÃO TRANSFERIDOS.**

GEOMETRIA DETALHADA					
SUBCRITÉRIOS	ITENS		DB	IES-VE	
LOCALIZAÇÃO	LATITUDE				
	LONGITUDE				
ORIENTAÇÃO	NORTE				
GEOMETRIA DETALHADA	PAREDES EXTERNAS				
	TELAH TERMOACÚSTICA				
	LAJE IMPERMEABILIZADA				
	SHEDS				
	COBOGÓ				
	ESQUADRIAS EXTERNAS				
	DIVISÓRIAS				
	VAZIOS DE PISO				
	VAZIOS VERTICAIS				
	LAJES INTERNAS				
	BRISES METÁLICOS				
	DÔMUS				
VEGETAÇÃO	ÁRVORE				
COMPOSIÇÃO DE ESPAÇO	ESPAÇOS				
COMPOSIÇÃO DE CONSTRUÇÃO E PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS	PAREDES EXTERNAS	ESPESSURA			
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
	T. TERMOAC.	ESPESSURA			
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
	LAJE IMPERM.	ESPESSURA			
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
	VENEZIAN A SHED	ESPESSURA			
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
	COBOGÓS	ESPESSURA			
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		RUGOSIDADE			
	ESQ. VIDRO	TOTAL SOLAR TRANSMISSION			
		LIGHT TRANSMISSION			
		TRANSMITÂNCIA			
		ESPESSURA			
	DIVISÓRIAS MDF	CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
		ESPESSURA			
	LAJES INTERNAS	CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
		ESPESSURA			
	BRISES METÁLICOS	CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
		ABSORTANCIA			
	DÔMUS	ESPESSURA			
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
		CALOR ESPECÍFICO			
		DENSIDADE			
	CARGAS INTERNAS / CRONOGRAMA	CARTAS INTERNAS			
		USO E CRONOGRAMA			

GEOMETRIA SIMPLIFICADA				
SUBCRITÉRIOS	ITENS		DB	IES-VE
LOCALIZAÇÃO	LATITUDE			
	LONGITUDE			
ORIENTAÇÃO	NORTE			
GEOMETRIA SIMPLIFICADA	PAREDES EXTERNOS			
	COBERTURA SIMPLIFICADA			
	SHEDS			
	COBOGÓ			
	ESQUADRIAS EXTERNAS			
	DIVISÓRIAS			
	VAZIOS DE PISO			
	VAZIOS VERTICAIS			
	LAJES INTERNAS			
	BRISES METÁLICOS			
CLARABÓIA				
VEGETAÇÃO	ÁRVORE			
COMPOSIÇÃO DE ESPAÇO	ESPAÇOS			
COMPOSIÇÃO DE CONSTRUÇÃO E PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS	PAREDES EXTERNAS	ESPESSURA		
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA		
		CALOR ESPECÍFICO		
		DENSIDADE		
		ABSORTÂNCIA		
	COBERTURA SIMPLIFICADA	ESPESSURA		
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA		
		CALOR ESPECÍFICO		
		DENSIDADE		
	VENEZIANAS DOS SHEDS	ESPESSURA		
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA		
		CALOR ESPECÍFICO		
		DENSIDADE		
	COBOGÓS	ESPESSURA		
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA		
		CALOR ESPECÍFICO		
		RUGOSIDADE		
		DENSIDADE		
	ESQ. DE VIDRO	TOTAL SOLAR TRANSMISSION		
		LIGHT TRANSMISSION		
		TRANSMITÂNCIA		
	DIVISÓRIAS	ESPESSURA		
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA		
		CALOR ESPECÍFICO		
		DENSIDADE		
	LAJES INTERNAS	ESPESSURA		
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA		
		CALOR ESPECÍFICO		
		DENSIDADE		
	BRISES METÁLICOS	ESPESSURA		
		CONDUTIVIDADE TÉRMICA		
		CALOR ESPECÍFICO		
DENSIDADE				
CLARABÓIA	ESPESSURA			
	CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
	CALOR ESPECÍFICO			
	DENSIDADE			
CLARABÓIA	ESPESSURA			
	CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
	CALOR ESPECÍFICO			
	ABSORTÂNCIA			
CARGAS INTERNAS/ CRONOGRAMA	CARGAS INTERNAS			
	USO E CRONOGRAMA			

**APÊNDICE C – DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESPAÇOS ANALISADOS NO CENÁRIO ATUAL (VIDROS SIMPLES E JANELAS ABERTAS)**

<b>JANELAS ABERTAS E VIDROS SIMPLES</b>						
<b>1º PAV. ACERVO DE LIVROS 1</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	12	6	18	352	HORAS
PERCENTUAL		3,24	1,62	4,86	95,14	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	8	8	336	HORAS
PERCENTUAL		0	2,33	2,33	97,67	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	2	66	68	321	HORAS
PERCENTUAL		0,51	16,97	17,48	82,52	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	6	45	51	319	HORAS
PERCENTUAL		1,62	12,16	13,78	86,22	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	67	1	68	306	HORAS
PERCENTUAL		17,91	0,27	18,18	81,82	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	37	0	37	337	HORAS
PERCENTUAL		9,89	0,00	9,89	90,11	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	68	0	68	302	HORAS
PERCENTUAL		18,38	0,00	18,38	81,62	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	29	17	46	343	HORAS
PERCENTUAL		7,46	4,37	11,83	88,17	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	4	80	84	290	HORAS
PERCENTUAL		1,07	21,39	22,46	77,54	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	46	46	324	HORAS
PERCENTUAL		0,00	12,43	12,43	87,57	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	65	65	309	HORAS
PERCENTUAL		0,00	17,38	17,38	82,62	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	67	67	318	HORAS
PERCENTUAL		0,00	17,40	17,40	82,60	%
<b>TOTAL</b>						<b>UNIDADE</b>
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	
HORAS	4483	225	401	626	3857	HORAS
PERCENTUAL		5,02	8,94	13,96	86,04	%

JANELAS ABERTAS E VIDROS SIMPLES						
1° PAV. ACERVO DE LIVROS 2						
JANEIRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	4	4	8	362	HORAS
PERCENTUAL		1,08	1,08	2,16	97,84	%
FEVEREIRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	4	4	340	HORAS
PERCENTUAL		0	1,16	1,16	98,84	%
MARÇO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	105	105	284	HORAS
PERCENTUAL		0,00	26,99	26,99	73,01	%
ABRIL						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	71	71	299	HORAS
PERCENTUAL		0,00	19,19	19,19	80,81	%
MAIO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	47	7	54	320	HORAS
PERCENTUAL		12,57	1,87	14,44	85,56	%
JUNHO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	10	0	10	364	HORAS
PERCENTUAL		2,67	0,00	2,67	97,33	%
JULHO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	50	0	50	320	HORAS
PERCENTUAL		13,51	0,00	13,51	86,49	%
AGOSTO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	11	27	38	351	HORAS
PERCENTUAL		2,83	6,94	9,77	90,23	%
SETEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	95	95	279	HORAS
PERCENTUAL		0,00	25,40	25,40	74,60	%
OUTUBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	56	56	314	HORAS
PERCENTUAL		0,00	15,14	15,14	84,86	%
NOVEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	31	31	343	HORAS
PERCENTUAL		0,00	8,29	8,29	91,71	%
DEZEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	53	53	332	HORAS
PERCENTUAL		0,00	13,77	13,77	86,23	%
TOTAL						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	122	453	575	3908	HORAS
PERCENTUAL		2,72	10,10	12,83	87,17	%



JANELAS ABERTAS E VIDROS SIMPLES						
1º PAV. ÁREA DE LEITURA						
JANEIRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	2	7	9	361	HORAS
PERCENTUAL		0,54	1,89	2,43	97,57	%
FEVEREIRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	7	7	337	HORAS
PERCENTUAL		0	2,03	2,03	97,97	%
MARÇO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	78	78	311	HORAS
PERCENTUAL		0,00	20,05	20,05	79,95	%
ABRIL						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	1	60	61	309	HORAS
PERCENTUAL		0,27	16,22	16,49	83,51	%
MAIO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	57	5	62	312	HORAS
PERCENTUAL		15,24	1,34	16,58	83,42	%
JUNHO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	14	0	14	360	HORAS
PERCENTUAL		3,74	0,00	3,74	96,26	%
JULHO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	55	0	55	315	HORAS
PERCENTUAL		14,86	0,00	14,86	85,14	%
AGOSTO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	13	21	34	355	HORAS
PERCENTUAL		3,34	5,40	8,74	91,26	%
SETEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	90	90	284	HORAS
PERCENTUAL		0,00	24,06	24,06	75,94	%
OUTUBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	58	58	312	HORAS
PERCENTUAL		0,00	15,68	15,68	84,32	%
NOVEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	38	38	336	HORAS
PERCENTUAL		0,00	10,16	10,16	89,84	%
DEZEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385		61	61	324	HORAS
PERCENTUAL		0,00	15,84	15,84	84,16	%
TOTAL						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	142	425	567	3916	HORAS
PERCENTUAL		3,17	9,48	12,65	87,35	%



<b>JANELAS ABERTAS E VIDROS SIMPLES</b>						
<b>2° PAV. ACERVO DE LIVROS E ÁREA DE LEITURA</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	2	32	34	336	HORAS
PERCENTUAL		0,54	8,65	9,19	90,81	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	36	36	308	HORAS
PERCENTUAL		0	10,47	10,47	89,53	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	143	143	246	HORAS
PERCENTUAL		0,00	36,76	36,76	63,24	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	86	86	284	HORAS
PERCENTUAL		0,00	23,24	23,24	76,76	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	35	18	53	321	HORAS
PERCENTUAL		9,36	4,81	14,17	85,83	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	5	0	5	369	HORAS
PERCENTUAL		1,34	0,00	1,34	98,66	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	41	0	41	329	HORAS
PERCENTUAL		11,08	0,00	11,08	88,92	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	7	32	39	350	HORAS
PERCENTUAL		1,80	8,23	10,03	89,97	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	101	101	273	HORAS
PERCENTUAL		0,00	27,01	27,01	72,99	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	89	89	281	HORAS
PERCENTUAL		0,00	24,05	24,05	75,95	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	57	57	317	HORAS
PERCENTUAL		0,00	15,24	15,24	84,76	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	103	103	282	HORAS
PERCENTUAL		0,00	26,75	26,75	73,25	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	90	697	787	3696	HORAS
PERCENTUAL		2,01	15,55	17,56	82,44	%

**APÊNDICE D- DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESPAÇOS ANALISADOS NO CENÁRIO PROPOSTO (VIDROS DUPLO E JANELAS ABERTAS)**

<b>JANELAS ABERTAS E VIDROS DUPLOS</b>						
<b>1° PAV. ACERVO DE LIVROS 1</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	12	2	14	356	HORAS
PERCENTUAL		3,24	0,54	3,78	96,22	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	1	1	343	HORAS
PERCENTUAL		0	0,29	0,29	99,71	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	1	35	36	353	HORAS
PERCENTUAL		0,26	9,00	9,25	90,75	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	5	35	40	330	HORAS
PERCENTUAL		1,35	9,46	10,81	89,19	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	71	0	71	303	HORAS
PERCENTUAL		18,98	0,00	18,98	81,02	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	29	0	29	345	HORAS
PERCENTUAL		7,75	0,00	7,75	92,25	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	67	0	67	303	HORAS
PERCENTUAL		18,11	0,00	18,11	81,89	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	24	10	34	355	HORAS
PERCENTUAL		6,17	2,57	8,74	91,26	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	1	70	71	303	HORAS
PERCENTUAL		0,27	18,72	18,98	81,02	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	32	32	338	HORAS
PERCENTUAL		0,00	8,65	8,65	91,35	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	2	28	30	344	HORAS
PERCENTUAL		0,53	7,49	8,02	91,98	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	50	50	335	HORAS
PERCENTUAL		0,00	12,99	12,99	87,01	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	212	263	475	4008	HORAS
PERCENTUAL		4,73	5,87	10,60	89,40	%

<b>JANELAS ABERTAS E VIDROS DUPLOS</b>						
<b>1° PAV. ACERVO DE LIVROS 2</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	0	0	370	HORAS
PERCENTUAL		0,00	0,00	0,00	100,00	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	0	0	344	HORAS
PERCENTUAL		0	0,00	0,00	100,00	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	60	60	329	HORAS
PERCENTUAL		0,00	15,42	15,42	84,58	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	50	50	320	HORAS
PERCENTUAL		0,00	13,51	13,51	86,49	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	44	1	45	329	HORAS
PERCENTUAL		11,76	0,27	12,03	87,97	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	8	0	8	366	HORAS
PERCENTUAL		2,14	0,00	2,14	97,86	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	52	0	52	318	HORAS
PERCENTUAL		14,05	0,00	14,05	85,95	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	8	18	26	363	HORAS
PERCENTUAL		2,06	4,63	6,68	93,32	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	86	86	288	HORAS
PERCENTUAL		0,00	22,99	22,99	77,01	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	40	40	330	HORAS
PERCENTUAL		0,00	10,81	10,81	89,19	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	21	21	353	HORAS
PERCENTUAL		0,00	5,61	5,61	94,39	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	45	45	340	HORAS
PERCENTUAL		0,00	11,69	11,69	88,31	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	112	321	433	4050	HORAS
PERCENTUAL		2,50	7,16	9,66	90,34	%

<b>JANELAS ABERTAS E VIDROS DUPLOS</b>						
<b>1° PAV. ÁREA DE LEITURA</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	2	5	7	363	HORAS
PERCENTUAL		0,54	1,35	1,89	98,11	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	2	2	342	HORAS
PERCENTUAL		0	0,58	0,58	99,42	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	61	61	328	HORAS
PERCENTUAL		0,00	15,68	15,68	84,32	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	50	50	320	HORAS
PERCENTUAL		0,00	13,51	13,51	86,49	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	54	2	56	318	HORAS
PERCENTUAL		14,44	0,53	14,97	85,03	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	11	0	11	363	HORAS
PERCENTUAL		2,94	0,00	2,94	97,06	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	55	0	55	315	HORAS
PERCENTUAL		14,86	0,00	14,86	85,14	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	14	17	31	358	HORAS
PERCENTUAL		3,60	4,37	7,97	92,03	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	85	85	289	HORAS
PERCENTUAL		0,00	22,73	22,73	77,27	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	49	49	321	HORAS
PERCENTUAL		0,00	13,24	13,24	86,76	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	34	34	340	HORAS
PERCENTUAL		0,00	9,09	9,09	90,91	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	57	57	328	HORAS
PERCENTUAL		0,00	14,81	14,81	85,19	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	136	362	498	3985	HORAS
PERCENTUAL		3,03	8,07	11,11	88,89	%

JANELAS ABERTAS E VIDROS DUPLOS						
2° PAV. ACERVO DE LIVROS E ÁREA DE LEITURA						
JANEIRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	18	18	352	HORAS
PERCENTUAL		0,00	4,86	4,86	95,14	%
FEVEREIRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	23	23	321	HORAS
PERCENTUAL		0	6,69	6,69	93,31	%
MARÇO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	122	122	267	HORAS
PERCENTUAL		0,00	31,36	31,36	68,64	%
ABRIL						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	79	79	291	HORAS
PERCENTUAL		0,00	21,35	21,35	78,65	%
MAIO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	35	16	51	323	HORAS
PERCENTUAL		9,36	4,28	13,64	86,36	%
JUNHO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	4	0	4	370	HORAS
PERCENTUAL		1,07	0,00	1,07	98,93	%
JULHO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	40	0	40	330	HORAS
PERCENTUAL		10,81	0,00	10,81	89,19	%
AGOSTO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	7	28	35	354	HORAS
PERCENTUAL		1,80	7,20	9,00	91,00	%
SETEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	95	95	279	HORAS
PERCENTUAL		0,00	25,40	25,40	74,60	%
OUTUBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	76	76	294	HORAS
PERCENTUAL		0,00	20,54	20,54	79,46	%
NOVEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	51	51	323	HORAS
PERCENTUAL		0,00	13,64	13,64	86,36	%
DEZEMBRO						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	87	87	298	HORAS
PERCENTUAL		0,00	22,60	22,60	77,40	%
TOTAL						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	86	595	681	3802	HORAS
PERCENTUAL		1,92	13,27	15,19	84,81	%

## APÊNDICE E - DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESPAÇOS ANALISADOS NO CENÁRIO PROPOSTO (VIDROS SIMPLES E JANELAS FECHADAS)

<b>JANELAS FECHADAS E VIDROS SIMPLES</b>						
<b>1° PAV. ACERVO DE LIVROS 1</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	9	23	32	338	HORAS
PERCENTUAL		2,43	6,22	8,65	91,35	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	37	37	307	HORAS
PERCENTUAL		0	10,76	10,76	89,24	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	133	133	256	HORAS
PERCENTUAL		0,00	34,19	34,19	65,81	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	3	84	87	283	HORAS
PERCENTUAL		0,81	22,70	23,51	76,49	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	56	17	73	301	HORAS
PERCENTUAL		14,97	4,55	19,52	80,48	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	24	0	24	350	HORAS
PERCENTUAL		6,42	0,00	6,42	93,58	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	59	0	59	311	HORAS
PERCENTUAL		15,95	0,00	15,95	84,05	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	20	29	49	340	HORAS
PERCENTUAL		5,14	7,46	12,60	87,40	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	92	92	282	HORAS
PERCENTUAL		0,00	24,60	24,60	75,40	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	87	87	283	HORAS
PERCENTUAL		0,00	23,51	23,51	76,49	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	1	56	57	317	HORAS
PERCENTUAL		0,27	14,97	15,24	84,76	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	96	96	289	HORAS
PERCENTUAL		0,00	24,94	24,94	75,06	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	172	654	826	3657	HORAS
PERCENTUAL		3,84	14,59	18,43	81,57	%

<b>JANELAS FECHADAS E VIDROS SIMPLES</b>						
<b>1° PAV. ACERVO DE LIVROS 2</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	45	45	325	HORAS
PERCENTUAL		0,00	12,16	12,16	87,84	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	94	94	250	HORAS
PERCENTUAL		0	27,33	27,33	72,67	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	233	233	156	HORAS
PERCENTUAL		0,00	59,90	59,90	40,10	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	158	158	212	HORAS
PERCENTUAL		0,00	42,70	42,70	57,30	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	9	57	66	308	HORAS
PERCENTUAL		2,41	15,24	17,65	82,35	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	2	0	2	372	HORAS
PERCENTUAL		0,53	0,00	0,53	99,47	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	13	0	13	357	HORAS
PERCENTUAL		3,51	0,00	3,51	96,49	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	1	64	65	324	HORAS
PERCENTUAL		0,26	16,45	16,71	83,29	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	193	193	181	HORAS
PERCENTUAL		0,00	51,60	51,60	48,40	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	160	160	210	HORAS
PERCENTUAL		0,00	43,24	43,24	56,76	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	79	79	295	HORAS
PERCENTUAL		0,00	21,12	21,12	78,88	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	137	137	248	HORAS
PERCENTUAL		0,00	35,58	35,58	64,42	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	25	1220	1245	3238	HORAS
PERCENTUAL		0,56	27,21	27,77	72,23	%

<b>JANELAS FECHADAS E VIDROS SIMPLES</b>						
<b>1° PAV. ÁREA DE LEITURA</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	61	61	309	HORAS
PERCENTUAL		0,00	16,49	16,49	83,51	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	100	100	244	HORAS
PERCENTUAL		0	29,07	29,07	70,93	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	217	217	172	HORAS
PERCENTUAL		0,00	55,78	55,78	44,22	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	138	138	232	HORAS
PERCENTUAL		0,00	37,30	37,30	62,70	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	11	53	64	310	HORAS
PERCENTUAL		2,94	14,17	17,11	82,89	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	1	0	1	373	HORAS
PERCENTUAL		0,27	0,00	0,27	99,73	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	14	0	14	356	HORAS
PERCENTUAL		3,78	0,00	3,78	96,22	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	1	55	56	333	HORAS
PERCENTUAL		0,26	14,14	14,40	85,60	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	157	157	217	HORAS
PERCENTUAL		0,00	41,98	41,98	58,02	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	146	146	224	HORAS
PERCENTUAL		0,00	39,46	39,46	60,54	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	87	87	287	HORAS
PERCENTUAL		0,00	23,26	23,26	76,74	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	156	156	229	HORAS
PERCENTUAL		0,00	40,52	40,52	59,48	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	27	1170	1197	3286	HORAS
PERCENTUAL		0,60	26,10	26,70	73,30	%



<b>JANELAS FECHADAS E VIDROS SIMPLES</b>						
<b>2° PAV. ACERVO DE LIVROS E ÁREA DE LEITURA</b>						
<b>JANEIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,42°C	ACIMA DE 28,42°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	82	82	288	HORAS
PERCENTUAL		0,00	22,16	22,16	77,84	%
<b>FEVEREIRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,55°C	ACIMA DE 28,55°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	344	0	136	136	208	HORAS
PERCENTUAL		0	39,53	39,53	60,47	%
<b>MARÇO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,94°C	ACIMA DE 28,94°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	238	238	151	HORAS
PERCENTUAL		0,00	61,18	61,18	38,82	%
<b>ABRIL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,66°C	ACIMA DE 28,66°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	153	153	217	HORAS
PERCENTUAL		0,00	41,35	41,35	58,65	%
<b>MAIO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,82°C	ACIMA DE 27,82°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	10	62	72	302	HORAS
PERCENTUAL		2,67	16,58	19,25	80,75	%
<b>JUNHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,70°C	ACIMA DE 27,70°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	1	0	1	373	HORAS
PERCENTUAL		0,27	0,00	0,27	99,73	%
<b>JULHO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 20,62°C	ACIMA DE 27,62°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	15	2	17	353	HORAS
PERCENTUAL		4,05	0,54	4,59	95,41	%
<b>AGOSTO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,11°C	ACIMA DE 28,11°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	389	0	63	63	326	HORAS
PERCENTUAL		0,00	16,20	16,20	83,80	%
<b>SETEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,95°C	ACIMA DE 28,95°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	172	172	202	HORAS
PERCENTUAL		0,00	45,99	45,99	54,01	%
<b>OUTUBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,81°C	ACIMA DE 28,81°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	370	0	179	179	191	HORAS
PERCENTUAL		0,00	48,38	48,38	51,62	%
<b>NOVEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,56°C	ACIMA DE 28,56°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	374	0	111	111	263	HORAS
PERCENTUAL		0,00	29,68	29,68	70,32	%
<b>DEZEMBRO</b>						
	HORAS OCUPADAS NO MÊS	ABAIXO DE 21,80°C	ACIMA DE 28,80°C	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	385	0	184	184	201	HORAS
PERCENTUAL		0,00	47,79	47,79	52,21	%
<b>TOTAL</b>						
	HORAS OCUPADAS NO ANO	ABAIXO DOS LIMITES INFERIORES	ACIMA DOS LIMITES SUPERIORES	FORA DA FAIXA	ATENDIMENTO	UNIDADE
HORAS	4483	26	1382	1408	3075	HORAS
PERCENTUAL		0,58	30,83	31,41	68,59	%

## **ANEXOS**

# ANEXO A – FICHA DE INVENTÁRIO DA BIBLIOTECA DA UFU NO CAMPUS SANTA MÔNICA

# UBERLÂNDIA

INVENTÁRIO DE  
PROTEÇÃO DO ACERVO  
CULTURAL  
Minas Gerais - Brasil

## ESTRUTURAS ARQUITETÔNICAS E URBANÍSTICAS

Nº.xx/2006

<b>01. Município:</b> Uberlândia	<b>02. Distrito:</b> Sede
<b>03. Designação:</b> Biblioteca: Universidade Federal de Uberlândia.	
<b>04. Endereço:</b> Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica	
<b>05. Propriedade:</b> Pública	
<b>06. Responsável:</b> Gerlaine Araújo Silva - diretora geral da biblioteca	
<b>07. Histórico:</b> A partir de estudos realizados, em 1988, pela Universidade Federal de Uberlândia, observou-se que as quatro unidades de biblioteca (2 no Campus Umuarama, 1 na Educação Física e 1 no Campus Santa Mônica) não atendiam as necessidades dos usuários. Foi relatado um crescente número de alunos e de acervos no período de 1978 a 1988, que ocasionou a carência e o estrangulamento do espaço físico. Além disso, o número de volumes existentes, a quantidade de funcionários (bibliotecários e auxiliares) e a área de estudo, estavam bastante distanciados dos padrões recomendados. Algumas mudanças, a própria reitoria desejava introduzir nos hábitos de estudo e de pesquisa de seus usuários, e oferecer um espaço cultural característico da vida acadêmica. Para atender todas essas necessidades, em 1989, os arquitetos Paulo Zimbres e Luís Antônio Almeida Reis de Brasília começaram a realizar o projeto de duas bibliotecas, uma no Campus Santa Mônica e outra no Campus Umuarama que possuem a mesma tipologia e por isso recebem o nome de bibliotecas gêmeas. A localização da Biblioteca do Campus Santa Mônica obedeceu a uma proposta global de ordenamento do campus e por isto, foi localizada próxima a avenida que margeia o campus, ao longo da qual poderiam ser construídos outros edifícios. A data do projeto foi de 1989/90 enquanto a construção foi de 1990/91. Em 07 de Novembro de 1991, sob a reitoria do Sr. Antonino Martins da Silva Júnior, o edifício foi inaugurado. Em 1994, todo o sistema de empréstimos foi automatizado e o layout da biblioteca precisou ser modificado para inserir os terminais de consulta. (cont.)	
<b>09. Documentação Fotográfica</b>	
	



(cont.) Segundo dados do ano de 2003, a biblioteca realiza 717.572 empréstimos por ano, ou 59.714 por mês; são consultados 154.865 obras por ano, ou 12.905 por mês e a frequência de usuários é 2.353/dia e 54.503/mês. O saguão da biblioteca e o hall de entrada recebem, frequentemente, exposições de obras artísticas, como esculturas, pinturas e fotografias, e de trabalhos universitários.

#### **08. Descrição:**

O edifício está implantado no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia próximo aos blocos 3Q e 3D, e ao encontro das Avenidas João Naves de Ávila e Segismundo Pereira que limitam a área universitária. Seu terreno é plano e se encontra abaixo dos níveis dos demais blocos, porém, acima do nível dessas duas vias, o que proporciona uma bela vista do interior do edifício, além de, tornar um marco para os que transitam por elas.

A planta da biblioteca é um quadrado perfeito de 50x50m, sendo que seus pilares estão pontuados na intersecção dos 7 eixos na horizontal com outros 7 na vertical, totalizando 49 pilares. Há um balanço de 2,50 metros ao redor de toda a biblioteca. Toda a estrutura é feita de concreto armado, e as vigas estão nos eixos e distam entre si 7,50 metros, ou seja, 6 módulos de 1,25m, os pilares são circulares com diâmetro de 35 cm e a laje é nervurada e modulada em 1,25x1,25m.

A biblioteca é organizada em 2 pavimentos e todos os seus ambientes são formados a partir da modulação da laje. No térreo, o uso de pilotis, foi essencial para criar um saguão de acesso ao edifício, que possui um espelho d'água, e que abriga os ambientes públicos como o auditório (capacidade para 90 pessoas), a sala de estudos 24 horas e o espaço para cantina (atualmente desativada). Seguindo no interior do edifício, verificamos, ainda, o controle de entrada e saída de estudantes; o guarda-volumes (fechado temporariamente para readequação); um hall para exposições; o setor de empréstimo e reserva de livros; sala de treinamento; sala de estudo em grupo; espaço para xérox (atualmente desativado); parte do setor administrativo e os sanitários. No 1º pavimento, além dos acervos e áreas de estudo em dupla, estão o setor de referência, multimeios, salas de áudio e vídeo, a sala da coleção Dr. Jacy de Assis, e os sanitários. No último pavimento, a área é restrita ao estudo individual e possui ainda parte do acervo, seção de periódicos, administração e sanitários. Esse pavimento possui em cima de todos os pilares internos, no cruzamento da malha principal das vigas, aberturas protegidas por lanternins, que conferem iluminação e ventilação natural ao ambiente. Dois vazios cobertos por um domus interligam visualmente os pavimentos entre si, iluminando-os. Um deles desemboca no hall de empréstimos do térreo e o outro no espelho d'água. A circulação vertical entre estes andares se dá de duas formas: a primeira é uma escada escultural estruturada pelo centro que se desenvolve desde o hall principal e atinge os demais pavimentos. A outra, para a circulação de serviços, existe uma escada menor, acoplada a um elevador que, por sua vez, serve para o acesso de deficientes físicos. Em torno desse elevador, está a prumada de sanitários de uso público e de funcionários que se concentram em um módulo (7,5x7,5m) e se repete nos três pavimentos.

A cobertura do edifício é marcada pelos volumes dos lanternins, dos domus, da caixa d'água e da casa de máquinas. Os lanternins são de veneziana solaza (alumínio, plástico e vidro), os domus de policarbonato, parte da cobertura revestida com telha metálica e outra parte laje impermeabilizada.

Todas as divisões dos ambientes são feitas com divisórias em madeira freijó com uma bandeira em vidro para possibilitar a livre modificação de layout que a planta livre permite, e sendo essencial em uma biblioteca. As únicas exceções em que a vedação é de tijolo são: na prumada dos sanitários, no auditório e algumas paredes externas do térreo. As demais paredes externas de todos os pavimentos são vedadas apenas com a esquadria em vidro e alumínio que permite iluminação e ventilação.

Ao redor de todo o 1º pavimento e do último, existem cobogós de cerâmica cru (cerâmica Tebas de Indaiatuba), que salienta as fachadas do edifício. Esse conjunto cerâmico é formado por uma composição entre os cheios e vazios que, além de garantir visões específicas da cidade por serem estrategicamente projetados, bloqueiam parcialmente a insolação direta. Entre o cobogó e a vedação dos ambientes internos da biblioteca existem, nos dois pavimentos superiores, diversas jardineiras Com um sistema de irrigação. Sob as jardineiras do 1º pavimento, há um gradil metálico (na cor verde) que oferece segurança.

A paginação do exterior, que envolve a biblioteca, é composta por placas pré-moldadas de concreto de 62,5x62,5cm. Ao adentrar nos pilotis que dão acesso ao edifício, o piso mantém as mesmas dimensões, porém, é em granitina cinza, e as juntas coincidem com os eixos dos pilares. No interior, o piso é vinílico na cor bege (placas 30x30cm), nos banheiros é cerâmico (São Caetano) na cor azul (placas 30x30cm) e na escada é emborrachado na cor preta (plurigon).

A instalação elétrica é feita por dentro da laje e as luminárias originais colocadas no centro da malha estrutural. Por essas não serem suficientes, principalmente, próxima às estantes, foram acrescentadas luminárias tubulares sob a malha estrutural.



<b>10. Uso Atual:</b>		<b>11. Situação de Ocupação:</b>	
<input type="checkbox"/> Residencial	<input type="checkbox"/> Serviço	<input checked="" type="checkbox"/> Própria	<input type="checkbox"/> Alugada
<input type="checkbox"/> Comercial	<input checked="" type="checkbox"/> Institucional	<input type="checkbox"/> Cedida	<input type="checkbox"/> Comodato
<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Outros	
<b>12. Proteção Legal Existente</b>		<b>13. Proteção Legal Proposta:</b>	
<input type="checkbox"/> Tombamento	<input type="checkbox"/> Tombamento Federal	<input type="checkbox"/> Tombamento Integral	
<input type="checkbox"/> Municipal	<input type="checkbox"/> Tombamento Estadual	<input type="checkbox"/> Tombamento Parcial	
<input type="checkbox"/> Federal	<input type="checkbox"/> Tombamento Municipal	<input type="checkbox"/> Fachadas	
<input type="checkbox"/> Estadual	<input type="checkbox"/> Entorno de Bem Tombado	<input type="checkbox"/> Volumetria	
<input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Documentação Histórica	<input type="checkbox"/> Restrições de Uso e Ocupação	
<b>14. Análise do Entorno - Situação e Ambiência:</b>			
A biblioteca está inserida em um grande vazio, ou seja, apenas um platô gramado com algumas árvores de médio porte e arbustos e o estacionamento a circundam. Os blocos 3D e 3Q possuem o mesmo gabarito do edifício analisado. O bairro em que a biblioteca se encontra (Santa Mônica) é de caráter residencial e possui edificações de gabarito baixo com poucas exceções, já o bairro Santa Maria e o Centro (que são avistados do interior da biblioteca) são marcados pela grande densidade de edifícios altos.			
<b>15. Estado de Conservação:</b>			
<input type="checkbox"/> Excelente	<input checked="" type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Péssimo
<b>16. Análise do Estado de Conservação:</b>			
Na edificação faltam placas de piso nos locais de grande fluxo, principalmente no térreo e 1º pavimento. Nos banheiros de uso público o forro, os metais, as portas e as bancadas estão em mal estado de conservação e há uma pequena trinca, provavelmente, proveniente da dilatação do edifício, visto não possuir junta de dilatação, mas nada que comprometa a integridade estrutural. Diversas esquadrias não funcionam, e nos jardins suspensos o paisagismo se encontra deteriorado.			
<b>17. Fatores de Degradação:</b>			
As intempéries, a falta de manutenção de recomposição nos pisos, instalações sanitárias e jardineiras ocasionadas pelo número reduzido de funcionários e pelo pouco recurso financeiro, são os principais fatores de degradação.			
<b>18. Medidas de Conservação:</b>			
A limpeza diária do piso e esquadrias, aplicação de verniz no concreto, um projeto paisagístico para as jardineiras são medidas adequadas de conservação.			
<b>19. Intervenções:</b>			
O edifício passou apenas por intervenções de adequação. Durante a própria execução, alguns elementos foram alterados do projeto original: um ponto de coleta da água pluvial e o domus. Além disto, vários ambientes foram ampliados ou remanejados, ao longo dos anos, e apenas suas divisórias, com mão de obra especializada foram relocadas. No térreo, o guarda volumes, a sala 24 horas, as catracas, a sala de treinamento (onde antes era a sala Dr Jacy de Assis), o setor de empréstimo já foram reformadas. Algumas salas de audição do 1º pavimento foram desmanchadas e no 2º pavimento o setor de periódicos foi ampliado. A cobertura de laje impermeabilizada recentemente foi protegida por uma manta torim com acabamento em alumínio para conter as diversas infiltrações da água pluvial. Em 2003, foram implantadas câmeras para vigia em todo o interior do edifício.			
<b>20. Referências Bibliográficas:</b>			
Revista Projeto número 167/1993 - Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia Bibliotecas-projeto de construção: Outubro 1989 – Documento Prefeitura de Campus Fontes complementares: Entrevista com o engenheiro Blaime Alves da Silva – 2004/maio Entrevista com a bibliotecária Ângela Maria Silva - 2004/junho			

**21. Informações Complementares:**

Os arquitetos Paulo Zimbres e Luís Antônio Almeida Reis ajudaram na elaboração do plano diretor da Universidade Federal de Uberlândia, além de realizarem os projetos para a portaria principal e a caixa d'água.

Ao ser executada a biblioteca, gastou-se uma forma de alumínio para cada módulo de 1,25x1,25m, material que acabou sendo descartado.

Durante a obra, foram executados gradis metálicos para serem implantados sob as jardineiras do 2º pavimento, o que não constava no projeto original. Estes deram origem aos portões laterais da portaria principal do campus Santa Mônica.

**22. Atualização de Informações:****23. Ficha Técnica:****Fotografias:** Lillian Guedes**Data:** 20/06/2004**Elaboração:** Lillian Guedes / Rômulo e Ely Alves**Data:** 23/06/2004**Revisão:** Giovanna T. D. Vital / Marcelina Gorni/ Rodrigo Moretti**Data:** 30/03/2006