

Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Centro de Tecnologia - CT
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PPGAU
Mestrado

FERRAMENTA DE ANÁLISE DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE
ENVOLTÓRIAS EM APOIO AO PROJETO ARQUITETÔNICO

Sthefane Adrielly Barbosa Cabral

JOÃO PESSOA – PB
DEZEMBRO/2018

Sthefane Adrielly Barbosa Cabral

FERRAMENTA DE ANÁLISE DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE
ENVOLTÓRIAS EM APOIO AO PROJETO ARQUITETÔNICO

Dissertação de mestrado apresentada à Comissão de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo,
na área de concentração em Projeto do Edifício e da Cidade.

Orientador: Prof. PHD. Carlos Alejandro Nome

JOÃO PESSOA - PB
DEZEMBRO/ 2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C117f Cabral, Sthefane Adrielly Barbosa.

Ferramenta de análise de propriedades térmicas de
envoltórias em apoio ao projeto arquitetônico /
Sthefane Adrielly Barbosa Cabral. - João Pessoa, 2010.
100 f.

Orientação: Carlos Alejandro Nome.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Arquitetura e urbanismo. 2. Projeto arquitetônico.
3. Desempenho térmico. 4. Envoltória. 5. NBR 15.220. I.
Nome, Carlos Alejandro. II. Título.

UFPB/BC

CDU 72+711(043)

Sthefane Adrielly Barbosa Cabral

FERRAMENTA DE ANÁLISE DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE ENVOLTÓRIAS EM APOIO AO PROJETO ARQUITETÔNICO

Dissertação de mestrado apresentada à Comissão de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo,
na área de concentração em Projeto do Edifício e da Cidade.

João Pessoa, 03 de dezembro de 2018

Banca examinadora

Carlos Alejandro Nome
Orientador - UFPB

Geovany Jessé da Silva
Examinador Interno - UFPB



Leonardo Bittencourt
Examinador externo - UFAL

Porque dEle e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém.

Romanos 11:36

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por sua graça sobre minha vida. Por me fortalecer nos momentos difíceis e depositar fé em meu coração. Sem Ele, nada eu posso fazer.

A minha família, pelo suporte emocional e encorajamento. Em especial, ao meu esposo Álvaro e meu filho Benjamim, pelos quais desejo sempre crescer e ser uma pessoa melhor a cada dia. A minha mãe Vitória e minha sogra Zeane, por todo auxílio com as dificuldades diárias.

Aos colegas do LM+P, especialmente Beatriz por sua amizade e cumplicidade e Cyro, pela disposição em ajudar, e também pelo desenvolvimento da interface final da ferramenta. Com vocês esses anos se tornaram mais leves.

Ao meu orientador Carlos Nome, por suas contribuições e ensinamentos.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos voluntários na pesquisa tanto do estudo piloto como nos grupos focais.

Por fim, a todos que participaram direta ou indiretamente, contribuindo para a finalização da pesquisa. O meu muito obrigada.

RESUMO

É conhecido que a envoltória de um edifício é responsável pelo contato direto com as intempéries que o clima produz, alterando significativamente as sensações térmicas no ambiente interno. Diante disso, ao iniciar um novo projeto de arquitetura, deve-se atentar às propriedades térmicas dos materiais construtivos e como estes absorvem e transmitem o calor, para então poder prever o comportamento térmico dessa envoltória. A utilização de ferramentas de modelagem computacional, auxiliam decisões de projeto no que tange a integração de estratégias projetuais aos parâmetros de desempenho térmico do edifício. Atualmente, para o Brasil, estes parâmetros são encontrados em duas normativas (NBR 15.575/2013 e NBR 15.220/2005). Isto posto, a presente pesquisa propõe desenvolver uma ferramenta, a partir de modelagem numérica que permita avaliar o desempenho térmico e propriedades térmicas em sistemas de vedações verticais opacas considerando os indicadores da NBR 15220 com estudo de caso para recomendações da Zona Bioclimática 8. Com objetivo de integrar estratégias projetuais aos parâmetros de desempenho térmico normativo brasileiro. Para isso, foi necessário a compreensão das propriedades de análise e fatores de influência para gerar a proposição do modelo numérico, aplicá-lo ao Estudo Piloto, realizado com estudantes de arquitetura e arquitetos, o qual gerou proposições para refinamento do modelo, com o intuito de aplicá-lo novamente a um outro grupo de avaliadores, e por fim espera-se como resultado gerar a confirmação do modelo numérico.

Palavras-chave: NBR 15.220, Desempenho Térmico, Envoltória, Modelagem Numérica, Ferramenta de apoio à decisão projetual.

ABSTRACT

It is known that the envelope of a building is responsible for the direct contact with the weather that the climate produces, significantly altering the thermal sensations in the internal environment. Therefore, when initiating a new architecture project, one must take into account the thermal properties of the building materials and how they absorb and transmit the heat, in order to be able to predict the thermal behavior of this envelope. The use of computational modeling tools helps design decisions regarding the integration of design strategies with the parameters of thermal performance of the building. Currently, for Brazil, these parameters are found in two regulations (NBR 15.575 / 2013 and NBR 15.220 / 2005). Therefore, the present research proposes to develop a tool, based on numerical modeling that allows to evaluate the thermal performance and thermal properties in systems of opaque vertical fences considering the indicators of NBR 15220 with case study for recommendations of the Bioclimatic Zone 8. With objective of integrating projective strategies to parameters of thermal Brazilian normative performance. For this, it was necessary to understand the properties of analysis and influence factors to generate the proposition of the numerical model, to apply it to the Pilot Study, carried out with students of architecture and architects, which generated propositions for the refinement of the model, with the intention to apply it again to another group of evaluators, and finally it is expected as a result to generate the confirmation of the numerical model.

Keywords: NBR 15.220, Thermal Performance, Envelope, Numerical Modeling, Decision Support Tool.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Requisitos de envoltória por zona climática</i>	19
<i>Figura 2: Zoneamento Bioclimático Brasileiro</i>	21
<i>Figura 3: Métodos alternativos de avaliação de desempenho térmico (IPT). Fonte: CBIC, 2013</i>	22
<i>Figura 4: Abrangência da ZB 8. Fonte: NBR 15.220, 2003</i>	23
<i>Figura 5: Valores de absorvância segundo norma e autores</i>	26
<i>Figura 6: Indicadores de propriedades térmicas para ZB 8</i>	27
<i>Figura 7: Classificação de modelos</i>	31
<i>Figura 8: Cronograma de pesquisa. Fonte: Autora, 2017</i>	32
<i>Figura 9: Processo metodológico da experimentação planejada</i>	33
<i>Figura 10: Organograma de Propriedades térmicas</i>	35
<i>Figura 11: Organização do banco de dados</i>	38
<i>Figura 12: Organograma de uso do modelo numérico</i>	40
<i>Figura 13: Interface Inicial da Ferramenta</i>	41
<i>Figura 14: Síntese de estudo piloto. Fonte: Autora, 2017.</i>	48
<i>Figura 15: Refinamento do modelo. Fonte: Autora, 2017</i>	48
<i>Figura 16: Interface atualizada após segunda coleta de dados. Fonte: Autora, 2018.</i>	51
<i>Figura 17: Simulação de parede de concreto. Fonte: Autora, 2018.</i>	54
<i>Figura 18: Simulação de parede com tijolo prensado. Fonte: Autora, 2018.</i>	54
<i>Figura 19: Sistema proposto por avaliador 6.</i>	55
<i>Figura 20: Sistema proposto por avaliador 1.</i>	55
<i>Figura 21: Sistema proposto por avaliador 10.</i>	56
<i>Figura 22: Planilha de coleta de dados. Fonte: Autora, 2018.</i>	60
<i>Figura 23: Modelo final para a ZB 4. Fonte: Autora, 2018</i>	62
<i>Figura 24: Modelo final para a ZB 3. Fonte: Autora, 2018.</i>	62
<i>Figura 25: Modelo Final da ferramenta, para ZB 1. Fonte: Autora, 2018.</i>	62
<i>Figura 26: Infográfico da categoria recomendações. Fonte: Autora, 2018.</i>	65
<i>Figura 27: Infográfico da categoria dúvidas. Fonte: Autora, 2018</i>	66
<i>Figura 28: Infográfico da categoria dúvida. Fonte: Autora, 2018.</i>	67
<i>Figura 29: Infográfico da categoria dificuldades. Fonte: Autora, 2018.</i>	70
<i>Figura 30: Infográfico da categoria facilidades. Fonte: Autora, 2018.</i>	72
<i>Figura 31: Infográfico da categoria reflexões. Fonte: Autora, 2018.</i>	75
<i>Figura 32: Interface do banco de dados. Fonte: Autora, 2018.</i>	80
<i>Figura 33: Simulação de sistema com tijolo cerâmico. Fonte: Autora, 2018.</i>	82
<i>Figura 34: Simulação de sistema com bloco de terra. Fonte: Autora, 2018.</i>	82
<i>Figura 35: Simulação de sistema com bloco de terra com recomendações ZB 7. Fonte: Autora, 2018.</i>	83

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Tempo de uso do modelo - estudo piloto. Fonte: Autora, 2017</i>	47
<i>Gráfico 2: Quantitativos e amostragem do período 2017.2 de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. Fonte: Autora, 2018.</i>	50
<i>Gráfico 3: Quantitativos e amostragem de arquitetos de João Pessoa-PB.</i>	51
<i>Gráfico 4: Tempo de cada participante no exercício de grupo focal.</i>	56

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Integração de propriedades físicas e propriedades projetuais</i>	36
<i>Tabela 2 Identificação dos avaliadores do Estudo Piloto</i>	42
<i>Tabela 3: Estudo Piloto – Pontos negativos avaliados</i>	44
<i>Tabela 4: Estudo Piloto - Pontos positivos avaliados</i>	45
<i>Tabela 5: Estudo Piloto - Recomendações</i>	46
<i>Tabela 6: Modalidades de grupos focais. Fonte: Autora, 2018 adaptado de Gondim, 2002.</i>	52
<i>Tabela 7: Informações sobre os participantes. Fonte: Autora, 2018.</i>	53
<i>Tabela 8: Categorias de análise de conteúdo. Fonte: Autora, 2018.</i>	58

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	13
1.1.	Objeto Teórico	16
1.2.	Objeto Empírico	17
1.3.	Objetivo Geral	17
1.4.	Objetivos Específicos	17
2.	Referencial Teórico	18
2.1.	Avaliação Do Desempenho Térmico	18
2.2.	Normas De Desempenho Térmico No Brasil	20
2.3.	Materialidade Como Estratégia Projetual	23
2.4.	Ferramentas De Avaliação E Suporte À Decisões Projetuais	29
3.	MÉTODO	32
3.1.	Experimento Planejado.....	33
3.1.1.	Identificação Das Propriedades De Análise E Fatores De Influência	34
3.1.2.	Proposição do Modelo Numérico	37
3.1.3.	Primeira coleta de dados: estudo piloto.....	41
3.1.4.	Proposição E Refinamento do Modelo	47
3.1.5.	Segunda coleta de dados: avaliação online	49
3.1.6.	Terceira coleta de dados: grupo focal	52
3.2.	análise de dados.....	56
3.3.	Confirmação do modelo	61
4.	resultados.....	63
4.1.	Recomendações	63
4.2.	Dúvidas.....	66
4.3.	Dificuldades.....	67

4.4.	Facilidades.....	70
4.5.	Reflexões.....	72
5.	Análises e Discussões dos Resultados.....	76
5.1.	avanços na utilização de ferramentas de auxílio e INDICADORES NORMATIVOS	76
5.2.	REPERCUSSÃO NO ENSINO E NA PRÁTICA PROFISSIONAL	78
5.3.	discutindo os objetivos e atributos da ferramenta	79
6.	Considerações Finais.....	84
7.	Referências Bibliográficas	87
8.	Apêndices.....	90
8.1.	Apêndice 1: exercício de estudo piloto e protocolo de uso	90
8.2.	Apêndice 2: questionário de avaliação de uso ferramenta de modelagem numérica	92
8.3.	Apêndice 3: Resultados da segunda coleta de dados.....	93
8.4.	Apêndice 4: Exercício aplicado nos grupos focais	100

1. INTRODUÇÃO

O conceito de projeto é entendido como um exercício que integra criatividade e conhecimento, além da prática através da experiência que consiste em um processo rumo a otimização. (STEMMER, 1998 apud RAUBER, 2005, p. 19)

O processo projetual em arquitetura, segundo a ABNT (1994), divide-se em estudo preliminar (estudo de viabilidade de um programa ou partido arquitetônico), anteprojeto (definição de um partido e dos seus elementos construtivos) e projeto executivo (informações necessárias para execução da obra).

Quando orientado ao desempenho, principalmente desde a fase inicial, o projeto pode contribuir para o baixo índice de erros nas fases de execução e operação de um edifício, acarretando a diminuição do custo da obra. O resultado é potencialmente um projeto mais eficiente que sobrepõe em sua resposta questões de linguagem arquitetônica e estética.

A respeito do desempenho térmico de um edifício, tratamos da avaliação de sua performance, como ele se comporta considerando sua orientação e o clima ao qual está inserido, além de questões relacionadas a materialidade. No Brasil existem atualmente duas normas que nos servem de guia para projetar edifícios com desempenho adequado.

Decisões projetuais intrinsecamente relacionadas à prática profissional do arquiteto, como geometria, proteções solares, definições de materiais e cores externas podem influenciar o balanço térmico da edificação e reduzir a demanda por climatização artificial nos ambientes. (VENÂNCIO, 2007)

A NBR 15.575/2013, trata do desempenho de edificações, abordando requisitos gerais, e a NBR 15.220/2005, trata do desempenho térmico de edificações. É desta norma que se obtém os parâmetros de desempenho para este estudo.

Decisões acerca da envoltória, composta por elementos de vedações verticais e horizontais, apresentam atribuições importantes nesta norma. Desde questões ligadas a proteção e

segurança do espaço interior e dos usuários, às questões relacionadas ao conforto térmico, através de uma “barreira climática”.¹

Desta maneira, as escolhas dos materiais da envoltória estão relacionadas a questões bioclimáticas, e, portanto, torna-se uma estratégia projetual. Através da sua eficiência térmica acarretando reduções de usos de equipamentos elétricos de condicionamento do ar, além de redução no custo de operação e manutenção².

Diante disso, ao iniciar um novo projeto de arquitetura, deve-se atentar às propriedades térmicas dos materiais construtivos e como estes absorvem e transmitem o calor, possibilitando a previsão do comportamento dessa envoltória às condicionantes climáticas³. Como exemplo, devem-se observar as propriedades de absortância solar (α) e o Atraso Térmico (ϕ) que estão respectivamente relacionados à cor e à espessura dos materiais⁴, além da Transmitância Térmica (U), responsável por medir a passagem de calor para o ambiente interno.

A especificação dos materiais construtivos é uma das decisões que cabem ao arquiteto. Para isso, este profissional deve observar a transmitância térmica do fechamento desejado, pois isto representa seu desempenho em termos de trocas térmicas entre os ambientes internos e externos. (LAMBERTS et al., 1975, p. 267)

Atualmente, a incorporação das questões projetuais e avaliação dos parâmetros de desempenho percorrem caminhos divergentes quando se trata da concepção de projeto de arquitetura.

A pesquisa realizada por Pedrini, 2003, conforme citada em Lima, 2012 p. 15, aponta que arquitetos na Austrália são resistentes a incorporação de ferramentas de hipóteses no processo projetual. E que a grande maioria utiliza de seu instinto e vivência profissional e pessoal para tomar decisões em fases iniciais de projeto.

Wilde, 2004 apud Lima, 2012 p. 16, realizou um estudo de caso com 70 edificações conceituadas como eficientes energeticamente e executou questionários com os arquitetos responsáveis por cada edifício. O resultado gerado foi que 41% dos arquitetos utilizam

¹MASCARÓ, 2010.

²MASCARÓ, 2010.

³CORBELLA & YANNAS, 2009

⁴CHENG, V. Et al, 2005

estratégias de suas experiências anteriores e 67% não fazem uso de nenhuma ferramenta de auxílio ao projeto arquitetônico.

Segundo Lima, 2012 os arquitetos brasileiros, de maneira geral, até então não consideram a avaliação do desempenho das edificações no processo projetual.

A integração do processo de projeto e avaliação de desempenho podem ser auxiliadas através de simulação computacional. Ferramentas que facilitem o entendimento do projetista acerca de suas decisões projetuais, e que reflitam completamente na performance do edifício construído.

Segundo MENDES et al. (2005) iniciativas de simulação computacional de desempenho termo energético no Brasil, começaram na década de 80, através do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Buscaram analisar desde a assimetria da radiação solar nos ambientes internos até o desenvolvimento do programa SPTE, através de uma metodologia dos fatores de resposta, que consiste em um algoritmo de análise de desempenho térmico de edificações. Outro programa gerado por grupos de pesquisa da UFSC, em 1990, o UMIDUS, algoritmo, inicialmente gerado na plataforma Windows, simula a transferência de calor e umidade de elementos porosos.

Mendes (1997) apud Mendes et al. (2005) desenvolveu modelos matemáticos de propriedades higrotérmicas dos materiais construtivos com a finalidade de prever a transferência de calor e de umidade em materiais porosos.

Também foi desenvolvido o código *SimSPARK*. Segundo Mendes et al. (2005), que consiste em sistema genérico de simulação, capaz de gerar demonstrações com agentes variados, além de oferecer alguns modelos que caracterizam a transferência de calor e de umidade através da envoltória de edifícios.

Porém, o uso destas ferramentas na prática profissional em arquitetura, é de baixa aplicabilidade e dificultam a viabilidade de uso nas etapas iniciais de projeto. Isso resulta de fatores como complexidade das interfaces, exigência de conhecimento prévio de alguns fatores de influência para gerar resultados, além do tempo gasto na simulação.

A complexidade das ferramentas existentes e a falta de programas nacionais são as principais causas da fraca disseminação desse tipo de tecnologia no Brasil. (MENDES et al., 2005 p. 59)

E como Mendes et al. (2005) também ressalta o impulsionamento do uso dessas ferramentas em escritórios, pode tornar-se mais atrativo quando desenvolvidas ferramentas com apoio a normas técnicas.

Isto posto, a presente pesquisa descreve o desenvolvimento de uma ferramenta de modelagem numérica que apoia decisões iniciais de projeto de envoltórias verticais opacas a partir de parâmetros do desempenho térmico normativo brasileiro (NBR 15.220/2005).

Além de que busca oferecer um banco de dados com materiais construtivos e suas propriedades térmicas, sejam estes convencionais ou materiais estudados em centros de pesquisas.

Portanto, com o intuito de alcançar estes objetivos, adaptou-se a metodologia de Experimento planejado, para as seguintes etapas: identificação das propriedades de análise e fatores de influência, proposição do modelo numérico, validação do modelo, por meio da aferição dos cálculos, manipulação e flexibilização do modelo através de estudo piloto, proposição ou refinamento do modelo com a aplicação da ferramenta com usuários, para enfim confirmar o modelo final.

A proposição deste modelo numérico, considera os parâmetros para a Zona Bioclimática (ZB) 8, segundo a NBR15.220/2005. Por se tratar da ZB com mais representatividade, 53,7% do território brasileiro⁵, além de estar inserida a cidade de João Pessoa, sede da presente pesquisa. Bem como pesquisas associadas ao Laboratório de Modelagem + Prototipagem (LM+P) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Como resultado, espera-se alcançar uma ferramenta com pouco manuseio do usuário. Com finalidade de gerar inúmeras combinações de acordo com informações disponíveis no banco de dados, além de disponibilizar dados úteis e significativos, através do processamento simultâneo dos resultados.

1.1. OBJETO TEÓRICO

⁵Segundo a NBR 15.220, 2003.

Indicadores normativos para envoltórias verticais opacas.

1.2. OBJETO EMPÍRICO

Envoltórias verticais opacas.

1.3. OBJETIVO GERAL

Desenvolver e avaliar uma ferramenta, a partir de modelagem numérica que permita avaliar o desempenho térmico e propriedades térmicas em sistemas de vedações verticais opacas considerando os indicadores da NBR 15.220/2005 com estudo de caso para recomendações da Zona Bioclimática 8.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar banco de dados com materiais construtivos e suas respectivas propriedades térmicas que possam ser utilizados na composição de sistemas de vedações verticais;
- Elaborar ferramenta de modelagem numérica para avaliação de desempenho térmico do sistema de vedação vertical, considerando os indicadores da NBR 15.220/2005;
- Avaliar ferramenta quanto sua operação, a partir de categorias de aplicabilidade e viabilidade, por meio de grupos focais;
- Desenvolver um relatório infográfico como forma de resultados a partir de uma análise simplificada de sistemas de envoltórias, de forma a integrá-lo ao processo de projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As abordagens teóricas e conceituais desta pesquisa estão associadas à princípios de Avaliação de Desempenho térmico de Edifícios, Comportamento térmico dos materiais, associados a ferramentas para suporte de projeto de arquitetura.

2.1. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO

O desempenho, segundo a epistemologia da palavra, significa o *modo como alguém ou alguma coisa se comporta tendo em conta sua eficiência, seu rendimento*⁶.

Quando aplicamos esse conceito na arquitetura, é indispensável que em decisões iniciais do projeto, por exemplo, sejam considerados parâmetros de comportamento para alcançar essa eficiência.

A intenção projetual, quando considerada a performance do edifício, analisa-se as condições que a construção deve atender com o seu fim, e não de meios, ou seja, a forma como esta será construída. (GIBSON apud BORGES, SABATTINI, 2008)

A tendência atual é que os projetos dos edifícios sejam concebidos com enfoque em desempenho, isto é, desde as fases de concepção, nas definições das exigências do programa de necessidades, os requisitos de desempenho já são levados em conta. (OLIVEIRA, MITIDIERI, 2012, p. 99)

Desta maneira, quando há a intenção que uma edificação atenda à parâmetros de eficiência energética⁷, por exemplo, um critério que deve ser considerado, é o desempenho térmico.

O adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia. (CBIC, 2013)

Atualmente, existem centros de pesquisas que são referenciais internacionais para avaliação do desempenho do edifício. Entre eles está a American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), que promove discussões e pesquisas acerca do

⁶ Dicionário Priberam

⁷ Um edifício é mais eficiente energeticamente que outro, quando sob mesmas condições climáticas proporciona menor consumo de energia. (LAMBERTS, 1977)

aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração para servir pesquisadores de todo o mundo.

Em 1975, foi implantada a primeira norma de eficiência energética, a ASHRAE Standard 90, com a intenção de fornecer requisitos de projeto para uma utilização melhorada da energia em novos edifícios.

Em 1984, o CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, - lançou a norma ISO 6241, onde as edificações deveriam atender a quatorze critérios de desempenho. Estes critérios foram adaptados para a situação do Brasil em 2004, estabelecendo a NBR 15.575.

Em 1989, foi lançada a ASHRAE Standard 90.1, que foi atualizada atualmente em 2010, que traz requisitos mínimos de eficiência energética, como por exemplo, requisitos acerca da envoltória da construção, iluminação natural e artificial, sistema de condicionamento de ar e aquecimento de água.

Esta norma impõe alguns requisitos construtivos para envoltórias do edificio, de acordo com cada zona climática e suas propriedades térmicas.

Requisitos	Transmitância térmica máxima [W/(m².K)]			Resistência térmica mínima do isolante [(m².k)/W]		
	1(A,B,C)	2(A,B)	3(A,B,C)	1(A,B,C)	2(A,B)	3(A,B,C)
Zona climática	1(A,B,C)	2(A,B)	3(A,B,C)	1(A,B,C)	2(A,B)	3(A,B,C)
Cobertura	0,273	0,220	0,220	3,5	4,4	3,5
Paredes pesadas	3,293	0,857	0,701	-	1,0	-
Paredes leves	0,705	0,479	0,435	2,3	2,3+0,7 i.c.*	2,3
Piso	1,825	0,606	0,420	-	1,9	1,8 i.c.*
Janela	3,690	3,690	3,41	-	-	-

*i.c = isolante contínuo

Figura 1: Requisitos de envoltória por zona climática

Fonte: ASHRAE Standard 90.1, 2013. Adaptado MAZZAFERRO, 2015.

A Standard 169, atualizada em 2013, serve como uma base de dados com informações climáticas para projetistas e pesquisadores além de fornecer uma gama de informações climáticas para projetar, planejar e dimensionar sistemas e equipamentos de energia predial.

Considerando isto, muitos países implantaram padrões normativos para o melhoramento do projeto e consequentemente do desempenho do edifício construído para proporcionar maiores condições de conforto ambiental.

2.2. NORMAS DE DESEMPENHO TÉRMICO NO BRASIL

Atualmente no Brasil, há duas normativas que descrevem como são avaliados o desempenho térmico nas edificações.

A primeira é a NBR 15.220, com o título “*Desempenho Térmico de Edificações*”, com primeira edição publicada em 2003, é composta por cinco partes. Parte 1: Definições, símbolos e unidades; Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações; Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro; Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida; Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

Considerando isso, ao iniciar um novo projeto, é imprescindível que o arquiteto verifique a parte 3 desta norma. Na qual será encontrado um mapa do Brasil com o zoneamento bioclimático (Ver Figura 2), a fim de identificar em qual Zona Bioclimática (ZB) será implantado o projeto. Com isso, o arquiteto observa parâmetros, exigidos pela norma, e pode iniciar o processo de avaliação de desempenho térmico do edifício. Cabe ressaltar que o zoneamento bioclimático está atualmente em revisão e que se for concluído antes do término desta dissertação, deverá ser avaliado o impacto disto na ferramenta proposta.

Esses parâmetros são encontrados e delimitados de acordo com cada ZB, considerando questões projetuais ligadas a:

- a) Tamanho das aberturas para ventilação;
- b) Proteção das aberturas;
- c) Vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura)⁸; e
- d) Estratégias de condicionamento térmico passivo. (NBR 15220,2003)

⁸Transmitância Térmica (U), Atraso Térmico (Φ), Fator Solar (FS_o)

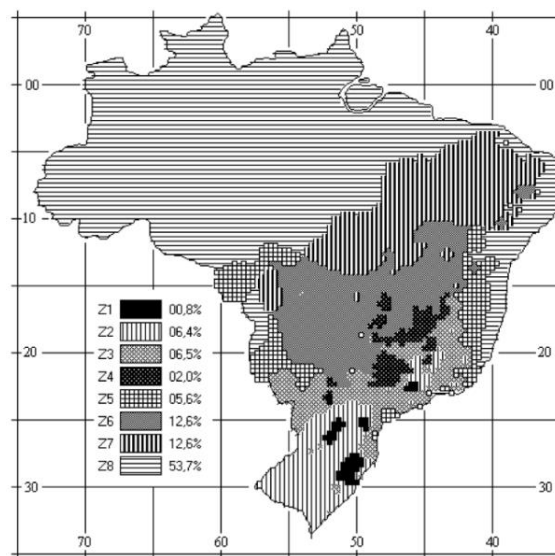


Figura 2: Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: NBR 15.220,2003

A segunda norma é a NBR 15.575, sob o título “*Edificações Residenciais – desempenho*”, foi publicada no ano de 2013, e contém seis partes, compartimentada a partir dos sistemas que compõe um edifício. Parte 1: Requisitos gerais; Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais; Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas; Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

O foco desta Norma está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos. (Introdução, Parte 1, NBR 15.575, 2013)

Esta norma, aborda requisitos gerais de desempenho, que envolvem, desempenho estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, estanqueidade à água, durabilidade e manutenibilidade. Determinando os respectivos requisitos e critérios de desempenho aos seus métodos de avaliação.

O processo de avaliação do desempenho térmico, segundo a NBR 15.575, pode acontecer através de dois procedimentos. Sendo o primeiro, uma avaliação simplificada, que quando aplicada em envoltórias verticais prediz apenas o nível mínimo (M) dos parâmetros estabelecidos. Esse processo consiste na determinação de valores das propriedades de

Transmitância Térmica (U) e Capacidade Térmica (CT) que estejam de acordo com os indicadores da Zona Bioclimática (ZB) que será avaliada.

O segundo processo consiste em uma avaliação detalhada, onde o edifício é submetido a simulações computacionais e medições em protótipo. Considera-se neste procedimento, além de informações sobre as propriedades térmicas dos materiais e componentes, também informações sobre a edificação, por exemplo, posição geográfica e orientação solar, e informações climáticas, por exemplo, umidade relativa do ar e radiação solar. Os dois processos estão descritos esquematicamente na Figura 3.

Em vista de que os parâmetros indicados pela NBR 15.575, como vimos acima, são observados para edificações já em uso e não para indicação de sistemas construtivos futuros, admitiu-se os parâmetros estabelecidos pela NBR 15.220, como indicadores de avaliação desta pesquisa.

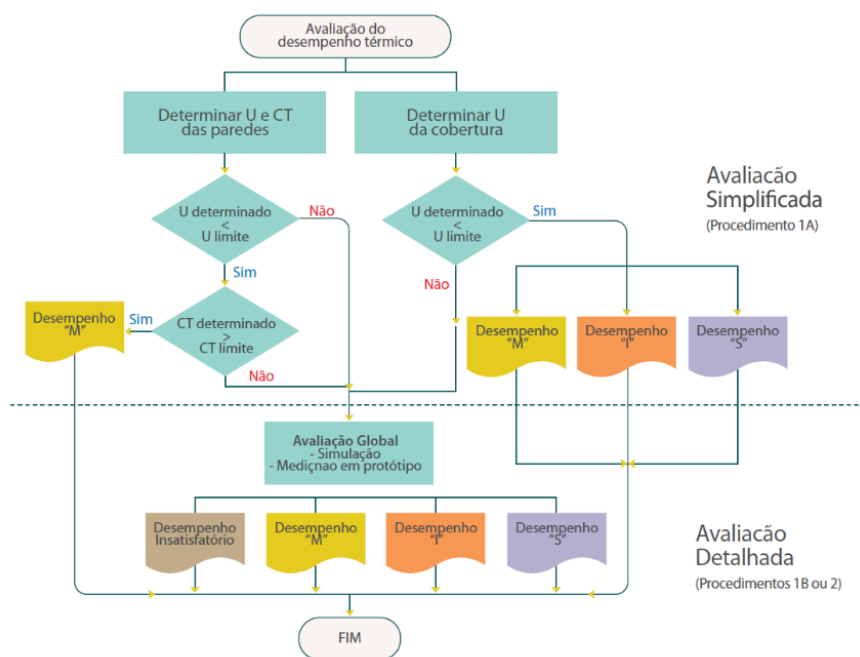


Figura 3: Métodos alternativos de avaliação de desempenho térmico (IPT). Fonte: CBIC, 2013

Para este estudo adotou-se os parâmetros indicados para a ZB 8, por ser a mais abrangente no território nacional, onde na Figura 3 demonstrada pela área hachurada, enquanto a área

sem hachura comporta 7 zonas bioclimáticas. Assim como por conta da inserção da cidade de João Pessoa -PB nesta zona, onde ocorre a presente pesquisa.

Com a percepção de que a escolha da materialidade da envoltória, objeto de estudo, é uma estratégia importante no desempenho térmico do edifício. Esta pesquisa explora a interação desta estratégia nas fases iniciais de projeto, através da proposição de uma ferramenta de avaliação numérica, com a intenção de oferecer possibilidades de caracterização do sistema construtivo de envoltórias verticais.

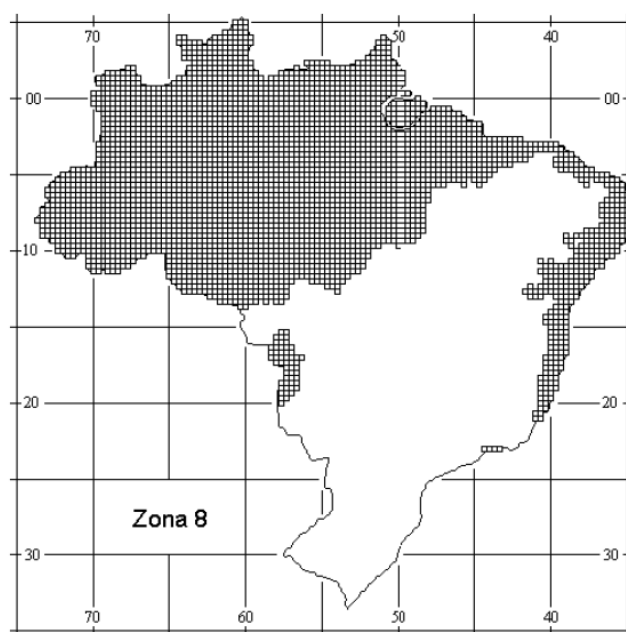


Figura 4: Abrangência da ZB 8. Fonte: NBR 15.220,2003

2.3. MATERIALIDADE COMO ESTRATÉGIA PROJETUAL

O conceito de Arquitetura Bioclimática, refere-se ao impacto das características do clima no edifício. Aspectos relacionados a implantação, orientação, materiais são considerados essenciais à performance do edifício, o que envolve questões além de questões formais ou financeira. (CORBELLA & CORNER, 2015)

A envoltória do edifício, quando projetada adequada ao clima, é responsável por grande parte da sensação de conforto térmico no ambiente interno. Para isso, o arquiteto precisa obter o entendimento a respeito dos materiais que compõe esta envoltória além de

conhecer os comportamentos destes, com a finalidade de decidir por um sistema de vedação coerente com as variáveis climáticas. (CORBELL & CORNER, 2015)

Segundo SILVA (1985) apud HAGEMANN (2012), os materiais da construção civil podem ser classificados quanto à sua função em:

- Materiais de vedação;
- Materiais de proteção (revestimento);
- Materiais com função estrutural.

Quando tratamos de materiais de vedação, ou envoltórias, faz-se necessária também a compreensão das propriedades térmicas desses materiais, através da transmissão de calor, conhecemos a variação de temperatura entre dois ambientes.

Os materiais e elementos construtivos se comportam termicamente em função de suas propriedades térmicas. (LAMBERTS et al., 1975, pág. 197)

A condutividade térmica, é uma propriedade presente nos materiais, que pode classificá-los quanto a transmissão de calor. Em materiais condutores, o calor atravessa a superfície mais facilmente do que em materiais isolantes, por exemplo.

Segundo SHACKELFORD (2008), há cinco categorias de materiais que estão disponíveis no ramo da engenharia, são estes:

- Materiais Metálicos: bons condutores térmicos;
- Materiais Cerâmicos: resistentes a altas temperaturas, com características isolantes; Vidros: considerado cerâmica cristalina, com capacidade de transmitir luz visível;
- Materiais Polímeros (Plásticos): conduzem calor de maneira precária, e frequentemente são usados como isolantes;
- Materiais Compósitos: são combinações entre dois ou mais materiais, por exemplo, fibra de vidro;
- Materiais Semicondutores: relativamente invisíveis, onde não são bons condutores nem bons isolantes.

A apropriação desses conceitos, pode conduzir o arquiteto ao embasamento para suas decisões acerca de um novo projeto. Considerando que a envoltória do edifício pode ser um fator determinante para o desempenho térmico deste.

Como visto, ao iniciar o processo de avaliação do desempenho térmico de uma envoltória, é necessário observarmos os parâmetros estabelecidos para as propriedades térmicas de acordo com cada ZB.

Um dos parâmetros principais de escolha dos materiais para a envoltória do edifício deve estar relacionado ao impedimento do aumento da temperatura diurna interna além de minimizar a transmitância térmica do calor retido durante a noite.

Para isso, as estratégias que serão adotadas considerando o clima tropical, ou quente e úmido (clima predominante na ZB 8 – onde aplica-se esta pesquisa), devem estar aliadas a capacidade de inércia térmica reduzida (relacionada a camadas e espessura dos materiais) e isolamento reflexivo (através das cores e texturas) (MASCARÓ, 2010).

No clima quente úmido as construções não devem ter uma inércia térmica muito grande, pois isto dificulta a retirada do calor interno armazenado durante o dia, prejudicando o resfriamento da construção quando a temperatura externa noturna está mais agradável que internamente. Nesse sentido, deve-se prever uma inércia de média a leve, porém com elementos isolantes nos vedos, para impedir que grande parte do calor da radiação solar recebida pelos vedos atravesse a construção e gere calor interno em demasia. (FROTA; SCHIFFER et al., 2001, p. 71)

Segundo RIVERO, 1986, existem alguns recursos que o arquiteto pode utilizar para amenizar as sensações térmicas provocadas pela alta incidência de radiação solar em períodos críticos. Tais como, a redução do coeficiente de absorvância solar (α) da superfície externa, através de uma cor apropriada.

Sabendo que a parcela de radiação transmitida para o interior é a principal fração dos ganhos térmicos em ambientes e atua diretamente nas condições internas de conforto e entendendo os conceitos de transmissão de calor e o comportamento térmico dos fechamentos, o arquiteto pode dimensionar e especificar corretamente as aberturas e materiais a serem empregados na obra. (LAMBERTS et al., 1975, p. 197)

A escolha da cor do revestimento externo é considerada um aspecto fundamental ao desempenho da envoltória. Segundo CORBELL & CORNER (2015) em várias ocasiões, a influência da cor externa se torna mais representativa na performance do edifício que o material escolhido para o sistema de envoltória.

As cores mais claras (próximas ao branco) absorvem uma quantidade menor de radiação solar, entre 20 e 40% do total incidente, enquanto as cores escuras (próximas do preto) chegam a absorver perto de 90% da mesma radiação. (CORBELLA; CORNER, 2015, p. 60)

Bansal, Garg e Kothari (1992) estudaram o efeito da cor da superfície externa no comportamento térmico de um edifício através de protótipos e constataram que o protótipo pintado de preto registrou 7°C a mais de temperatura em comparação do protótipo pintado de branco.

Mulhall e Aynsley (1999) pesquisaram a relação entre os índices de absorção solar e o desempenho térmico de casas inseridas na Austrália que apresentam clima quente e úmido e certificaram que pinturas externas que apresentam baixo valor de absorção solar reduzem consideravelmente o consumo de energia.

Cheng e Givoni (2005), realizaram testes na Universidade de Hong Kong, com a intenção de investigar o efeito da cor e da massa térmica da envoltória na temperatura interna. Confirmando que para clima quente e úmido, as cores mais claras e uso da massa térmica diminuem as temperaturas internas de um edifício.

Segundo Dornelles (2008), muitas pesquisas limitam os ensaios e pesquisas apenas ao uso dos extremos índices de absorção (menor índice na cor branca e maior índice na cor preta).

CORES	ABSORÇÃO SOLAR (α)						
	Rivero (1986)	Szokolay (1987)	Mascaró (1991)*	Frota e Schiffer (1995)**	Lamberts, Dutra e Pereira (1997)	ASHRAE (2001)	ABNT (2005b)
PINTURA:							
Escuras	0,85-0,98	---	0,70-0,85	---	0,70-0,90	0,65-0,80	---
Médias	0,65-0,80	---	0,50-0,70	---	0,50-0,70	---	---
Claras	0,25-0,50	---	0,30-0,50	---	0,20-0,50	---	---
Preta	---	0,96	0,92-0,96	0,90-1,00	---	0,85-0,98	0,97
Vermelha	---	---	0,65-0,90	0,30-0,70	---	0,65-0,80	0,74
Amarela	---	---	0,30-0,70	0,30-0,50	---	0,50-0,70	0,30
Branca	---	0,30	0,05-0,15	0,20-0,30	---	0,23-0,49	0,20
TIPO DE SUPERFÍCIE:							
Pinturas betuminosas	0,85-0,98	0,90	---	---	---	---	0,85-0,98
Concreto aparente	0,65-0,70	0,55	0,40-0,75	---	---	0,65-0,80	0,65-0,80
Tijolo cerâmico vermelho	0,65-0,80	0,54	---	0,65-0,80	---	0,65-0,80	0,65-0,80
Telhas de barro vermelho	---	0,65	---	---	---	0,65-0,80	0,75-0,80
Chapas de alumínio novas	0,40-0,65	---	0,30-0,40	---	---	0,40-0,65	0,05
Aço galvanizado (novas)	0,40-0,65	---	---	0,40-0,65	---	0,40-0,65	0,25
Calçadão (pintura com cal)	---	---	---	---	---	---	0,12-0,15

* Mascaró (1991) cita Cintra do Prado (1961). Os dados publicados por Mascaró foram de Refletância Solar (ρ), sendo transformados na tabela acima em Absorção Solar ($\alpha = 1 - \rho$)

** Frota e Schiffer (1995) citam Croiset (1972) para cores de pinturas e Koenigsberger et al. (1977) para cores de diferentes superfícies.

Figura 5: Valores de absorção segundo norma e autores

Fonte: DORNELLES, 2008

Atualmente, fabricantes internacionais estão desenvolvendo tintas com várias tonalidades que apresentam pigmentos refletivos, são as chamadas tintas frias. Estas, ao contrário das que apresentam pigmentos convencionais, possibilitam menor índice de absorção solar. Ou seja, possibilitam o arquiteto utilizar uma paleta de cores mais diversificada. (LEVINSON, AKBAR & REILLY, 2007)

Com isso, Dornelles, Caram & Sichieri (2014) compararam o desempenho térmico de 15 tintas frias e convencionais e suas influências em superfícies opacas. Diagnosticando que tintas refletivas com mesma tonalidade de cor a tintas convencionais apresentam índices menores de absorção solar.

Concluindo então, que poderão ser utilizadas outras cores caso as tintas ofereçam a tecnologia de pigmentação refletiva. Contudo, no Brasil há deficiência no desenvolvimento dessas tintas, as quais seriam de grande contribuição para a utilização nos projetos arquitetônicos. (DORNELLES, CARAM & SICHIERI, 2014)

As propriedades térmicas, segundo a NBR 15.220, que apresentam influência e indicadores no sistema de envoltórias verticais são: Transmitância Térmica, Atraso Térmico, Fator de ganho Solar e o coeficiente de absorção solar. Esta norma, determina que para a ZB 8 os indicadores exigidos são os que estão representados na Figura 6. Além destes indicadores, a normativa determina que a envoltória vertical deve apresentar-se como *leve e refletora*.



Figura 6: Indicadores de propriedades térmicas para ZB 8

Fonte: NBR 15.220, 2003

Em função disto, o entendimento das definições e equações de cada propriedade térmica a ser avaliada, são determinantes para a compreensão do comportamento de cada propriedade. São elas, suas definições segundo LAMBERTS et al., 1975 e suas equações segundo NBR15.220,2003:

- Transmitância térmica (U): Capacidade (fechamentos transparentes) e incapacidade (fechamentos opacos) de transmitir a radiação solar para o ambiente interno.

$$\text{Equação: } U = \frac{1}{R_t}$$

Onde: R_t , é a Resistência Total que consiste no somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente.

- Atraso Térmico (Φ): Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.⁹

$$\text{Equação: } \Phi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_t \cdot CT}$$

Onde: CT, é a Capacidade Térmica que consiste na propriedade que indica maior ou menor capacidade de reter calor.

- Fator de Ganho Solar (F_{so}): Quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo.

$$\text{Equação: } F_{so} = 4 \cdot U \cdot \alpha$$

Onde: α , é coeficiente de absorção solar, que é seletivo a onda curta (radiação solar) e a principal determinante desta característica é a sua cor.

⁹O atraso térmico depende da Capacidade Térmica (CT) do componente construtivo e da ordem em que as camadas estão dispostas. (NBR 15.220,2003)

2.4. FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO E SUPORTE À DECISÕES PROJETOAIS

A partir da década de 1970, com a crise do petróleo, surgiu a necessidade de políticas de eficiência energética. Considerando que os edifícios são responsáveis por grande parte do consumo de energia, começaram a surgir ferramentas para simulação de desempenho energético de edificações. E atualmente, o Departamento de Energia dos EUA dispõe em seu site, informações sobre mais de 330 ferramentas de simulação, onde apenas uma ferramenta brasileira é citada, o UMIDUS¹⁰. (MENDES et al., 2005)

Iniciativas internacionais contribuem significativamente para o avanço de pesquisas sobre a temática, como exemplo, da Associação Internacional para Simulação do Desempenho de Edificações (IBPSA). Através do impulsionamento de discussões e compartilhamento de conhecimentos em diversos países, promovem estímulos para projetos mais eficientes. No ano de 2001, no Rio de Janeiro, aconteceu a 7ª Conferência da IBPSA, onde foram realizadas pesquisas sobre a utilização destas ferramentas atestando que, por se tratarem muitas vezes de procedimentos complexos e dependentes de diversas variáveis, as ferramentas não eram utilizadas em escritórios de projeto. (MENDES et al., 2005)

As ferramentas quantitativas de avaliação de desempenho auxiliam o projetista quando este almeja alcançar maiores indicadores de desempenho para o edifício. Além de que se torna um fator de relevância para tomadas de decisões projetuais, no qual podem determinar especificidades do projeto, como materialidade e forma, critérios estes que são qualitativos ao edifício. (LIMA, 2012)

O uso de simulação como parte do processo projetual busca melhorar a qualidade da informação usada para a tomada de decisões. A busca pelo suporte projetual quantitativo tem relação intrínseca com as ambições de desempenho. (LIMA, 2012, pág. 15)

Com isso, observa-se a lacuna da interação entre pesquisas que são desenvolvidas para a aplicação acadêmica-profissional e aplicabilidade de fato destas no Brasil. Assim como, de ferramentas que auxiliem o projetista em suas escolhas iniciais no projeto, por meio da

¹⁰ Permite simulação da transferência de calor e umidade em estruturas porosas. (MENDES et al., 2005)

facilidade de entendimento de questões mais complexas, com a intenção de desenvolvimento de um projeto orientado ao desempenho.

Segundo ECHENIQUE, além de uma simulação da realidade, modelo é sinônimo de teoria, ou seja, um conjunto de pensamentos, ou a demonstração da interação destes com a finalidade esclarecer e/ou avaliar esse agrupamento de ideias.

Modelo significa como substantivo representação, como adjetivo grau de perfeição e como verbo, demonstrar. (HAGGET, 1967 apud ECHENIQUE, 1975)

Sabendo disso, para a demonstração de cada teoria deve haver uma forma de representação adequada. De acordo ainda com ECHENIQUE, os modelos podem apresentar diferentes funções, que auxiliam na absorção do conhecimento, por exemplo:

- Psicológica, através da visualização e compreensão;
- Aquisitiva, por meio de definição e correção;
- Lógica, a fim de entender como se produz um fenômeno;
- Normativa, quando necessita de comparações;
- Cognitiva, através de uma ideia científica;
- Sistemática, para compreensão de interação do sistema;
- Avaliativa, onde se podem simular os efeitos de diferentes decisões no sistema.

Visto isso, o mesmo autor classifica os modelos a partir de suas tipologias (figura 7), através de três indagações, que são:

- “para quê?” – leva em consideração o propósito do realizador do modelo e quais questões este deseja responder.
 - “do que é feito?” – consiste nos meios escolhidos para a representação.
- “inclui tempo?” – quando o tempo é uma variável.

Desta maneira, a presente pesquisa se trata de uma ferramenta para suporte de decisões iniciais de projeto, através de avaliação de desempenho térmico por modelo preditivo (por objetiva prever o comportamento futuro do sistema), numérico (por almejar os indicadores normativos), com a finalidade de proporcionar uso de variadas soluções para envoltórias verticais.

Ferramentas de simulação podem servir de suporte na aplicação de normas de eficiência energética e no projeto de edificações de alta eficiência. Para obtenção de bons resultados neste sentido, a prática de simulação deve estar incorporada na rotina de projeto dos escritórios de arquitetura e engenharia. (MENDES et al., 2005 pág.51)

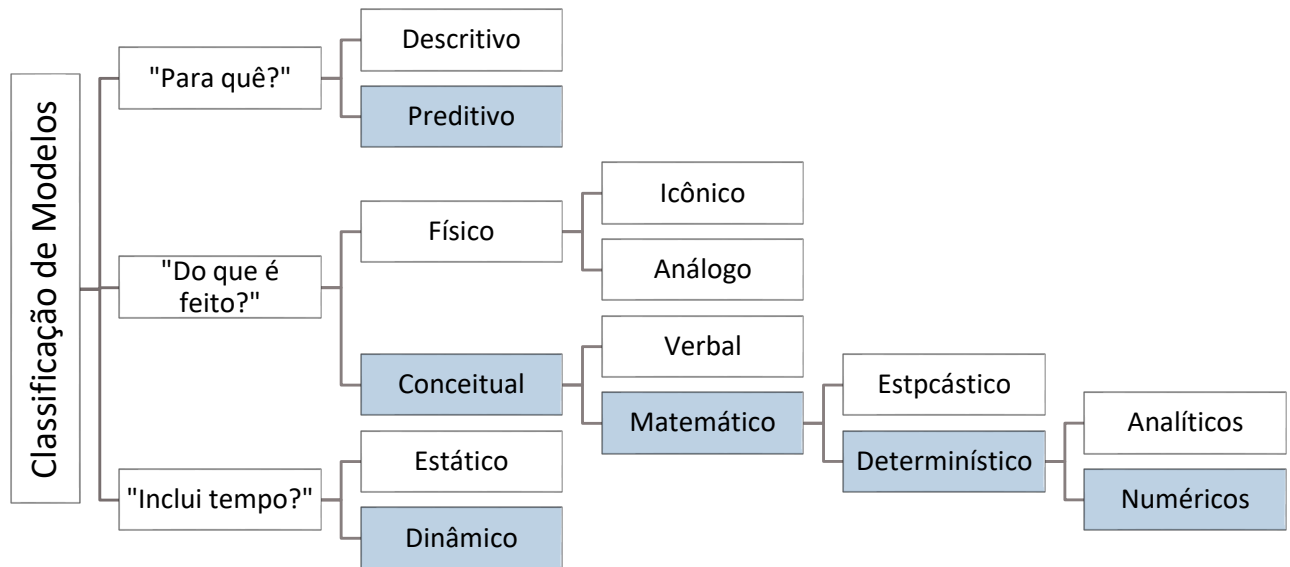


Figura 7: Classificação de modelos
Fonte: Adaptado de Echenique, 1975

3. MÉTODO

A presente pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com a finalidade de gerar conhecimento na tomada de decisões em fases iniciais de projeto de arquitetura. Quanto a abordagem da problemática caracteriza-se como quali-quantitativa. Quanto aos objetivos, pesquisa exploratória e quanto aos procedimentos técnicos, apresenta-se como um estudo experimental.

O processo metodológico se divide em duas etapas; primeiramente adaptou-se o método de experimento planejado para compor as etapas de desenvolvimento da ferramenta e o método análise de conteúdo de Bardin, 1977, para a avaliação da operação da ferramenta.

A partir da identificação da metodologia, elaborou-se um cronograma para fragmentar e etapas por cada semestre, resultado na Figura 8 abaixo.

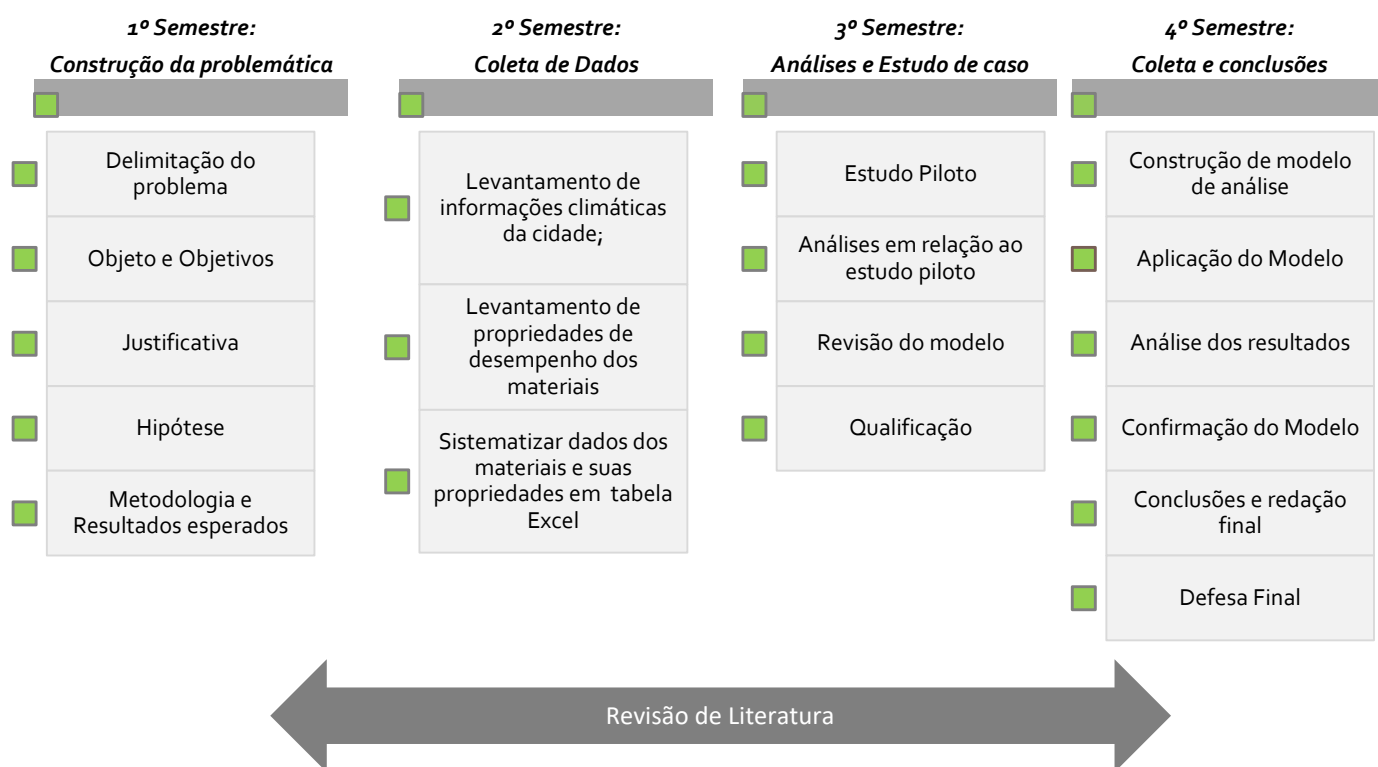


Figura 8: Cronograma de pesquisa. Fonte: Autora, 2017

3.1. Experimento Planejado

A metodologia de experimentação planejada consiste em determinar o vínculo da causa e efeito, além de auxiliar na construção de processos de fabricação, o qual podem ser influenciados por diversos fatores. (MONTGOMERY,2009)

O experimento planejado, faz variações deliberadas ou propositas nas variáveis controláveis do sistema ou processo, observa os dados de saída do sistema resultante e então faz uma interferência ou decisões acerca das quais variáveis são responsáveis pelas mudanças observadas no desempenho da saída. (MONTGOMERY,2009, Pág.3)

Com isso, adaptou-se a sequência de etapas desta metodologia, com a finalidade de desenvolver a proposição do processo de construção do modelo numérico, na qual se compreende na figura 9.

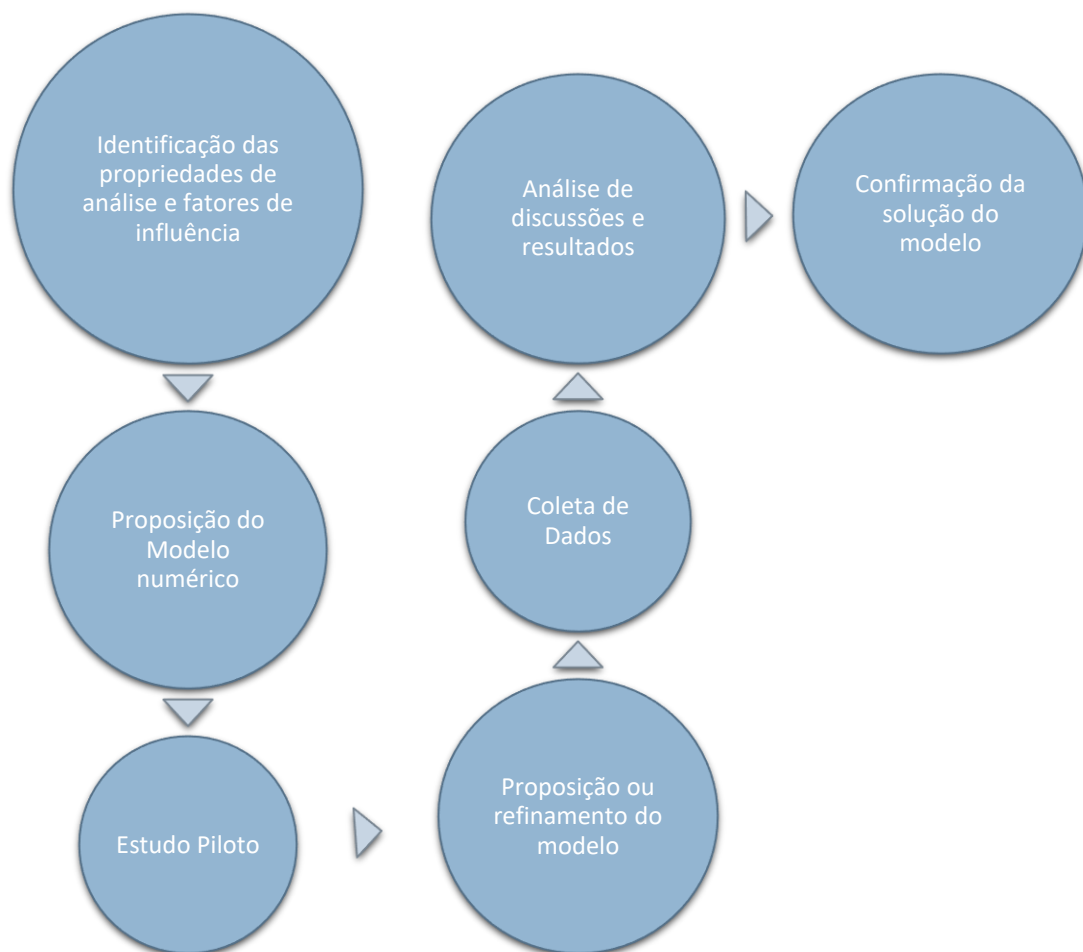


Figura 9: Processo metodológico da experimentação planejada

Fonte: Autora,2017

3.1.1. IDENTIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE ANÁLISE E FATORES DE INFLUÊNCIA

Iniciou-se o processo de compreensão de propriedades térmicas dos materiais construtivos, através de um organograma, onde compreendia as propriedades e suas respectivas definições, segundo Lamberts et al (1997) como mostra a Figura 10. Com o entendimento que a NBR 15220, aponta indicadores para as seguintes propriedades: atraso térmico, fator de ganho solar, transmitância térmica. Fez-se uma tabela com estas variadas propriedades, além de equações matemáticas, indicadores climáticos e descrição breve do comportamento térmico. Com a finalidade de identificar quais outras propriedades às influenciariam quando submetidas ao modelo numérico (Ver Tabela 1).

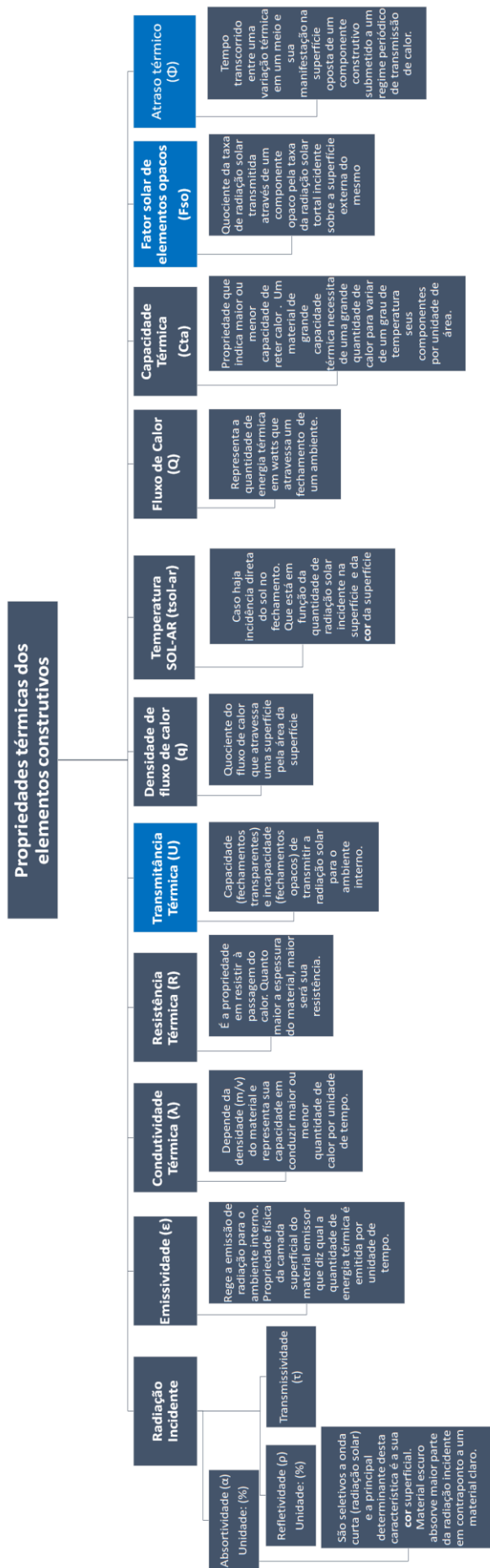


Figura 10: Organograma de Propriedades térmicas

Fonte: Autora, 2017

Diante disso, identificou-se que a cor, a espessura e o número de camadas são as variáveis que influenciam significativamente as propriedades térmicas a serem avaliadas. E que a partir desta identificação, a etapa de construção do modelo numérico, tem por finalidade integrar essas propriedades a personalização do sistema construtivo que o usuário deseje construir em seu projeto.

Propriedade térmica	Propriedade projetual relacionada à:	Equação	Indicadores climáticos (ZB8)	Comportamento
Fator de ganho solar	Cor	$FS_o = 4 \cdot \alpha \cdot U$ α : absorptância U : transmitância térmica	$\leq 4,3$ (h)	Material escuro absorve maior parte da radiação incidente em contraponto a um material claro.
Atraso térmico	Espessura	$\Phi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_t \cdot C_t}$ R_t : resistência térmica de superfície a superfície C_t : capacidade térmica	$\leq 4,0$ (%)	Quanto maior a espessura do material maior será sua capacidade em resistir a passagem do calor.
Transmitância térmica	Camadas	$U = 1/R_t$	$\leq 3,60$	Oposto a resistência térmica está relacionada a capacidade transmitir calor, quanto mais camadas no sistema o calor vai se dissipando.

Tabela 1: Integração de propriedades físicas e propriedades projetuais
Fonte: Autora, 2017

3.1.2. PROPOSIÇÃO DO MODELO NUMÉRICO

Antes de começar a desenvolver a interface inicial para o modelo numérico a partir do que foi identificado na etapa anterior, criou-se o banco de dados através ferramenta do Excel, na qual também foi desenvolvido o modelo numérico. Neste banco de dados estão inclusas propriedades térmicas de materiais que serão ensaiados na ferramenta (Ver Figura 11). Inicialmente, as informações contidas no banco de dados foram extraídas da NBR 15220. E no decorrer da pesquisa, acrescentou-se informações sobre materiais contidos em outros autores.

A primeira coluna da ferramenta informa de qual fonte foram extraídos os dados referentes a cada material. As propriedades térmicas foram subdivididas em: Propriedades Variáveis (são aquelas que são customizáveis pelo usuário), Propriedades Medidas (são aquelas que foram ensaiadas previamente em laboratório) e Propriedades Calculadas (são aquelas que possuem equações matemáticas e resultam das propriedades anteriores).

Com o andamento no processo de entendimento da utilização da ferramenta, verificou-se que o banco de dados além de oferecer informações para cálculo de materiais, funciona também como uma ferramenta de consulta do usuário, quando o sistema submetido ao processo de avaliação não apresentar um bom desempenho.

Diante disso, iniciou-se o processo de classificação dos materiais, gerando três planilhas de classificação de acordo com cada propriedade térmica. Primeira planilha, classificação dos materiais quanto ao atraso térmico, segunda planilha, classificação dos materiais quanto ao coeficiente de absorção solar e a terceira planilha, classificação dos materiais quanto a transmitância térmica.

De modo que, por exemplo, o sistema avaliado obtenha um resultado acima do indicador para fator de ganho solar, o usuário pode acessar o banco de dados e identificar quais materiais possuem um menor índice de absorção solar, selecioná-lo e submeter o sistema a uma nova avaliação.

Fonte	Camada	Material	VARIÁVEL		MEDIDO			CALCULADO							
			Espessura (m)	Absorância (α)	Calor específico (c)	Densidade (ρ)	Condutividade Térmica (λ)	Resistência térmica do material	Resistência térmica interna	Resistência térmica externa	Resistência térmica ambiente a ambiente(RT)	Capacidade térmica (Ct)	Transmitância Térmica (U)	Atraso térmico (Ø)	Fator de ganho solar (%)
NBR 15220	Revestimento	Quartzito	0,015	0,2	0,84	2100	1,4	0,01	0,13	0,04	0,18	26,46	5,53	2,92	4,43
QUEIROZ,2017	Revestimento	Composito do Quartzito	0,018	0,2	1,8	1960	0,55	0,03	0,13	0,04	0,20	63,504	4,93	4,32	3,95
CORBELLA, 2015	Camada Base	Bloco de Adobe	0,1	0,69	0,84	1700	0,52	0,19	0,13	0,04	0,36	142,8	2,76	7,92	7,62
CORBELLA, 2015	Camada Base	Bloco de Solocimento	0,1	0,69	0,058	2000	0,78	0,13	0,13	0,04	0,30	11,6	3,35	2,59	9,26
CORBELLA,2013	Camada Base	Bloco de concreto celular	0,05	0,69	1	750	0,4	0,13	0,13	0,04	0,30	37,5	1,97	4,05	5,44
NBR 15220	Camada Base	Concreto cavernoso	0,05	0,69	1	2100	1,4	0,04	0,13	0,04	0,21	105	4,86	5,38	13,42
NBR 15220	Isolante	Poliestireno estrudado	0,1	0	1,42	40	0,035	2,86	0,13	0,04	3,03	5,68	8,97	4,87	0,00
CORBELLA,2015	Isolante	Painel de Poliestireno expandido moldado	0,1	0	1,2	900	0,35	0,29	0,13	0,04	0,46	108	7,97	7,74	0,00
CORBELLA,2015	Isolante	Bloco de argila expandida	0,1	0	1	1450	1,28	0,08	0,13	0,04	0,25	145	8,97	6,73	0,00
CORBELLA,2015	Isolante	Painel de argila expandida	0,1	0,2	0,96	1700	1,05	0,10	0,13	0,04	0,27	163,2	9,97	7,31	7,98

Figura 11: Organização do banco de dados

Fonte: Autora, 2017

Estes procedimentos são descritos, na etapa de protocolo de uso da ferramenta. Com a finalidade de auxiliar o avaliador no processo de adequação do sistema. Os materiais listados no banco de dados, encontram-se no apêndice 3.

Conhecendo as propriedades de análise e seus fatores de influência, deu início ao entendimento da interação das propriedades térmicas e projetuais. Inicialmente, esta compreensão se deu no exame das equações numéricas e das variáveis que cada uma compõe.

Entendendo cada propriedade térmica combinada a sua respectiva propriedade projetual, a construção da interface inicial da ferramenta foi estabelecida a partir de decisões sequenciais acerca do sistema de envoltória.

Onde, na primeira etapa de decisões, o usuário deve definir e propor um sistema de envoltória, a segunda etapa é de seleção e proposição do número de camadas, seguindo para a escolha dos materiais que compõe cada camada, as espessuras das respectivas camadas e por fim o estabelecimento da cor da face externa. A terceira etapa, é composta pelos cálculos das propriedades térmicas e ocorre automática e simultaneamente às proposições da segunda etapa.

A quarta etapa consiste em uma análise simplificada, através de observação do gráfico se o sistema atende ou não os parâmetros normativos. E por fim, a quinta etapa, que é condicionada apenas se o sistema não atender aos parâmetros normativos, equivalente a seleção das variáveis projetuais de acordo com as propriedades térmicas que apresentaram índices fora dos parâmetros normativos. Todas estas etapas, estão expressas em forma de organograma na figura 12.

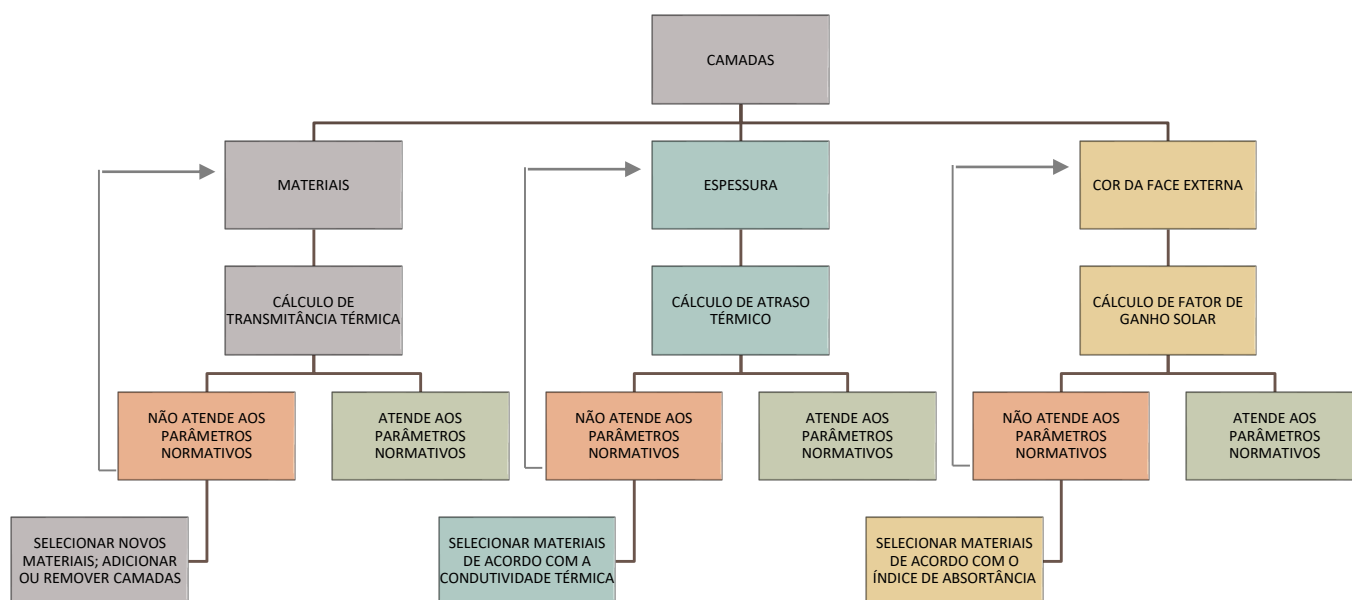


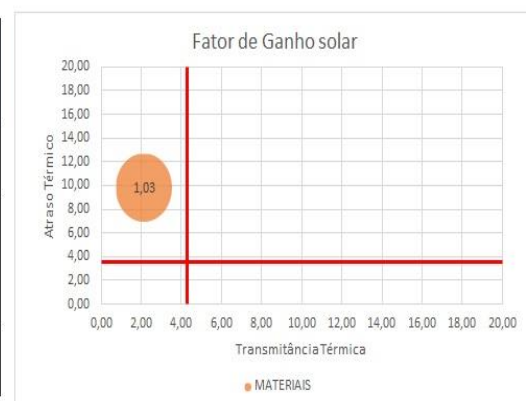
Figura 12: Organograma de uso do modelo numérico

Fonte: Autora, 2017

Para isso, foi necessário estabelecer um indicador visual que facilitasse a compreensão dos resultados. O gráfico tipo bolha (um tipo de diagrama de dispersão) mostrou-se mais aceitação neste processamento, por apresentar a possibilidade de integração de três fatores de influência (figura 13).

A área considerada de acordo com a normativa encontra-se no canto inferior esquerdo dos eixos em vermelho (indicadores).

Camadas	MATERIAIS	Espessura (m)	Cor da face externa	Absortância (α)	Resistência Térmica do material	Resistência Térmica Total	Capacidade Térmica
Externa	Aglomerado de fibras de madeira (leve)	0,01	Caiação nova	0,12	0,17	0,47	5,75
Intermediária	Tijolo cerâmico	0,09			0,09		165,60
Interna	Placa de fibrocimento	0,05			0,08		75,60



2,15	Transmittância Térmica
9,82	Atraso Térmico
1,03	Fator de Ganho solar

Figura 13: Interface Inicial da Ferramenta

Fonte: Autora, 2017

Por fim, percebeu-se a interação de propriedades físicas (ligadas a cor e espessura) às propriedades térmicas, podendo o usuário da ferramenta propor alterações no sistema construtivo de acordo com o resultado dos indicadores térmicos. A interface inicial da ferramenta ficou composta por três partes: área de cálculo, resultados e legenda.

3.1.3. PRIMEIRA COLETA DE DADOS: ESTUDO PILOTO

A ferramenta foi desenvolvida com a intenção de integrar questões relacionadas à materialidade de envoltórias e parâmetros de desempenho térmico, segundo as normativas brasileiras. Com o entendimento de que os usuários poderão modificar a ZB de acordo com o local do projeto, esta ferramenta, no entanto, por decisões estabelecidas anteriormente, foi configurada com parâmetros recomendados para ZB 8. Os objetivos para o estabelecimento da interface inicial da ferramenta são de pouca entrada dos usuários, simplicidade no preenchimento e clareza na obtenção dos resultados.

Com isso, foi estabelecido um protocolo de uso, para que os usuários possam compreender além do processo de preenchimento e interpretação dos resultados, a possibilidade de “melhoramento” do sistema a partir da observação dos parâmetros que por um acaso

atendam aos indicadores da norma. O documento de protocolo de uso, encontra-se no Apêndice 1 deste trabalho.

Foi proposto um exercício, onde os avaliadores deveriam selecionar dois tipos de sistemas de envoltórias divergentes, para um projeto fictício, onde deveriam seguir o protocolo de uso estabelecido (Ver apêndice 1). Além disso, deveriam responder questionário para avaliação da ferramenta, com a finalidade de propor o aprimoramento da interface de uso. Segue abaixo tabela com descrição dos avaliadores e os resultados das questões abordadas no questionário (Ver apêndice 2).

O estudo piloto aconteceu com 12 avaliadores, entre eles 5 estudantes de graduação de arquitetura e urbanismo, e 7 arquitetos e urbanistas (Ver tabela 2). Vale ressaltar que todos os avaliadores assinaram o termo de consentimento de livre e esclarecido de voluntariado concordando na divulgação dos resultados, sob sigilo de identificação. Além de ter sido aprovado pelo comitê de ética com o CAAE: 86602318.5.0000.5188.

AVALIADOR	SEXO	IDADE	FORMAÇÃO	ANO DE FORM. OU PERÍODO
01	F	22	Técnico em Edificações e Estudante de Arquitetura	2014 (técnico) / 6º período (arquitetura)
02	F	24	Estudante de arquitetura	6º período
03	F	21	Estudante de arquitetura	6º período
04	F	29	Estudante de arquitetura	6º período
05	M	21	Estudante de arquitetura	6º período
06	F	27	Arquiteta e Mestranda em arquitetura	2013
07	F	28	Arquiteta e Mestranda em arquitetura	2015
08	F	24	Arquiteta e Mestranda em arquitetura	2016
09	F	27	Arquiteta e Mestranda em arquitetura	2016
10	M	33	Arquiteto e Mestrando em arquitetura	2015
11	F	24	Arquiteta e Mestranda em arquitetura	2016
12	F	24	Arquiteta	2016

Tabela 2 Identificação dos avaliadores do Estudo Piloto
Fonte: Autora, 2017

Os resultados a seguir foram extraídos dos questionários aplicados. Onde continham 3 questões objetivas e 3 questões abertas. A primeira questão objetiva, indagava sobre o nível de compreensão dos resultados gerados pela ferramenta, 6 avaliadores consideraram ótimo, 4 consideraram bom e 2 consideraram a opção neutro.

A segunda questão objetiva, questionava sobre a viabilidade da ferramenta e avalia se esta os ajudariam em decisões projetuais na etapa inicial de projeto. Onde 6 avaliadores responderam certamente sim, 5 responderam provavelmente sim e 1 se manteve neutro.

A terceira questão objetiva, perguntava sobre a aplicabilidade da ferramenta, caso estivesse disponível, se eles a usariam, 6 avaliadores afirmaram que certamente sim e outros 6 provavelmente sim.

Com isso, conclui-se um resultado positivo quanto a uma ótima ou boa compressão dos resultados gerados pelo modelo numérico, além de ser considerável viável a aplicação de projeto, assim como viável a sua utilização como suporte para decisões em novos projetos de arquitetura.

As repostas das questões abertas, estão representadas em forma de tabela onde é possível observar a resposta de cada avaliador. As perguntas foram: quais os pontos negativos (Tabela 3), quais os pontos positivos (Tabela 4) e quais recomendações eles desejariam que a ferramenta incorporasse (Tabela 5).

AVALIADOR	PONTOS NEGATIVOS LISTADOS
01	<i>Não ficou claro a maneira como deve acrescentar uma camada extra, em caso de necessidade.</i>
02	<i>No meu caso específico, não pude analisar minhas fachadas com tanta margem de acerto, pois elas apresentavam materiais com transparência e perfuração, a qual não é abordada na ferramenta.</i>
03	<i>Saber quais tipos de materiais podem fazer parte de um mesmo sistema.</i>
04	<i>A maior dificuldade foi com relação a quantidade de camadas e matérias.</i>
05	<i>Encontrei dificuldade para relacionar o atraso térmico adequado com os sistemas que comumente eu vejo.</i>
06	<i>Ausência de conhecimento de alguns materiais</i>
07	<i>Entender a relação do que é proporcional ou inversamente proporcional; e o resultado (os números, o que dizem, não apenas o verde e vermelho);</i>

	<i>Ser obrigada a inserir camadas, que no caso de uma solução mais rústica não poderia.</i>
	<i>Erro de seleção de materiais em na camada interna.</i>
08	<i>Tive dificuldade para entender por que a câmara de ar não funciona. Sei que é porque não considera as outras variáveis, mas ainda acho confuso...</i>
09	<i>Eu não consegui obter um sistema adequado, mesmo conferindo as tabelas auxiliares. Alguns dos materiais eu não conhecia e achei que teriam mais opções de revestimento, pois entendo que deveriam ser calculados todos os materiais aplicados a uma parede. Assinalei que a ferramenta provavelmente me ajudaria em projetos porque acredito que se meu grau de compreensão fosse maior eu conseguiria utilizá-la corretamente.</i>
10	<i>Dificuldade em colocar os valores nos padrões adequados</i>
11	<i>Embora tenha afirmado que o nível de compreensão é ótimo e que provavelmente a usaria, falei que seu resultado me ajudaria de modo neutro, embora a resposta mais correta para mim seja talvez. Isto ocorre, não por conta do programa em si, mas porque em muitos aspectos a norma é e deve ser questionada, e alguns resultados obtidos podem ser empiricamente questionados. A norma usa uma base de dados antigos para definir as zonas climáticas, embora tenham trabalhos excelentes publicados com revisões das zonas climáticas do Brasil. Tal situação gera erros, além de que as pessoas têm preferências distintas, e o usuário deve ser prioridade, assim como as suas necessidades.</i>
12	<i>Falta de argamassa de terra para a escolha do material bloco de terra</i> <i>Falta do revestimento apenas pintura sobre o material, diretamente</i>

Tabela 3: Estudo Piloto – Pontos negativos avaliados

Fonte: Autora, 2017

Ao analisar as respostas, foram identificados alguns pontos, que precisavam ser aprimorados para da sequência na composição do modelo numérico. Entre eles estão:

- Falta de opção para inserção de novas camadas;
- Impossibilidade de avaliação de apenas 1 ou 2 camadas;
- Os materiais não estão listados com o uso adequado para cada camada;
- Falta materiais mais recorrentes no mercado.

Quando avaliado os pontos positivos, a ferramenta se mostrou com bom desempenho, em um de seus principais objetivos, a compreensão da interação entre propriedades térmicas e propriedade projetuais. Alguns pontos analisados foram:

- Facilidade na compreensão dos resultados;
- Intuitiva e didática;
- Apresenta resultados instantâneos;

AVALIADOR	PONTOS POSITIVOS LISTADOS
01	<i>Facilidade na compreensão da relação entre as estratégias e as propriedades térmicas.</i>
02	<i>A ferramenta dá um bom panorama para iniciar as escolhas de materiais para o projeto. Apresenta uma boa didática quanto aos termos de conforto térmico.</i>
03	<i>Facilidade e otimização a aplicação de conceitos estudados em cadeiras de Conforto, que pela complexidade da forma não são facilmente aplicáveis, o que muitas vezes gera a negligência por partes dos estudantes em aplicá-los. Além disso, o banco de dados é amplo.</i>
04	<i>A ferramenta é muito intuitiva e contribui bastante para decisões projetuais.</i>
05	<i>Possibilidade de visualizar instantaneamente a relação do que eu proponho com a norma é algo que muda o modo como fazemos projeto, pensando nos condicionantes de conforto desde as primeiras ideias e podendo fazer as alterações adequadas nas etapas iniciais.</i>
06	<i>A relação de interatividade e a apresentação clara e simples.</i>
07	<i>Interface simples.</i>
08	<i>Didática e rápida</i>
09	<i>Gostei da interface, não tive dificuldades em entender como funcionaria a tabela e quais características estavam ligadas aos resultados de transmitância térmica, atraso térmico e fator de ganho solar.</i>
10	<i>Materiais pré-selecionados com valores de propriedades térmicas</i>
11	<i>Dinâmica e simples</i>
12	<i>Ótimo entendimento, fácil utilização e boa variedade de opções Auxílio muito bom para profissionais e estudantes quanto ao desempenho térmico de sistemas escolhidos para projetos</i>

Tabela 4: Estudo Piloto - Pontos positivos avaliados

Fonte: Autora, 2017

Alguns pontos analisados foram:

- Facilidade na compreensão dos resultados;
- Intuitiva e didática;
- Apresenta resultados instantâneos;
- Apresenta um banco de dados com propriedades térmicas calculadas;

Sobre as recomendações, é necessário rever de maneira geral os pontos negativos listados, além de:

- Cada camada pré-determinada deve apresentar os materiais respectivos a elas;
- Legenda numérica com os limites normativos;
- Tornar claro como se deve acrescentar e retirar camadas da interface inicial;
- Incluir na cor da face externa materiais *in natura*;
- Incluir novos materiais ao banco de dados;

- Deixar claro as recomendações para a zona bioclimática em questão, por exemplo, para a ZB 8 precisa-se de paredes leves e refletoras.

AVALIADOR	RECOMENDAÇÕES PARA APRIMORAMENTO
01	<i>Colocar em ordem alfabética as cores para seleção</i>
02	<i>Seria interessante para estudos posteriores, a inclusão de materiais transparentes.</i>
03	<i>Trabalhar com o uso de materiais translúcidos.</i>
04	<i>Uma opção para adicionar camadas e materiais seria muito interessante.</i>
05	<i>Talvez uma relação visual do sistema proposto, através de diagramas ajude a compreender melhor o que se está propondo.</i>
06	<i>Em cada camada podia haver apenas os materiais que lhe podem ser atribuídos (ex: na camada intermediária não materiais de acabamento)</i>
07	<i>Ter mais opções de materiais e que não estejam vinculados a inserir todas as camadas obrigatoriamente; Referenciar quais são os limites da norma para o clima (pra saber que mesmo em vermelho, ele estaria próximo)</i>
08	<i>Revisar a questão referente aos pontos negativos e verificar possibilidade de fazer com mais e menos camadas.</i>
09	<i>Ter a opção de adicionar mais camadas ao sistema para deixar o resultado mais preciso e ter mais opções de materiais.</i>
10	<i>Me parece que o sistema funciona de forma invertida. De acordo com os materiais utilizados, em grande parte, quanto mais rápido o calor se propaga por ele a 'bola' do gráfico tende a se concentrar no quadrante ideal.</i>
11	<i>Achei estranho o resultado obtido com a câmara de ar. Alguns materiais aceitavam espessura igual a zero (inexistente), porém outros não. Materiais base como concreto e madeira deveria ter opção de pôr a cor original. Pois estas são peças que normalmente são usadas de modo bruto. Talvez para madeira tivesse o tipo para se definir a cor.</i>
12	<i>Incorporar novos materiais.</i>

Tabela 5: Estudo Piloto - Recomendações

Fonte: Autora, 2017

Outro aspecto avaliado no estudo piloto foi o tempo de uso da ferramenta para o exercício proposto. Onde para avaliação do sistema 1, os usuários utilizaram em média (aritmética) 9,3 minutos, e para o sistema 2, 10 minutos. O que nos leva a concluir que a ferramenta possui

um processamento rápido e simples de uso.

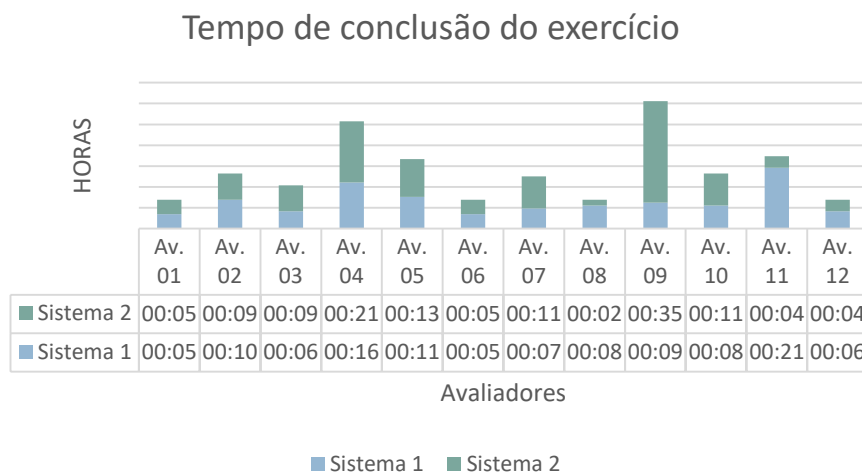


Gráfico 1: Tempo de uso do modelo - estudo piloto. Fonte: Autora, 2017

3.1.4. PROPOSIÇÃO E REFINAMENTO DO MODELO

As conclusões foram estabelecidas a partir dos resultados do questionário respondido pelos avaliadores. Entendendo que por se tratar de um estudo piloto precisa passar por alterações com a finalidade de melhorar o modelo.

As proposições são bastante pertinentes para a próxima etapa, que visa solucionar os pontos negativos listados e enfatizar os pontos positivos. Contudo, a interface inicial e o processo de preenchimento do modelo para avaliação apresentaram-se de maneira satisfatória.

Em síntese temos o seguinte infográfico (figura 14) que retrata a decorrência do estudo piloto, apresentando as principais recomendações inseridas nesta nova versão.

A nova interface do modelo (figura 15) se apresenta com a opção de inserir sistemas com até cinco camadas. Com ênfase para a camada externa, onde se o usuário precisar simular um sistema com apenas uma camada será possível.

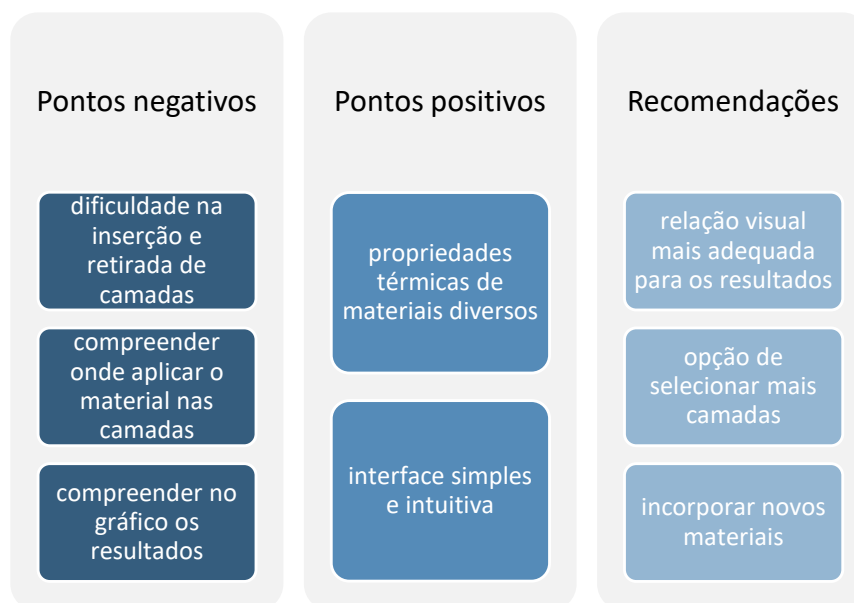


Figura 14: Síntese de estudo piloto. Fonte. Autora, 2017.

A lista de preenchimento dos materiais agora se apresenta em ordem alfabética, e não considera os materiais por camadas, como foi retratado como uma dificuldade. Isso acontece para que o usuário possa dispor de sistemas diferenciados e personalizados, o que envolve um conhecimento prévio dos materiais.

Outra modificação, consiste na presença de quadrantes hachurados no gráfico que possibilitam uma visualização adequada aos indicadores. Onde, se a bolha estiver no quadrante vermelho, o sistema possui todas as propriedades fora do parâmetro normativo. Caso a bolha esteja em um dos quadrantes amarelo, a parede avaliada pode possuir um ou duas propriedades dentro dos parâmetros e se a bolha estiver no quadrante verde, o sistema possui todas as propriedades dentro dos indicadores normativos.

Além disso, também foram ocultadas a absorvância, resistência térmica e capacidade térmica, propriedades que estão contidas nas equações matemáticas, porém, tornavam o painel de controle com informações que os usuários não necessitam no presente momento.

Considerando que 42% dos avaliadores são estudantes de graduação de arquitetura e 58% arquitetos atuantes no mercado, o modelo numérico possibilita a integração de questões de

Figura 15: Refinamento do modelo. Fonte: Autora, 2017

desempenho térmico nos meios acadêmico e profissional. A próxima etapa, constitui-se do aprimoramento do modelo a fim de submetê-lo a outro processo de avaliação.

Camadas	MATERIAIS	Espessura (m)	Cor da face externa
EXTERNA	Argamassa comum	0,015	Branco
ADICIONAL 1	Placa de gesso	0,05	
ADICIONAL 2	Câmara de ar	0,02	
ADICIONAL 3	Compensado	0,015	
ADICIONAL 4	nenhum	0	



Resultado	Propriedade	Parâmetro
0,89	Transmitância Térmica	$U \leq 3,6$
8,23	Atraso Térmico	$\Phi \leq 4,3$
0,71	Fator de Ganho solar	$F_{so} \leq 4,0$

3.1.5. Segunda coleta de dados: avaliação online

Após o refinamento do modelo, a ferramenta passou por outro processo de avaliação, que aconteceu no período entre 12 de junho a 15 de setembro de 2018, através de formulário online. Este formulário foi encaminhado para estudantes da UFPB mediante e-mail pela Coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB e para arquitetos também por e-mail com a parceria do Conselho de Arquitetura e Urbanismo da Paraíba (CAU-PB).

No período 2017.2, no qual foi aplicada a pesquisa, existiam 346 alunos ativos no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. Porém a amostragem, consistiu em 210 alunos, os quais já concluíram a disciplina de Conforto Ambiental I, pré-requisito que influencia no conhecimento acerca de desempenho térmico.

Para o cálculo de amostragem, considerando a margem de erro de 5%, seriam necessários 136 formulários respondidos por alunos. Este número foi alcançado após ser submetido a calculadora de tamanho de amostragem disponibilizada publicamente no site da Creative Research Systems.

Considerando também a ferramenta do CAU-BR, ache um arquiteto, na cidade de João Pessoa até o mês de setembro de 2018 constam o registro de 1.634 arquitetos. Por meio do mesmo

procedimento de cálculo de amostragem visto anteriormente, seriam necessários 311 formulários preenchidos por arquitetos.

Ou seja, seriam necessários 447 formulários respondidos. Porém, no período desta coleta obteve-se a participação de apenas 15 estudantes (Ver gráfico 2) e 13 arquitetos (Ver gráfico 3). Impossibilitando uma análise quantitativa e estatística da ferramenta, a qual era o objetivo inicial da pesquisa. Os resultados coletados nesta etapa constam no apêndice 3.

Em razão disto, optou-se por realizar uma nova coleta de dados por meio de grupos focais, concentrando a amostragem em arquitetos. Os procedimentos e resultados dos grupos focais encontram-se na sessão 3.1.6. desta dissertação.

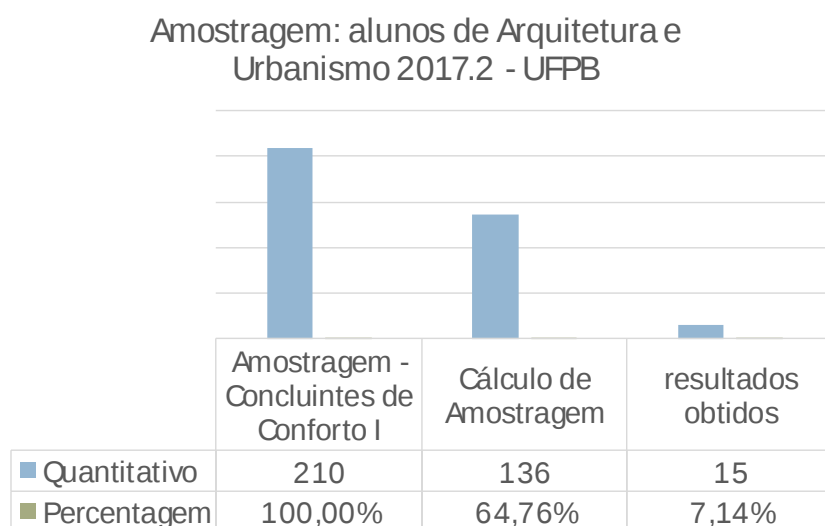


Gráfico 2: Quantitativos e amostragem do período 2017.2 de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. Fonte: Autora, 2018.

Verificando as recomendações mais recorrentes desta coleta, também foi proposto uma nova interface para a ferramenta (figura 16). Que consistiu principalmente em uma mudança no painel de resultados, alterando de gráfico bolha para o gráfico radar.

Amostragem: arquitetos com registro no CAU-PB (até set. de 2018)

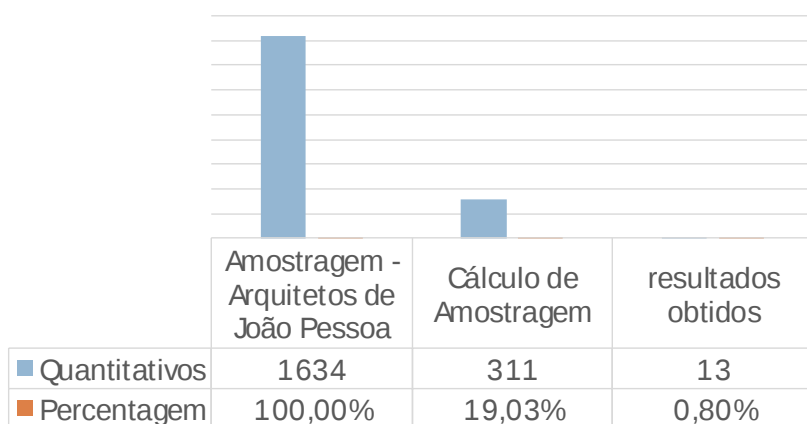


Gráfico 3: Quantitativos e amostragem de arquitetos de João Pessoa-PB.

Fonte: Autora, 2018

Ainda no painel de resultados, opta-se por fazer uma legenda dinâmica através de símbolos. Onde, se a propriedade obtiver o símbolo , significa que esta propriedade está adequada ao parâmetro, e se o símbolo for este  a propriedade está fora dos parâmetros normativos.

Os resultados numéricos agora se apresentam no gráfico. Onde o triângulo amarelo representa os valores indicados pela normativa e o triângulo azul o resultado do sistema avaliado.

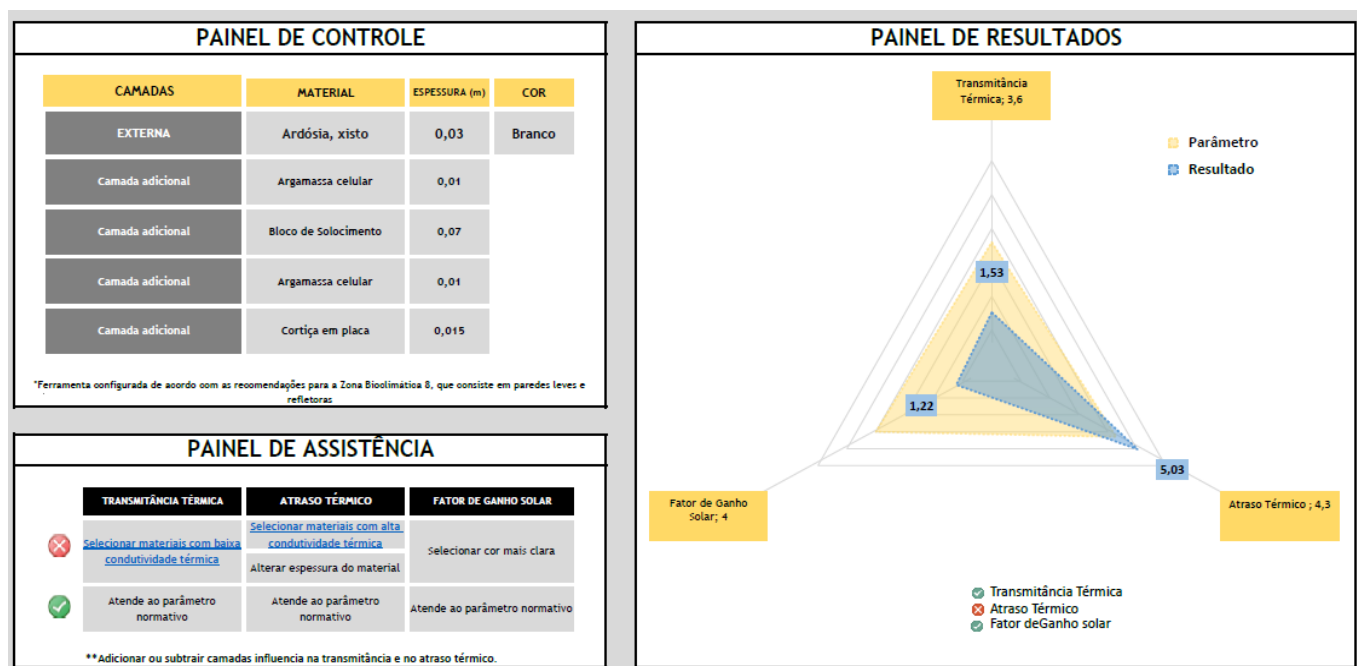


Figura 16: Interface atualizada após segunda coleta de dados. Fonte: Autora, 2018.

Além disso, houve uma reorganização do painel de controle e do painel de assistência, delimitando-os para uma melhor compreensão do manuseio do modelo.

3.1.6. Terceira coleta de dados: grupo focal

Nesta última etapa de coleta de dados, opta-se pela utilização de grupos focais como fonte dos documentos a serem analisados. O grupo focal segundo Morgan, 1997 apud Gondim, 2002 é considerado uma técnica de pesquisa para coleta de dados. Que se caracterizam por diálogos grupais que variam entre 4 e 10 pessoas afim de discutirem um tema proposto pelo pesquisador.

O uso dos grupos focais está relacionado com os pressupostos e premissas do pesquisador. Alguns recorrem a eles como forma de reunir informações necessárias para a tomada de decisão; outros os veem como promotores da autorreflexão e da transformação social e há aqueles que os interpretam como uma técnica para a exploração de um tema pouco conhecido, visando o delineamento de pesquisas futuras. (GONDIM, 2002, p. 152)

Segundo Gondim, 2002 os grupos focais podem ser utilizados para várias finalidades. No ambiente acadêmico, como validação de hipóteses e análises de teorias e em ambientes particulares, como meio de avaliar aplicações práticas. Ainda segundo Gondim, 2002 são divididos de acordo com a tabela 6.

Grupo focal	Orientação teórica	Orientação prática
Exploratório	Geração de hipóteses; Desenvolvimento de modelos e teorias;	Novas ideias; Identificação das necessidades e expectativas; Descoberta de outros usos para um produto específico;
Clínico	Compreensão de crenças; Sentimentos e comportamentos;	Descobrir projeções, identificações, vieses e resistência à persuasão
Vivenciais	Permitir a comparação de seus achados com resultados de entrevistas	Entendimento específico da linguagem do grupo, nas suas formas de comunicação

Tabela 6: Modalidades de grupos focais. Fonte: Autora, 2018 adaptado de Gondim, 2002.

Essa técnica também pode ser aplicada no processo de desenvolvimento de instrumentos, na verificação experimental de produtos e programas. Nessas ocasiões, os grupos focais visam a

realização de uma avaliação preliminar, uma vez que a finalidade da pesquisa seja a composição dos instrumentos. (GONDIM, 2002)

Esta técnica permite identificar, no caso de construção de instrumentos, o que é relevante sobre o tópico e com isto apontar os domínios que devem ser cobertos. Além disso, avalia o conjunto de dimensões que irá cobrir cada domínio (quantidade de itens), promove insights de como os itens devem ser apresentados (evitando distorções de entendimento) e serve de pré-teste de questionários e escalas. (GONDIM, 2002, p. 153)

Diante disso, realiza-se dois grupos focais de caráter exploratório com a participação de 14 arquitetos. Estes grupos são realizados em três etapas, apresentação da ferramenta, exercício de avaliação e debate direcionado as categorias de análise da ferramenta (Ver tabela 8). Na tabela abaixo constam as informações sobre os participantes.

Avaliadores	Sexo	Idade	Tempo de graduação
Av. 1	Homem	34 anos	3 anos
Av. 2	Mulher	25 anos	2 anos
Av. 3	Mulher	33 anos	7 anos
Av. 4	Mulher	25 anos	3 anos
Av. 5	Homem	26 anos	1 ano e 3 meses
Av. 6	Homem	45 anos	11 anos
Av. 7	Mulher	24 anos	2 anos e 5 meses
Av. 8	Mulher	27 anos	1 ano e 9 meses
Av. 9	Homem	42 anos	20 anos
Av. 10	Homem	50 anos	25 anos
Av. 11	Homem	39 anos	15 anos
Av. 12	Mulher	28 anos	5 anos
Av. 13	Mulher	28 anos	5 anos
Av. 14	Mulher	23 anos	6 meses

Tabela 7: Informações sobre os participantes. Fonte: Autora, 2018.

Na primeira etapa do grupo focal, é realizado uma apresentação do objetivo da ferramenta e dos procedimentos de uso, por meio de PowerPoint. Em seguida é proposto o exercício de avaliação (Apêndice 4) da ferramenta. Antes de começar a avaliação os participantes

deveriam registrar o horário de início das atividades e com a conclusão do exercício registrar o horário de término.

As duas primeiras questões do exercício, propõe a simulação de dois sistemas. Primeiramente uma parede de concreto maciço pintada em sua face externa de caliação nova (figura 17), em seguida uma parede de tijolo cerâmico prensado com argamassa em ambos os lados, também com sua face externa com caliação nova (figura 18). Os participantes deveriam preencher as escolhas dos sistema no modelo, e na ficha de respostas as propriedades térmicas obtidas na avaliação de cada sistema.

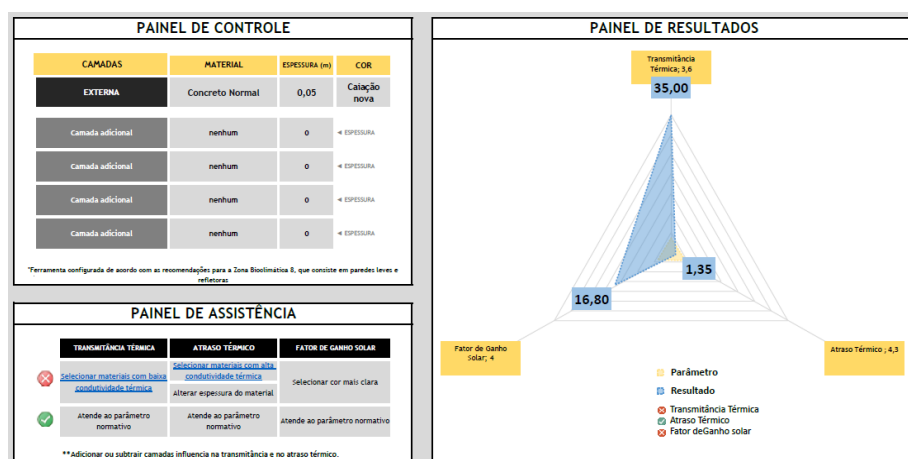


Figura 17: Simulação de parede de concreto. Fonte: Autora, 2018.

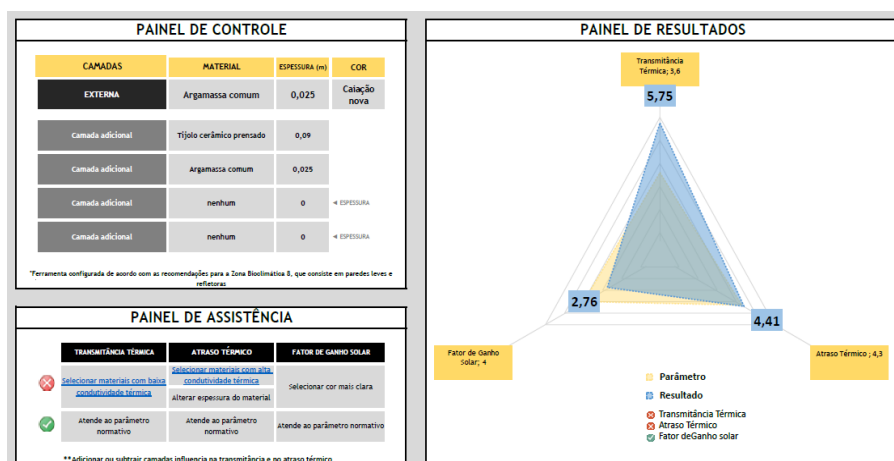


Figura 18: Simulação de parede com tijolo prensado. Fonte: Autora, 2018.

A terceira e última questão solicita que os participantes escolham o primeiro ou segundo sistema e tente adequar todas as propriedades térmicas, em seguida salvem suas escolhas

finais em arquivo com formato PDF. Para esta questão estabeleceu-se um tempo de até 15 min para solução, caso os participantes não concluíssem a tarefa é recomendado finalizar e registrar o horário de término.

Seguem abaixo, imagens com alguns sistemas sugeridos pelos participantes como adequação de um dos sistemas propostos no exercício.

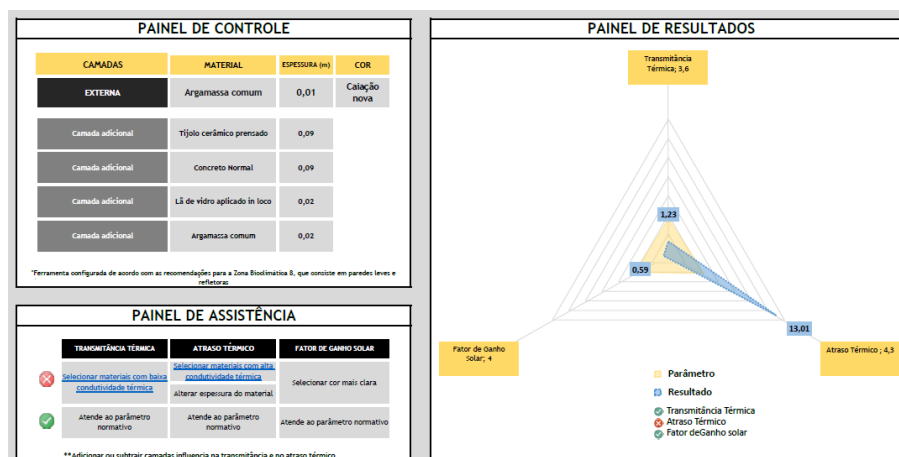


Figura 19: Sistema proposto por avaliador 6.

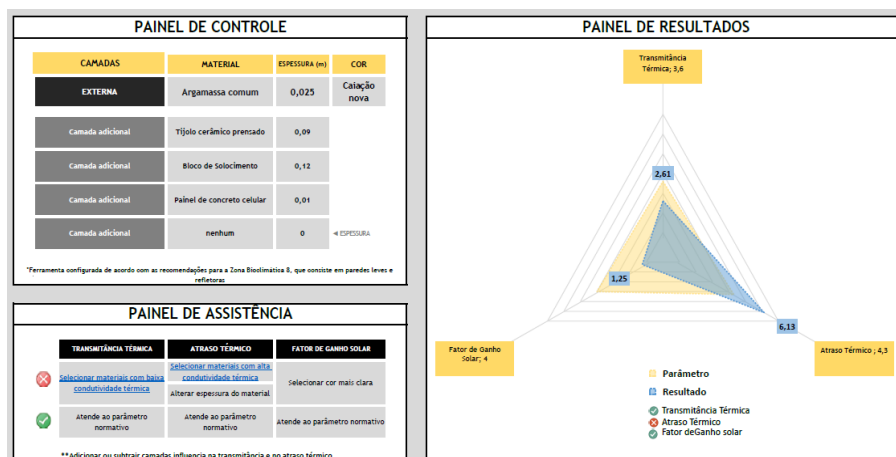


Figura 20: Sistema proposto por avaliador 1.

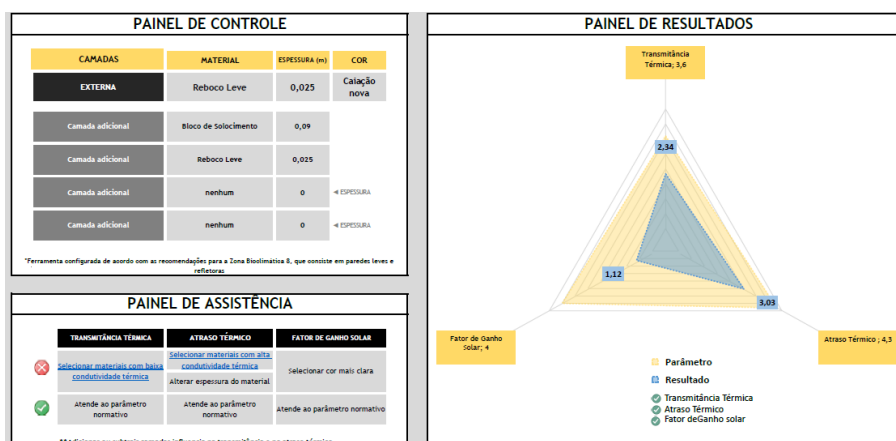


Figura 21: Sistema proposto por avaliador 10.

Também foram extraídos dos grupos focais o registro do horário de início e término do exercício. Os resultados de cada participante, considerando o tempo em minutos são vistos no gráfico 4.

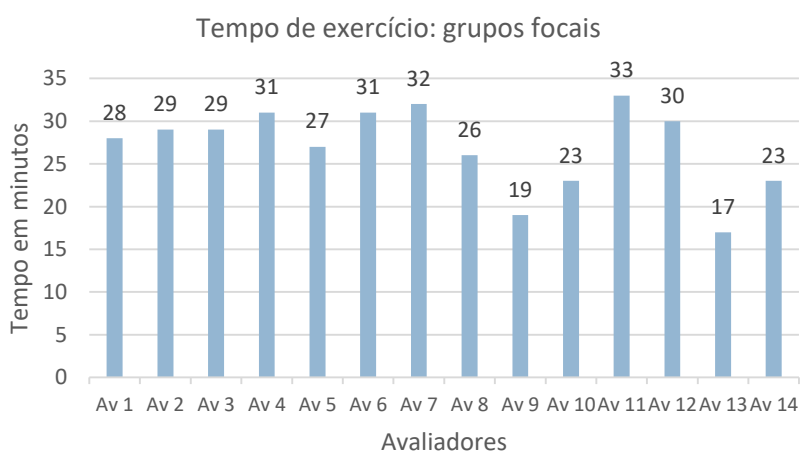


Gráfico 4: Tempo de cada participante no exercício de grupo focal.

Fonte: Autora, 2018

3.2. ANÁLISE DE DADOS

Para esta etapa é aplicado o método de análise de conteúdo. Este é considerado segundo Caregnato e Mutti, 2006 apud Bardin, 1977 “um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a interferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção [...] destas mensagens”

O objetivo principal deste método, como o próprio nome diz, consiste na análise dos resultados. Porém ele se organiza de maneira que todo o processo para esta análise também faça parte do método. Com isso, ele é sistematizado em três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pré-análise é considerada uma etapa de estruturação e organização. Compreende em definir quais documentos serão analisados, no caso desta pesquisa, são os diálogos transcritos dos grupos focais. Como também formar indicadores a partir dos quais serão avaliados os documentos coletados.

Após os grupos focais, inicia-se o processo de transcrição dos diálogos gravados seguindo para a atividade de “leitura flutuante¹¹” com a finalidade de explorar os documentos e definir os objetivos e indicadores da análise.

Os procedimentos de exploração, aos quais podem corresponder técnicas ditas sistemáticas (e nomeadamente automáticas), permitem, a partir dos próprios textos, apreender as ligações entre as diferentes variáveis... (BARDIN, 1977, p. 122)

A partir do modelo de questionário aplicado no estudo piloto, surgiu a necessidade de avaliação do nível de compreensão dos investigados a respeito de outros aspectos. Para a compreensão integral da operação do modelo no processo projetual se fez necessária a construção de indicadores por meio do modelo de análise.

Segundo Quivy & Campenhoudt, 2008 o modelo de análise deve ser compreendido a partir da conceptualização da problemática juntamente com a hipótese. Porém, o processo de conceptualização não se restringe apenas na definição dos conceitos, mas também na avaliação de indicadores.

Para a elaboração deste modelo de análise, adotou-se uma classificação para os indicadores, com os quais facilitam a síntese e análise final dos dados. Os indicadores são estabelecidos e divididos em três grupos, como se vê abaixo. Cada indicador é composto por categorias e estas são codificadas na etapa posterior.

- Indicador temático: indica categorias relacionadas aos temas da presente pesquisa;

¹¹ “Atividade de contato com os documentos a analisar e conhecer o texto deixando-se invadir por impressões e orientações.” (BARDIN, 1977, p. 119)

- Indicador de operação da ferramenta: constitui categorias relacionada ao manuseio do modelo;
- Indicador analítico: relaciona categorias de avaliação do modelo;

O objetivo da análise é definido, e consiste em avaliar as categorias do indicador de operação da ferramenta e sua relação com as categorias dos outros dois indicadores.

Ainda nesta etapa, acontece a preparação do material de análise. O documento transcrito é transferido para planilha em programa Excel e são separados e enumerados por unidades de registro, para esta pesquisa adotou-se as frases.

Na etapa de exploração do material, as categorias estabelecidas pelos indicadores são codificadas, como se vê na tabela 8. Que permite o processo de codificação das frases, onde cada frase é submetida a avaliação dos três indicadores e suas respectivas categorias.

Código	Temático	Código	Operação da Ferramenta	Código	Analítico
CT 01	Desempenho térmico	CF 01	Usabilidade	CAN 01	Recomendações
CT 02	Normas	CF 02	Viabilidade	CAN 02	Dúvidas
CT 03	Processo de projeto	CF 03	Interface	CAN 03	Dificuldades
CT 04	Ferramenta de auxílio	CF 04	Resultados	CAN 04	Facilidades
CT 05	Materiais	CF 05	Acessibilidade	CAN 05	Reflexões
CT 06	Prática profissional				
CT 07	Prática acadêmica				

Tabela 8: Categorias de análise de conteúdo. Fonte: Autora, 2018.

A composição da planilha de coleta é vista na figura 22, onde cada frase é enumerada por um código de identificação do grupo focal, identificada pelo avaliador da fala, além de ser codificada por até duas categorias de indicadores temático e de operação da ferramenta e uma categoria do indicador analítico.

A codificação das frases acontece por meio de abordagem qualitativa que segundo Caregnato e Mutti, 2006 apud Bardin, 1977 “considera a presença ou a ausência de uma dada característica de conteúdo ou conjunto de características num determinado fragmento da mensagem”. A terceira e última etapa consiste no tratamento dos resultados obtidos e interpretação deles. Para a extração do produto, estabeleceu-se uma filtragem para o desfecho da análise.

Então, o rastro acontece primeiramente pela filtragem de cada indicador analítico, seguido pelo indicador de operação da ferramenta e por último o temático. Este processo é tratado por operações quantitativas, considerando as maiores recorrências a partir da segunda filtragem.

Os resultados foram organizados por meio de infográficos que apresentam com evidências as informações obtidas pelo método de análise, vistos no próximo capítulo.

INFORMAÇÕES DESCRITIVAS			INFORMAÇÕES ANALÍTICAS				
CÓDIGO	av.	frase	TEMÁTICO	TEMÁTICO	OP. FERRAMENTA	OP. FERRAMENTA	ANALÍTICO
gf01_32	av 4	Serve até para refletir enquanto estudante e arquitetos sobre a importância em saber do material, espessura e do que ele gera e que tudo vem influenciar	CT 07	CT 05	CF 04	CF 05	CAN 05
gf01_33	av 5	A gente tem que parar para refletir Será que o material Que é o padrão que nós usamos atualmente é o mais adequado?	CT 01	CT 05	CF 05	0	CAN 05

Figura 22: Planilha de coleta de dados. Fonte: Autora, 2018.

3.3. CONFIRMAÇÃO DO MODELO

Após a etapa de análise dos dados, o modelo passou por algumas modificações de acordo com as recomendações propostas pelos avaliadores dos grupos focais (figura 23). Uma das mudanças ocorreu na disposição da tela de visualização da ferramenta, tornando-a mais horizontalizada.

Esta alteração ocorreu devido à dificuldade de operação e visualização simultânea da legenda, que foi relocada para a lateral direita do painel de resultados, facilitando assim a sua visualização. Abaixo da legenda foi inserido o antigo painel de assistência que agora apresenta-se com o nome “ajuda?”, o qual consiste nas alternativas de adaptação dos sistemas aos parâmetros.

No painel de controle também houve alteração, agora as camadas são numeradas para facilitar o entendimento do preenchimento do sistema, que se dá a partir da camada externa para interna.

Além de apresentar mais uma “camada adicional”, onde o sistema pode contemplar agora até 6 camadas. Lembrando que, se usuário necessitar de mais uma camada no sistema, ele mesmo poderá copiar a linha da camada para baixo, personalizando o número de camadas desejadas.

Além disso, a principal e mais importante alteração do modelo, é uma sugestão que vem sendo recomendada desde o estudo piloto, que é a inserção de outras zonas biocimáticas. Na figura 23 é representada a ZB 1 (que juntamente com a ZB 2 recomenda paredes leves). Na figura 24, é representada a ZB 3 (assim como também as ZB 5 e ZB 8 recomendam paredes leves e refletoras) e a figura 25 apresenta-se a ZB 4 (associada a ZB 6 e ZB 7 recomendam paredes pesadas), as quais correspondem as três variações de parâmetros normativo.

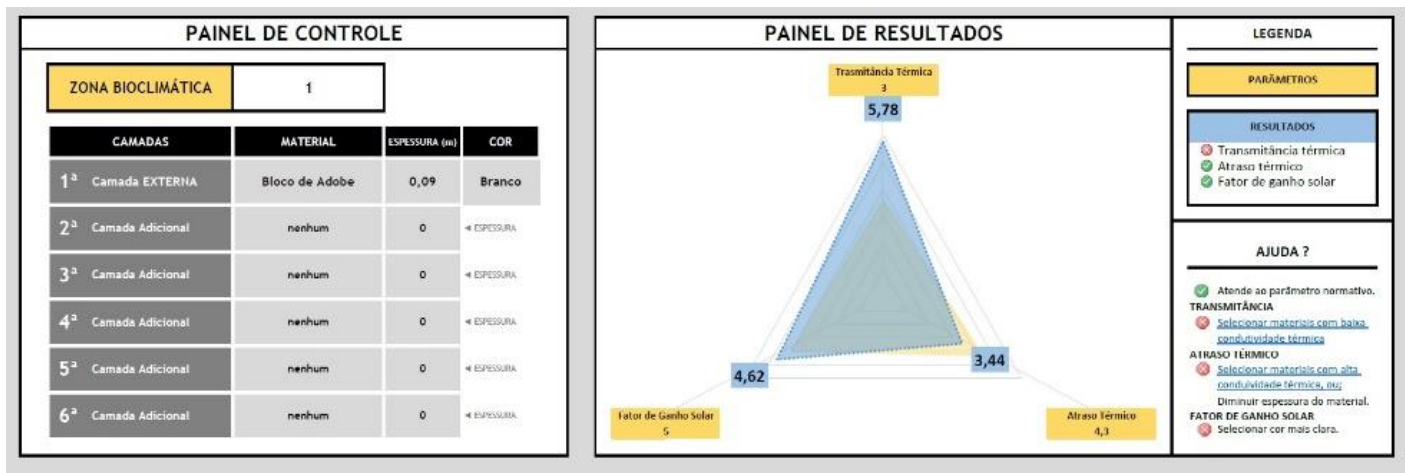


Figura 25: Modelo Final da ferramenta, para ZB 1. Fonte: Autora, 2018.

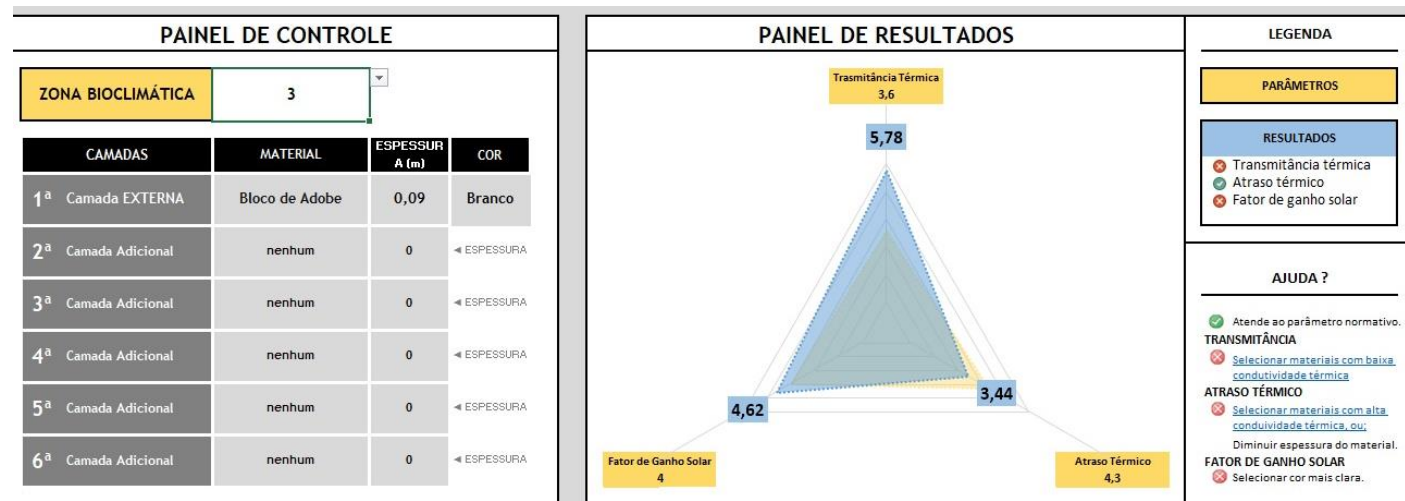


Figura 24: Modelo final para a ZB 3. Fonte: Autora, 2018.

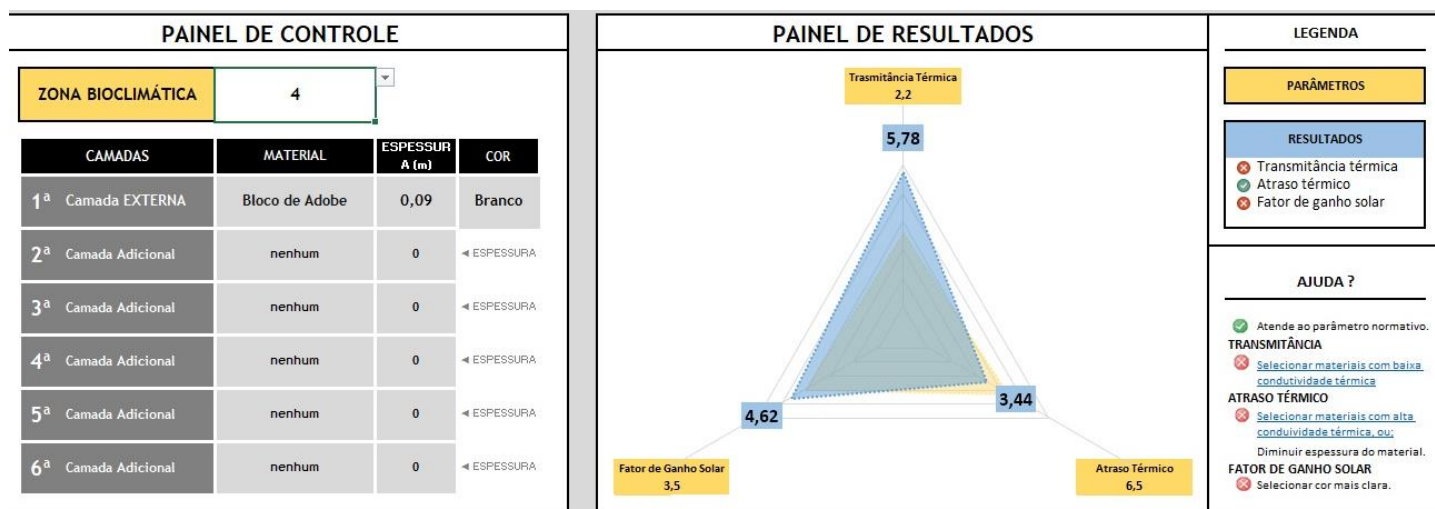


Figura 23: Modelo final para a ZB 4. Fonte: Autora, 2018

4. RESULTADOS

Os resultados que seguem são referentes aos grupos focais e são analisados como descrito no ponto 3.2 desta dissertação. Todos os dados são compostos por falas dos participantes. E também são apresentados em forma de infográficos, com objetivo de sintetizar a avaliação de acordo com as categorias de operação da ferramenta (Ver Tabela 8, para relembrar as categorias), como resposta a um objetivo específico.

Sendo assim, os infográficos demonstram as principais recorrências obtidas nesse processo. A intenção dos infográficos é de expor como os indicadores de operação se relacionam com os indicadores analíticos e temáticos.

Entretanto, eles são segmentados por indicadores analíticos, as quais servem de referência para a confirmação do modelo final. Que são: recomendações, dúvidas, dificuldades, facilidades e reflexões.

4.1. RECOMENDAÇÕES

Quando filtramos as unidades de registro a partir do indicador analítico de recomendações, é possível observar maiores recorrências nas associações, as categorias de usabilidade, viabilidade e resultados. A partir das quais serão analisados suas relações e discursos dos arquitetos participantes da pesquisa.

Em usabilidade, as categorias temáticas mais recorrentes são desempenho térmico e processo de projeto. Como primeira recomendação, os participantes sugerem um quadro com esquema da associação entre propriedades projetuais e propriedades térmicas, e como estas influenciam na avaliação do sistema.

Apesar desta relação ter sido apresentada nos grupos focais, antes da aplicação dos exercícios, os participantes relataram dificuldades na associação das propriedades térmicas com as decisões tomadas na avaliação. Essa relação entre propriedades é o cerne da ferramenta e entendê-la é imprescindível para que seja manuseada adequadamente. Abaixo

retrata-se uma fala que sugere um manual de instruções para compreensão destas propriedades.

“Uma coisa que acho importante e seria fundamental para manuseio da ferramenta, uma introdução como você fez para a gente verbalmente, tipo um manual do que significa cada propriedade e o que influencia ou aumento ou diminuição de cada propriedade. Apesar de parecer Óbvio para algumas pessoas para quem não tá na academia fica mais difícil de entender.” Av. 3

Cerca de 50% das ocorrências consideram também a opção de selecionar materiais de acordo com sua aplicação no sistema. Por exemplo, revestimentos, camada base e isolantes, e esta recomendação está associada às decisões do processo projetual. São expressas algumas soluções nos trechos abaixo, como a classificação dos materiais através de tabela além de tornar as escolhas condicionadas a determinados sistemas.

“Se eu tiver uma tabela que eu consulto o próprio material e que explique para quais camadas ele é recomendado seria ideal.” Av. 6

“Eu acho que poderia ter uma coisa pré-determinada se você escolher um revestimento já aparecer as opções de quais materiais combinam com esse revestimento uma coisa condicionada.” Av. 14

Quando se trata de viabilidade, os temas mais citados são referentes a norma e ferramentas de auxílio. A opção de selecionar a zona bioclimática para avaliação dos sistemas foi observada em 100% das falas associadas a temática normativa.

“Um adicional para ferramenta seria fazer as recomendações para as 8 zonas bioclimática.” Av. 1

“Eu acho também que uma recomendação natural seria a seleção de outras zonas bioclimáticas.” Av. 9

Outra recomendação, está agora relacionada ao tema ferramentas de auxílio, foi a disponibilização da ferramenta em ambiente WEB. Com a intenção de estar acessível para avaliação e inserção de novos materiais e suas propriedades por outros centros de pesquisas. Além da possibilidade de verificação dos sistemas mais avaliados, gerando um banco de dados com informações por zonas bioclimáticas.

“Seria também o caso de você disponibilizar essa ferramenta depois da entrega da dissertação na internet. Porque pode ser que quanto mais as pessoas a usem, ela poderia ir armazenando quais foram esses sistemas mais usados.” Av. 11

Em relação a categoria de resultados gerados na avaliação da ferramenta, as duas recomendações se relacionam com os materiais. A opção de selecionar sistemas usuais e espessuras padrões estão presentes em 60% dos discursos.

“E também seria interessante colocar espessura de materiais que a indústria fornece como padrão.” Av. 1

“Eu achei também que a barra de materiais para escolha tá muito extensa deveria separar por sistema, tipo construções secas.” Av. 10

Das recomendações são extraídas as falas associadas ao aprimoramento da ferramenta, as quais em sua maioria estão relacionadas a resolução das principais dificuldades no manuseio dela. Na figura 26, é demonstrada uma síntese destas recomendações e como as categorias se relacionam.

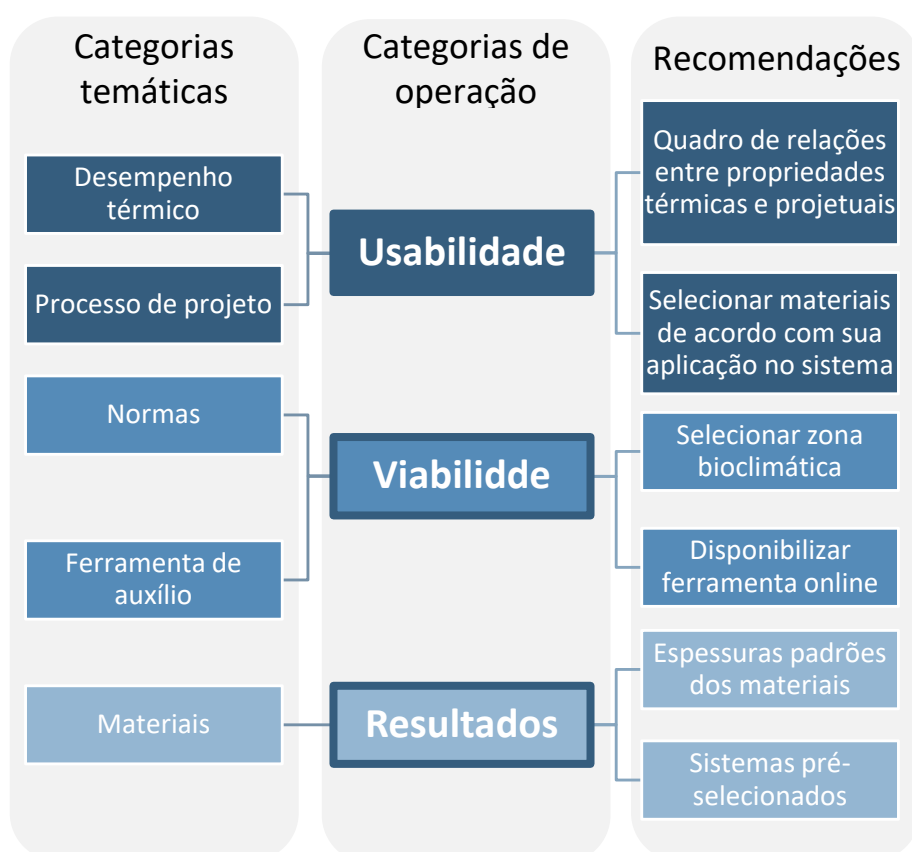


Figura 26: Infográfico da categoria recomendações. Fonte: Autora, 2018.

4.2. DÚVIDAS

Na categoria dúvidas, apenas duas categorias temáticas e operação são citadas (Figura 27). Sobre a operação da ferramenta, a categoria de resultados, gera uma dúvida sobre a compreensão da relação da espessura com o atraso térmico. E esta questão foi considerada uma recomendação no ponto 4.1 como solução dessa dúvida.

Em usabilidade, as dúvidas que surgem estão diretamente relacionadas a materialidade. Primeiramente em como a utilização desta ferramenta pode estar associada a um projeto real, considerando as demais estratégias bioclimáticas. Em decorrência desta questão, é importante salientar que a ferramenta avalia de maneira isolada os sistemas de envoltória. E não está associada a orientação solar, ventilação ou demais estratégias.

Em seguida, em como e se é abordada a questão de sustentabilidade dos materiais, no contexto da pesquisa. Por não estar no escopo desta pesquisa, essa questão da sustentabilidade sugere aplicações em pesquisas futuras, associando os dois temas.

“Fico curioso em como que entra a questão da sustentabilidade na discussão teórica? Será que o material que tem mais eficiência térmica é o mais sustentável? Você não entra por esse viés?”. Av. 11

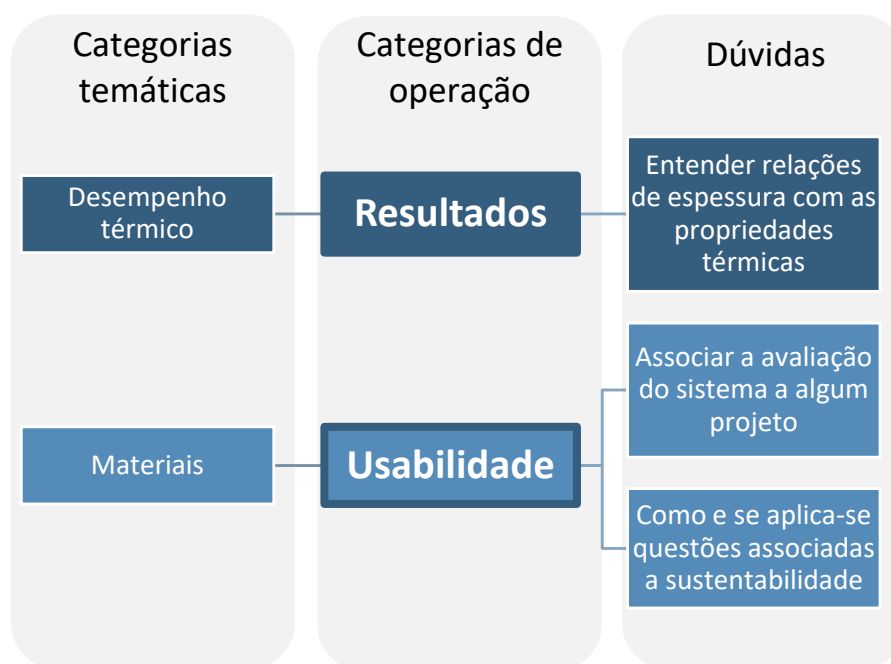


Figura 27: Infográfico da categoria dúvidas. Fonte: Autora, 2018

Observa-se então, que as dúvidas que surgiram no discorrer do debate estão relacionadas a incorporação de outras estratégias projetuais, como orientação e sustentabilidade. Outras dúvidas também surgiram na etapa de exercícios, as quais não se apresentam neste documento de coleta de dados.

Porém, vale ressaltar que foram recorrentes os auxílios no preenchimento dos sistemas no modelo. A mais recorrente consistiu em qual sequência deve ser preenchida as camadas. E como sugestão de aprimoramento será incorporado um símbolo que demonstre a sequência correta de preenchimento, de fora (camada externa) para dentro (camada interna).

4.3. DIFICULDADES

As dificuldades mais recorrentes estão associadas a usabilidade, interface e resultados da ferramenta. Incluindo variadas categorias temáticas, estas dificuldades estão diretamente relacionadas a algumas recomendações vistas anteriormente.

Em usabilidade, a questão apontada também foi vista em dúvidas sobre o tema de desempenho térmico. E está presente em 100% das falas nesta categoria, consiste na dificuldade de compreensão em como o sistema se comporta a partir de determinadas orientações.

Visto que o processo projetual natural do arquiteto, em muitas ocasiões inicialmente se soluciona questões de implantação e orientação, para enfim compreender quais materiais serão utilizados. Onde a orientação influenciará diretamente qual material deverá ser usado

Figura 28: Infográfico da categoria dúvida. Fonte: Autora, 2018.

“O que eu não sei é como se comporta o desempenho do material em relação a incidência solar? Porque cada fachada não vai apresentar o mesmo desempenho.”
Av. 13

Sobre o tema materiais, a maior dificuldade apresentada em 60% das falas está sobre como aplicar os materiais em suas respectivas camadas. Inclusive uma das recomendações sugerida, foi a de classificar os materiais de acordo com a aplicabilidade no sistema.

“Na hora que fui escolher os materiais, até os materiais que eu já conhecia eu não sabia como colocar no sistema.” Av. 6

“Eu saí misturando materiais, coloquei uma parede de Adobe com isso ou com aquilo para poder tentar fazer com que alcançasse o parâmetro”. Av. 10

Essa questão está diretamente associada ao tema de prática profissional, quando os avaliadores consideram que tiveram dificuldades por tentarem selecionar sistemas recorrentes de sua prática. Ou seja, a variabilidade de materiais, ao invés de ser considerada positiva por sugerir novas possibilidades de combinações, tornou-se um empecilho para inovações de sistemas.

“Eu senti essa dificuldade porque ficava tentando montar aquilo que eu já conhecia ou que imaginava que seria possível.” Av. 14

Diante disso, não há como não fazer uma relação com a prática acadêmica. A falta de conhecimento de determinados materiais e sua aplicabilidade em ambiente acadêmico sugerem que os futuros arquitetos optem pelo trivial. Ou seja, projetem edifícios sem orientação ao desempenho térmico dos materiais.

Visto que o exercício aplicado nos grupos focais, consideram a avaliação de sistemas de envoltórias usuais no Nordeste, os avaliadores testificaram que usualmente estes sistemas não são adequados aos parâmetros normativos.

“Às vezes a gente nem vê na faculdade, porque nunca estudei essas coisas de espessura de material.” Av. 4

“E como o exercício abordou os sistemas mais recorrentes aqui, até para a gente preencher tivemos dificuldades porque não atende à norma.” Av. 2

Na categoria Interface, em 100% das falas os avaliadores comunicaram dificuldades na compreensão dos resultados no gráfico. Isto também foi observado nos exercícios, que solicitavam o preenchimento das propriedades térmicas para cada sistema avaliado.

Em cerca de 70% dos exercícios constataram-se rasuras e até mesmo o valor do indicador normativo e não do resultado da avaliação do sistema.

“Logo no início não ficou claro que o azul tem que dar dentro do amarelo e eu pensando que quanto mais para fora melhor talvez essa coisa do tutorial antes seria ideal.” Av. 5

“Mas eu achei bem interessante bem fácil, eu só não entendi no início o que era o parâmetro e o que era o resultado no gráfico.” Av. 11

Em resultados, a categoria sobre a temática normativa apresentou maiores recorrências. E a principal dificuldade apresentada envolve a questão de adequação dos materiais recorrentes aos parâmetros da norma.

“Na hora que eu fui fazer a simulação eu fui para o trivial o tijolo cerâmico furado com duas camadas de argamassa, quando a gente coloca as espessuras que são utilizadas normalmente para construção, não se encaixavam dentro dos parâmetros de desempenho.” Av. 13

Uma questão abordada no exercício, solicitava que o avaliador optasse por um dos dois sistemas tradicionais já imposto pelo próprio exercício, e tentasse adequar aos parâmetros normativos. O resultado para essa questão está relacionado as dificuldades pronunciadas nos temas acima citados, falta de conhecimento sobre composições de materiais tanto em ambiente acadêmico quanto profissional.

“Teve um sistema que eu coloquei até próximo ao parâmetro, mas era uma coisa totalmente irreal para ser executada então não fazia sentido aplicar no projeto.” Av. 14

“E na prática por mais que nós procuramos saber as referências é muito difícil à gente saber quando atende ou não a norma.” Av. 7

“eu senti dificuldade nisso também, porque para você fazer uma manipulação dos dados e se adequar à norma você tem que compreender se aqueles materiais têm uma boa relação enquanto técnica e como se encaixa no sistema.” Av. 10

Na figura 29, é observada a síntese desses resultados, onde a maioria das dificuldades retratadas são associadas de alguma maneira aos materiais construtivos. Seja na falta de domínio acerca da aplicação de novos materiais a determinados sistemas, até a dificuldade de utilizar materiais fora da sua prática.

Diante disso, observa-se que a dificuldade real ao manuseio da ferramenta encontra-se na confusão da interpretação dos resultados no gráfico. E isso será solucionado com o destaque aos valores numéricos de avaliação e movimentação da legenda para a parte superior ao gráfico, facilitando o contato visual.



Figura 29: Infográfico da categoria dificuldades. Fonte: Autora, 2018.

4.4. FACILIDADES

As facilidades foram citadas nas cinco categorias do indicador de operação da ferramenta. Começando por resultados, 45% das falas relatam a clareza na compreensão de que o modelo de avaliação sugere a aplicação de sistemas adequados a normativa. Possibilitando a inovação e adequação de envoltórias coerentes com o desempenho térmico.

“Eu acho que é a importância principal está aí, o destino final do projeto.” Av. 2

Examinando excepcionalmente a categoria temática de ferramentas de auxílio, observa-se a recorrência de duas categorias de operação, interface e acessibilidade.

Em ambos os casos é verificada a praticidade do modelo, como resposta de outro objetivo específico. A ferramenta possibilita uma análise simplificada de sistemas através de cálculo de propriedades térmicas, com resultados por meio de relatório infográfico, facilitando a integração ao processo de projeto.

“Achei muito didático e bem. É fácil de você entender como funciona, você vai mexendo e você vai vendo como cada processo se dá, é muito fácil e muito prático porque é muito visual, você tá vendo o gráfico e já tem uma resposta direta.” Av. 3

Quanto a viabilidade, o modelo é avaliado como opção para integrar índices normativos ao processo projetual. Além de pôr em prática projeto orientado ao desempenho térmico, testando inúmeras possibilidades de materiais, antes mesmo de iniciar o projeto.

“Existe a possibilidade de mudar, é isso que vai contribuir para o projeto ser um projeto melhor”. Av. 6

Quanto a usabilidade, a prática profissional e acadêmica está diretamente relacionada. Facilitar a compreensão e pesquisa sobre a aplicação dos materiais e suas propriedades térmicas podem gerar projetos incomuns, com decisões apoiadas em questões técnicas.

“Principalmente quando você entra nesses aspectos técnicos que são fundamentais para o projeto saber que você tomou decisões baseadas em normativas e que o projeto está adequado e tá bonito.” Av. 6

“Eu acho que quanto mais a gente tiver essas informações à mão e fazendo uso e utilizando no nosso projeto mostrando ao cliente e isso até importante para verbalizar e passar para o cliente uma segurança maior, você fica com mais credibilidade.” Av. 6

Observando a figura 30, compreende-se que as maiores recorrências estão relacionadas a operação e manuseio da ferramenta. As facilidades citadas compreendem a viabilidade da ferramenta no processo projetual. Além de auxiliar na prática profissional as decisões

projetuais junto ao cliente, gerando uma credibilidade e compromisso do arquiteto ao desempenho do projeto.

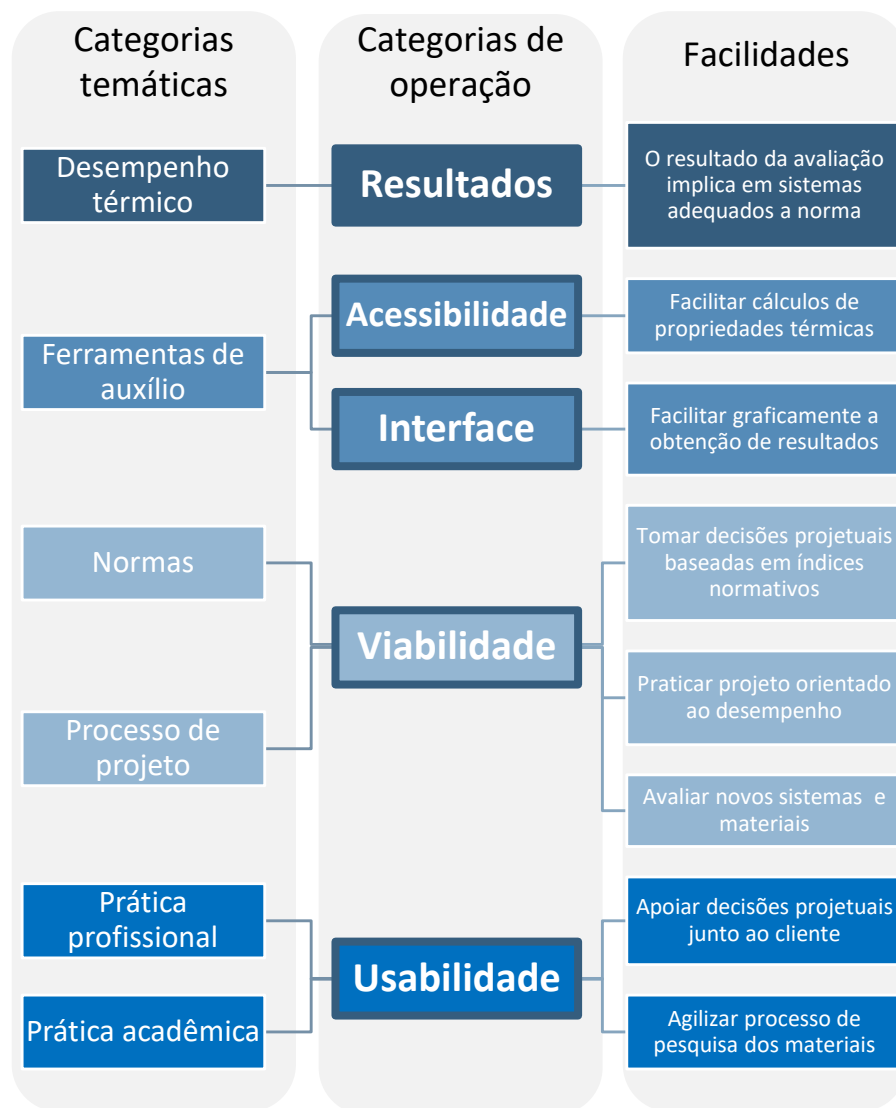


Figura 30: Infográfico da categoria facilidades. Fonte: Autora, 2018.

4.5. REFLEXÕES

A categoria de reflexões foi incorporada a partir do processo de leitura flutuante, como visto no método. Após esse processo observou-se recorrências nas unidades de registro acerca de pensamentos associados não apenas a ferramenta, como também a prática projetual.

As falas consideradas como análise de reflexões representam 40% de todas as unidades de registro dos grupos focais. Isso sugere, a relevância sobre o tema e prática profissional atual em João Pessoa, cidade a qual se encontra a pesquisa.

Considerando a categoria de resultados, quando mencionado o tema desempenho térmico, é apontado que em decorrência do que é visto na situação atual dos edifícios da cidade, questões relacionadas a materialidade e o comportamento térmico deles são colocadas em segundo plano no processo projetual.

“Porque numa obra de uma casa você não vai pedir um material que é difícil acesso, que seja caro e acaba fazendo com o usual o tijolo cerâmico, sistema convencional e acaba explorando as outras estratégias.” Av. 2

Na temática que considera o processo projetual, os participantes relataram que após a avaliação dos sistemas que são mais recorrentes na cidade, começaram a se questionar se estes são realmente adequados ao clima.

“Eu ainda estou quase surpreso, mesmo sabendo que isto ia acontecer. Mas vendo isso materializado na ferramenta, me surpreendi de que existe sistemas construtivos aqui que não atende à Norma.” Av. 9

Além disso, consideram que o processo projetual, também está condicionado a falta de conhecimento de outras técnicas construtivas, as decisões dos clientes e até mesmo uma questão cultural da região. Diante disso, também foi relatado que a falta mão-de-obra especializada muitas vezes é o fator limitante ao processo de projeto, em decorrência de que esse fato possa encarecer o custo final do projeto.

“No Nordeste parece que as pessoas são mais fechadas ainda para essa questão de novas tecnologias. Av. 13

“Para mim a importância de ferramentas como essa é que de fato elas auxiliam ao projeto e gerem reflexão. “ Av. 9

“Porque os clientes têm dessa, todo mundo fez assim e deu certo então vou continuar fazendo desse jeito.” Av. 13

Quando se fala sobre a categoria de viabilidade, esta compõe maior variedade e recorrência das temáticas abordadas na pesquisa. Ao se tratar do tema normas, os participantes questionam se as normativas refletem a prática projetual e profissional. E por meio da utilização da ferramenta relatam o quanto estes índices normativos deveriam gerar revisões nos sistemas construtivos.

“É surpreendente que a norma implica em uma revisão dos sistemas construtivos e a repercussão disso hoje é zero.” Av. 9

As reflexões que envolvem o tema materiais, são citadas em todas as categorias, recomendações, dúvidas, dificuldades e facilidades. Estas giram em torno de que o processo

projetual, prática acadêmica e profissional ficam dependente do domínio de cada arquiteto projetista assim como de cada cliente. O que em muitos casos repercute que os arquitetos optem por estarem em sua zona de conveniência projetual.

“Precisamos extrapolar essa mesmice e essa barreira construtiva e tecnológica que a gente tem do mesmo tijolinho.” Av. 10

Cerca de 40% dos participantes declararam abertamente que integram questões de desempenho térmico de forma intuitiva, de acordo com sua prática profissional e acadêmica, sem o auxílio de ferramentas que apoie as decisões. Também surgiram consideração de que toda essa problemática poderá estar associada a falta de informações sobre novas tecnologias e sua aplicação no meio acadêmico.

“Salva o caso que você vai para algumas especificações aí você vai pesquisar mesmo ou se você tá com cliente que tem uma condição financeira melhor, mas fora isso não, trabalho de forma intuitiva mesmo.” Av. 3

“A gente precisa mudar os clientes ou a gente precisa mudar os arquitetos? A gente tem como mudar gerações já constituídas ou a gente tem que mudar na academia? Av.9

Outra reflexão importante, ainda considerando a viabilidade da ferramenta, é de que muitas decisões projetuais não consideram o desempenho como um todo do edifício. Afetando não apenas a performance do edifício, mas nas vidas cotidianas dos usuários.

“Eu acho que é a importância e a iniciativas como essa é de aproximar o projeto do usuário. Porque muitas vezes a gente fica no objeto da arquitetura e esquece que é uma pessoa quem vai usar.” Av. 2

“A maioria dos Arquitetos não se atentam para isso eles consideram apenas a estética.” Av. 11

“Não é somente pensar o material por si só e encerrar, mas é o que isso reflete se vai influenciar na estética, na economia, mas principalmente na vida de quem vai tá usando aquele ambiente todo dia.” Av. 2

Após toda o conjunto de questões diante as deficiências nas práticas projetuais, quando observamos a categoria de acessibilidade a maior recorrência se dá com o tema de ferramentas de auxílio ao projeto. Os arquitetos relatam que ferramentas com fácil manuseio, acessíveis e que não necessitem de um estudo aprofundando para gerar alternativas, podem facilitar a incorporação da avaliação de desempenho no processo projetual.

“Acho que quanto mais a gente tiver ferramentas para auxiliar a gente nessas questões técnicas, melhor.” Av. 6

Na figura 31, encontra-se também uma síntese das reflexões mais recorrentes nos grupos focais. Com destaque a deficiências nos processos projetuais, e sugerindo algumas causas deste recorrente problema com os edifícios da cidade.

Após a síntese completa dos resultados, o próximo capítulo discute a repercussão destes dados confrontados com o referencial teórico. Com a intenção de gerar reflexões principalmente a respeito da operação da ferramenta e as implicações no processo de projeto.

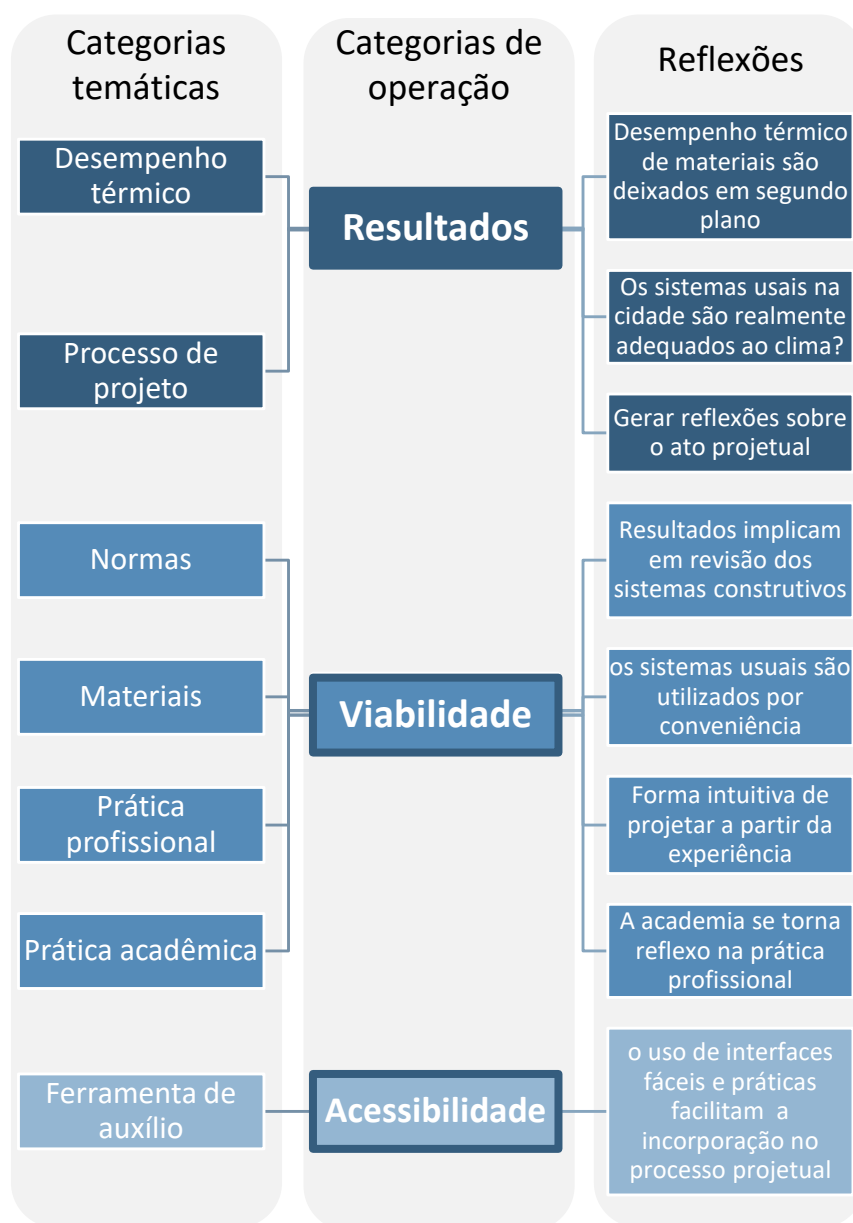


Figura 31: Infográfico da categoria reflexões. Fonte: Autora, 2018.

5. ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Passado a etapa de coleta e síntese dos resultados, faz-se presente discussões e análises dos dados. Toda discussão da pesquisa compreende os resultados a partir das categorias de viabilidade e aplicação da ferramenta, assim como a integração de ferramentas de auxílio no processo projetual considerando parâmetros normativos.

5.1. AVANÇOS NA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE AUXÍLIO E INDICADORES NORMATIVOS

Como visto na introdução desta pesquisa, estudos realizados com arquitetos na Austrália e em outras partes do mundo (Pedrini, 2003; Wilde, 2004 apud Lima, 2012) constataram que o uso de ferramentas de auxílio ao projeto não é facilmente incorporado ao processo projetual. A maioria destas pesquisas acima citadas bem como os resultados da presente dissertação, demonstram que os arquitetos se utilizam de sua experiência e conhecimentos prévios para tomar decisões no tocante a estratégias bioclimáticas.

Essa dificuldade é ocasionada porque, em muitos casos, faltam modelos nacionais, apresentam interfaces complexas, necessitam de prévio conhecimento técnico de determinados temas (os quais, muitas vezes não estão presentes na formação generalizada do arquiteto), assim como o tempo dedicado tanto para o domínio de manuseio como para simulação dessas ferramentas de hipóteses.

A complexidade das ferramentas existentes e a falta de programas nacionais são as principais causas da fraca disseminação desse tipo de tecnologia no Brasil. (MENDES et al., 2005 p. 59)

Em vista disso, o modelo apresentado é considerado pela grande maioria dos avaliadores, de fácil manuseio além de demonstrar uma interface amigável e de fácil compreensão. Além disso, os avaliadores em seu primeiro contato com a ferramenta, utilizaram um tempo médio para simulação de três sistemas construtivos (realizado no exercício de grupo focal) de 27

minutos. Ou seja, em um intervalo curto de tempo, houve a possibilidade e reflexão sobre escolhas de sistemas construtivos.

Outra questão também problematizada nos grupos focais, gira entorno do uso e aplicação das recomendações técnicas normativas brasileiras, com ênfase nas normas de desempenho térmico. E o resultado é que apenas as normativas obrigatórias são consultadas rotineiramente para a elaboração dos projetos, salvo alguns projetos onde as diretrizes projetuais estejam associadas a aplicação de alguma estratégia específica, por exemplo, telhado verde.

Ferramentas de simulação podem servir de suporte na aplicação de normas de eficiência energética e no projeto de edificações de alta eficiência. Para obtenção de bons resultados neste sentido, a prática de simulação deve estar incorporada na rotina de projeto dos escritórios de arquitetura e engenharia. (MENDES et al., 2005 pág.51)

A partir disso, a presente pesquisa utiliza-se destas questões para a viabilização do modelo aqui desenvolvido. Essa lacuna na prática projetual sugere novas possibilidades de incorporação de ferramentas de auxílio, considerando ainda que este modelo incorpora indicadores normativos. O que garante resultados apoiados em parâmetros técnicos e que devem ser utilizados no desenvolvimento do projeto.

Os resultados gerados pela simulação dos sistemas também sugerem uma revisão dos sistemas construtivos, usualmente utilizados nos edifícios da cidade de João Pessoa. Considerando que, a partir dos indicadores normativos esses sistemas não apresentam um desempenho adequado ao clima.

A ferramenta também serve de incentivo para aplicação da NBR 15.220, proporcionando os parâmetros indicados por ZB, facilitando consulta de desempenho térmico de materiais independentemente de onde o arquiteto projete no território brasileiro.

Em virtude de todos os pontos relatados, o modelo é considerado no geral, uma possibilidade viável de auxílio nas tomadas de decisões relacionadas ao projeto arquitetônico. Sua interface simplificada assim como o tempo reduzido de simulação facilitam a utilização nas primeiras fases do projeto.

5.2. REPERCUSSÃO NO ENSINO E NA PRÁTICA PROFISSIONAL

Como visto anteriormente, os resultados sugerem que o modelo é considerado factível como ferramenta para apoiar as decisões projetuais. Visto que esse tipo de ferramenta apresenta índices normativos, é sugerida sua utilização tanto em ambiente acadêmico como profissional.

O uso de simulação como parte do processo projetual busca melhorar a qualidade da informação usada para a tomada de decisões. A busca pelo suporte projetual quantitativo tem relação intrínseca com as ambições de desempenho. (LIMA, 2012, pág. 15)

A maior dificuldade relatada nos resultados da pesquisa se deu na temática sobre materialidade. A falta de domínio frente a incorporação de novos materiais e sistemas construtivos prejudica que os arquitetos projetem orientados ao desempenho.

Enquanto isso, Venâncio, 2007 sugere que o arquiteto deve ter conhecimento não apenas de estratégias quanto à forma, sombreamento e resfriamento, mas também precisa ter domínio sobre a influência dos materiais e as cores das fachadas, para alcançar um desempenho térmico adequado.

Lamberts, 1975, ainda acrescenta que o arquiteto não deve apenas ter entendimento sobre materiais, mas também o conhecimento do comportamento das propriedades térmicas.

A especificação dos materiais construtivos é uma das decisões que cabem ao arquiteto. Para isso, este profissional deve observar a transmitância térmica do fechamento desejado, pois isto representa seu desempenho em termos de trocas térmicas entre os ambientes internos e externos. (LAMBERTS et al., 1975, p. 267)

Esta problemática é relatada não apenas na prática profissional, mas sugere que isto ocorra devido à falta de orientação a essas questões em ambiente acadêmico. Visto que, disciplinas associadas a conforto térmico, materialidade e projeto estão na maioria das vezes desassociadas.

O ensino ainda segregado das disciplinas, citadas acima, não estimula a aplicação de conhecimentos prévios no ato projetual. Novas tecnologias, sistemas construtivos, e materiais devem ser compreendidos não apenas por questões estéticas, mas também pelo seu comportamento frente as decisões no projeto.

A fala de um arquiteto e professor universitário, participante da pesquisa, sugere isso, que apesar do esforço de alguns docentes, ainda que de maneira isolada, os próprios alunos recorrem a projetar em sua “zona de conforto”.

“Eu acho que falta jogar essa ideia e ter esse feedback para professores de projeto, para que eles pensem. Será que só tem essa maneira de construir? Porque hoje é mais fácil para um aluno de projeto fazer uma laje impermeabilizada, porque não sabe detalhar uma cobertura de madeira ou outro material e isso daí reflete na prática profissional. Isso é ridículo, não é porque não sei de uma coisa, ou não pesquisei ou até mesmo por não ver isso dentro da academia que não vou utilizar outras técnicas.” Av. 10

A partir disto, a ferramenta é considerada uma alternativa não apenas de avaliação do desempenho térmico de envoltórias, como também proporcionar entendimento da integração dos materiais e suas propriedades térmicas.

Com o intuito de facilitar essas questões no processo de projeto tanto no ambiente acadêmico, por meio de consultas de novos materiais como no ambiente profissional, facilitando as decisões técnicas junto ao cliente

5.3. DISCUTINDO OS OBJETIVOS E ATRIBUTOS DA FERRAMENTA

O objetivo geral da pesquisa consiste no desenvolvimento e avaliação da ferramenta de modelagem numérica com a intenção de analisar propriedades térmicas em sistemas de vedações verticais opacas. Para isso, optou-se por considerar indicadores da NBR 15.220/2005 e avaliar a performance da ferramenta a partir de grupos focais, com estudo de caso utilizando recomendações para Zona Bioclimática 8.

Observando este objetivo, a pesquisa atendeu as expectativas de viabilizar a análise de desempenho térmico, facilitando o processo de cálculo de propriedades térmicas associando-as aos indicadores da norma. O método de experimento planejado permitiu a evolução do modelo, considerando as avaliações e recomendações dos participantes que manusearam a ferramenta, até o alcance um modelo final.

Para atingir o objetivo geral, acima citado, um dos objetivos específicos foi a elaboração de um banco de dados com materiais construtivos e suas respectivas propriedades térmicas (Figura 32). Neste banco de dados os materiais são organizados por ordem alfabética e é por

meio deles que são extraídas as informações para as avaliações dos sistemas de vedações verticais simuladas no modelo.

Fonte	Material	VARIÁVEL		MEDIDO		CALCULADO								
		Espessura [m]	Absorvência [α]	Calor específico [c]	Densidade [ρ]	Condutividade Térmica (λ)	Resistência térmica do material	Resistência térmica interna	Resistência térmica externa	Resistência térmica ambiente a ambiente[RT]	Capacidade térmica (Q)	Transmissância Térmica [U]	Atraso térmico (θ)	Fator de ganho solar [%]
NBR 15220	nenhum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NBR 15220	Isolante Aglomerado de fibras de madeira (denso)	0,01	0,12	2,3	1000	0,2	0,05	0,13	0,04	0,05	23	20,00	0,78	9,60
NBR 15220	Isolante Aglomerado de fibras de madeira (leve)	0,03	0,3	2,3	250	0,058	0,52	0,13	0,04	0,69	17,25	1,46	2,51	1,75

Figura 32: Interface do banco de dados. Fonte: Autora, 2018.

Considerando isto, o banco de dados além de ser a base das informações e cálculos da ferramenta, também se torna uma plataforma de consulta de materiais. Nele estão inclusas informações de materiais extraídas da NBR 15.220; Corbella, 2015; Minke, 2001, e também há a possibilidade de incorporação de novos materiais.

O segundo objetivo específico, se relaciona com o objetivo geral, que é o desenvolvimento da ferramenta de modelagem numérica, que avalia o desempenho térmico a partir de decisões projetuais da envoltória do edifício. A ferramenta foi elaborada e submetida ao processo de avaliação.

Outro objetivo específico alcançado foi a avaliação da ferramenta quanto sua operação e manuseio. Também considerada uma etapa do método de desenvolvimento, este objetivo foi adaptado no decorrer da pesquisa. Onde, inicialmente o objetivo seria uma coleta de dados quantitativa passou a ser uma coleta qualitativa, por meio de grupos focais.

O grupo focal agregou a análise um caráter de avaliação prática, já que esta técnica é muito utilizada pelo mercado e centros de pesquisas no desenvolvimento de programas e produtos, além de não interferir nas etapas do método da pesquisa.

O último objetivo específico se refere ao desenvolvimento de relatório infográfico como forma de resultados, a partir de uma análise simplificada de sistemas de envoltórias, de forma a integrá-lo ao processo de projeto. Este relatório consiste no painel de resultados da ferramenta (ver figura 33).

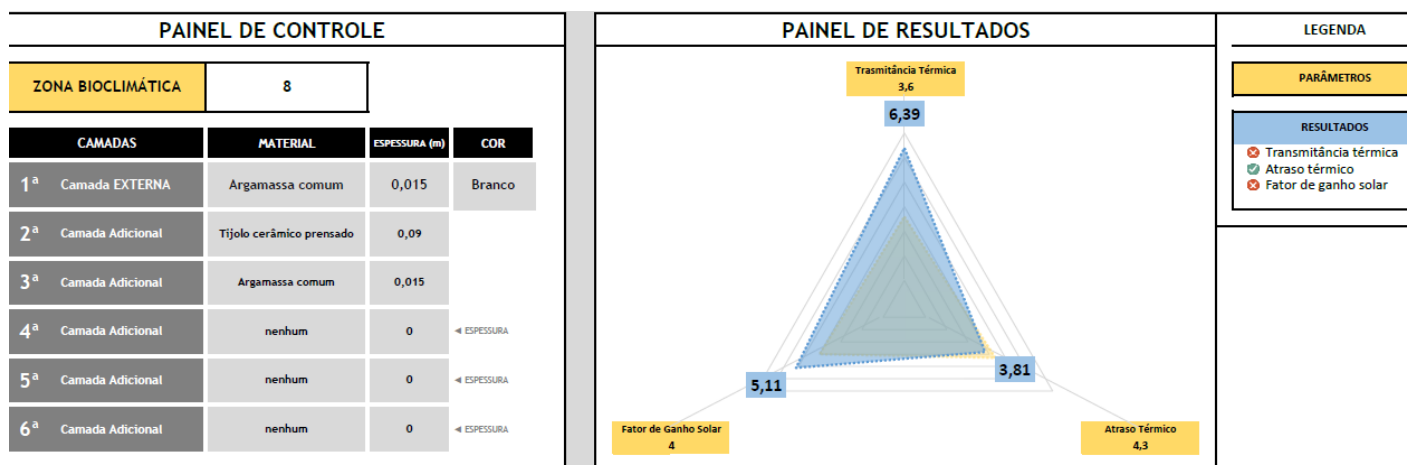


Figura 33: Simulação de sistema com tijolo cerâmico. Fonte: Autora, 2018.

A ideia é que cada usuário, possa usar esse infográfico para apoiar decisões acerca da materialidade do projeto arquitetônico. Por exemplo, para a ZB 8 a figura 33 mostra o comportamento térmico com tijolo cerâmico prensado, enquanto que a figura 34 apresenta o comportamento térmico do sistema com o bloco de terra, para a mesma zona. Viabilizando o processo de escolha de materiais, quando se é necessário a sua compreensão quanto ao comportamento térmico.

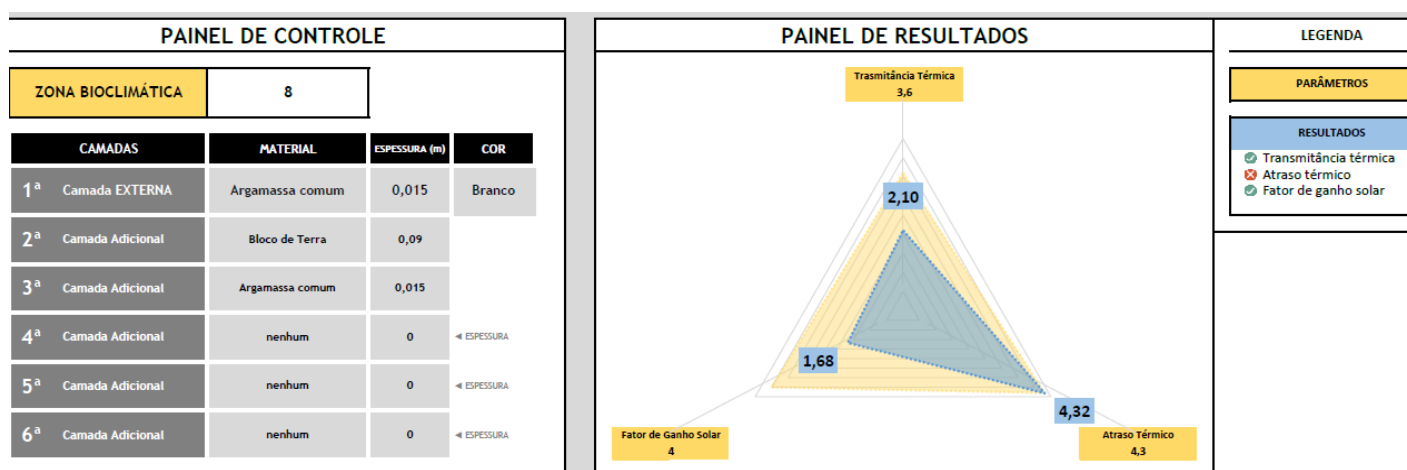


Figura 34: Simulação de sistema com bloco de terra. Fonte: Autora, 2018.

Além disso, o arquiteto também pode viabilizar o processo de projeto em outras regiões, utilizando-se da ferramenta para auxiliar sua proposta de projeto. Por exemplo, um arquiteto que reside em João Pessoa – PB (ZB 8), é solicitado para projetar na cidade de Cajazeiras –PB (ZB 7), apesar de estarem no mesmo estado, as cidades estão em ZB diferenciadas.

Vejamos na figura 35, o mesmo sistema simulado na figura 34, porém com as recomendações para a ZB 7. Pode-se observar que esse sistema atende a todos os parâmetros normativos para a ZB 7 e apenas dois parâmetros na ZB 8.

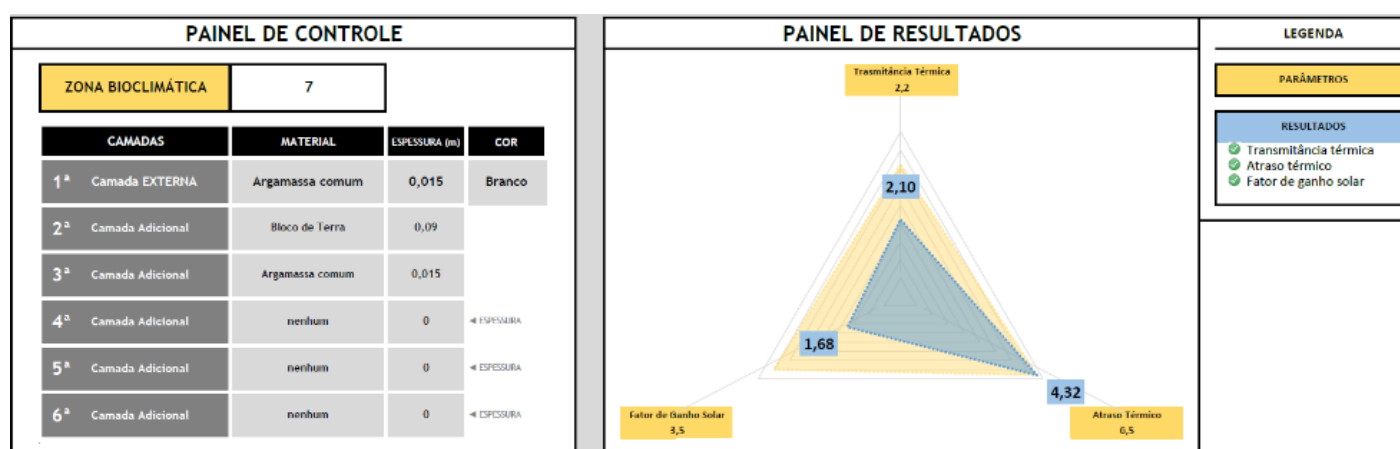


Figura 35: Simulação de sistema com bloco de terra com recomendações ZB 7. Fonte: Autora, 2018.

Esse recurso da ferramenta, possibilita o entendimento do comportamento do mesmo sistema em variadas zonas. Com recurso rápido e de fácil manuseio, possibilitando aos arquitetos uso ou descarte de sistemas construtivos de acordo com os resultados gerados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desta pesquisa consistiu em desenvolver uma ferramenta de avaliação de desempenho térmico de envoltórias com a finalidade de apoiar decisões no projeto arquitetônico, considerando parâmetros normativos.

A ferramenta possibilita a integração de decisões projetuais baseadas em índices normativos, onde não necessariamente o projetista necessite leitura integral da NBR 15.220, ou realize os cálculos manualmente para a avaliação de desempenho térmico. A partir de 3 decisões como materialidade, espessura e cor, o usuário obterá um relatório infográfico como forma de resultados a partir de uma análise simplificada de sistemas de envoltórias, de forma a integrá-lo ao processo de projeto.

Vale salientar que as recomendações utilizadas da NBR 15.220/2005, foram incorporadas na ferramenta no ano de 2016 e que esta norma está em constante revisão. Até a finalização da pesquisa não foi apresentada a nova versão da norma. O que indica que com sua revisão futura, a ferramenta também sofra alterações nos indicadores.

Após as análises de dados e considerando as recomendações recorrentes nos resultados, assim como sua importância para a etapa de confirmação do modelo, estas sugestões foram acatadas em sua maioria.

Quanto a usabilidade, será anexado um protocolo de uso da ferramenta, em uma aba no Excel antes do acesso a interface inicial da ferramenta. Para facilitar o manuseio e o entendimento acerca das propriedades térmicas e suas implicações a partir das decisões projetuais.

Quanto a viabilidade, a ferramenta possui agora opção para seleção de ZB, contemplando as 8 zonas presentes na NBR15.220 e seus indicadores. Contudo, a versão WEB da ferramenta

não foi possível ser executada, até a presente entrega desta dissertação, por falta de domínio ao tema de programação, limitando o acesso da ferramenta a outros estudantes e arquitetos.

Quanto aos resultados, não foram aderidas as recomendações de sistemas mais usuais, pelo fato de a ferramenta apresentar limitação na avaliação de sistemas apenas com materiais homogêneos. Ou seja, tijolo cerâmico com 8 furos, configura-se material heterogêneo, por apresentar a cerâmica e o ar.

Quanto implementação de espessuras padrões dos materiais, também limitação da ferramenta, não foi solucionada devido a demanda de materiais e fabricantes. Visualizando ainda as recomendações, observa-se que as demais categorias que não são citadas nas falas como interface e acessibilidade, apresentam-se de forma satisfatória. E que o fato da ferramenta está hospedado em Excel não foi considerado uma dificuldade para o manuseio.

Considerando a viabilidade e usabilidade do modelo, ele se apresenta favorável a aplicação no processo de projeto. O fácil manuseio, interface simples e o tempo reduzido para simulações sugerem uma aplicação as primeiras etapas do projeto arquitetônico.

A ferramenta também visa estimular, a aplicação projetual de parâmetros das normas como mínimos para o desempenho do edifício. Onde o projetista, tem a possibilidade de começar o projeto a partir de decisões acertadas com soluções de natureza técnica.

Também é sugerida a aplicação da ferramenta em ambiente acadêmico, tanto em disciplinas de projeto como de conforto ambiental, aproximando as recomendações normativas de desempenho da prática projetual.

O ato projetual, em suas variadas fases, necessita de decisões acertadas acerca dos temas que englobam o universo complexo da arquitetura. Condicionantes climáticas, estratégias bioclimáticas, eficiência energética, desempenho do edifício, entre outras variáveis, podem parecer difíceis quando precisa ser aplicado ao projeto. O arquiteto, por sua vez, tem a responsabilidade de integrar todas essas, e outras, variáveis ao projeto.

Porém, sua formação generalizada, sugere que este profissional ainda esteja aquém de incorporar esses conceitos na prática. O projeto orientado ao desempenho não deveria ser

desenvolvido apenas por um especialista, mas sim por todos os arquitetos, que assumem o compromisso com o usuário, por meio de um projeto de qualidade.

O adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia. (CBIC, 2013)

As ferramentas de suporte ao projeto arquitetônico, precisam agilizar e facilitar o processo de integração dessas avaliações de desempenho ao projeto. Utilizadas como recursos técnicos e de apoio a decisões podem influenciar a qualidade projetual de maneira quantitativa.

Por fim, acredita-se que o modelo aqui desenvolvido dá suporte projetual quantitativo ao estudante ou arquiteto que deseja um projeto orientado ao desempenho. Além de facilitar a aplicação de índices normativos para o alcance da melhor performance térmica do edifício.

Para pesquisas futuras são sugeridos os presentes temas:

- Avaliação de sistemas de envoltórias com materiais heterogêneos;
- Versão WEB da ferramenta, com a associação de outros centros de pesquisas do Nordeste e Brasil, tanto para a alimentação do banco de dados, quanto para entender a recorrência de sistemas construtivos por zonas bioclimáticas;
- Ampliação do banco de dados de materiais, incorporando espessuras padrões e novos materiais;
- Avaliação de sistemas de coberturas, visto que ocorreriam modificações apenas na memória de cálculo, podendo se utilizar da mesma interface;
- Aplicação de outros parâmetros de desempenho com indicadores numéricos, como desempenho acústico e lumínico;

7. REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações. *Parte 1: Definições, símbolos e unidades*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 8 p.

_____. NBR 15220-2: *Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 30 p.

_____. NBR 15220-3: *Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 30 p.

_____. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 70 p.

_____. NBR 6492: Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 27p.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BANSAL, N. K.; GARG, S. N.; KOTHARI, S. *Effect of exterior surface colour on the termal performance of buildings*. Building and Environment, v. 27, p. 31-37, 1992.

BALDASSO, Paulo César Perez. *A Norma de Desempenho de Edificações e seu Impacto na Cadeia Produtiva da Construção Civil Brasileira*. In: Conferência Internacional de Lares: Real States e os Efeitos da Crise Financeira, 2009, São Paulo, Anais... São Paulo, 2009.

BORGES, C.A.M.; SABATTINI, F.H. *O Conceito de Desempenho de edificações e a sua importância para o setor da Construção Civil no Brasil*. Boletim Técnico da USP. (BT/PCC/515), São Paulo: UPUSP, 2008.

CAREGNATO, R. C. A.; MUTTI, R. M. V. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. *Texto & Contexto*. v. 15, p. 679-684, 2006.

CHENG, V.; NG, E.; GIVONI, B. *Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate*. Solar Energy, 78 2005. 528-534, 2005.

CORBELLA, O. e YANNAS, S. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editorial Revan, 2003.

CORBELLA, O. CORNER, V. *Manual de arquitetura bioclimática tropical*. 1ªed. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2015.

DORNELLES, Kelen Almeida. *Absortância Solar De Superfícies Opacas: Métodos De Determinação E Base De Dados Para Tintas Látex Acrílica E Pva*. Tese De Doutorado. Universidade Estadual De Campinas, 2008.

DORNELLES, K. A.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P. *Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo*. Paranoá, Brasília, no 12, p. 55-64, 2014.

EDWARDS, Brian. *O guia básico para a sustentabilidade*. 1ª edição, Editora Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2013.

ECHENIQUE, Marcial. *Modelos: uma discusión*. In: *La estructura del espacio urbano*. Editora Gustavo Gili,, Barcelona, 1975.

FROTA, A. e SCHIFFER, S. *Manual de conforto térmico*. 5th ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007.

GONDIM, S. M. G. Grupos Focais como Técnica de Investigação Qualitativa: Desafios Metodológicos. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, Ribeirão Preto, v. 12, n.24, p. 149-162, 2002.

HAGEMANN, S. E. *Apostila de Materiais de Construção Básicos*. Produzido pela Equipe de Produção de Material Didático da Universidade Aberta do Brasil do Instituto Federal Sul-rio-grandense, 2012.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW, 1997.

LEVINSON, R.; AKBARI, H. ; REILLY, J. C. *Cooler tile-roofed buildings with near infrared-reflective non-white coatings*. *Building and Environment* v. 42, n.7, p. 2591 a 2605, 2007a.

LIMA, Raoni Venâncio. *Modos projetuais de simulação: uso de ferramentas de simulação térmica no processo projetual de arquitetura*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura, 2012. 256 f.: il.
MASCARÓ, Juan Luis. *O custo das decisões arquitetônicas*. 5ªedição. Porto Alegre, Masquatro Editora, 2010.

MAZZAFERRO, Leonardo. *Análise das recomendações da ASHRAE standard 90.1 para a envoltória de edificações comerciais*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2015.

MENDES, N., Wesphal, F., LAMBERTS, R. e NETO, J. *Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, (ISSN 1415-8876), pág. 47-68, out./dez. 2005.

MONTGOMERY, Douglas C. RUNGER, George C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 4ª edição. Editora LTC, 2009.

MULHALL, C.; AYNLEY, R. *Solar absorptance and uninsulated houses in the humid tropics*. In: Conference On Passive And Low Energy Architecture, 16., Brisbane, 1999.

OLIVEIRA, Luciana Oliveira; MITIDIERI FILHO, Cláudio Vicente. *O Projeto de Edifícios Habitacionais considerando a Norma Brasileira de Desempenho: análise aplicada para as vedações verticais*. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v.7, n.1, p.90-100, mai. 2012.

QUIVY, R. & CAMPENHOUDT, L. *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. 4 ed., Lisboa: Gradiva, 2008.

RIVERO, R. *Arquitetura e clima*. 2ª ed. Porto Alegre (RS): DC Luzzatto Editores, 1986.

RAUBER, Felipe Claus. *Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural*. 2005. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SERRA, Geraldo G. *Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação*. 1 ed. São Paulo: Editora Mandarim, 2006.

VENÂNCIO, R. *A influência de decisões arquitetônicas na eficiência energética do Campus/UFRN - vol.1*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2007. 221 p.

8. Apêndices

8.1. Apêndice 1: exercício de estudo piloto e protocolo de uso FERRAMENTA DE MODELAGEM NUMÉRICA PARA AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE ENVOLTÓRIAS SEGUNDO A NORMATIVA BRASILEIRA

A presente pesquisa propõe uma ferramenta para decisões iniciais de projeto de envoltórias verticais opacas (paredes) a partir do desempenho térmico normativo brasileiro (NBR 15220). Esta ferramenta consiste em um modelo numérico que por intermédio de uma interface simples, considera que a cor e a espessura dos materiais são fatores de influência para a análise do desempenho térmico do sistema. Com a finalidade de auxiliar o projetista na integração de estratégias projetuais à condicionantes de desempenho térmico impostas pela normativa.

EXERCÍCIO DE ESTUDO PILOTO

O exercício consiste na seleção de 2 tipos de sistema construtivo para envoltórias de um projeto fictício ou não, onde o procedimento de escolha de cada sistema deve seguir o protocolo de uso encontrado abaixo.

Bem como o usuário deve anotar na folha de questionário o horário de início e fim para cada procedimento

PROTOCOLO DE USO

1º PASSO: Definição do número de camadas do sistema de envoltórias. Por exemplo, o sistema convencional em alvenaria de cerâmica possui três camadas, reboco-tijolo-reboco.

2º PASSO: Definição dos materiais de cada camada do sistema.

3º PASSO: Definição das espessuras de cada camada do sistema.

4º PASSO: Definição da cor da face externa (que terá contato com a radiação solar) do sistema.

Após esses quatro passos, o resultado do comportamento térmico do sistema será visualizado em um gráfico tipo bolha, onde, **se o sistema estiver adequado aos parâmetros de desempenho térmico, estará dentro dos limites (linhas de chamada em vermelho) na área inferior esquerda do gráfico.** Quando o sistema não atende a normativa a bolha estará fora dos limites pré-determinados. Para auxiliar na leitura do resultado na parte posterior ao gráfico constará uma legenda com o valor de cada propriedade avaliada, onde se estiver verde atende aos parâmetros normativos, porém se estiver em vermelho não atende a estes parâmetros.

5º PASSO: Gerar PDF do sistema escolhido. Nomeando: ESTUDO PILOTO01_SEU NOME01

6º PASSO: Identificar qual propriedade está fora do parâmetro e a partir dela começar as modificações.

Se o Atraso Térmico estiver acima do parâmetro, o usuário deve ir à aba CLASSIF. ATRASO, e selecionar materiais com baixa condutividade térmica. Sabendo que a condutividade térmica influencia no tempo de passagem do calor para o ambiente interno.

Se o Fator de Ganho solar estiver acima do parâmetro, o usuário deve ir à aba CLASSIF. FATOR, e selecionar materiais com baixa absorptância térmica.

Se a Transmitância térmica estiver acima do parâmetro, o usuário deve ir à aba CLASSIF. TRANSMITANCIA, e selecionar materiais com menor transmitância térmica. Com isso, o usuário pode personalizar seu sistema e adequá-lo aos indicadores normativos.

7º PASSO: Após as adequações necessárias para o atendimento dos parâmetros, o usuário deve gerar novamente um PDF nomeado por: ESTUDO

PILOTO01_SEU NOME01_ADEQUADO.

TEMPO DE USO DA FERRAMENTA	
SISTEMA 01	
Horário de início: _____	Horário Final: _____
SISTEMA 02	
Horário de início: _____	Horário Final: _____

8.2. Apêndice 2: questionário de avaliação de uso ferramenta de modelagem numérica

Idade: _____

Formação: _____ Ano de formação: _____

1. Qual o Nível de Compreensão dos resultados gerados pela ferramenta?

() Ótimo () Bom () Neutro () Ruim () Péssimo

2. Considerando os resultados gerados, esta ferramenta te ajudaria em decisões iniciais de projeto de arquitetura?

() Certamente sim () Provavelmente sim () Neutro

() Provavelmente não () Certamente não

3. Considerando que esta ferramenta apoia decisões iniciais de projeto de arquitetura, se esta estivesse ao seu dispor você usaria?

() Certamente sim () Provavelmente sim () Neutro

() Provavelmente não () Certamente não

4. Descreva os pontos negativos e dificuldades

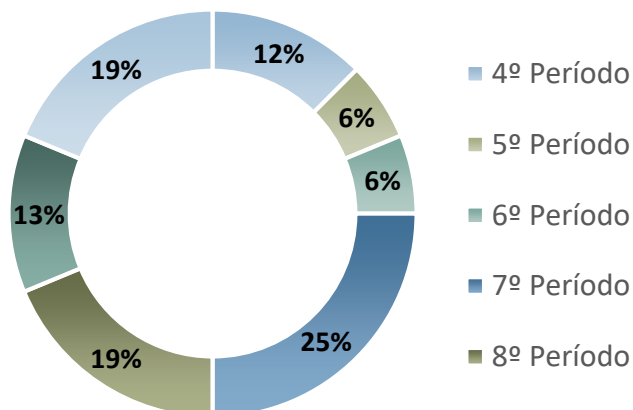
5. Descreva os pontos positivos desta ferramenta

6. Descreva recomendações para o aprimoramento da ferramenta

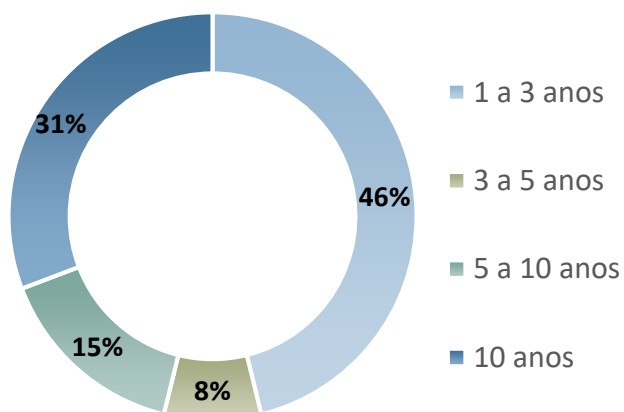
8.3. Apêndice 3: Resultados da segunda coleta de dados

As perguntas foram aplicadas por igual, com estudantes e arquitetos, diferenciando apenas a questão para estudantes em qual período se encontra e para arquitetos, quantos anos de formação acadêmica.

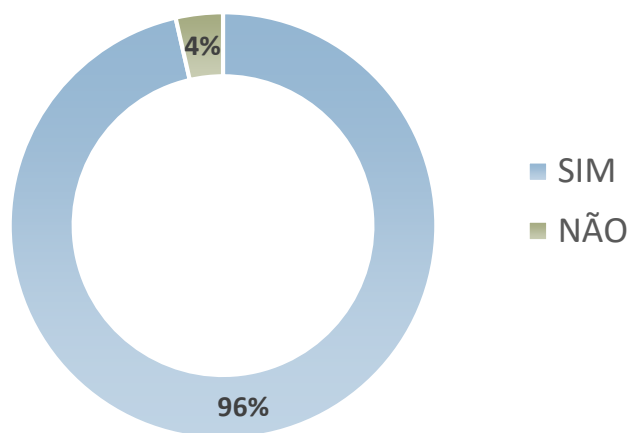
Qual período você estuda atualmente?



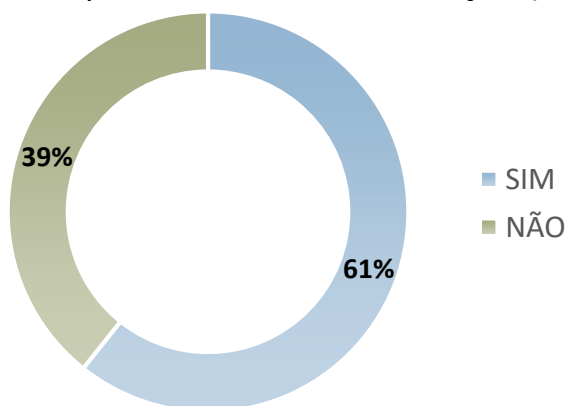
Quantos anos de formação acadêmica?



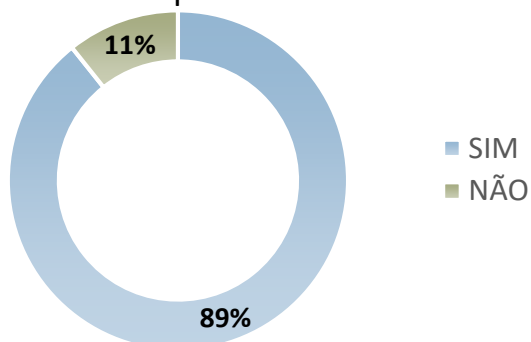
Você sabe o que é desempenho térmico?



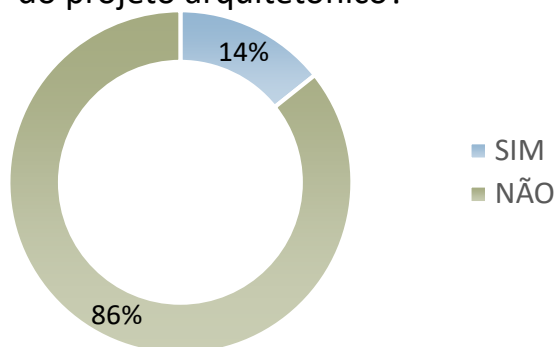
Você conhece a norma NBR 15.220
(Desempenho térmico de edificações)?



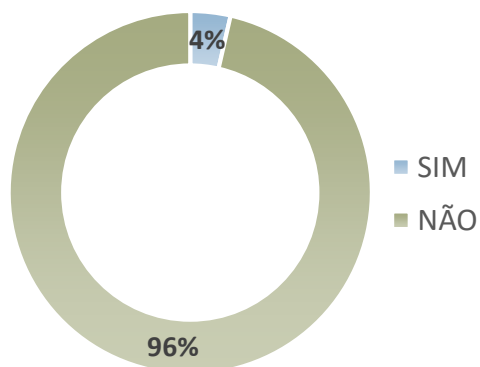
Você sabe qual impacto a avaliação do desempenho térmico provoca no projeto arquitetônico?



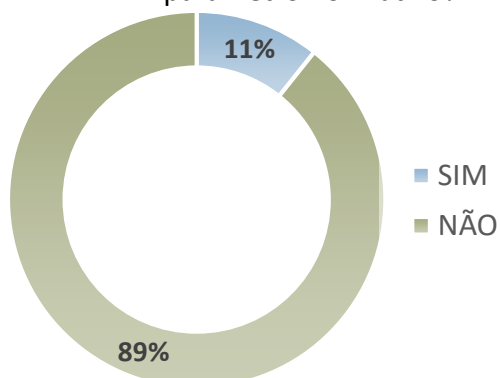
Você utiliza os índices de desempenho térmico da NBR 15.220 no desenvolvimento do projeto arquitetônico?



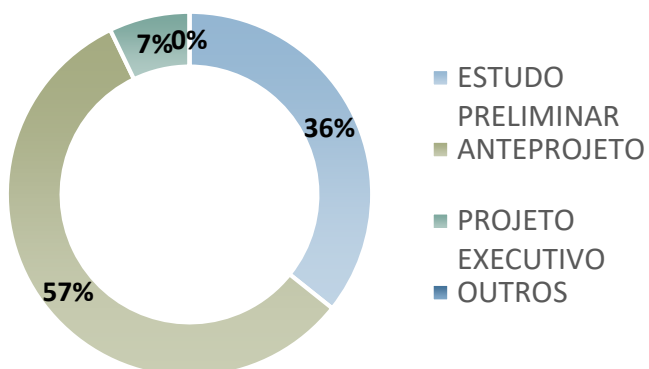
Se você utiliza os índices da NBR 15.220 para a avaliação do desempenho térmico, sabe como calcular estes índices ?



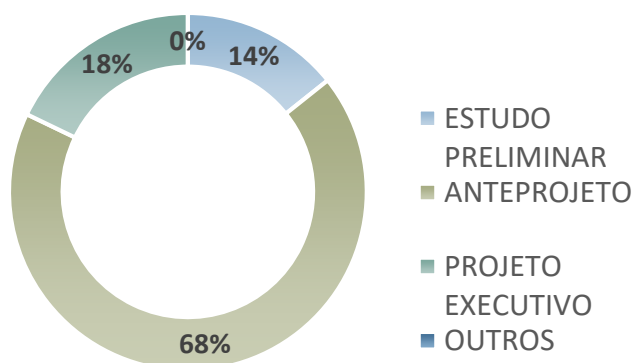
Há alguma ferramenta que você utilize para realizar o cálculo de desempenho térmico com parâmetro normativo?



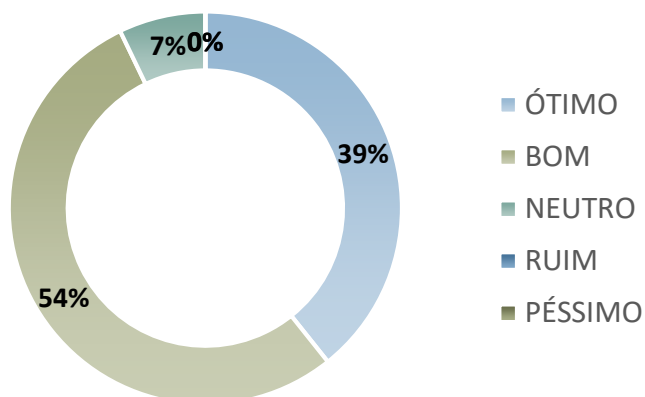
Qual etapa do processo de projeto você realiza a avaliação do desempenho térmico de envoltórias (paredes)?



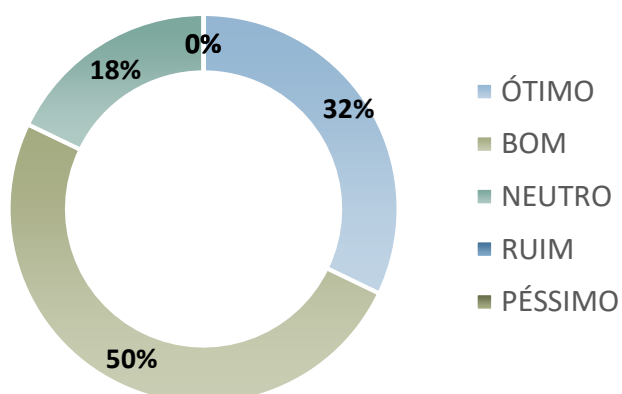
Qual etapa do processo de projeto você realiza a escolha da cor das paredes externas?



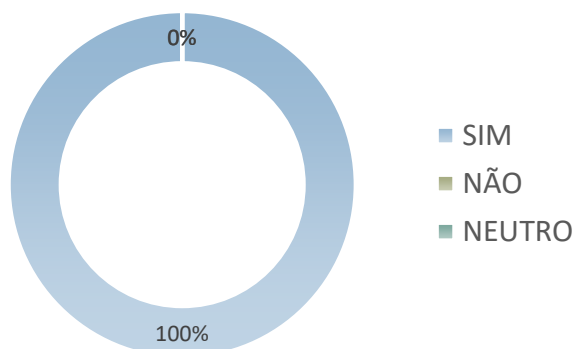
Como você classifica o nível de clareza dos resultados da ferramenta?



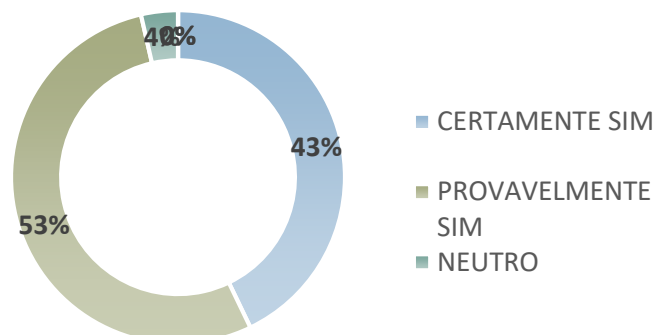
Como você classifica o manuseio da ferramenta?



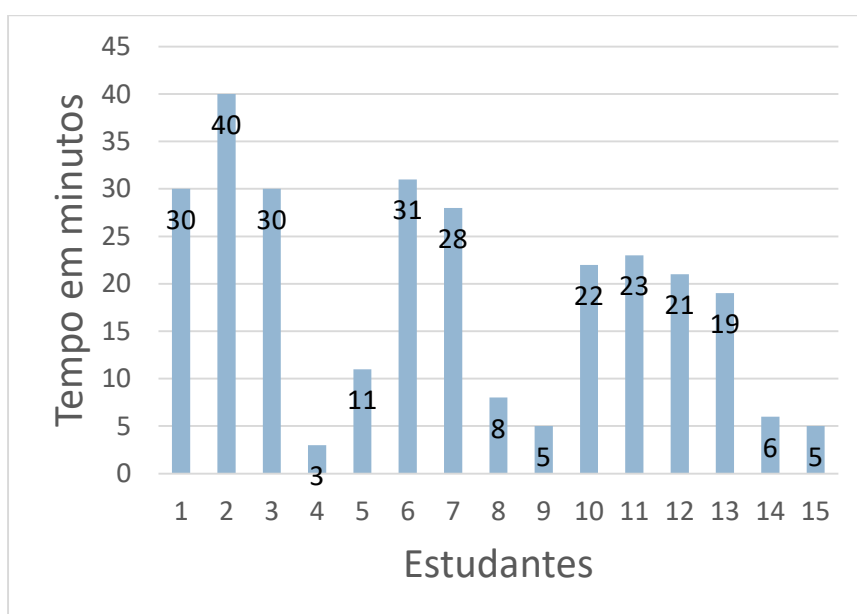
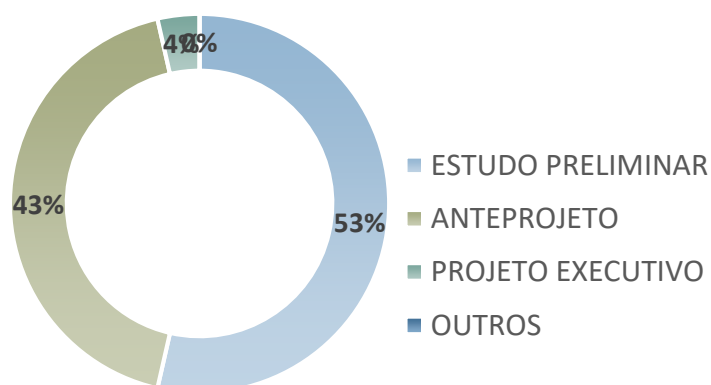
Considerando os resultados gerados, Você compreende como a escolha de materiais e cor da envoltória podem refletir no desempenho térmico do edifício?

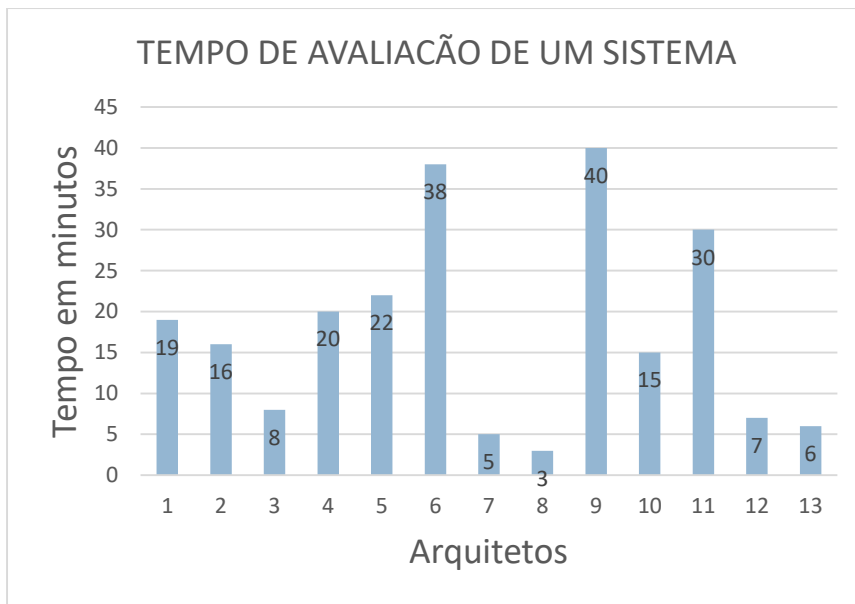


Considerando que esta ferramenta relaciona a avaliação do desempenho térmico com decisões projetuais, se esta estivesse ao seu dispor você utilizaria?



Você utilizaria a ferramenta em qual etapa do processo de projeto?





8.4. Apêndice 4: Exercício aplicado nos grupos focais

Exercício de Grupo Focal

Notas: O sistema deve ser iniciado pelo preenchimento dos dados da camada externa. Caso o sistema apresente apenas uma camada, apenas a camada externa deve ser preenchida. Caso o sistema apresente duas camadas, deve ser preenchida a camada externa mais a camada abaixo desta e assim sucessivamente.

Hora de início: _____

1. Simular parede de concreto maciço sem pintura, com espessura de 0,5 m e pintada com caiação nova.

Anote as propriedades térmicas simuladas:

Atraso Térmico: _____ Transmitância Térmica: _____ Fator de Ganho Solar: _____

Esta parede está de acordo com a norma? SIM () NÃO ()

2. Simular parede de tijolos cerâmico prensados com argamassa comum em ambos os lados e pintada com caiação nova. Espessura do tijolo: 0,9 m. Espessura da argamassa 0,25 m de cada lado. Espessura total da parede: 0,14 m

Anote as propriedades térmicas simuladas:

Atraso Térmico: _____ Transmitância Térmica: _____ Fator de Ganho Solar: _____

Esta parede está de acordo com a norma? SIM () NÃO ()

3. Escolha a primeira ou a segunda parede e tente adequar todas as propriedades térmicas.

Salve em PDF a simulação desse sistema.

Hora de término: _____