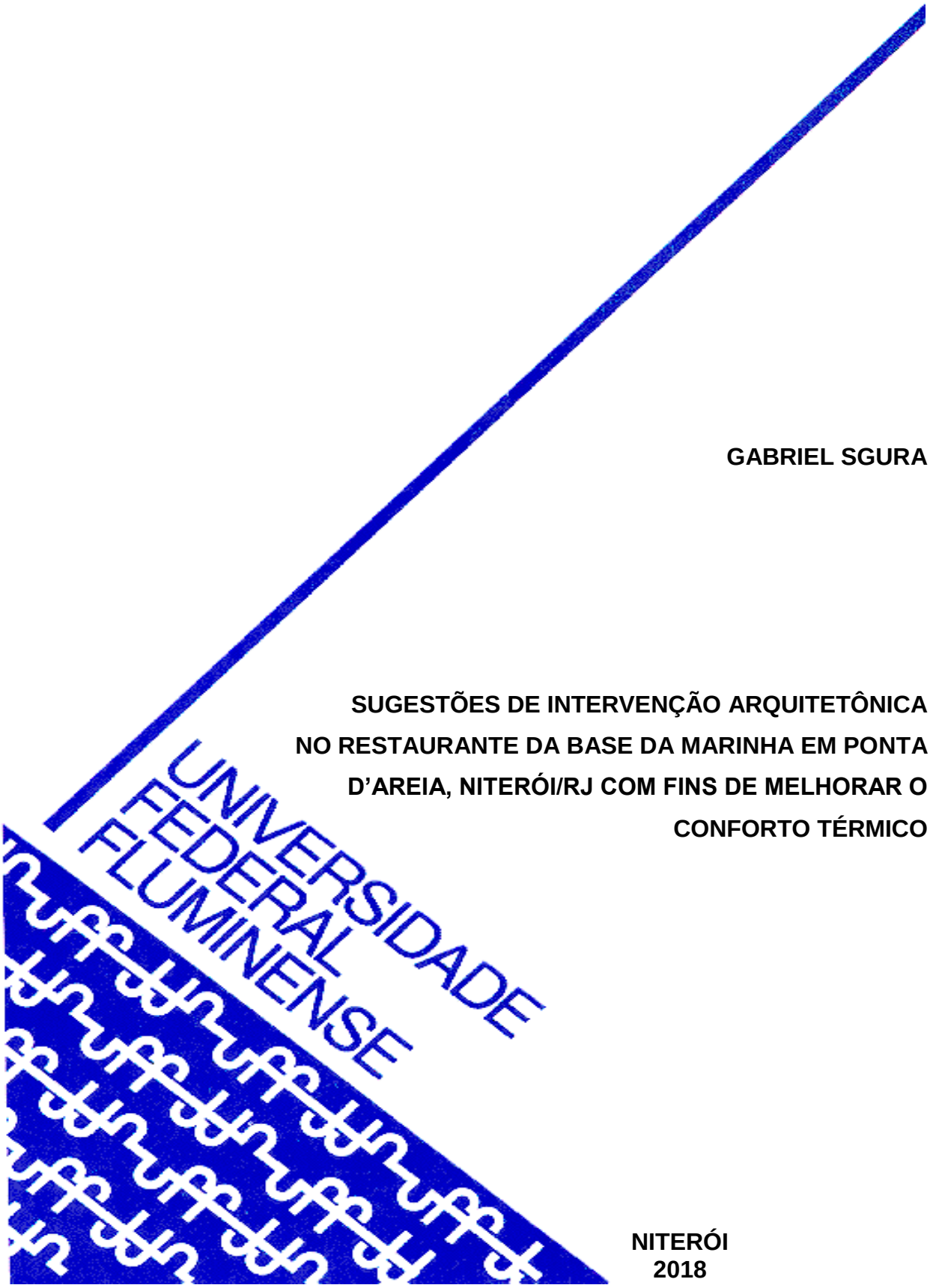
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E MEIO AMBIENTE
ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E DO MEIO AMBIENTE



GABRIEL SGURA

SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO ARQUITETÔNICA NO RESTAURANTE DA BASE DA MARINHA EM PONTA D'AREIA, NITERÓI/RJ COM FINS DE MELHORAR O CONFORTO TÉRMICO

NITERÓI
2018

GABRIEL SGURA

SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO ARQUITETÔNICA NO RESTAURANTE DA BASE DA MARINHA EM PONTA D'AREIA, NITERÓI/RJ COM FINS DE MELHORAR O CONFORTO TÉRMICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio ambiente, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador:
Prof. Dr. Marcos Alexandre Teixeira

NITERÓI
2018

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

-------- Sgura, Gabriel
Sugestões de intervenção arquitetônica no restaurante da base da marinha em ponta d'areia, Niterói/RJ com fins de melhorar o conforto térmico, Niterói/RJ / Gabriel Sgura; Marcos Alexandre Teixeira, orientador, Niterói, 2018.
35 fl. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente) - Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Niterói, 2018.

1. Conforto ambiental. 2. Modelo arquitetônico. 3. Produção intelectual. I. Título II. Teixeira, Marcos Alexandre, orientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente.

CDD

Bibliotecária responsável: Fabiana Menezes Santos da Silva - CRB7/5274

GABRIEL SGURA

SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO ARQUITETÔNICA NO RESTAURANTE DA BASE DA MARINHA EM PONTA D'AREIA, NITERÓI/RJ COM FINS DE MELHORAR O CONFORTO TÉRMICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio ambiente, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 10 de Julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marcos Alexandre Teixeira, DSCc. - UFF.

Profª Daiane Cecchin, DSc – UFF

Prof. Ricardo Abranches Felix Cardoso Júnior, DSc – UFF

NITERÓI

2018

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos que acordam cedo para mudar o mundo.

AGRADECIMENTOS

À minha família, que longe ou perto, sempre esteve ao meu lado.

Aos meus amigos da UFF, que me ensinaram a tomar decisões e me impulsionaram pelo caminho.

Aos meus amigos das quartas, que me ensinaram o real poder da construção de hábitos.

Aos meus amigos da escola, que me ensinaram que às vezes é importante voltar a ser criança.

Aos meus amigos do trabalho, que me ensinaram que não há limites para o que podemos alcançar.

Aos professores, que me ensinaram a desconstruir informação, e construir conhecimento.

Ao trabalho, que me ensinou que a vida real é dura, mas vale a pena.

"I could either watch it happen or be a part of it."

Elon Musk

RESUMO

Numa edificação, um dos consumos de energia pode estar diretamente relacionado com o seu nível de conforto térmico. Em termos de arquitetura e metodologias passivas de controle de condições do ambiente, é possível alinhar otimização de recursos energéticos e manutenção do conforto térmico com um menor consumo energético. No presente trabalho, foi utilizado uma maquete eletrônica, associado ao programa Domus (Procel Edifica), do restaurante da Base de Hidrografia da Marinha do município de Niterói, RJ, para entender como mudanças construtivas poderiam afetam o conforto térmico do mesmo. Para isso, foram utilizados dados fornecidos pela Marinha, como a planta baixa do edifício, como dados climáticos e parâmetros construtivos de normas. O resultado foi a comparação entre o modelo que representa a edificação em sua configuração atual e o modelo que aplica as mudanças propostas por outras bibliografias para melhorar o conforto térmico tais como: ventilação natural, inércia térmica e sombreamento de aberturas. Foi constatado que essas mudanças levaram a uma melhora no conforto térmico da edificação.

PALAVRAS – CHAVE: Eficiência Energética, Envoltória, Modelagem.

ABSTRACT

In the building, one of the energy consumptions is dedicated to secure thermal comfort for its users. It is possible to, by means of passive methodologies to control environmental conditions, secure thermal comfort with lower energy consumption. In the present work, an electronic model, associated within the program Domus (Procel Edifica), of the restaurant of the Navy's Base of Hydrography in the city of Niterói, RJ, to understand how constructive changes could affect the building thermal comfort. For this, data provided by the Navy were used, such as the floor plan of the building, as climatic data and constructive standards parameters. The result was the comparison between the model that represents the building in its current configuration and the model that applies the changes proposed by other bibliographies to improve thermal comfort such as: natural ventilation thermal inertia, and shadowing of opening. It was found that these changes lead to a better thermal comfort performance.

KEY WORDS: Energy Efficiency, Envelope, Model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação de PPD e PMV - Fonte: ISO 7730 de 2005.....15

Figura 2 - Ventilação Natural – Fonte: Projeteee 17

Figura 3 - Velas de Sombra em Sevilha - Fonte: <vivensevilla.wordpress.com>.....18

Figura 4 - Estratégias de condicionamento térmico passivo - Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2005).....20

Figura 5 - Carta Bioclimática de Givoni gerada pelo Analysis BIO.....22

Figura 6 - Elementos construtivos das fachadas após a alteração 24

Figura 7 – Elementos construtivos das coberturas após alteração 25

Figura 8 - Modelo com brises horizontais instalados.....26

Figura 9 - Deltas de PMV antes e depois das alterações.....31

Figura 10 - Deltas de PPD das zonas 1 e 3 31

LISTA DE QUADROS OU TABELAS

Tabela 1 - Escala de sensação térmica - Fonte: ISO 7730/2005 (Tradução livre) 14

Tabela 3 - Resultados da zona 1 após as modificações 28

Tabela 4 - Comparação de PMV antes e depois das modificações (zona 1) 28

Tabela 5 - Comparação de PPD antes e depois das modificações (zona 1) 28

Tabela 6 - Resultados da zona 3 antes das modificações 29

Tabela 7 - Resultados da zona 3 após as modificações 29

Tabela 8 - Comparação de PMV antes e depois das modificações (zona 3) 30

Tabela 9 - Comparação de PPD antes e depois das modificações (zona 3) 30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 OBJETIVOS 13

2.1 OBJETIVO GERAL 13

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14

3.1 CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES 14

3.2 METODOLOGIAS DE MELHORIA DE CONFORTO TÉRMICO 16

3.2.1 Ventilação Natural 16

3.2.2 Sombreamento 17

3.2.3 Inercia térmica 18

4 MATERIAL E MÉTODOS 20

1.1 IDENTIFICAÇÃO DE MELHORES PRÁTICAS PARA O RESTAURANTE 20

4.1.1 Zona Bioclimática 20

4.1.2 Carta Bioclimática de Givoni 20

4.2 AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO RESTAURANTE DA BMNH 23

1.2 ADAPTAÇÕES NO MODELO 23

1.3 MUDANÇAS PROPOSTAS 23

4.2.1 Camadas construtivas 24

4.2.2 Aberturas 25

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 27

5.1 CONFORTO TÉRMICO DO RESTAURANTE DA BHMN 27

5.1.1 Refeitório dos Sargentos (Zona 1) 27

5.1.2 Refeitório dos Cabos e Marinheiros (zona 3) 29

6 CONCLUSÕES 32

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 33

1 INTRODUÇÃO

Na formação de um engenheiro para o mercado, nem sempre se pode esperar encontrar – dentro do âmbito acadêmico – oportunidades do estudante se depara com casos de campo para que – com a devida orientação – possa se dedicar a elaborar um diagnóstico e propor linhas de ação para reverter eventuais desvios encontrados.

Este certamente não é o caso, nascido de uma interação entre a Universidade Federal Fluminense e a Marinha do Brasil, em especial o comando da Base de Hidrografia da Marinha em Niterói (BHMN, no bairro ponta da areia, também em Niterói), no âmbito da disciplina TER00076 – Alternativas Energéticas, em que os alunos foram desafiados a tomarem para si o desafio de interagirem com uma edificação real, em operação diária, foco de uma possível reforma; um convite feito pelo comando da Base e aceito pelo autor deste trabalho.

Assim, o presente estudo se viabiliza a partir de uma necessidade real, motivada por um imperativo de melhoria nas condições de uso da edificação e diminuição dos gastos com energia e climatização, assim como estreitar as relações entre duas instituições Federais: uma universidade e a marinha do Brasil.

Desta forma, esse trabalho se coloca como uma colaboração entre o corpo de Engenharia da Base de Hidrografia e a UFF no sentido de avaliar as condições presentes do prédio da cozinha e restaurantes dos praças e suboficiais (ano base 2017), e – com base nesta análise – propôs eventuais ações de melhoria no conforto térmico e diminuição nos gastos energéticos.

A dissertação se insere numa sequência de estudos onde outros grupos de alunos da mesma disciplina focaram seus esforços em avaliar: sistema fotovoltaico para atender as demandas de energia elétrica, coletores solares para fornecer água quente para a cozinha (cocção e limpeza) e eficientização energética dos equipamentos elétricos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Com base no trabalho anterior de caraterização e elaboração de maquete eletrônica do restaurante da Base Hidrológica da Marinha (BHM), propor mudanças arquitetônicas no restaurante da base da Marinha em Ponta d'Areia, Niterói/RJ para melhorar as condições de conforto térmico, avaliando seus impactos com base no modelo computacional elaborado.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar o conforto térmico da edificação
- ✓ Identificar estratégias e alterações arquitetônicas de melhoria de conforto térmico;
- ✓ Identificar as metodologias mais recomendáveis e aplicar ao modelo eletrônico do estudo de caso estudado, assim como melhores práticas aplicáveis ao estudo de caso;
- ✓ Realizar alterações no modelo e comparar diferenças no resultado; e
- ✓ Avaliar a eficácia das alterações com base nos resultados no modelo e boas práticas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Conforto *Térmico* em edificações

A teoria convencional de conforto térmico parte da premissa que o conforto é atingido quando a produção de calor do corpo humano é equivalente as perdas de calor do corpo humano para o ambiente. Para manter uma temperatura constante de 37 graus Celsius, o ser humano toma medidas adaptativas de vestimenta, metabolismo e atividade (Nikolopoulou, 2001).

Segundo a norma ISO 7730 de 2005, referente a condições térmicas de ambientes, existem dois índices principais na determinação do conforto térmico de ambientes, o PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*), criados por Fagner (1972).

O PMV é um índice que tenta prever a média dos valores dos votos de um grande grupo de pessoas numa escala de sete pontos, referente a sensação térmica. A tabela 1 permite a visualização dos 7 pontos na escala de sensação térmica, baseada no balanço de calor do corpo humano. O valor nulo representa a temperatura na qual o balanço de calor do corpo humano está em equilíbrio com o ambiente. Valores positivos representam situações nas quais o ambiente está mais quente e os negativos nos quais o ambiente está mais frio.

Tabela 1 - Escala de sensação térmica - Fonte: ISO 7730/2005 (Tradução livre)

+3	Quente
+2	Tépido
+1	Razoavelmente tépido
0	Neutro
-1	Razoavelmente fresco
-2	Fresco
-3	Frio

O cálculo de PMV pode ser efetuado de três maneiras diferentes. A primeira é por meio da equação (1).

$$PMV = (0{,}303 * e^{-0{,}036*M} + 0{,}028) * L \quad (1)$$

Onde M é atividade desempenhada e L é a Carga térmica sobre o corpo.

A alta complexidade dessa maneira de calcular requer que esse método seja utilizado por softwares de modelagem. A segunda maneira é pelo anexo E da ISO 7730, que permite estimar o valor de PMV de acordo com diferentes combinações das mesmas variáveis citadas acima. O terceiro método é utilizando aparelhos de medição direta, e relacionando condições térmicas aceitáveis da atividade do ambiente e as condições medidas.

O segundo índice, o PPD está diretamente relacionado com o PMV. O PPD representa a porcentagem de pessoas não satisfeitas com a condição térmica. As pessoas que votarem +3, +2, -2 ou -3 são consideradas insatisfeitas. Tendo o valor de PMV é possível utilizar a equação (2) a seguir para chegar no PMV daquele determinado momento.

$$\mathrm{PPD} = 100 - 95 * \exp(-0{,}003353 * PMV^4 - 0{,}2179 * PMV^2) \quad (2)$$

A figura 1 possui a relação entre PMV e PPD graficamente.

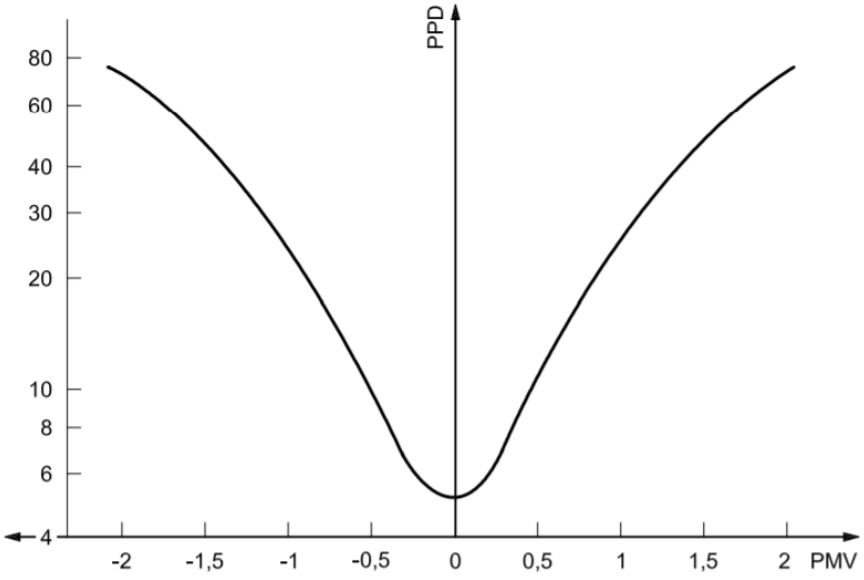


Figura 1 - Relação de PPD e PMV - Fonte: ISO 7730 de 2005

Visualizando o gráfico, e conceitualmente, faz sentido que quanto mais distante do valor neutro de PMV, maior a chance de haver pessoas insatisfeitas com as condições térmicas.

Além dos dois índices supracitados, o Domus (Procel Edifica) oferece o POC (Percentual de horas Ocupadas em Conforto), que representa, para as horas nas

quais há ocupação humana, o percentual delas nas quais as condições ambientais estão dentro do apropriado para a atividade humana.

3.2 Metodologias de melhoria de conforto térmico

3.2.1 Ventilação Natural

A ventilação natural é um dos meios de melhorar o conforto térmico em edificações. Normalmente, esse tipo de sistema de ventilação, que é passivo, usufrui principalmente das diferenças de pressão para fazer com que o ar fresco se mova pelos edifícios. Esses gradientes de pressão são causados por variações de temperatura ou pelo próprio vento, e essas duas principais causas são a base para duas vertentes da metodologia da ventilação natural, a ventilação pelo efeito chaminé e a ventilação cruzada (MMA, 2018).

No efeito chaminé, são criadas correntes de convecção pela relação entre o ar frio e quente. O ar frio, por ser mais denso, exerce pressão positiva, e o ar quente, por ser menos denso, exerce baixa pressão e sobe (Kowaltowski et. al., 1993).

Na ventilação cruzada, para que ocorra a movimentação do ar, é utilizada a diferença de pressão em relação às fachadas da edificação. Tendo uma diferença de pressão entre dois lados opostos do prédio, se houverem aberturas conectadas, essa diferença fará com que o ar se mova (Lamberts et. al., 2005). A imagem 2 ilustra os dois tipos de ventilação.

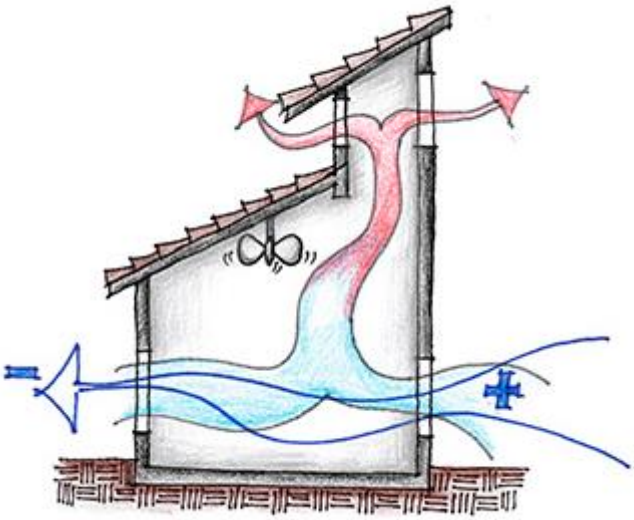


Figura 2 - Ventilação Natural – Fonte: Projeteee

3.2.2 Sombreamento

O sombreamento é uma maneira de melhorar o conforto térmico principalmente nas estações quentes do ano. Sua aplicabilidade é maior também nos períodos da manhã e da tarde. Segundo o Projeteee (Projetando Edificações Energeticamente Eficientes), o sombreamento tem como objetivo reduzir os ganhos solares nos períodos mais quentes do dia e do ano, sem comprometer a iluminação natural do edifício, nem o aquecimento pelo sol nos períodos mais frios.

Para que o sombreamento seja efetivo, deve ser levado em consideração a localização geográfica do edifício, as características de seu entorno, a orientação das suas fachadas para então entender qual o elemento construtivo mais apropriado para sombrear suas aberturas. É possível que as edificações e vegetação no entorno façam o sombreamento naturalmente. Pode ser considerado também trazer vegetação para esse fim (Sorgato et. al. 2011). A vegetação, além de sombrear, pode ser utilizada como condutora de ventos, para auxiliar na ventilação natural (MMA, 2018).

Podem ser utilizados elementos construtivos no sombreamento que tirem proveito dos objetos no entorno da edificação. Um bom exemplo é a cidade de Sevilha, na Espanha, que toma proveito de suas ruas estreitas para instalar o que chamam em espanhol de “velas de sombra”. Segundo o El Correo, jornal espanhol, a *Gerencia de Urbanismo* em maio de 2018 avaliava a possibilidade de instalar mais

velas de sombra nas ruas da cidade. Na imagem é possível visualizar como esse método tira proveito do posicionamento dos edifícios.

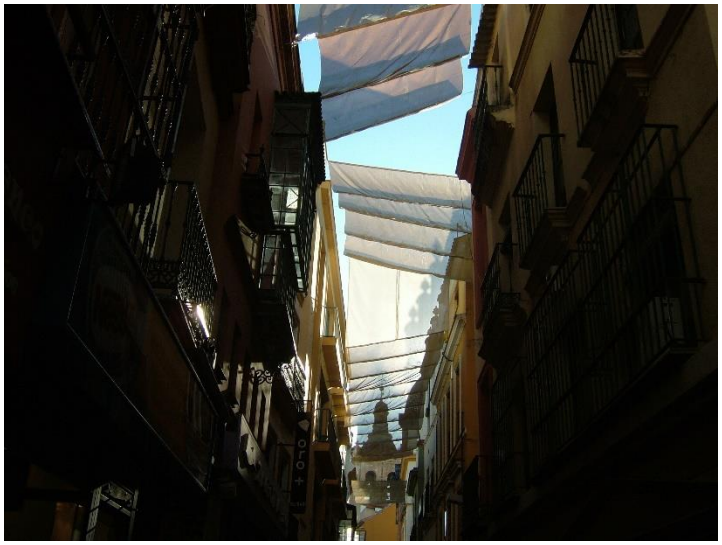


Figura 3 - Velas de Sombra em Sevilha - Fonte: <vivensevilla.wordpress.com>

3.2.3 Inercia térmica

Para entender a inércia térmica como forma de melhorar o conforto térmico, é necessário entender alguns conceitos. Esses conceitos foram retirados do glossário do Projeteee.

O primeiro conceito é a inércia térmica em si, que representa a capacidade de um material de “resistir” à mudanças de temperatura. Isso significa que um material de elevada inércia térmica, vai sofrer menores alterações de temperatura que um material de baixa inércia térmica, quando na mesma situação.

O próximo conceito é o de amplitude térmica, que pode ser definida como a diferença entre uma temperatura máxima e outra mínima em um determinado período de tempo. Um exemplo de como a amplitude térmica se relaciona com a inércia térmica é que um material de inércia térmica elevado tende a ter menores variações em temperatura, ou seja, atinge uma menor amplitude térmica.

O terceiro conceito importante é o fluxo de calor que representa a quantidade de calor que atravessa um plano em um determinado período.

O outro conceito importante é o atraso térmico, segundo o glossário ele representa o “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” (MMA, 2018). Isso quer dizer que um objeto com maior inércia térmica tende a ter um atraso térmico maior, já que um fluxo de calor levará mais tempo para o atravessar.

Sabendo esses conceitos e como se relacionam, é possível utilizar a inércia térmica para garantir o conforto térmico, tanto aumentando quanto diminuindo a temperatura do ambiente.

No caso da inércia térmica para o aquecimento, uma construção de materiais com elevada inércia térmica pode ser utilizada para aumentar o atraso térmico, e garantir que em locais onde a amplitude térmica seja elevada, com noites frias, o fluxo de calor mantenha a amplitude térmica interna menor.

4 MATERIAL E MÉTODOS

1.1 Identificação de melhores práticas para o restaurante

Para identificar as melhores práticas a serem adotadas no restaurante para melhorar as condições térmicas a fim de garantir o conforto, duas metodologias são adotadas em conjunto. Primeiro, a definição da zona bioclimática de acordo com a norma ABNT NBR 15220-3/2005, que já indica diretrizes construtivas para a melhoria do conforto térmico. A segunda, com o intuito de complementar e validar a primeira é a carta bioclimática de Givoni. Para aplicar a segunda, é utilizado o programa Analysis BIO, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.1.1 Zona Bioclimática

A zona bioclimática de Niterói é a 5, de acordo com a norma ABNT NBR 15220-3, de 2005. Além da ventilação cruzada, a norma também cita a recomendação de sombreamento nas aberturas. É importante ressaltar a abertura recomendada de 15% a 25%, em relação à área do piso. No inverno uma estratégia é o uso da inércia térmica por meio de vedações térmicas pesadas.

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos J e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Figura 4 - Estratégias de condicionamento térmico passivo - Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2005)

4.1.2 Carta Bioclimática de Givoni

Utilizando o software Analysis Bio 2.2, é possível gerar uma carta bioclimática de Givoni para um arquivo climática específico. No caso desse estudo, para a cidade de Niterói. Seus dados de entrada são imputados por meio de um arquivo .CSV, e são eles:

- Mês
- Dia
- Hora
- Temperatura de bulbo seco (TBS) {C}
- Temperatura de bulbo úmido (TBU) {C}
- T. Pto Orvalho Pressão Atmosférica {kPa}
- Umidade Relativa {%}
- Densidade do ar
- Entalpia
- Velocidade do Vento {m/s}
- Direção do Vento {graus}
- Cobertura Total de Nuvens
- Radiação Horizontal Extraterreste {Wh/m^2}
- Radiação Global Horizontal {Wh/m^2}
- Radiação Direta {Wh/m^2}
- Radiação Direta Normal {Wh/m^2}
- Radiação Difusa Horizontal {Wh/m^2}

A partir desses dados, para 8760 registros no ano, são plotados pontos em uma carta psicrométrica, onde as zonas de Givoni também estão plotadas. Com isso, é possível cruzar as condições normais do ambiente com as condições de conforto térmico e saber quais práticas podem ser adotadas para o mesmo. A seguir está a representação gráfica do resultado obtido pelo Analysis BIO.

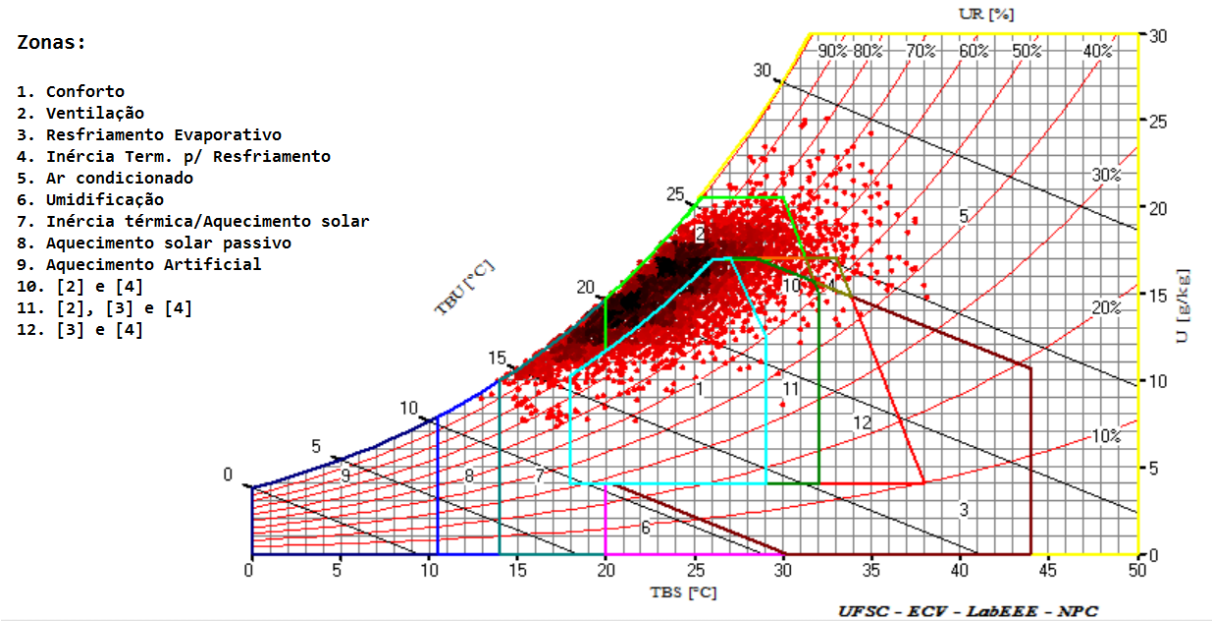


Figura 5 - Carta Bioclimática de Givoni gerada pelo Analysis BIO

O resumo desse resultado também pode ser extraído, o qual indica as condições de conforto térmico gerais e abordagens recomendadas para o conforto térmico.

Geral:

- *Conforto:20.9%*
- *Desconforto:79.1%*
    - *Frio:14.9%*
    - *Calor:64.2%*

Abordagens recomendadas para conforto térmico:

- *Ventilação: 60.8%*
- *Alta Inércia p/ Resfr.: 4.46%*
- *Resfr. Evap.: 3.59%*
- *Ar Condicionado: 2.82%*

O método da carta bioiclimática de Givoni tem uma forte interseção com as diretrizes da norma ABNT NBR 15220-3 (2005). Desta forma, o foco das mudanças no modelo será em garantir a ventilação natural, modificar elementos construtivos para aumento da inércia térmica, e sombrear aberturas.

4.2 Avaliação do Conforto térmico no restaurante da BMNH

A avaliação do conforto térmico é feita com base nos índices PMV e PPD, que são gerados a partir das simulações executadas no Domus (Procel Edifica). Assim, são comparados os resultados dos índices antes e depois das mudanças no modelo.

1.2 Adaptações no modelo

Na modelagem anterior, o edifício foi replicado com exatidão. Para isso, todos os cômodos foram representados no modelo, inclusive os que não eram foco de estudo. Por isso, o tempo de execução de simulações se tornou muito alto, e a capacidade computacional necessária também.

Foram executadas 48 simulações com tempo estimado de execução de aproximadamente 40 minutos. Antes do final de todas as tentativas, elas falharam.

Com isso, no modelo inicial, só foi possível extrair a etiquetagem do edifício.

Para mitigar o problema, a modelagem para uso comparativo é feita em cima dos ambientes de estudo apenas. No caso desse trabalho, as simulações são feitas apenas sobre o segundo pavimento. No trabalho de Sorgato (2011), foi utilizado um método parecido, onde apenas os pavimentos utilizados para moradia foram analisados.

Após a mudança no modelo, as simulações rodaram sem problemas, levando uma média de 5 minutos cada, pelo fato da redução do número de zonas, de 35 para três. Além do ganho em desempenho, não é mais possível executar a etiquetagem do edifício, já que o modelo não mais comtempla o mesmo por inteiro. Por isso, nessa segunda parte, a etiquetagem é desconsiderada.

1.3 Mudanças Propostas

As mudanças são nas fachadas do edifício, nas aberturas das janelas, e nos sombreamentos das aberturas.

4.2.1 Camadas construtivas

Nas fachadas, foi adicionada mais uma camada de tijolos e argamassa, criando uma camada de ar no centro.

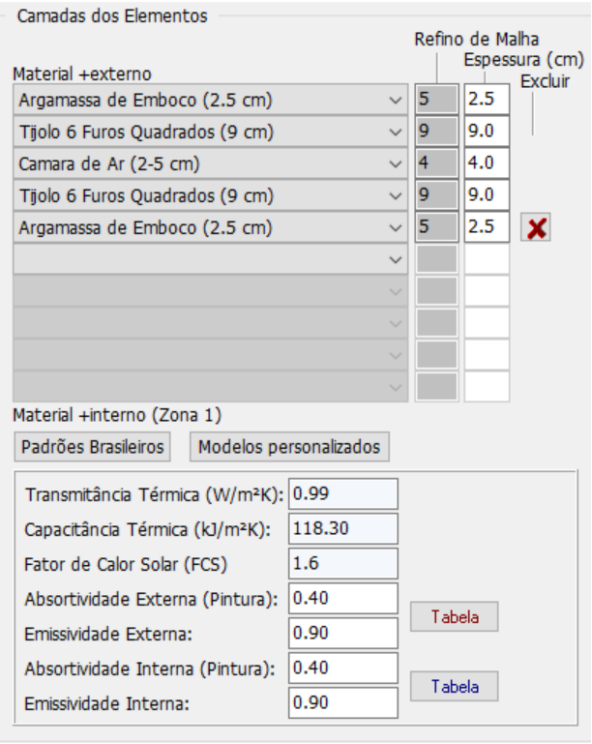


Figura 6 - Elementos construtivos das fachadas após a alteração

Nas coberturas, foi adicionada uma camada de argamassa.

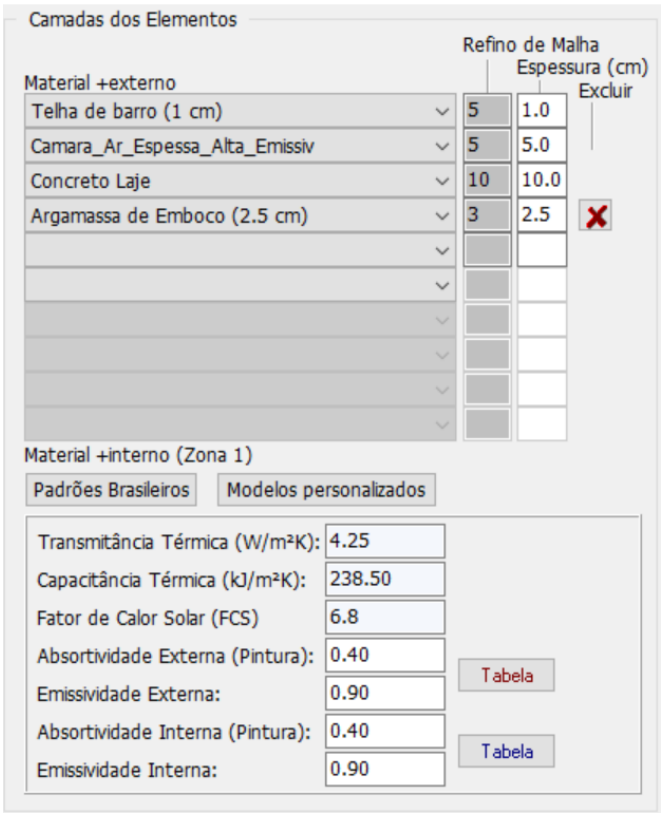


Figura 7 – Elementos construtivos das coberturas após alteração

4.2.2 Aberturas

Foram construídos brises horizontais sobre as aberturas. Nas aberturas perpendiculares ao caminho do sol, os brises possuem 1,3 metros de comprimento. Nas outras aberturas, 0,6 metros.

Além do sombreamento, as aberturas foram modificadas para permitir 100% de ventilação.

Pode-se observar na figura 8 como ficou o modelo na interface gráfica.

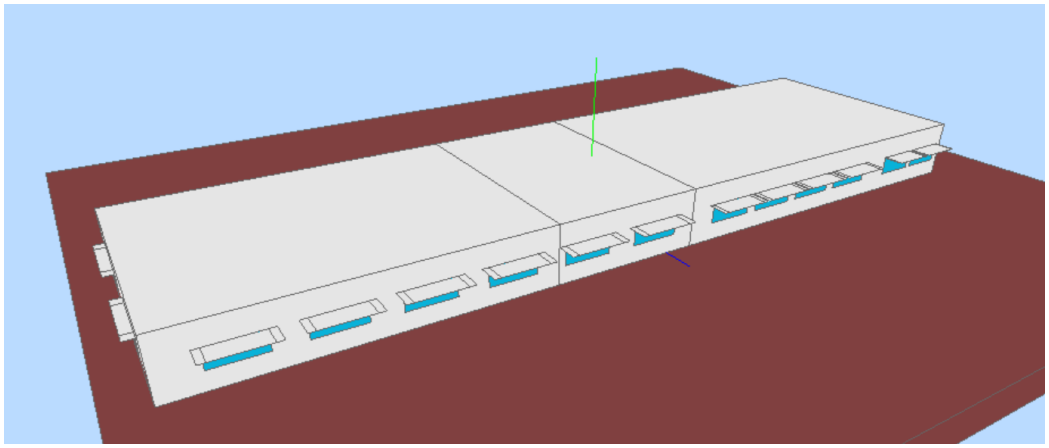


Figura 8 - Modelo com brises horizontais instalados

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Conforto térmico do Restaurante da BHMN

As simulações geram valores dos principais índices de conforto térmico para cada mês do ano para cada zona. O índice POC é gerado para o ano inteiro, e PMV e PPD são gerados mensalmente.

Os resultados estão organizados por zona analisada. A zona 1 corresponde ao refeitório dos sargentos e a zona 3 ao refeitório dos cabos e marinheiros. A zona 2 não será analisada, já que o foco são os refeitórios.

5.1.1 Refeitório dos Sargentos (Zona 1)

As tabelas 2 e 3 possuem os resultados da simulação para a zona 1 antes e depois das mudanças na modelagem.

Tabela 2 - Resultados da zona 1 antes das modificações

Mês	PMV médio	PPD médio
Janeiro	1,47	46,54%
Fevereiro	1,57	50,53%
Março	1,42	48,83%
Abril	1,4	44,25%
Maio	1,31	40,50%
Junho	1,16	34,53%
Julho	1,16	34,23%
Agosto	1,26	38,24%
Setembro	1,12	32,82%
Outubro	1,22	36,77%
Novembro	1,24	37,43%
Dezembro	1,34	41,79%

Tabela 3 - Resultados da zona 1 após as modificações

Mês	PMV médio	PPD médio
Janeiro	1,38	42,68%
Fevereiro	1,49	46,91%
Março	1,43	44,77%
Abril	1,28	39,11%
Maio	1,18	34,90%
Junho	0,99	27,71%
Julho	0,99	27,51%
Agosto	1,11	34,14%
Setembro	0,95	26,04%
Outubro	1,06	30,90%
Novembro	1,08	31,01%
Dezembro	1,19	35,68%

Para fins de comparação, as tabelas 4 e 5 colocam lado a lado os mesmos índices assim como a diferença entre eles, na coluna denominada delta.

Tabela 4 - Comparação de PMV antes e depois das modificações (zona 1)

Mês	Pré	Pós	Delta
Janeiro	1,47	1,38	-0,09
Fevereiro	1,57	1,49	-0,08
Março	1,42	1,43	0,01
Abril	1,4	1,28	-0,12
Maio	1,31	1,18	-0,13
Junho	1,16	0,99	-0,17
Julho	1,16	0,99	-0,17
Agosto	1,26	1,11	-0,15
Setembro	1,12	0,95	-0,17
Outubro	1,22	1,06	-0,16
Novembro	1,24	1,08	-0,16
Dezembro	1,34	1,19	-0,15

Tabela 5 - Comparação de PPD antes e depois das modificações (zona 1)

Mês	Pré	Pós	Delta
Janeiro	46,54%	42,68%	-4%
Fevereiro	50,53%	46,91%	-4%
Março	48,83%	44,77%	-4%
Abril	44,25%	39,11%	-5%
Maio	40,50%	34,90%	-6%
Junho	34,53%	27,71%	-7%
Julho	34,23%	27,51%	-7%
Agosto	38,24%	34,14%	-4%
Setembro	32,82%	26,04%	-7%
Outubro	36,77%	30,90%	-6%
Novembro	37,43%	31,01%	-6%
Dezembro	41,79%	35,68%	-6%

Os resultados mostram que houve uma melhoria no PMV e no PPD após as alterações, já que os deltas trazem os indicadores mais para perto do valor nulo.

5.1.2 Refeitório dos Cabos e Marinheiros (zona 3)

As tabelas 6 e 7 tem os resultados da simulação para a zona 1 antes e depois das mudanças na modelagem.

Tabela 6 - Resultados da zona 3 antes das modificações

POC	PMV médio	PPD médio
Janeiro	1,44	50,54%
Fevereiro	1,61	56,53%
Março	1,39	49,83%
Abril	1,43	47,25%
Maio	1,33	48,50%
Junho	1,18	39,53%
Julho	1,12	34,23%
Agosto	1,26	38,24%
Setembro	1,11	29,82%
Outubro	1,26	38,77%
Novembro	1,19	45,43%
Dezembro	1,32	36,79%

Tabela 7 - Resultados da zona 3 após as modificações

Mês	PMV médio	PPD médio
Janeiro	1,36	43,68%
Fevereiro	1,51	49,91%
Março	1,44	45,77%
Abril	1,32	42,11%
Maio	1,13	39,90%
Junho	1,04	30,71%
Julho	1	32,51%
Agosto	1,15	27,14%
Setembro	0,93	22,04%
Outubro	1,03	32,90%
Novembro	1,12	28,01%
Dezembro	1,11	30,68%

Para fins de comparação, as tabelas 8 e 9 colocam lado a lado os mesmos índices assim como a diferença entre eles, na coluna denominada delta.

Tabela 8 - Comparação de PMV antes e depois das modificações (zona 3)

Mês	Pré	Pós	Delta
Janeiro	1,44	1,36	-0,08
Fevereiro	1,61	1,51	-0,1
Março	1,39	1,44	0,05
Abril	1,43	1,32	-0,11
Maio	1,33	1,13	-0,2
Junho	1,18	1,04	-0,14
Julho	1,12	1	-0,12
Agosto	1,26	1,15	-0,11
Setembro	1,11	0,93	-0,18
Outubro	1,26	1,03	-0,23
Novembro	1,19	1,12	-0,07
Dezembro	1,32	1,11	-0,21

Tabela 9 - Comparação de PPD antes e depois das modificações (zona 3)

Mês	Pré	Pós	Delta
Janeiro	50,54%	43,68%	-7%
Fevereiro	56,53%	49,91%	-7%
Março	49,83%	45,77%	-4%
Abril	47,25%	42,11%	-5%
Maio	48,50%	39,90%	-9%
Junho	39,53%	30,71%	-9%
Julho	34,23%	32,51%	-2%
Agosto	38,24%	27,14%	-11%
Setembro	29,82%	22,04%	-8%
Outubro	38,77%	32,90%	-6%
Novembro	45,43%	28,01%	-17%
Dezembro	36,79%	30,68%	-6%

Os resultados mostram que houve uma melhoria no PMV e no PPD após as alterações, já que os deltas trazem os indicadores mais para perto do valor nulo.

Os seguintes gráficos mostram de maneira visual o delta entre o modelo com modificações e sem modificações para as duas zonas.

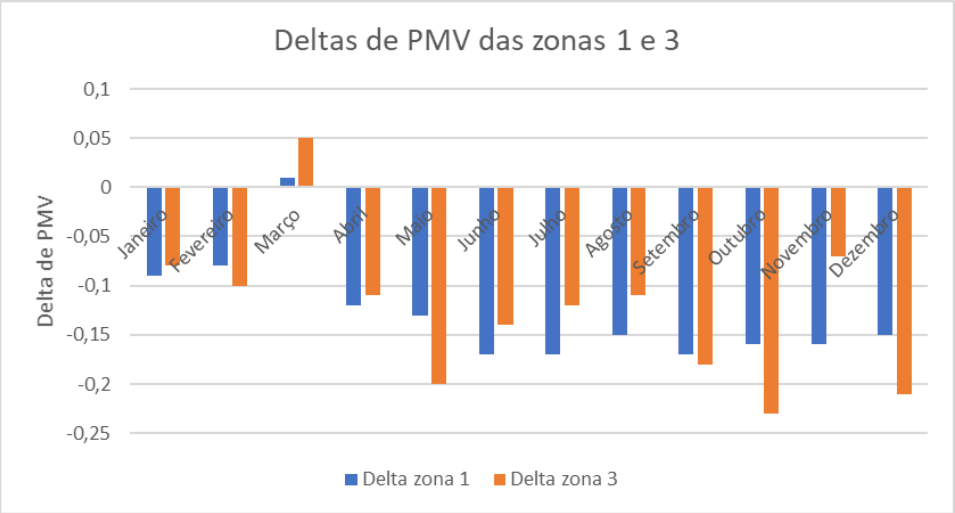


Figura 9 - Deltas de PMV antes e depois das alterações

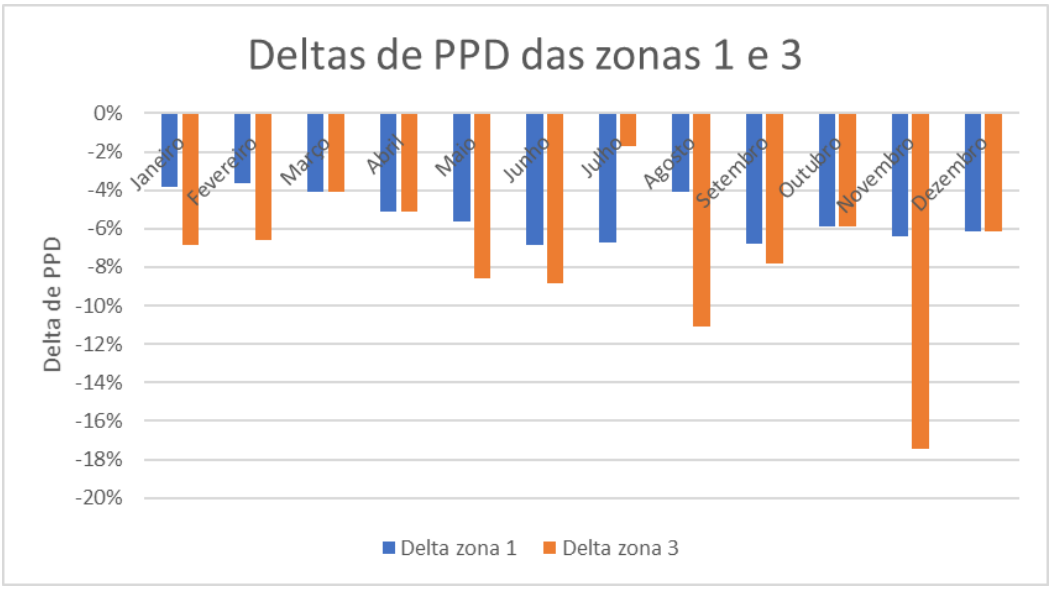


Figura 10 - Deltas de PPD das zonas 1 e 3

Os resultados mostram que o PMV das duas zonas diminuiu, ou seja, em média, as pessoas teriam uma sensação térmica mais amena, sendo o índice mais próximo de zero. Como consequência, o PPD também descresceu, já que após as modificações, haveria uma menor insatisfação com o conforto térmico em média.

6 CONCLUSÕES

De fato, as alterações no modelo causaram uma melhoria no conforto térmico para o restaurante. A combinação de ventilação natural, inércia térmica e sombreamento de aberturas foi suficiente para melhorar a sensação térmica dentro do restaurante ao longo do ano inteiro. Tendo isso em vista, a aplicação das 3 mudanças simultaneamente pode ser recomendada para a Marinha.

O que não é possível discernir na profundidade desse estudo em específico, é quanto cada uma das três alterações foi responsável pela melhoria nos indicadores PMV e PPD. Tendo em vista que o mesmo estudo poderia ser utilizado para direcionar ações reais em uma edificação, saber de fato o impacto de cada ação isolada seria vantajoso. Assim, o cliente do estudo poderia escolher, caso não houvesse verba suficiente para todas, quais das ações ele implementaria.

Outro ponto relevante é o custo. Há um benefício quando se avalia a variável do conforto térmico. Tendo em vista que as metodologias utilizadas são passivas, ou seja, não requerem energia para funcionar, pode se dizer que elas melhorariam o conforto sem adicionar custos correntes. Tirando o custo de implementação em si. É necessário a partir dessa conclusão, avaliar se haveria retorno desse investimento na economia pela redução do uso de condicionamento de ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, NBR 15220-3 (2005). “Zoneamento Bioclimático Brasileiro”, Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, Rio de Janeiro, Brasil.

ALONSO, I., El Paseo Colón inicia su remodelación y busca más sombra. El Correo. Sevilla, 2018. Disponível em <elcorreoweb.es>. Acesso em: 07/06/2018.

BITTENCOURT, L. S., Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos, EDUFAL, Maceió, 1988.

DEKAY, M. e BROWN G.Z. Sol, Vento e Luz. Estratégias para o projeto de arquitetura. Trad. Alexandre F. da Silva. 2a.ed. Ed. Bookman. Porto Alegre, 2004.

GIVONI, B. Passive and low energy cooling of buildings. Van Nostrand Reinhold publishing company, 1994.

ISO 7730 (2001). Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. International Standards Organization. Geneva.

KOWALTOWSKIKI, D. C. C. K., LABAKI, L. C., O Projeto Arquitetônico e o Conforto Ambiental: Necessidade de uma Metodologia. Universidade de Campinas, São Paulo. 1993.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LabEEE). Dados Climáticos. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/> Acesso em: 13 ago. 2015.

LAMBERTS, R. et. al., Desempenho Térmico de Edificações. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Santa Catarina, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE GOVERNO FEDERAL (MMA). Projeteee – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Disponível em: < projeteee.mma.gov.br> Acesso em: 02/07/2018.

NIKOLOPOULOU, M., Baker, N., Steemers, K., Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: Understanding the Human Parameter. Solar Energy Vol. 70, No. 3, pp. 227–235, 2001.

SORGATO, M. J. et. al., Sombrear ou não sombrear janelas. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Santa Catarina, 2011.

U.S. Green Building Council. Sustainable Building Technical Manual- Green Building Constructions and Operations. Ed. Public Technology.Estados Unidos, 1996.

WATSON, D. e LABS, K. Climatic Building Design. Energy- eficient building principles and practice. McGraw- Hill book Company. 1983.