

**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL**

**ELIAS YUSUF NETO
MATRÍCULA: 21016131**

**Eficiência Energética em Edificações: aplicação do RTQ-C
– Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de
Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços
e Públicos – na cidade de Brasília-DF**

Brasília
2014

ELIAS YUSUF NETO

**Eficiência Energética em Edificações: aplicação do RTQ-C –
Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência
Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – na
cidade de Brasília-DF**

Trabalho de Curso (TC)
apresentado como um dos requisitos para
a conclusão do curso de Engenharia Civil
do UniCEUB - Centro Universitário de
Brasília

Orientador: Eng. Civil Flávio de
Queiroz Costa, M.Sc.

**Brasília
2014**

Elias Yusuf Neto

**Eficiência Energética em Edificações: aplicação do RTQ-C –
Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência
Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – na
cidade de Brasília-DF**

Trabalho de Curso (TC)
apresentado como um dos requisitos
para a conclusão do curso de
Engenharia Civil do UniCEUB -
Centro Universitário de Brasília

Orientador: Eng. Civil Flávio
de Queiroz Costa, M.Sc.

Brasília, 04 de Dezembro de 2014.

Banca Examinadora

Eng. Civil: Flávio de Queiroz Costa, M.Sc.
Orientador

Prof.(a): Maruska Tatiana N.da Silva, D.Sc.
Examinador Interno

Eng. Ambiental: Rogério Campos de Oliveira.
Examinador Externo

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha família que sempre me deram todo apoio e todos os incentivos que precisei;

Ao professor Flávio de Queiroz Costa, que me orientou com muita atenção neste trabalho;

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica;

Aos colegas de turma, pelos bons e “sofridos” momentos compartilhados em sala de aula. Em especial aos que passaram comigo madrugadas intermináveis estudando e comendo pizza;

A todos, que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste, muito obrigado!

RESUMO

Os edifícios residenciais, comerciais, de serviços e públicos utilizam aproximadamente 50% de toda a energia gerada no Brasil (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011). Contudo, existe um grande potencial de conservação de energia neste setor, estimado em 30% para edificações existentes, por meio de *retrofit* (reforma) e que pode chegar a 50% em novas edificações (ELETROBRÁS-PROCEL, 2010). Após a crise energética brasileira em 2001, teve início os estudos que resultaram no regulamento brasileiro de eficiência energética de edificações. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é o estudo de diferentes soluções construtivas, de modo a se obter uma maior eficiência energética de um edifício. Este trabalho apresenta uma análise do desempenho energético de uma edificação comercial, localizada na cidade de Brasília – DF, de Zona Bioclimática 4. A análise foi feita através de requisitos da envoltória, fornecida pelo selo de etiquetagem brasileiro, o PROCEL EDIFICA. Para esta análise foi utilizado o manual do RTQ-C (INMETRO, 2010). Considerou-se o método de simulação na análise da eficiência energética da envoltória da edificação. Com os resultados obtidos foi possível etiquetar a edificação e analisar ações que podem vir a melhorar o desempenho energético desta edificação e subsidiar avaliações futuras em relação a Etiquetagem de Edificações.

Palavras chaves: Eficiência Energética, PROCEL EDIFICA, RTQ-C.

ABSTRACT

Approximately 50% of all energy generated in Brazil is consumed by residential, commercial and public buildings (Ministry of Mines and Energy, 2011). There is, however, a great potential for energy conservation in this sector, estimated in 30% by retrofit in existing buildings and up to 50% in new sites. (ELETROBRAS - PROCEL, 2010). After the Brazilian energy crisis in 2001, studies began to appear which ultimately led to the Brazilian regulation of energy efficiency. The purpose of this research is to study the various constructive solutions that can be used to obtain a higher energy efficiency from a given building. This work presents an analysis regarding the energy performance of a commercial building located in Brasilia - DF, which is located in a level 4 bio climatic zone. The analysis was done by the requirements of the envelope, provided by the Brazilian seal of labeling, the PROCEL EDIFICA. For this analysis, the RTC-Q (INMETRO, 2010) manual was used. The simulation method was considered in the analysis of energy efficiency of the building's envelope. The results made possible the labeling of the building and the analysis of actions that can improve the energy performance of this building and subsidize future evaluations regarding the Labeling of Buildings.

Keywords: Energetical efficiency, PROCEL EDIFICA, RTQ-C

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: CONSUMO DE ENERGIA POR SETORES..... | 18 |
| FIGURA 2: ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA COM DEFINIÇÕES | 20 |
| FIGURA 3: ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA..... | 21 |
| FIGURA 4: DESENHO-RESUMO DA CARTA DE OLGYAY. | 35 |
| FIGURA 5: CARTA BIOCLIMÁTICA ADAPTADA DE GIVONI..... | 36 |
| FIGURA 6: ESTRATÉGIAS PROPOSTAS PELA CARTA BIOCLIMÁTICA..... | 37 |
| FIGURA 7: ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA O BRASIL..... | 38 |
| FIGURA 8: CARTA BIOCLIMÁTICA DE BRASÍLIA. | 39 |
| FIGURA 9: CLASSIFICAÇÃO DA ZONA BIOCLIMÁTICA. | 40 |
| FIGURA 10: PÁGINA INICIAL DO SIMULADOR S3E..... | 41 |
| FIGURA 11: LOCALIZAÇÃO OBRA NO DF | 43 |
| FIGURA 12: LOCALIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO NO SIA. | 44 |
| FIGURA 13: PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO. | 45 |
| FIGURA 14: MAQUETE VIRTUAL DA EDIFICAÇÃO. | 46 |
| FIGURA 15: DADOS GERAIS DA SIMULAÇÃO..... | 51 |
| FIGURA 16: GEOMETRIA. | 52 |
| FIGURA 17: ABERTURAS..... | 53 |
| FIGURA 18: COMPONENTES CONSTRUTIVOS. | 55 |
| FIGURA 19: RESULTADOS OBTIDOS. | 58 |
| FIGURA 20: TRANSMITÂNCIA E FATOR SOLAR DOS COMPONENTES CONSTRUTIVOS. | 59 |
| FIGURA 21: ETIQUETA..... | 60 |
| FIGURA 22: ETIQUETA PARCIAL DE ENVOLTÓRIA. | 61 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1: ÍNDICE DE RESISTÊNCIA TÉRMICA PARA VESTIMENTA..... | 32 |
| TABELA 2: LIMITE MÁXIMO ACEITÁVEL DE DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO POR NÍVEL DE EFICIÊNCIA. | 48 |
| TABELA 3: TIPO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR A SER SIMULADO. | 49 |
| TABELA 4: CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA A SER MODELADO. | 49 |
| TABELA 5: CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO. | 50 |
| TABELA 6: PORCENTAGEM DE ABERTURA DA FACHADA..... | 54 |
| TABELA 7: SÍNTESE DOS PRÉ-REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA..... | 62 |
| TABELA 8: TRANSMITÂNCIA TÉRMICA MÁXIMA DA COBERTURA | 62 |
| TABELA 9: EXIGÊNCIAS PARA A TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DAS PAREDES. | 63 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVO..... | 16 |
| 2.1 Objetivo Geral | 16 |
| 2.2 Objetivo Específico | 16 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 3.1 Consumo Energético em Edificações | 17 |
| 3.2 Eficiência Energética no Brasil | 19 |
| 3.2.1 RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos | 21 |
| 3.3 Conceitos e Definições | 22 |
| 3.3.1 Absortância térmica..... | 22 |
| 3.3.2 Ângulos de Sombreamento AHS e AVS | 23 |
| 3.3.3 Fator Altura e Fator de Forma | 23 |
| 3.3.4 Fator Solar | 23 |
| 3.3.5 PAZt e PAZ | 24 |
| 3.3.6 Transmitância Térmica..... | 24 |
| 3.4 Método Simulação do RTQ-C | 24 |
| 3.5 Desempenho Térmico das Edificações | 26 |
| 3.6 Conforto Térmico | 28 |
| 3.6.1 Variáveis de conforto térmico | 29 |
| 3.7. Zoneamento Bioclimático | 34 |
| 3.7.1. Zoneamento Bioclimático Brasileiro | 37 |
| 3.7.2 Método para aplicação bioclimática – Aplicação Brasília | 38 |
| 3.8 Simulador S3E | 40 |
| 4. METODOLOGIA DE TRABALHO..... | 42 |
| 4.1 - Estudo de Caso | 42 |
| 4.2 Simulação..... | 46 |
| 4.2.1 Dados gerais | 51 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.2 Geometria | 52 |
| 4.2.3 Aberturas..... | 53 |
| 4.2.4 Componentes Construtivos | 54 |
| 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 56 |
| 5.1 Envoltória da edificação | 56 |
| 5.2 Pré-requisitos específicos da envoltória..... | 61 |
| 5.2.1 Transmitância térmica da cobertura..... | 62 |
| 5.2.2 Transmitância térmica das paredes..... | 62 |
| 5.2.3 Cores e absorvância da superfície | 63 |
| 6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS | 64 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |

ÍNDICE DE ABREVIações

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR - Norma Brasileira
- Aenv – Área da Envoltória
- AHS – Ângulo Horizontal de Sombreamento
- Apcob – Área de Projeção Horizontal da Cobertura
- AVS – Ângulo Vertical de Sombreamento
- ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
- Env – Envoltória
- FA - Fator Altura
- FF - Fator de Forma
- FS - Fator Solar
- Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia
- LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
- PAFT - Percentual de Área de Abertura na Fachada Total
- PAZ - Percentual de Abertura Zenital
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
- ZB – Zona Bioclimática
- Aenv – Área da Envoltória
- AHS – Ângulo Horizontal de Sombreamento
- Apcob – Área de Projeção Horizontal da Cobertura
- AVS – Ângulo Vertical de Sombreamento
- ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
- Env – Envoltória
- FA - Fator Altura
- FF - Fator de Forma

FS - Fator Solar
Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia
LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
PAFT - Percentual de Área de Abertura na Fachada Total
PAZ - Percentual de Abertura Zenital
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
ZB – Zona Bioclimática

1. INTRODUÇÃO

Com a crise energética de meados da década de 70 a busca por uma redução do consumo energético e a procura por fontes sustentáveis foi impulsionada. Diversos países investiram recursos e linhas de pesquisa para desenvolver fontes alternativas de energia e sistemas mais eficientes.

Apesar da crise, segundo o BEN – Balanço Energético Nacional (2014), as fontes renováveis respondem na média mundial somente a 15,6% da geração de eletricidade, sendo que no Brasil esse número chega a 70%, que correspondente à geração de energia hidráulica (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

Com as dificuldades encontradas para utilizar fontes alternativas de energia grande atenção foi voltada para a eficiência energética, onde era necessário promover o uso de tecnologias que proporcionassem o mesmo serviço com um consumo de energia reduzido.

A busca por eficiência energética atingiu fortemente as edificações (setores residencial, comercial e público), que são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia elétrica na maioria dos países. Diversas iniciativas surgiram para promover o desenvolvimento de edificações mais eficientes.

Segundo a Eletrobrás – Procel (2011), quase 50% da energia produzida pelo Brasil é consumida não só na operação e manutenção das edificações, como também nos sistemas artificiais de iluminação, climatização e aquecimento de água que são responsáveis por proporcionar conforto ambiental para seus usuários.

Contudo, existe um grande potencial de conservação deste setor, que pode chegar a 30% para edificações existentes através de reformas, e que pode chegar a 50% em edificações novas que utilizem tecnologia energeticamente eficiente desde a concepção inicial do projeto (ELETBRÁS-PROCEL,2010).

Segundo Carlo (2008) a eficiência energética pode ser alcançada através de políticas públicas que implementem normas e regulamentações: leis obrigatórias que geralmente visam uma eficiência mínima e programas de certificação que visam promover uma edificação de elevado desempenho se comparada ao mínimo obrigatório.

Segundo AMORIM (2002) o uso contínuo de energia elétrica em edificações gera um grande impacto ambiental, e por isso o projeto energeticamente eficiente deve ser prioridade número um nas edificações.

A certificação energética de edifícios é uma tendência mundial, adotada em diversos países. No Brasil, depois da crise energética em 2001, a preocupação com as questões ambientais, relacionadas principalmente com o consumo excessivo de energia elétrica e como consequência de várias ações desde a criação da Lei nº10295 (2001), conhecida como a Lei da Eficiência Energética, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação de Energia e visa desenvolver, difundir e estimular a eficiência energética no país, foi publicado em 2009 pela Secretaria técnica de edificações em parceria com o INMETRO, o Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que estabelece os parâmetros para a definição do nível de eficiência energética de um edifício através das classificações parciais da envoltória e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar e posteriormente o fornecimento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

De forma geral os edifícios comerciais e públicos apresentam uma distribuição de consumo de energia elétrica de: 47% em sistemas de climatização, 22% em sistemas de iluminação e 31% em cargas de equipamentos (ELETOBRÁS-PROCEL,2010)

O objetivo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia é estimular a construção de edificações eficientes do ponto de vista de consumo de energia. Os edifícios receberão classificação variando do nível mais eficiente (A) ao nível menos eficiente (E). A etiquetagem dos edifícios, mesmo que ainda não seja obrigatória, vem para atender consumidores cada vez mais exigentes ao mesmo tempo que se

tornara um diferencial competitivo para as construtoras, outra vertente que se abre com o programa brasileiro de etiquetagem são as oportunidades de incentivos e financiamentos para os edifícios etiquetados.

Dada a relevância dessas questões, pretende-se neste trabalho abordar o tema Eficiência Energética aplicada em Edificações comerciais, de Serviços e Públicas. É proposta desse trabalho utilizar o método de avaliação por simulação do RTQ-C para avaliar a eficiência energética da envoltória de uma Edificação comercial localizada em Brasília, DF e assim identificar ações que possam melhorar o seu desempenho energético.

O desenvolvimento do trabalho foi baseado nas diretrizes do RTQ-C: o manual, o regulamento, dissertações e teses que tratavam do desenvolvimento e aplicações da metodologia para obtenção da etiqueta de eficiência energética do RTQ-C.

Com a incorporação gradual dos parâmetros dos Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos nos projetos acarretará em edifícios adequados ao clima e mais eficientes energeticamente que contribuirão para um desenvolvimento sustentável do nosso país.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar a eficiência energética de um edifício comercial localizado no Guará, Brasília-DF considerando os parâmetros do RTQ-C do INMETRO.

2.2 Objetivo Específico

- Aplicar a metodologia de simulao do Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais (RTQ-C) ;
- Avaliar o nível de eficiência energética da envoltória do Edifício comercial localizado no Guará, Brasília – DF;
- Identificar medidas que possam melhorar o desempenho energético dessa edificao comercial, sistematizando os procedimentos para análises futuras.

3. REVISÃO

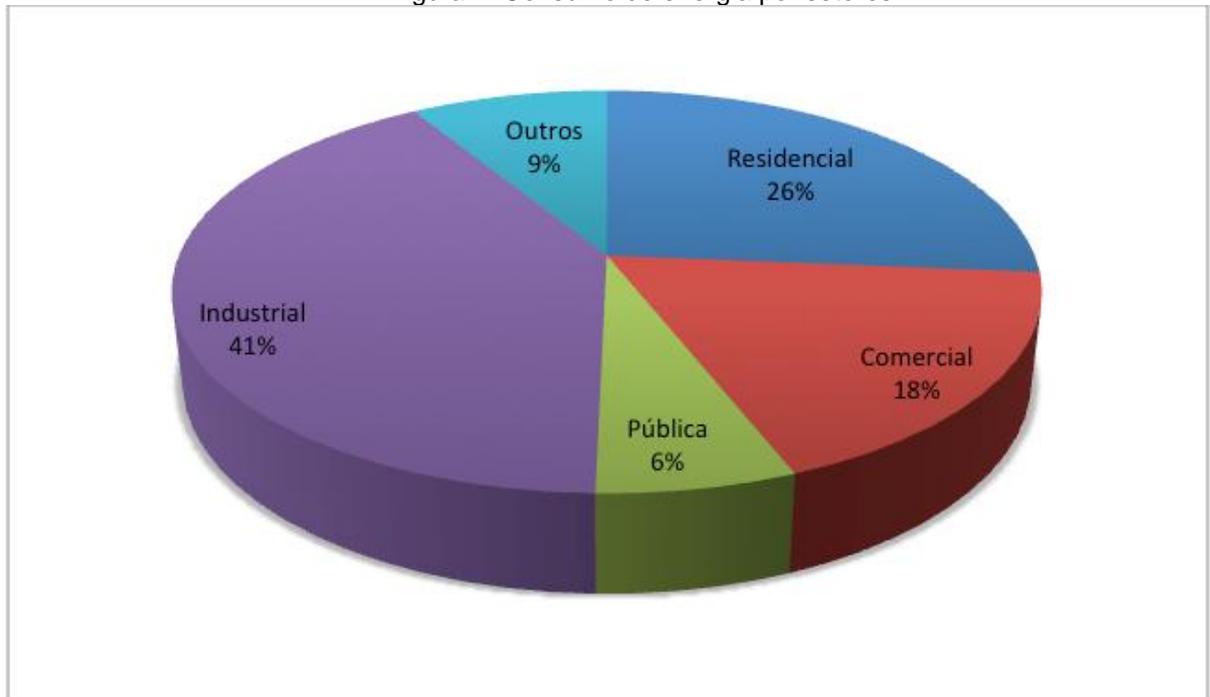
3.1 Consumo Energético em Edificações

Levando em consideração os dados atuais de consumo energético e as projeções do consumo de energia para o cenário futuro, fica evidente a necessidade de otimização do uso de energia elétrica em todos os setores, procurando sempre meios e práticas sustentáveis para o uso desse bem de consumo.

Em se tratando de construções civis, a energia elétrica tem sua utilização intimamente ligada a todos os momentos, desde o processo de construção, até a utilização da construção, fundamentalmente quando se trata de edificações, que consomem 27% do consumo total de energia elétrica do mundo (IEA, 2006).

No Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, é ainda mais significativo, representando juntos em 2012, 50% do consumo de energia elétrica brasileiro (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2013). Como podemos observar na Figura 1.

Figura 1: Consumo de energia por setores



Fonte: EPE (2013).

Segundo a Eletrobrás – Procel (2013) calcula-se que esse consumo de energia elétrica de 50 % seja consumido não só na operação e manutenção das edificações, como também nos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água.

O LabEEE afirma que, em 1997, aproximadamente 70 % do uso de energia elétrica em escritórios tem como destino a iluminação artificial e ao uso de condicionador de ar. Em edificações residências, o condicionador de ar corresponde a 7% do consumo total de energia elétrica e o chuveiro a 23%.

Contudo o potencial de conservação de energia deste setor é expressivo. Podendo chegar a uma economia de até 30% para edificações já existentes através de retrofit, podendo chegar a uma conservação de 50% nas edificações que utilizem tecnologia energeticamente eficiente desde a concepção inicial do projeto (ELETROBRÁS-PROCEL, 2010).

3.2 Eficiência Energética no Brasil

No Brasil, após a crise energética local de 2001, a preocupação com as questões ambientais foram intensificadas, principalmente as que contemplavam o uso excessivo de energia elétrica.

Tendo em vista a necessidade de elaborar e regulamentar os procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações. A Eletrobrás criou em 2003, o Procel Edifica: Plano de ação para Eficiência Energética em Edificações, visando construir uma base para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil (LABEEE, 2009).

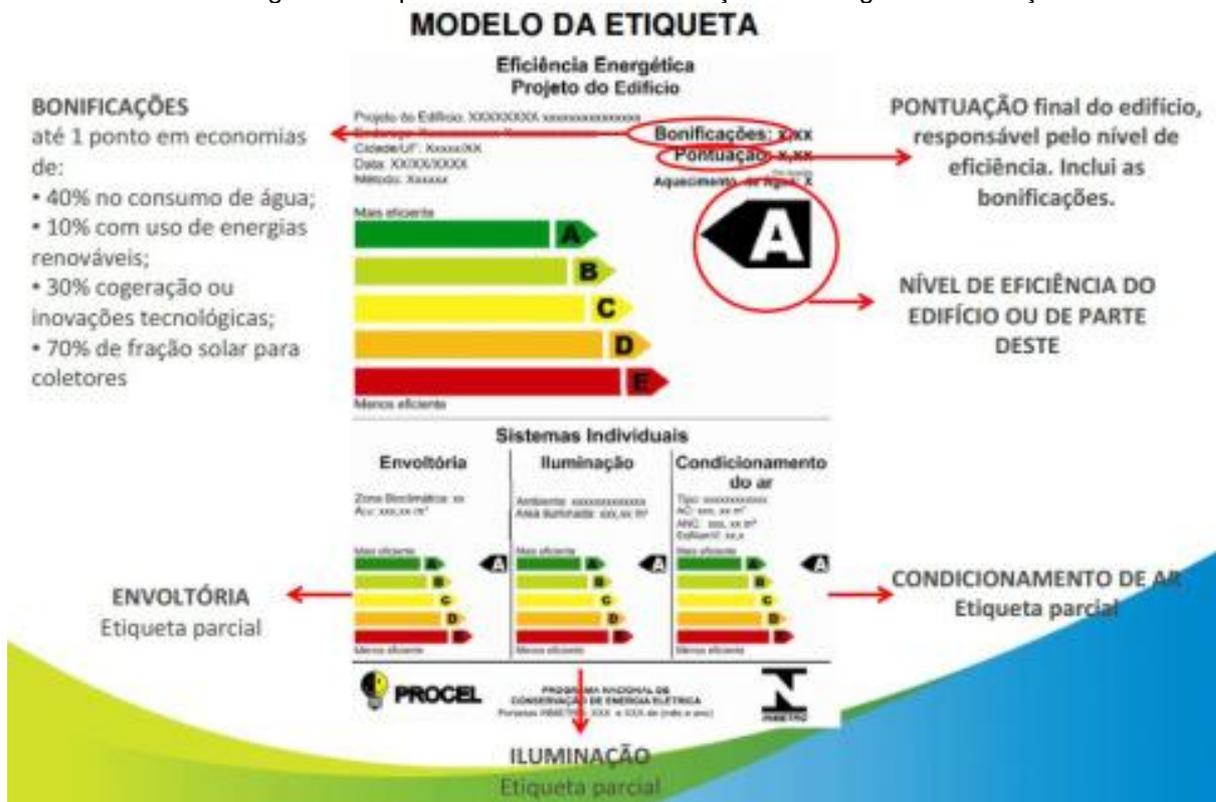
Em 2009, seguindo a coordenação do Procel Edifica, a ST- Edificações em parceria com o INMETRO desenvolveu o RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e seus documentos complementares. Em 2010, o RTQ-R Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais.

No RTQ-C, a classificação do nível de eficiência energética do edifício é realizada através de classificações parciais da envoltória e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos estabelecidos, podendo ser somado à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com o uso de energia renovável e racionalização do consumo de água.

No RTQ-R, a classificação do nível de eficiência energética do edifício é realizada através de classificações parciais de envoltória (incluindo iluminação e ventilação naturais), e o sistema de aquecimento de água. A classificação é realizada nas escalas: unidade habitacional (edificações unifamiliar e multifamiliares) e áreas comuns de edificações multifamiliares. . Uma equação pondera os resultados através de pesos estabelecidos no regulamento sendo somados pontos por bonificação quando utilizado na edificação iluminação natural, ventilação natural, uso racional de água, entre outros.

Entre 2009 e setembro de 2014 78 edificações comerciais, de serviços e públicas receberam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) pelo projeto e 39 por inspeção gerando um total de 117 ENCEs, e mais de 2080 ENCEs para edificações residências unidade habitacional autônoma e 23 ENCEs para edificações residenciais multifamiliares. A Figura 2 mostra algumas definições da etiqueta e a Figura 3 apresenta o formato da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Figura 2: Etiqueta nacional de conservação de energia com definições



Fonte: Greenprojects.

Figura 3: Etiqueta nacional de conservação de energia



Fonte: Manual RTQ-C.

3.2.1 RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

O RTQ-C pode ser aplicado em edificação comercial, de serviço ou pública com área total útil mínima de 500 ou com tensão de abastecimento superior ou igual à 2,3 kV. A etiquetagem de eficiência energética deve ser realizada através de métodos prescritivos ou de simulação.

Tanto o método prescritivo quanto o de simulação devem atender aos requisitos pertencentes ao desempenho da envoltória, à eficiência do sistema de iluminação e à eficiência do condicionamento de ar (INMETRO, 2010) individualmente. Todos os sistemas individuais têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

A determinação da eficiência energética da envoltória deve ser feita levando em consideração a edificação inteira. Parcelas da edificação como um pavimento ou conjunto de salas podem também ter o sistema de iluminação e condicionamento de ar avaliados, separadamente.

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por sistemas individuais são analisadas, resultando em uma classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada sistema individual sendo permitido somar à pontuação final bonificações adquiridas com uso de energias renováveis e racionalização do consumo de água, assim é obtida uma classificação que também varia de A a E apresentada na ENCE- Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Segundo LAMBERTS (2010) a simulação é o método mais completo para a análise do desempenho térmico e/ou energético do edifício no RTQ-C, proporcionando flexibilidade nas opções que visam à racionalização do consumo de energia.

Nesta pesquisa focaremos no Método de Simulação do RTQ-C, mostrando os pré-requisitos necessários para a utilização do programa computacional de simulação termoenergética e para o arquivo climático de simulação utilizado assim como os procedimentos para a simulação.

3.3 Conceitos e Definições

Conceitos utilizados e descritos na aplicação do RTQ-C. No presente trabalho, os conceitos são definidos de forma resumida, apenas para o prosseguimento do estudo com a compreensão necessária dos termos utilizados.

3.3.1 Absortância térmica

Absortância à radiação solar (α): Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta

mesma superfície. É uma propriedade do material referente a parcela da radiação absorvida pelo mesmo, geralmente relacionada a cor.

3.3.2 Ângulos de Sombreamento AHS e AVS

AVS - Ângulo Vertical de Sombreamento: ângulo formado entre dois planos que contêm a base da abertura: o primeiro é o plano vertical na base da folha de vidro (ou material translúcido), o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido).

AHS - Ângulo Horizontal de Sombreamento: ângulo formado entre 2 planos verticais: o primeiro plano é o que contém a base da folha de vidro (ou material translúcido), o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro (ou material translúcido).

3.3.3 Fator Altura e Fator de Forma

FA - Fator Altura: razão entre a área de projeção do edifício e a área de piso (A_{pcob}/A_{tot});

FF - Fator de Forma: razão entre a área da envoltória e o volume do edifício (A_{env}/V_{tot}).

3.3.4 Fator Solar

FS – Fator Solar: razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida.

3.3.5 PAZt e PAZ

PAFT - Percentual de Área de Abertura na Fachada total (%): É calculado pela razão da soma das áreas de abertura de cada fachada pela área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a aberturas em paredes verticais com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal, tais como janelas tradicionais, portas de vidro ou sheds, mesmo sendo estes últimos localizados na cobertura. Exclui área externa de caixa d'água no cômputo da área de fachada, mas inclui a área da caixa de escada até o ponto mais alto da cobertura (cumeeira).

PAZ - Percentual de Abertura Zenital (%): Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com 46 inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura, acima desta inclinação.

3.3.6 Transmitância Térmica

Transmitância térmica ($W/(m^2K)$): transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes.

3.4 Método Simulação do RTQ-C

Os pré-requisitos específicos para o programa computacional de simulação termoenergética no RTQ-C e para o arquivo climático de simulação são (INMETRO,2010):

- ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios;

- ser validado pela ASHRAE Standard 140;
- modelar 8760 horas por ano;
- modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos e sistemas de ar condicionado, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados;
- modelar efeitos de inércia térmica;
- permitir a modelagem de multi-zonas térmicas;
- deve ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto;
- caso o edifício proposto utilizar sistema de condicionamento de ar, o programa deve permitir modelar todos os sistemas de condicionamento de ar listados no Apêndice G da ASHRAE 90.1;
- determinar a capacidade solicitada pelo Sistema de Condicionamento de Ar;
- produzir relatórios horários do uso final de energia.

As características mínimas necessárias para o arquivo climático são:

- fornecer valores horários para todos os parâmetros relevantes requeridos pelo programa de simulação, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar;
- os dados climáticos devem ser representativos da Zona Bioclimática onde o projeto proposto será locado e, caso o local do projeto não possuir arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma região próxima que possua características climáticas semelhantes;
- devem ser utilizados arquivos climáticos e formatos publicados no www.eere.energy.gov (TRY, TMY, SWEC, CTZ2). Caso contrário o arquivo climático deve ser aprovado pelo laboratório de referência.

O método de simulação pode ser usado para avaliar edifícios condicionados artificialmente, ou edifícios não condicionados.

A simulação é feita comparando o desempenho do edifício proposto (real) com um edifício similar (de referência), com as características de acordo com o nível

de eficiência pretendido. Assim, dois modelos devem ser construídos: um representando o edifício real e outro com o modelo de referência. Com a simulação compara-se consumo de energia dos projeto real com o consumo do projeto de referência, devendo ser demonstrado que o consumo do projeto proposto é igual ou menor que o consumo do edifício de referência. (INMETRO,2010).

De acordo com o RTQ-C (INMETRO, 2010) o modelo real deve utilizar todas as características do edifício de acordo com o projeto proposto. Quando for simulado unicamente a envoltória da edificação, o sistema de condicionamento de ar e de iluminação deverão ser determinados conforme o modelo de referência.

O modelo de Referência deve possuir a mesma forma do edifício real, o mesmo número de zonas térmicas, os mesmos padrões de uso, a mesma orientação com relação ao Norte Geográfico.

Para edifícios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de longa permanência não condicionadas, deve ser comprovado por simulação que o ambiente proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas.

3.5 Desempenho Térmico das Edificações

O consumo energético da edificação depende do usos e consumos de energia de equipamentos como: sistema de iluminação artificial, sistema de condicionamento de ar e o uso de equipamentos – computadores, impressoras, máquinas etc. Que dependem de variáveis arquitetônicas ligadas ao desempenho térmico da edificação, como a geometria da edificação, a envoltória e seus materiais e o uso da edificação (LAMBERTS et al. 1997).

A forma da edificação exerce grande influência no desempenho térmico da edificação. A geometria da edificação interfere diretamente nas trocas térmicas entre os ambientes internos e externos. A melhor forma é aquela que ganha o mínimo de calor no verão e perde o mínimo de calor no inverno (OLGYAY, 1998).

A envoltória é responsável por separar o ambiente interno do externo, criando condições mais confortáveis para o ambiente interno. Pode ser composta por fechamentos opacos ou transparentes que podem aumentar ou minimizar os ganhos de calor.

Os fechamentos opacos impedem a transmissão direta de radiação solar para o ambiente interno sendo responsável pela proteção do ambiente. Os fechamentos transparentes são responsáveis pela maior parte das trocas térmicas de uma edificação, compreendendo a entrada de radiação direta e indireta pelas janelas, aberturas zenitais, etc.

O desempenho térmico de uma edificação está relacionado ao conforto térmico que a edificação proporciona ao usuário mediante o uso de certa quantidade de energia. Para LAMBERTS et al. (1997), utilizar o mínimo possível de energia para obter o conforto térmico define a eficiência energética da edificação.

Segundo MELO (2007), o desempenho térmico de uma edificação está relacionado, às características dos componentes que compõem a estrutura, ao padrão de uso da edificação, ao fator de proteção das brises e às características bioclimáticas da região. MELO mostra também que os dados climáticos referentes a cada cidade é um parâmetro de extrema importância para projetos de edificações eficientes. As estratégias bioclimáticas devem, aproveitar as características do clima para gerar edificações eficientes proporcionando conforto com um reduzido consumo de energia.

A mesma edificação pode ter comportamento energético distinto se tiver como destino usos diferentes como, por exemplo, um escritório e uma residência. Tanto as atividades exercidas como os horários de ocupação da edificação são distintas, assim as condições climáticas expostas aos usuários também serão diferentes.

3.6 Conforto Térmico

A satisfação co relação às condições térmicas do ambiente é conhecida como conforto térmico. Existem diversas definições que descrevem o conforto térmico: segundo ASHARE (1992) conforto térmico é o estado mental de um indivíduo que apresenta satisfação com relação às condições térmicas do ambiente em que este se encontra. A Norma 15220 (2005) da ABNT – Desempenho Térmico de Edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades, define conforto térmico como a satisfação psicológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

Segundo MENEZES (2006), além dos fatores físicos como a temperatura, o conforto térmico compreende variáveis pessoais que tornam sua descrição subjetiva. Dessa maneira o conforto térmico pode ser dividido em dois aspectos: pessoal ou ambiental. Sendo considerado apenas o aspecto pessoal, conforto térmico é definido como uma condição mental que expresse satisfação com o ambiente térmico. Do ponto de vista ambiental, confortável é o ambiente em que o organismo humano se encontre em balanço térmico com o meio ambiente.

O conforto térmico humano depende de umas série de fatores, como o calor metabólico produzido pelo organismo, fatores ambientais (umidade relativa, velocidade do vento, temperatura do ar etc.) e o tipo de vestimenta que o indivíduo está usando (BARRADAS, 1991).

Para Fagner (1970) juntamente com as variáveis físicas (temperatura do ar, velocidade do ar etc.) e as variáveis pessoais que influenciam no conforto térmico. Ainda, há as variáveis características individuais, aspectos psicológicos, culturais e hábitos.

Considerando que uma pessoa esteja em conforto térmico é preciso que ela se encontre em um estado de neutralidade térmica; que a temperatura de sua pele e a taxa de secreção de suor, esteja dentro de certos limites compatíveis com sua atividade; que a pessoa não esteja sujeita a nenhum tipo de desconforto térmico localizado. (Xavier,1999)

Segundo LAMBERTS (2006) neutralidade térmica é o estado físico no qual todo o calor gerado pelo organismo através do metabolismo é trocado na mesma proporção com o ambiente ao redor, mantendo a temperatura corporal constante. Tornando assim a neutralidade térmica uma condição necessária mas não suficiente para que uma pessoa esteja em conforto térmico. Um indivíduo que estiver exposto a um campo assimétrico de radiação, pode estar em neutralidade térmica, porém não estará em conforto térmico.

O conforto ambiental está relacionado com a satisfação em relação as condições de habitabilidade disponíveis em um ambiente, ou seja, as condições de bem-estar, como conforto térmico, acústico, visual e a segurança do indivíduo em tal espaço.(MENEZES,2006).

De acordo com LAMBERTS (2006) os estudos de conforto térmico são importantes pois garantem: a satisfação do homem permitindo-lhe se sentir termicamente confortável, a performance humana(atividades intelectuais, manuais e perceptivas) geralmente apresentam um rendimento superior quando realizadas em conforto térmico, ao conhecer os condições e parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes do ambiente, evitam-se desperdícios com aquecimento e refrigeração, muitas vezes desnecessários acarretando na conservação de energia.

Com essas definições, pode-se dizer que prover o conforto térmico ao usuário, mesmo que a sensação de conforto térmico seja atingida de forma bastante particular por cada indivíduo, é de grande necessidade para que o usuário possa desempenhar plenamente suas atividades com conforto e conservação de energia.

3.6.1 Variáveis de conforto térmico

Existem diversas variáveis que influenciam no conforto térmico, elas estão divididas em variáveis humanas e ambientais. As variáveis humanas são:

- metabolismo gerado pela atividade física exercida pelo indivíduo
- resistência térmica oferecida pela vestimenta utilizada

As variáveis ambientais são:

- temperatura radiante média;
- temperatura do ar;
- velocidade do ar;
- umidade relativa do ar.

Além disso, variáveis como sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura etc podem exercer influência nas condições de conforto de cada pessoa e devem ser consideradas.

- **Metabolismo**

É o processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos. O organismo humano adquire energia através do metabolismo. Apenas 20% de toda energia produzida pelo organismo humano é transformada em potencialidade de trabalho. Os 80% restante são transformados em calor que deve ser dissipado para que a temperatura interna do organismo seja mantida em equilíbrio. Isto ocorre porque a temperatura interna do corpo deve ser mantida quase constante, variando aproximadamente de 36 a 37°C. Essa dissipação ocorre por meio de mecanismos de trocas térmicas.

O corpo humano pode ser considerado como uma “maquina-térmica” com um mecanismo termorregulador. Quando o meio apresenta condições térmicas inadequadas, o sistema termorregulador do homem é ativado, reduzindo ou aumentando as perdas de calor pelo organismo.

Quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo-regulação, perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo compatível com a atividade realizada, experimenta-se a sensação de conforto térmico.

- **Vestimenta**

A roupa é um elemento que dificulta a remoção de calor do corpo, a vestimenta equivale a uma resistência térmica interposta entre o organismo e o meio ambiente, ela representa uma barreira para as trocas de calor por convecção.

A vestimenta representa um isolante térmico, pois mantém junto ao corpo uma camada de ar mais ou menos aquecida, conforme seu ajuste ao corpo e porção do corpo que cobre.

Segundo LAMBERTS (2006), a vestimenta reduz o ganho de calor relativo à radiação solar direta, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador do suor. A vestimenta reduz também a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar. A vestimenta reduz também a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar.

Na verdade a roupa promove um determinado isolamento térmico, porque acrescenta resistência à transferência de calor entre o corpo e o ambiente. A magnitude dessa resistência térmica depende principalmente do tecido e do modelo de fabricação da roupa, e deve ser medida por meio de trocas secas relativas a quem usa. É expressa em clo, originada de clothes.

Assim: $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{w} = 1 \text{ terno completo}$.

A Tabela 1 apresenta o índice de resistência térmica para as principais peças de roupa.

Tabela 1: Índice de resistência Térmica para vestimenta.

| Vestimenta | Índice de resistência térmica – I_{cl} (clo) |
|----------------------------------|--|
| Meia calça | 0,10 |
| Meia fina | 0,03 |
| Meia grossa | 0,05 |
| Calcinha e sutiã | 0,03 |
| Cueca | 0,03 |
| Cuecão longo | 0,10 |
| Camiseta de baixo | 0,09 |
| Camisa de baixo mangas compridas | 0,12 |
| Camisa manga curta | 0,15 |
| Camisa fina mangas comprida | 0,20 |
| Camisa manga comprida | 0,25 |
| Camisa flanela manga comprida | 0,30 |
| Blusa com mangas compridas | 0,15 |
| Saia grossa | 0,25 |
| Vestido leve | 0,15 |
| Vestido grosso manga comprida | 0,40 |
| Jaqueta | 0,35 |
| Calça fina | 0,20 |
| Calça média | 0,25 |
| Calça flanela | 0,28 |
| Sapatos | 0,04 |

Fonte: ISO 7730 (1994).

- **Temperatura radiante média**

A temperatura radiante média é tida como a temperatura uniforme da superfície de um ambiente imaginário considerado um corpo negro, no qual a pessoa troca a mesma quantidade de calor por radiação, como no ambiente real.

Ela é obtida a partir das temperaturas de globo e de bulbo seco e da velocidade do ar (COUTO, 1980).

Esta temperatura representa a temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a troca de calor por radiação é igual ao ambiente real não uniforme.

- **Temperatura do ar**

Segundo LAMBERTS (2006) a temperatura do ar é considerada a principal variável do conforto térmico. A sensação de conforto ser baseada na perda de calor do corpo pela diferença de temperatura entre a pele e o ar, complementada pelos outros mecanismos termo-reguladores. As perdas de calor produzido pelo corpo, são menores quando a temperatura do ar está alta ou maiores quando a temperatura está mais baixa.

Quando temos diferença de temperatura entre dois pontos no ambiente verifica-se uma movimentação do ar, chamada de convecção natural que proporciona uma sensação de resfriamento do ambiente.

O sentido do fluxo de calor dependerá da diferença entre a temperatura do ar e a temperatura da pele. Quando a temperatura do ar for maior que a da pele, o organismo ganhará calor, e se for menor que a temperatura da pele, o organismo perderá calor.

- **Velocidade do ar**

A velocidade do ar é uma variável ambiental de grande influência na obtenção do conforto térmico por favorecer as trocas de calor entre a pele e o meio, através da convecção e evaporação. A sensação térmica é influenciada pela intensidade da ventilação (VECCHI, 2011).

O deslocamento do ar também aumenta os efeitos da evaporação do corpo humano, retirando a água em contato com a pele, sendo um fator necessário para

diminuir o desconforto causado pelo calor através do processo de evaporação do suor.

- **Umidade relativa do ar**

A umidade é caracterizada pela quantidade de vapor d'água contido no ar. Este vapor se forma pela evaporação da água, processo em que há mudança do estado líquido ao gasoso, sem modificação de temperatura.

A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de vapor d'água que existe no ar e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura, conhecido como ponto de saturação.

Segundo LAMBERTS (2006) a umidade do ar, junto com a velocidade do ar, intervém na perda de calor por evaporação. Como uma parte da energia térmica gerada pelo organismo é eliminada sob a forma de calor latente é considerável que as condições ambientais auxiliem estas perdas.

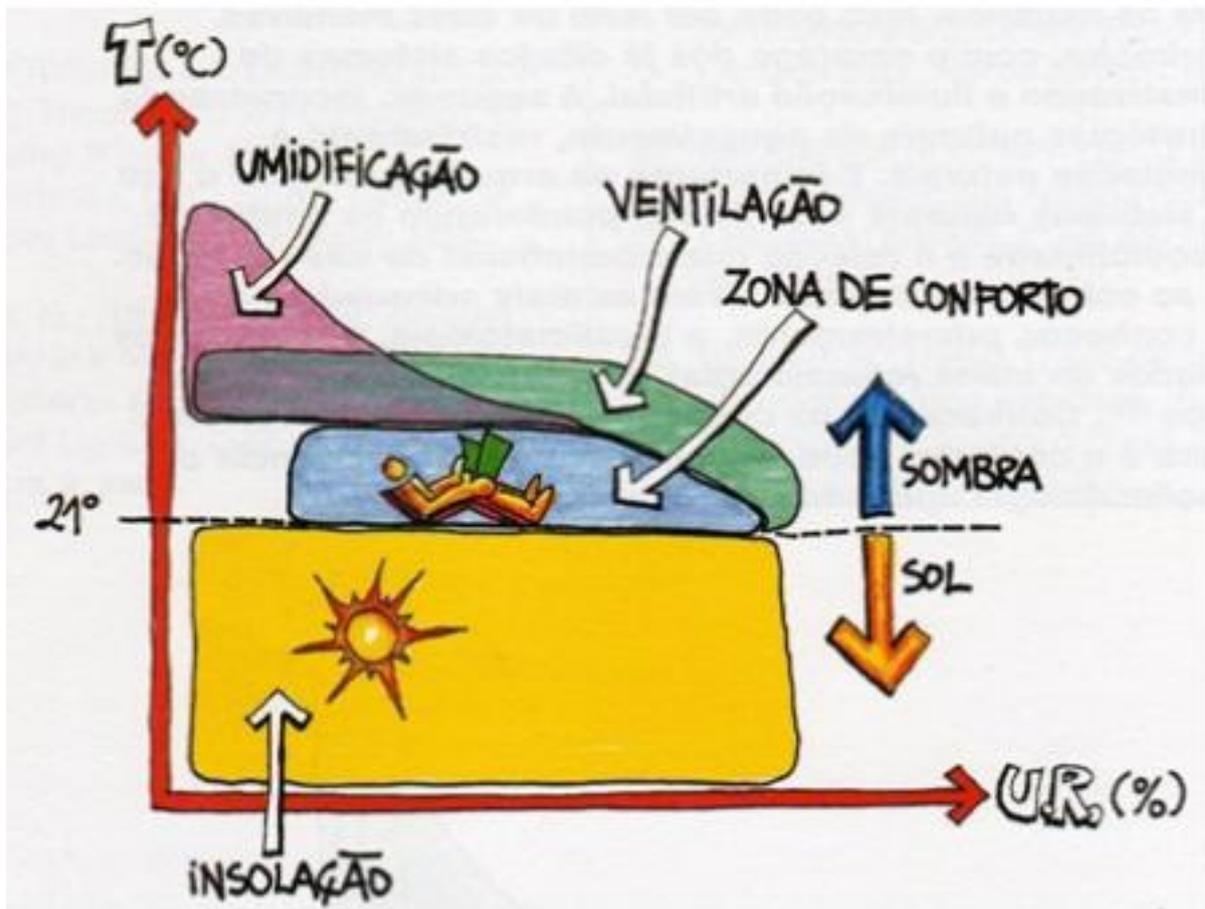
À medida que a temperatura do meio aumenta, as perdas por convecção e radiação são dificultadas, assim o organismo aumenta a sua eliminação por evaporação. Quanto maior a UR, umidade relativa, menor a eficiência da evaporação na remoção do calor.

3.7. Zoneamento Bioclimático

OLGYAY, em 1963, estudando a influência do clima sobre os critérios construtivos foi o pioneiro na apresentação de dados em uma carta bioclimática, aplicando a bioclimatologia na arquitetura, buscando as condições favoráveis do clima, para proporcionar o conforto térmico do homem. OLGAYAY expressou e agrupou os elementos climáticos em um único gráfico que indica a zona de conforto ao centro. No entanto a carta bioclimática proposta pelo pesquisador tem sua aplicabilidade limitada, pois a análise dos requisitos fisiológicos é baseada no clima externo que varia de modo diferente do ambiente interno, por conta das

características da edificação. Além do mais, a carta só pode ser aplicada em regiões de zonas temperadas, considerando população com vestimentas normais, vida sedentária e latitude de aproximadamente 40 graus. A Figura 4 apresenta um desenho-resumo da carta de OLGAYAY.

Figura 4: Desenho-resumo da carta de OLGAYAY.



Fonte: LAMBERTS (2004).

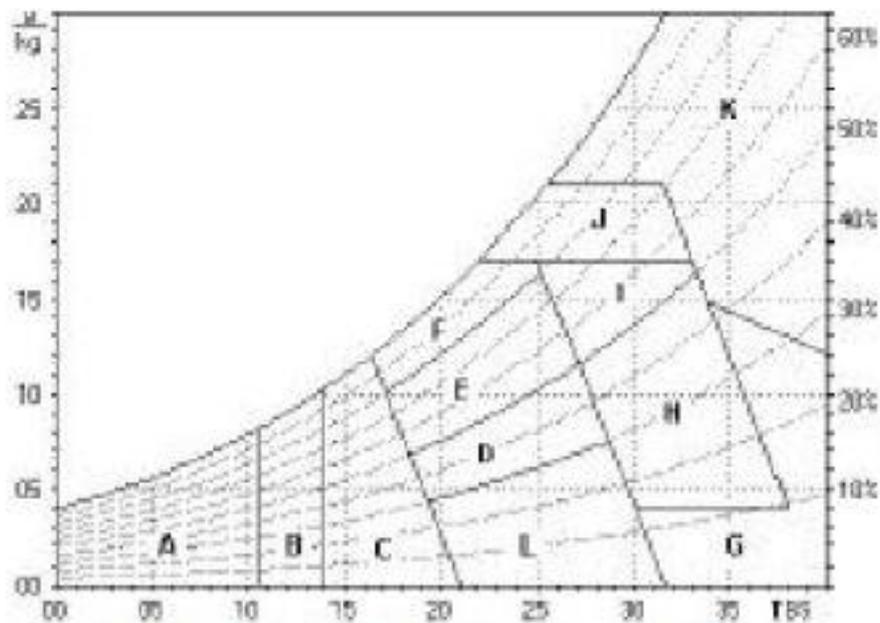
Na década de 70, GIVONI propôs uma nova carta bioclimática, com a intenção de sanar as deficiências da carta de OLGAYAY. Para isso sua carta foi modelada sobre uma carta psicométrica convencional e teve como referência a umidade absoluta. Sua análise foi realizada em base horária, em condições térmicas extremas, como, superaquecimento no verão, alto resfriamento no inverno ou excessiva umidade durante períodos de chuva que deu origem ao Building Bio-

Climatic Chart, ou BBC que sugere limites de condições climáticas necessárias para projetos de resfriamento passivo com baixo consumo de energia.

Foi em 1998 que GIVONI propôs a ampliação desses limites para países em desenvolvimento e de clima quente.

Na construção da carta foi utilizado um diagrama psicrométrico, referenciando as relações de umidade e da temperatura do ar. A carta foi repartida em 12 zonas de estratégias bioclimáticas associando informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas. A **Figura 5** mostra a carta abioclimática adaptada de GIVONI e a **Figura 6** mostra as estratégias para cada zona.

Figura 5: Carta bioclimática adaptada de GIVONI.



Fonte: NBR 15220 - 3 (2005).

Figura 6: Estratégias propostas pela carta bioclimática.

| | |
|--|---|
| A – Zona de aquecimento artificial (calefação) | G + H – Zona de resfriamento evaporativo |
| B – Zona de aquecimento solar da edificação | H + I – Zona de massa térmica de refrigeração |
| C – Zona de massa térmica para aquecimento | I + J – Zona de ventilação |
| D – Zona de conforto térmico (baixa umidade) | K – Zona de refrigeração artificial |
| E – Zona de conforto térmico | L – Zona de umidificação do ar |
| F – Zona de desumidificação (renovação do ar) | |

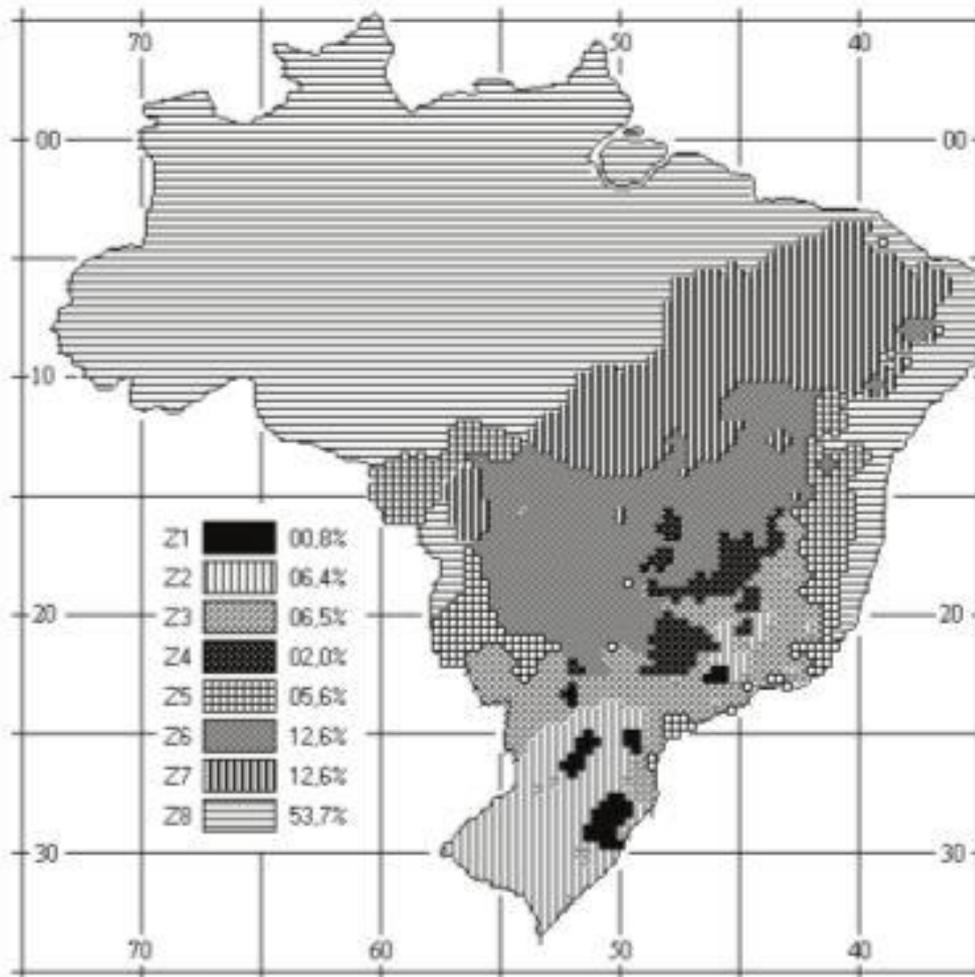
Fonte: NBR 15220 – 3 (2005).

3.7.1. Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Devido ao tamanho do seu território o Brasil possui vários climas diferentes, sendo necessário características distintas para os projetos em cada uma das regiões do país. Assim a NBR 15.220 – Desempenho Térmico de edificações parte 3 em vigor desde 2005 aborda o zoneamento bioclimático do Brasil, e padroniza o clima em relação à análise térmica dos ambientes. Este zoneamento foi feito dividindo o território brasileiro em 6500 células, por suas características geográficas, médias mensais de temperatura máximas e mínimas e da umidade relativa do ar. Propondo um território brasileiro dividido em 8 zonas relativamente homogêneas quanto ao clima.

Na NBR 15220 (2005) podemos obter dados para a formulação das diretrizes construtivas e estabelecer as características de condicionamento térmico para cada zona bioclimática considerando parâmetros como: tipo de parede externa, tipo de cobertura, tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas e estratégias de condicionamento térmico. A Figura 7 apresenta as 8 zonas bioclimáticas do território brasileiro.

Figura 7: Zoneamento Bioclimático para o Brasil.

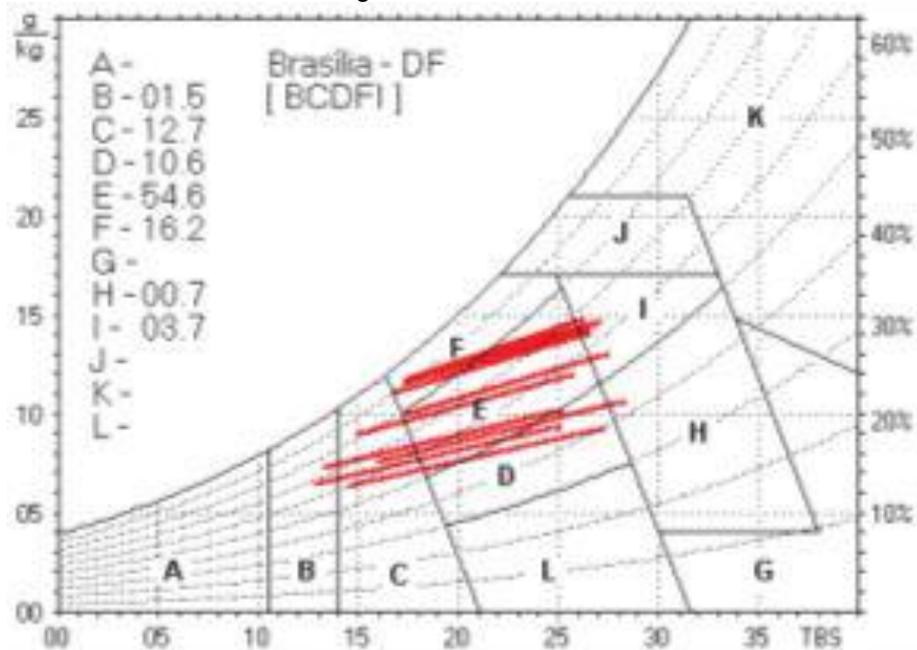


Fonte: NBR 15220(2005).

3.7.2 Método para aplicação bioclimática – Aplicação Brasília

A carta mostrada – Figura 8 - apresenta o clima de Brasília, na qual podemos observar na carta as respectivas percentagens da hora/ano correspondentes a cada estratégia. Valores menores que 1% são desprezados. Em seguida são selecionadas as cinco principais estratégias, exceto a da região 'E' (conforto térmico).

Figura 8: Carta bioclimática de Brasília.



Fonte : NBR 15220 – 3 (2005).

Assim, tem-se o seguinte disposição de percentuais:

F – 16,2% (zona de desumidificação)

D – 10,6% (zona de conforto térmico – baixa umidade)

C – 12,7% (zona de massa térmica para aquecimento)

I – 3,7% (zona de ventilação)

B – 1,5% (zona de aquecimento solar da edificação)

Com as letras definimos as estratégias bioclimáticas recomendadas para Brasília e a zona climática a que pertence.

As letras reunidas em ordem alfabética formam o código “BCDFI” para o clima analisado, definindo a zona a que a cidade pertence. Observando a Figura 9, verificando de cima para baixo, as estratégias identificadas com “sim”, tem presença obrigatória.

Figura 9: Classificação da zona bioclimática.

| Classificação | | | | | | | Zona | N ^o Cidades |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|---------------------------|
| A | B | C | D | H | I | J | | |
| Sim | | | | | Não | Não | 1 | 12 |
| Sim | | | | | | | 2 | 33 |
| | Sim | | Não | Não | | | 3 | 62 |
| | Sim | | | | | | 4 | 17 |
| | | Sim | Não | Não | | | 5 | 30 |
| | | Sim | | | | | 6 | 38 |
| | | | | Sim | | | 7 | 39 |
| | | | Não | | | | 8 | 99 |

Legenda: Sim = presença obrigatória
Não = presença proibida

NOTAS

1 As estratégias não assinaladas com sim ou não podem estar no código do clima, mas sua presença não é obrigatória.

2 Percorrer a tabela de cima para baixo, adotando a primeira zona, cujos critérios coincidam com o código.

Fonte: NBR15220 – 3 (2005).

3.8 Simulador S3E

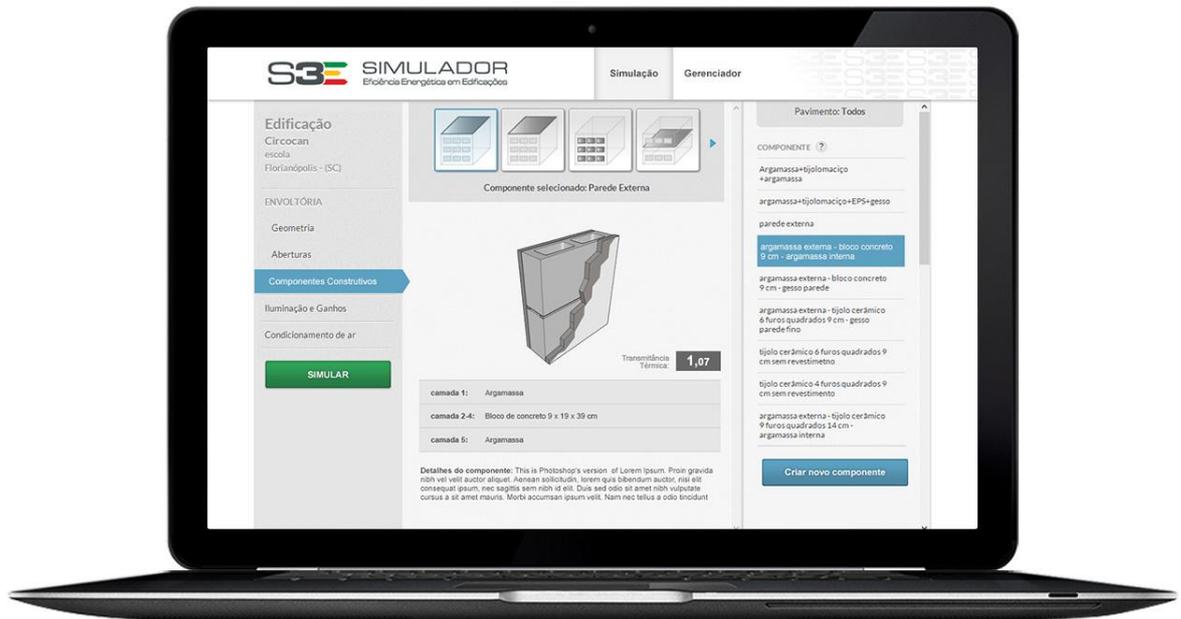
O simulador S3E é uma ferramenta WEB gratuita que está sendo desenvolvida pelo LabEEE que permite avaliar o nível de eficiência energética de edificações comerciais segundo o Programa Brasileiro de Etiquetagem (RTQ-C) através do método de simulação. Que tem como finalidade auxiliar arquitetos, engenheiros e projetistas no desenvolvimento de edificações mais eficientes.

O projeto S3E faz parte do convênio Ministério de Minas e Energia/LabEEE com recursos financeiro da FINEP e CNPq.

O simulador se encontra em processo final de validação da interface segundo (RTQ-C), utilizando servidores atualizados com a versão (V8.1.0.008) do Energy Plus. O S3E possui entrada de dados simplificada e intuitiva através de uma interface web focada no mercado brasileiro.

Os resultados obtidos através do simulador ainda não possuem valor legal ou comercial, podendo ser utilizados apenas para fins educativos e orientativos. Na Figura 10 podemos observar a página inicial do simulador S3E.

Figura 10: Página inicial do simulador S3E.



Fonte: S3E Simulador de Eficiência Energética em Edificações.

4. METODOLOGIA DE TRABALHO

Este capítulo detalha os procedimentos de execução da simulação, todos os levantamentos, tratamento e processamento de dados que foram necessários à realização da pesquisa. Foi realizada uma simulação utilizando o simulador S3E, uma ferramenta web gratuita que simula a eficiência energética de edificações à partir do RTQ-C.

A pesquisa foi realizada seguindo a seguinte ordem:

4.1 Descrição do empreendimento;

4.2 Definição da edificação em estudo;

4.3 Especificação dos componentes construtivos da edificação: vedação, revestimentos internos e externos, dimensões das aberturas para ventilação, cobertura e a definição do uso típico da edificação;

4.4 Levantamento das exigências do RTQ-C para obtenção de etiqueta de nível A;

4.5 Simulação no software S3E – pretende-se modelar os ambientes da edificação a ser simulada, permitindo analisar a edificação e obter a ENCE.

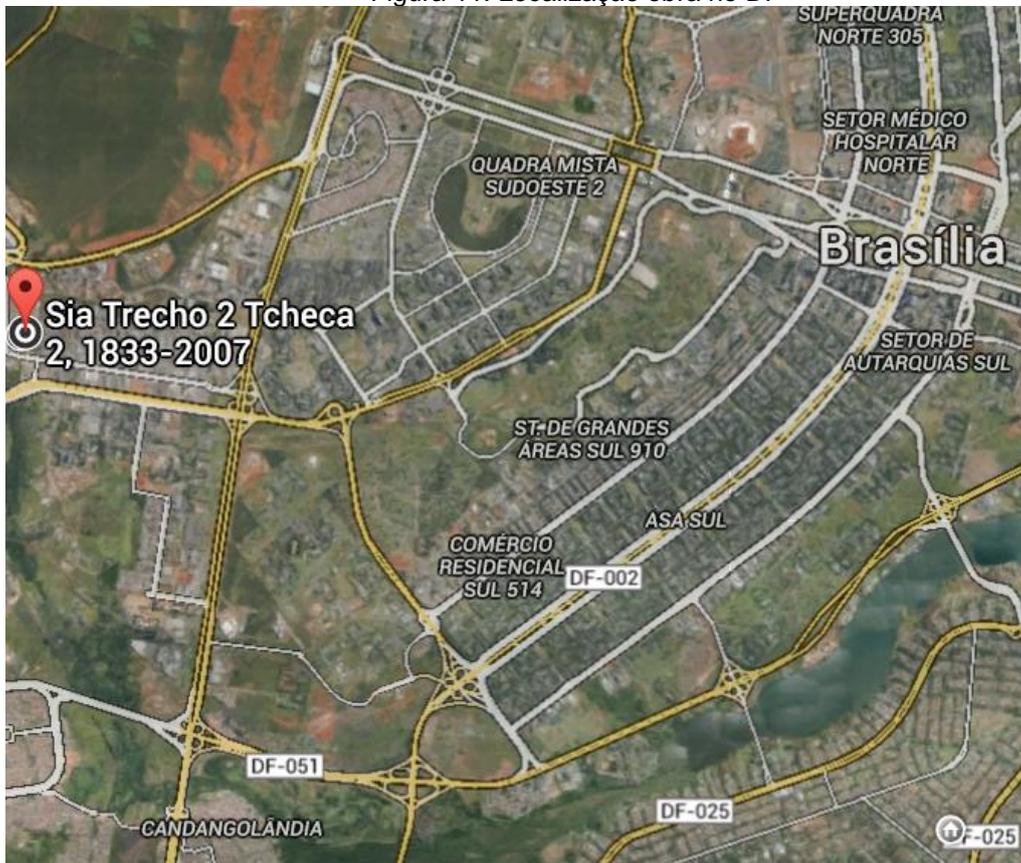
4.6 Análise de dados da simulação – a partir da realização da simulação, será analisada a classificação do nível de eficiência energética da envoltória do edifício.

4.1 - Estudo de Caso

O empreendimento a ser analisado é uma edificação comercial composta por 5 pavimentos, sendo 4 com salas comerciais, cobertura com duas salas para eventos. A área total construída da edificação é de 8953 m².

A obra em estudo fica localizada no Guará, Brasília – DF no SIA trecho 2 a Figura 11 apresenta o mapa localizando a obra no DF, e a Figura 12 a localização da obra no SIA, a planta baixa e a maquete virtual da edificação são apresentadas nas Figuras 13 e Figura 14 respectivamente.

Figura 11: Localização obra no DF



Fonte: Google Maps.

Figura 12: Localização da edificação no SIA.



Fonte: Google Maps

Figura 13: Planta baixa da edificação.

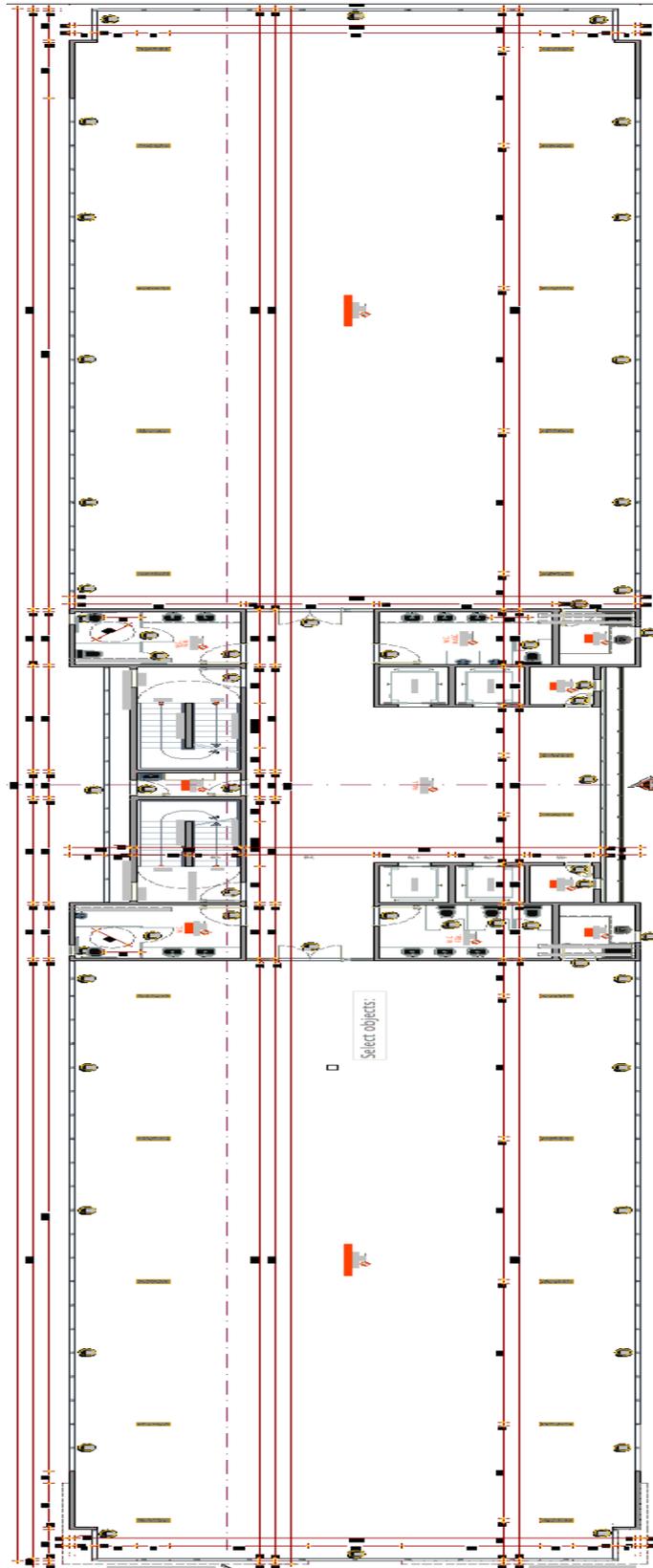


Figura 14: Maquete virtual da edificação.



Para o estudo de obtenção da etiqueta foi necessários consultar os arquivos digitais referentes aos projetos arquitetônicos, necessários para (realizar os cálculos e medições referentes à envoltória da edificação).

4.2 Simulação

No simulador S3E é necessário primeiramente fazer um cadastro informando o usuário e a senha, em seguida efetuar o *login* no site do simulador. A simulação da envoltória é composta por cinco etapas:

- definição dos dados gerais da edificação (nome da edificação, uso típico e cidade de localização);
- definição da geometria da edificação;
- descrição das aberturas;
- escolha dos componentes construtivos, e;
- saída dos resultados da simulação.

O simulador também permite simular a eficiência energética para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar para a obtenção da etiqueta geral da edificação assim como para a etiquetagem individual dos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar, que segundo o MANUAL do RTQ-C devem ser simulados de acordo com o nível de eficiência pretendido. Para o sistema de iluminação deve-se definir um uso de valores de DPIL segundo a **Tabela 4.1** do Manual do RTQ-C que apresenta o Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido. e para o sistema de condicionamento de ar deve-se atender às tabelas 6.1 (tipo de sistema de condicionamento de ar a ser simulado para o caso de edifícios sem projeto de sistema), 6.2 (características gerais do sistema a ser modelado) e 6.3 (características específicas em função do tipo de sistema de condicionamento de ar a ser modelado) do Manual do RTQ-C, que o simulador utiliza seguindo o uso típico da edificação. A Tabela 2 apresenta o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação, a Tabela 3 mostra o tipo de sistema de condicionamento de ar a ser simulado, a Tabela 4 mostra as características gerais do sistema e a Tabela 5 mostra as características específicas em função do tipo de sistema.

Tabela 2: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação por nível de eficiência.

| Função da edificação | Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível A) | Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível B) | Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível C) | Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível D) |
|-----------------------------|--|--|--|--|
| Academia | 9,5 | 10,9 | 12,4 | 13,8 |
| Armazém | 7,1 | 8,2 | 9,2 | 10,3 |
| Biblioteca | 12,7 | 14,6 | 16,5 | 18,4 |
| Bombeiros | 7,6 | 8,7 | 9,9 | 11,0 |
| Centro de Convenções | 11,6 | 13,3 | 15,1 | 16,8 |
| Cinema | 8,9 | 10,2 | 11,6 | 12,9 |
| Comércio | 15,1 | 17,4 | 19,6 | 21,9 |
| Correios | 9,4 | 10,8 | 12,2 | 13,6 |
| Venda e Locação de Veículos | 8,8 | 10,1 | 11,4 | 12,8 |
| Escola/Universidade | 10,7 | 12,3 | 13,9 | 15,5 |
| Escritório | 9,7 | 11,2 | 12,6 | 14,1 |
| Estádio de esportes | 8,4 | 9,7 | 10,9 | 12,2 |
| Garagem – Ed. Garagem | 2,7 | 3,1 | 3,5 | 3,9 |
| Ginásio | 10,8 | 12,4 | 14,0 | 15,7 |
| Hospedagem, Dormitório | 6,6 | 7,6 | 8,6 | 9,6 |
| Hospital | 13,0 | 15,0 | 16,9 | 18,9 |
| Hotel | 10,8 | 12,4 | 14,0 | 15,7 |
| Igreja/Templo | 11,3 | 13,0 | 14,7 | 16,4 |
| Restaurante | 9,6 | 11,0 | 12,5 | 13,9 |
| Restaurante: Bar/Lazer | 10,7 | 12,3 | 13,9 | 15,5 |
| Restaurante: Fast-food | 9,7 | 11,2 | 12,6 | 14,1 |
| Museu | 11,4 | 13,1 | 14,8 | 16,5 |
| Oficina | 12,9 | 14,8 | 16,8 | 18,7 |
| Penitenciária | 10,4 | 12,0 | 13,5 | 15,1 |
| Posto de Saúde/Clinica | 9,4 | 10,8 | 12,2 | 13,6 |
| Posto Policial | 10,3 | 11,8 | 13,4 | 14,9 |

Fonte: Manual RTQ-C.

Tabela 3: Tipo de sistema de condicionamento de ar a ser simulado.

| Área total condicionada na edificação | Tipo de sistema |
|---------------------------------------|---|
| Área < 4.000 m ² | Expansão direta, split, condensação a ar. |
| Área ≥ 4.000 m ² | Água gelada com caixas VAV, condensação a água. |

Fonte: Manual RTQ-C.

Tabela 4: Características gerais do sistema a ser modelado.

| Característica | Descrição |
|-----------------------------|---|
| Capacidade do sistema | Dimensionar o sistema do modelo virtual para que no máximo 10% das horas não sejam atendidas. |
| Temperatura de insuflamento | Considerar temperatura de insuflamento com 11°C de diferença para a temperatura de controle do ar (<i>setpoint</i>) da zona térmica. |
| Vazão de ar externo | Adotar as taxas de renovação de ar indicadas na NBR 16401, conforme o tipo de atividade de cada zona térmica. Considerar o ar externo admitido diretamente nas salas de máquinas do sistema de insuflamento, ou seja, desconsiderar potência elétrica para ventilação de ar externo e exaustão de ar interno. |
| Eficiência | Adotar eficiência nível A para todos os equipamentos do sistema. |

Fonte: Manual RTQ-C.

Tabela 5: Características específicas em função do tipo de sistema de condicionamento.

| Tipo de sistema de condicionamento de ar | Característica | Descrição |
|--|---|--|
| Expansão direta, split, condensação a ar | Quantidade de sistemas de condicionamento de ar | Definir um sistema para cada zona térmica. |
| | Potência de ventilação | Modelar a potência de ventilação independente do COP. Considerar ventiladores com pressão estática total de 250 Pa e eficiência de 65%. Manter a vazão de ar constante. |
| Água gelada com caixas VAV, condensação a água | Potência de ventilação | <p>Considerar fan-coils com pressão estática total de 600 Pa e eficiência de 65%. Manter a vazão de ar variável por meio de caixa VAV em cada zona térmica.</p> <p>Adotar potência do ventilador do fan-coil variável conforme a equação:</p> $P = 0,0013 + 0,1470 \times \text{PLR} + 0,9506 \times (\text{PLR})^2 - 0,0998 \times (\text{PLR})^3$ <p>Onde: P = fator de ajuste de potência do ventilador em carga parcial. PLR = fator de carga parcial (igual a <i>vazão de ar atual/vazão de ar de projeto</i>).</p> |
| | Tipo e quantidade de chillers | <p>Definir a quantidade e tipo de chillers conforme a carga térmica total estimada para a edificação:</p> <p>Carga térmica ≤ 1055 kW: 1 chiller parafuso.</p> <p>Carga térmica > 1055 kW e ≤ 2110 kW: 2 chillers parafuso de mesma capacidade.</p> <p>Carga térmica > 2110 kW 2 chillers centrífugos no mínimo, adicionando novas unidades quando necessário, desde que a capacidade unitária não ultrapasse 800 TR.</p> |
| | Temperatura de controle da água gelada | Considerar água gelada fornecida a 7°C, com retorno a 13°C. |
| | Torres de resfriamento | Modelar uma torre de resfriamento com ventilador axial de duas velocidades. Manter a temperatura de saída da água de condensação a 29,5°C e entrada a 35°C. |
| | Bombas de água gelada | Modelar circuito primário de vazão constante e secundário variável, com potência total de 349 kW/m³/s. Modelar uma bomba para cada chiller, operando apenas quando o chiller correspondente estiver em funcionamento. |
| | Bombas de água de condensação | Considerar potência total de 310 kW/m³/s. Modelar uma bomba para cada chiller, operando apenas quando o chiller correspondente estiver em funcionamento. |

Fonte: Manual RTQ-C.

4.2.1 Dados gerais

Nessa etapa foi dado um nome a simulação (simulaçãoTCC-Elias), em seguida definido o uso típico da edificação (escritório B – Média densidade de carga) e definida a cidade em que se encontra a edificação (Brasília). Na Figura 15 podemos observar a primeira etapa da simulação.

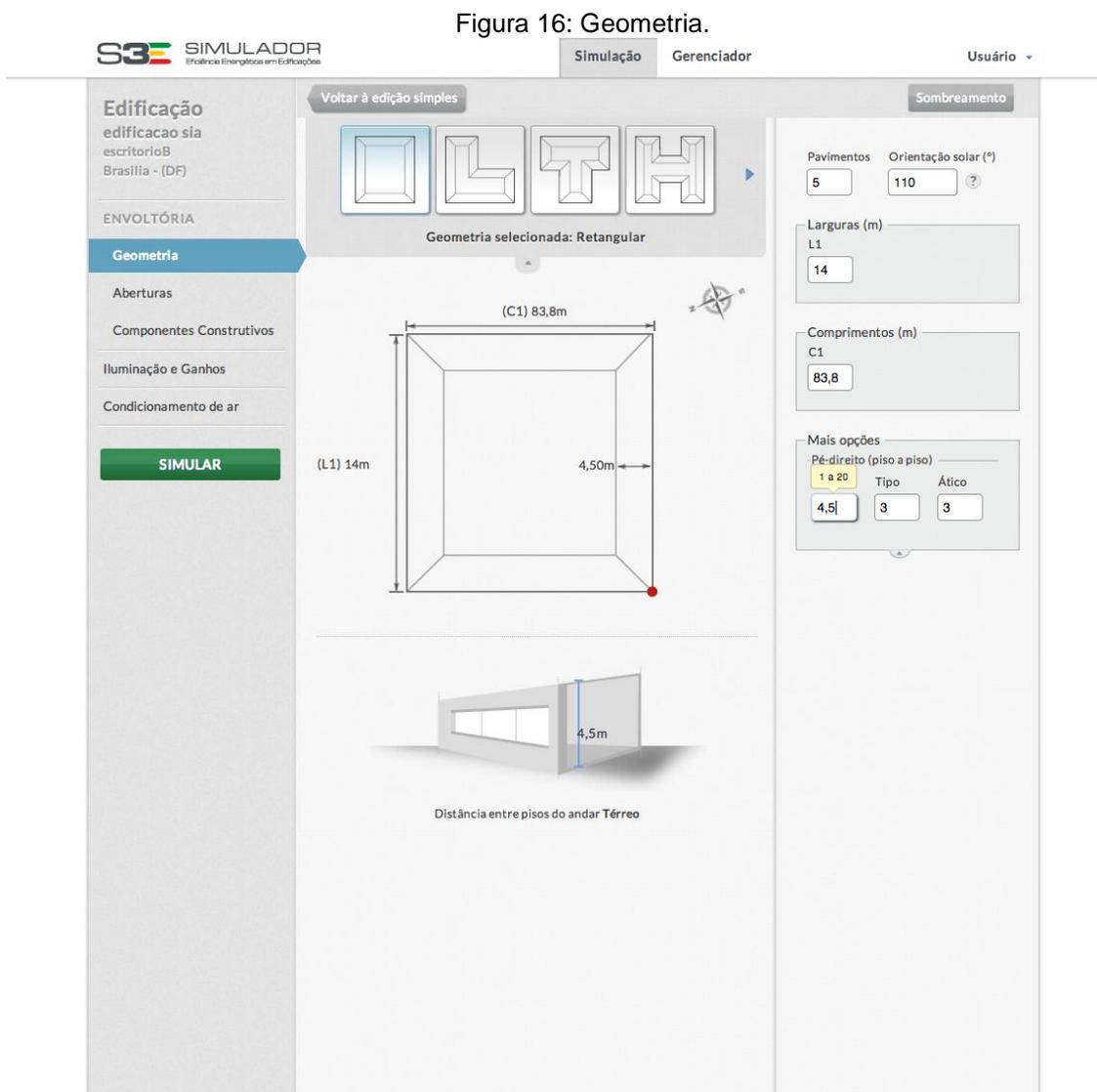
Figura 15: Dados Gerais da simulação.

The screenshot shows the S3E Simulador interface. On the left, a sidebar lists navigation options under 'Edificação Minha Simulação', with 'Dados Gerais' highlighted. The main content area features the S3E logo and a welcome message for version 1.2. It describes the simulator's function in evaluating energy efficiency according to the Brazilian RTQ-C program. A list of 'Novidades' (New Features) includes: rectangular geometry with non-conditioned areas, color selection for absorption, new construction components, a glass kit, Energy Plus (V8.1.0.008) updates, and bug fixes. Below this is a 'Notícias' section with a banner for 'GREENBUILDING BRASIL 2014' and text about a presentation at the conference on August 5th. The 'projeteee' logo is also present. On the right, the 'Dados Gerais' form is filled with: 'edificacao sia' for the simulation name, 'Escritório B - Média Densidade' for the typical use, and 'Brasilia - (DF)' for the city. A 'SIMULAR' button is located at the bottom of the sidebar.

Fonte: S3E Simulador.

4.2.2 Geometria

Na escolha da geometria da edificação é necessário inserir os dados da largura da edificação (14 metros) assim como o comprimento (83,80 metros) em metros, numerar a quantidade de pavimentos da edificação (cinco pavimentos), a orientação solar (110 graus) e a altura do Pé-direito (4,5 metros para o pavimento térreo e 3 metros para os demais). Na figura 16 vemos a definição da geometria da edificação.



Fonte: S3E Simulador.

4.2.3 Aberturas

Na parte das aberturas é definido o porcentagem de abertura da fachada (PAF) para cada pavimento (quadro 1), o sombreamento das aberturas e o percentual de abertura zenital (PAZ), como a edificação não possui sombreamento como brises, pergola e elementos de fachada que provoquem sombreamento e abertura zenital (aberturas criadas na cobertura de uma edificação para permitir a penetração de luz natural no ambiente), o AHS, o AVS e o PAZ foram iguais a zero.

A Figura 17 mostra a definição das aberturas e a Tabela 6 mostra porcentagem de abertura da fachada (razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido e a área da fachada).

Figura 17: Aberturas.

The screenshot shows the S3E Simulator interface for configuring window openings. The left sidebar lists various building components, with 'Aberturas' (Openings) selected. The main workspace displays a 3D perspective view of a window opening on a wall. Above the window, a tooltip提示 'PASSE O MOUSE SOBRE A FACHADA PARA VER INFORMAÇÕES' (Hover over the facade to see information) shows the current settings: PAF: 84,7%, AHS: 0°, AVS: 0°, and PAZ: . Below the 3D view, a small diagram of the window opening shows the percentage '84,7%'. On the right side, there are controls for the selected opening, including 'Pavimento: térreo' (Floor: ground floor), 'Porcentagem de abertura da fachada' (Facade opening percentage) set to '84,7', and 'Sombreamento' (Shading) set to 'NÃO' (No).

Fonte: S3E Simulador.

Tabela 6: Porcentagem de abertura da fachada.

| PAVIMENTO | % ABERTURA NORTE | % ABERTURA SUL | % ABERTURA OESTE | % ABERTURA LESTE |
|-----------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| TÉRREO | 99 | 99 | 84,7 | 76,2 |
| TIPO | 99 | 99 | 80 | 70 |
| ÁTICO | 66 | 66 | 68 | 50 |

Fonte: Autoria própria.

4.2.4 Componentes Construtivos

Na etapa dos componentes construtivos são inseridos os dados relevantes aos materiais utilizados na parede externa, na cobertura, o vidro utilizado nas aberturas, definição do piso entre andares, do piso do térreo, a definição das paredes internas e a cor da parede externa.

Na edificação simulada as paredes externas são compostas por argamassa interna composta por uma camada de 2,5 cm, bloco cerâmico 9x14x24 cm e argamassa externa composta por uma camada de 2,5 cm, o vidro utilizado nas janelas é o vidro laminado incolor 8mm- Cebrace cool lite 114 pn, o piso entre andares, cobertura e térreo são constituídos de laje nervurada com preenchimento poliestireno expandido, com contrapiso de 2cm e piso de cerâmica, as paredes internas são de média inércia térmica (capacidade de armazenar e liberar calor) Na Figura 18 apresenta-se a etapa dos componentes construtivos.

Figura 18: Componentes Construtivos.

The screenshot shows the S3E Simulador software interface. The sidebar on the left contains the following menu items: Edificação (edificacao sia escritorioB, Brasilia - (DF)), ENVOLTÓRIA (Geometria, Aberturas), **Componentes Construtivos** (highlighted), Iluminação e Ganhos, and Condicionamento de ar. A green 'SIMULAR' button is located at the bottom of the sidebar. The main interface has tabs for 'Simulação' and 'Gerenciador', and a 'Usuário' dropdown menu. The central area shows four icons representing different wall types, with 'Componente selecionado: Parede Externa' (Selected Component: External Wall) displayed below them. A 3D cutaway of the selected wall component is shown, with a thermal transmittance value of **2,46** W/m²K. Below the cutaway, the layers are listed: Camada 1: Argamassa 2.5 cm, Camada 2: Bloco cerâmico 9x14x24 cm, and Camada 3: Argamassa 2.5 cm. The text 'Detalhes do componente: Sem informações extras.' is displayed below the layers. On the right side, a list of materials is shown, including 'argamassa interna - bloco concreto 9x19x39 cm - argamassa externa', 'placa de gesso interna - bloco concreto 9x19x39 cm - argamassa externa', 'gesso interno fino - bloco concreto 9x19x39 cm - argamassa externa', 'bloco concreto 9x19x39 cm - argamassa externa', 'argamassa interna - bloco concreto 14x19x39 cm - argamassa externa', 'placa de gesso interna - bloco concreto 14x19x39 cm - argamassa externa', 'gesso interno fino - bloco concreto 14x19x39 cm - argamassa externa', 'bloco concreto 14x19x39 cm - argamassa externa', 'argamassa interna - bloco cerâmico 9x14x24 cm - argamassa externa' (highlighted in blue), 'placa de gesso interna - bloco cerâmico 9x14x24 cm - argamassa externa', and 'gesso interno fino - bloco cerâmico 9x14x24 cm - argamassa externa'. The top right of the interface shows 'Pavimento: Todos' and 'COR DA PAREDE EXTERNA: Clara'.

Fonte: S3E Simulador.

Com a modelagem e as definições dos componentes construtivos do empreendimento lançados, a simulação da envoltória pode ser realizada e a etiqueta e resultados podem ser analisados.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Envoltória da edificação

Depois de feita a simulação, obteve-se os seguintes dados sobre a planta civil do edifício.

- Zona bioclimática: 4
- Latitude: $-15,78^{\circ}$
- Longitude: $-47,93^{\circ}$
- Altitude: 1160 m
- Fuso horário: -3 h
- Rotação em relação ao Norte geográfico em graus: 110°
- Tipo de estabelecimento (uso típico): escritórioB
- Número de pavimentos: 5
- Área útil: 5866 m²
- Volume do edifício: 19357,8 m³
- Área de projeção da cobertura: 1173,2 m²
- Área da envoltória: 4400,6 m²
- Área total condicionada: 5866 m²
- Área total não condicionada: 0 m²
- FA: Fator de Altura: 0,200
- FF: Fator de Forma: 0,227
- Ucob: Transmitância Térmica da cobertura: 1,8818 W/m².K
- α_{cob} : Absortância Solar da cobertura: 0,9
- Upar: Transmitância Térmica das paredes: 2,4724 W/m².K
- α_{par} : Absortância Solar das paredes: 0,9
- PAFT: Percentual de área de Abertura na Fachada total: 76,36%
- PAZ: Percentual de Abertura Zenital: 0%
- FS: Fator Solar: 0,309

- AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento: 0,00°
- AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: 0,00°

A Figura 19 apresenta os resultados de transmitância térmica das paredes e da cobertura e os dados da edificação obtidos com a simulação e a Figura 20 a transmitância e o fator solar dos componentes construtivos.

Figura 19: Resultados obtidos.

Dados Gerais

Nome da edificação: simulacaox
Versão do EnergyPlus: 8.1
Arquivo climático: DF_Brasilia.epw
Zona bioclimática: 4
Latitude: -15,78°
Longitude: -47,93°
Altitude: 1160 m
Fuso horário: -3 h
Rotação em relação ao Norte geográfico em graus: 110°
Tipo de estabelecimento (uso típico): escritorioB
Número de pavimentos: 5
Área útil: 5866 m²
Volume do edifício: 19357,8 m³
Área de projeção da cobertura: 1173,2 m²
Área da envoltória: 4400,6 m²
Área total condicionada: 5866 m²
Área total não condicionada: 0 m²

Envoltória

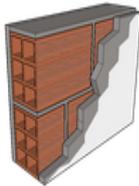
Edifício Real

FA: Fator de Altura: 0,200
FF: Fator de Forma: 0,227
Ucob: Transmitância Térmica da cobertura: 1,8818 W/m².K
acob: Absortância Solar da cobertura: 0,9
Upar: Transmitância Térmica das paredes: 2,4724 W/m².K
apar: Absortância Solar das paredes: 0,9
PAFT: Percentual de área de Abertura na Fachada total: 76,36%
PAZ: Percentual de Abertura Zenital: 0%
FS: Fator Solar: 0,309
AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento: 0,00°
AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: 0,00°

Fonte: S3E Simulador.

Figura 20: Transmitância e fator solar dos componentes construtivos.

Componentes Construtivos

| Tipo | Nome | Imagem | Transmitância / Fator Solar (vidros) |
|----------------|--|---|--------------------------------------|
| Parade Externa | argamassa interna - bloco cerâmico 9x14x24 cm - argamassa externa |  | 2,4724 |
| Cobertura | laje nervurada com preenchimento poliestireno expandido - contrapiso - piso cerâmico |  | 1,8818 |
| Janela | vidro laminado com incolor 8mm - cebrace cool lite 114 pn |  | 0,27 |

Fonte: S3E Simulador.

O SIMULADOR S3E disponibiliza apenas a etiqueta geral da edificação, a edificação possui etiqueta geral de nível C como podemos observar na Figura 21.

Com a utilização do WebPrescrito uma ferramenta de avaliação de eficiência energética de edificações comerciais pelo método prescritivo do RTQ-C, disponibilizada pelo LABEEE podemos conferir a etiqueta parcial de envoltória como mostrado na Figura 22.

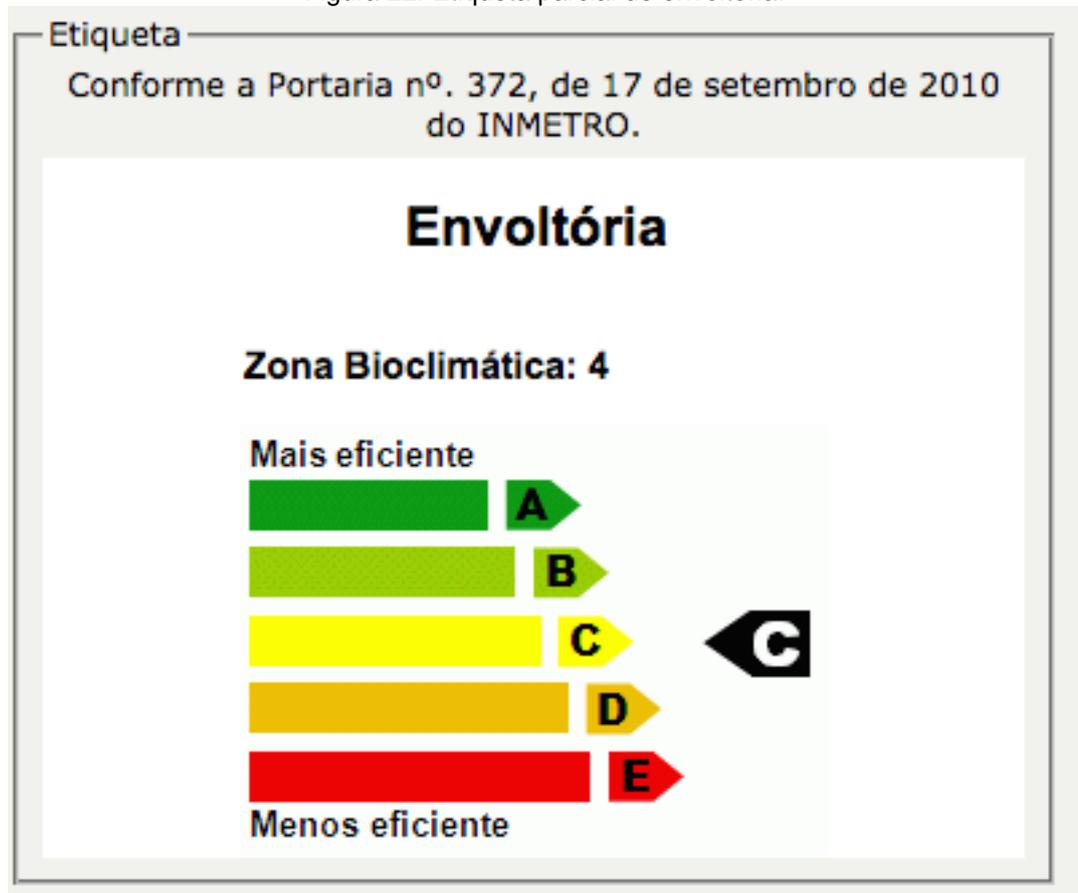
Figura 21: Etiqueta.

Etiqueta



Fonte: S3E Simulador.

Figura 22: Etiqueta parcial de envoltória.



Fonte: WebPrescritivo.

5.2 Pré-requisitos específicos da envoltória

Segundo o MANUAL para Aplicação do RTQ-C (2013) para cada nível de eficiência da envoltória alguns pré-requisitos devem ser atendidos e quanto mais elevado o nível pretendido, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos. A Tabela 7 apresenta uma síntese dos pré-requisitos da envoltória exigidos por nível de eficiência.

Tabela 7: Síntese dos pré-requisitos da envoltória.

| Nível de eficiência | Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores | Cores e absorvância de superfícies | Iluminação zenital |
|---------------------|---|------------------------------------|--------------------|
| A | X | X | X |
| B | X | X | X |
| C e D | X | | |

Fonte: MANUAL RTQ-C.

5.2.1 Transmitância térmica da cobertura

Conforme os dados da simulação, que indica um valor de transmitância térmica da cobertura de 1,8818 W/m²K, a edificação não se enquadra nos pré-requisitos do nível de eficiência A e B como podemos observar na Tabela 8 que resume os níveis de transmitância térmica da cobertura para cada nível de eficiência da ZB4.

Tabela 8: Transmitância térmica máxima da cobertura

| Nível de Eficiência | Ambientes condicionados artificialmente | Ambientes não condicionados |
|---------------------|---|-----------------------------|
| A | 1,0 W/m ² K | 2,0 W/m ² K |
| B | 1,5 W/m ² K | 2,0 W/m ² K |
| C e D | 2,0 W/m ² K | 2,0 W/m ² K |

Fonte: DIAS (2010).

5.2.2 Transmitância térmica das paredes

A edificação obteve para a transmitância térmica das paredes o valor de 2,4724 W/m²K o que enquadra o edifício nos pré-requisitos necessários para todos os níveis de eficiência. A Tabela 9 apresenta uma síntese das exigências para transmitância térmica das paredes.

Tabela 9: Exigências para a transmitância térmica das paredes.

| Zonas Bioclimáticas | $U_{PAR} A$ (W/m ² K) | $U_{PAR} B$ (W/m ² K) | $U_{PAR} C$ e D (W/m ² K) |
|---------------------|---|----------------------------------|--|
| ZB 1 e 2 | 1,0 | 2,0 | 3,7 |
| ZB 3 a 6 | 3,7 | | |
| ZB 7 e 8 | 2,5 W/m ² K, para $C_T < 80$ kJ/m ² K | | |
| | 3,7 W/m ² K, para $C_T > 80$ kJ/m ² K | | |

Fonte: MANUAÍ RTQ-C.

5.2.3 Cores e absorvância da superfície

Para garantir envoltórias mais eficientes, o RTQ-C determina para níveis A e B uma absorvância máxima de 0,5 para os materiais de revestimento externo das paredes e para cobertura nas Zonas Bioclimáticas de 2 a 8.

Na simulação os valores para absorvância das paredes e da cobertura foram de 0,9 não atendendo os pré-requisitos para os níveis A e B, não há pré-requisitos envolvendo absorvância de superfícies para os níveis C e D.

A edificação não apresenta os pré-requisitos necessários para a obtenção dos níveis A e B em 2 requisitos: o alto índice de absorvância da parede e da cobertura além do nível de transmitância térmica da cobertura.

Algumas características da edificação prejudicam a sua eficiência energética, como o alto percentual de abertura das fachadas principalmente da fachada oeste, com um percentual de 76,36% e a falta de proteção solares nas fachadas implica em uma elevação da carga térmica interna através da radiação solar.

6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Para fins de aplicar e avaliar o RTQ-C em uma edificação, esse estudo considerou a realização de um Estudo de Caso, no qual foi aplicado o método de simulação do RTQ-C em uma edificação comercial, que esta localizada em Brasília-DF, tendo sido analisado apenas a parte correspondente a envoltória da edificação com o auxílio do SIMULADOR S3E que está sendo desenvolvido pelo [Laboratório de Eficiência Energética em Edificações \(LabEEE\) da Universidade Federal de Santa Catarina](#).

A avaliação de eficiência energética parcial da envoltória resultou em uma etiqueta de nível C. O edifício não apresentava a maioria dos pré-requisitos necessários para a obtenção dos níveis A e B e não fazia uso das proteções solares como demonstrado na apresentação e análise de resultados.

Com a elaboração deste trabalho foi possível conhecer e obter uma aproximação com a metodologia aplicada pelos regulamentos que tem com objetivo avaliar a eficiência energética da envoltória da edificação comercial.

Sobre o SIMULADOR S3E pode-se considerar que que demonstrou ser uma plataforma bem simplificada e intuitiva, apenas com a informação da cidade o simulador aplica o arquivo climático definido para a simulação, os componentes construtivos são os mais utilizados no mercado da construção civil nacional. Contudo a modelagem da geometria no simulador deveria ser livre, para possibilitar um maior numero de edificações que possam ser simuladas.

Apesar da avaliação proposta pelo INMETRO com o RTQ-C não ser de caráter compulsório, o que provavelmente mudara nos próximos anos, as edificações certificadas com altos níveis de eficiência energética atenderá os consumidores mais exigentes e também será um diferencial competitivo para as construtoras. Outra vertente que é aberta com a etiqueta de eficiência energética são as melhores oportunidades de incentivos e financiamentos para edifícios etiquetados.

Recomenda-se que seja realizada uma maior divulgação do programa, pois foi verificado que apesar do programa ter mais de cinco anos de existência, poucas pessoas o conhecem, inclusive profissionais e estudantes da área de engenharia. O que demonstra que deveria ter uma maior atuação do programa em universidades e no próprio CREA. Assim como o SELO PROCEL é uma realidade pra eletrodomésticos a ENCE também deve ser um realidade nas edificações.

Espera-se, portanto que pesquisas como esta possam incentivar e facilitar a apropriação do conhecimento das metodologias envolvidas na aplicação do RTQ-C, permitindo que esta regulamentação seja aplicada e reconhecida em um numero cada vez maior de edificações.

Como sugestões para trabalhos futuros indicam-se:

- Realizar o processo de etiquetagem através do método prescritivo, uma vez que o método utilizado neste trabalho foi o método de simulação;
- Uma comparação entre o método prescritivo e o método de simulação do RTQ-C para a edificação;
- Análise tipológica da cidade de Brasília, visando a definição de recomendações para novas construções;
- **Análise da viabilidade econômica da implantação dos requisitos de eficiência energética de nível A para uma edificação comercial.**

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**. Desempenho Térmico de Edifícios Habitacionais, 1992.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2013. Resultados Preliminares – disponível no sítio <<https://ben.epe.gov.br>> último acesso em 19/08/2014.

LAMBERTS Roberto; DUTRA Luciano; PEREIRA Fernando O.R. **Eficiência energética na Arquitetura** 2.ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

DIAS Deivid; GOMES Roberto. **Estudo da viabilidade de aplicação do program PROCEL EDIFICA em edifícios comerciais já existentes: Estudo de caso em um edifício comercial de Curitiba.**

MASCARÓ, JUAN L., MASCARÓ, LÚCIA. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios** 2. ed. Porto Alegre: Sagra-Dc Luzzatto, 1992.

Regulamento de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – disponível no sítio <www.inmetro.gov.br> último acesso em 18/11/2014.

MANUAL PARA APLICACAO DO RTQ-C - disponível no sítio <www.pbeedifica.com.br> acesso em 15/11/2014.

AMORIM, C. N. D. **Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte I. Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável.** Revista Paranoá, 2002.

ASHARE. **Handbook.** Disponível no sítio <www.ashrae.org/publications/page/158> . Acesso em: 10/08/2014.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001. [Brasil], 2001. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>. Acesso em: 30/08/2014.

PROCEL. PROCEL Edifica – Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C. Disponível

em:<www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/Volume_4_Manual_V2010-2.pdf>. Acesso em : 10/11/2014

GOULART, S. VG.; LAMBERTS, R; FIRMINO, S. 1998. 345 P. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. 2ª edição.** Florianópolis. Núcleo de Pesquisa em Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – RS.

MENEZES, M. S. **Avaliação do Desempenho Térmico de habitações Sociais de Passo Fundo – RS**, 2006. Dissertação – Universidade de Passo Fundo.

FAGNER, P. Thermal comfort: analysis in environmental engineering. Kingsport, 1970.

ELETROBRÁS – PROCEL (apresentação) SANTOS, MIRIAN DOS ANJOS. **AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA POR EXPOSIÇÃO AMBIENTAL A HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS MONOCÍCLICOS- ESTUDO DE CASO.** 2009

Pearson, G. and Oudjick, R. (1993), **Investigation and Remediation Petroleum product releases from residential storage tanks.** Ground Water Monitoring Review, 13, 124-128

ELETROBRÁS – PROCEL (apresentação). Acesso em 20/10/2014. <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>>

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Acesso em 10/11/2014. <www.labeee.ufsc.br>

PBE EDIFICA. Acesso em 14/11/2014. <<http://pbeedifica.com.br>>

S3E SIMULADOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Acesso em 14/11/2014 <<http://www.s3e.ufsc.br/>>

