

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo



Dissertação

**Eficiência Energética em Lojas da Zona Central
de Pelotas, RS: Análise de Envoltórias e Proposição de
Medidas de Conservação de Energia**

Jaqueline da Silva Peglow

Pelotas, 2014

JAQUELINE DA SILVA PEGLOW

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM LOJAS DA ZONA CENTRAL DE PELOTAS, RS:
ANÁLISE DE ENVOLTÓRIAS E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO
DE ENERGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P376e Peglow, Jaqueline da Silva

Eficiência energética em lojas da zona central de pelotas, rs : análise de envoltórias e proposição de medidas de conservação de energia / Jaqueline da Silva Peglow ; Eduardo Grala da Cunha, orientador. — Pelotas, 2014.

214 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Eficiência energética. 2. Simulação computacional. 3. Análise de envoltórias. 4. Pelotas - RS. 5. 3284-5549. I. Cunha, Eduardo Grala da, orient. II. Título.

CDD : 711.42

Banca examinadora:

Prof. Dra. Celina Maria Britto Corrêa

Doutora pela Universidade Politécnica de Madrid, Espanha

Prof^a. Dra. Isabel Tourinho Salamoni

Doutora pela Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dra. Giane de Campos Grigoletti

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida, pela família, pelos amigos e por todas as oportunidades colocadas em meu caminho.

Aos meus pais por todo amor e por todos os ensinamentos que me tornaram a pessoa que sou hoje e especialmente ao meu pai, que sonhou comigo todos os meus sonhos e que infelizmente não está aqui para ver a realização de mais este sonho.

Ao meu noivo Rafael Pereira, por todo amor, companheirismo, compreensão, por fazer parte da minha vida e da minha história, por estar comigo em todos os momentos sempre me apoiando. À sua família por todo carinho, apoio e por terem se tornado minha família também com eles divido minhas alegrias e tristezas.

Às minhas amigas queridas que fazem parte da minha vida e que sempre estiveram disponíveis para me apoiar nas horas difíceis e para comemorar as alegrias da vida inclusive por proporcionar muitas delas: Aracele Mahfuz, Hélen Silva, Janaina Souza, Juliana Al-Alam Pouey, Mariane Brandalise, Stífany Knop e Tatiane Ballerini.

Ao meu orientador Eduardo Grala da Cunha, por todo conhecimento transmitido, pela confiança, dedicação, por acreditar em mim e sempre me motivar.

A toda equipe do LABCEE, por todo apoio, incentivo, amizade, ambiente de trabalho propicio ao conhecimento e por todas as oportunidades ofertadas. Agradeço em especial ao Prof. Dr. Antônio César S. Baptista da Silva e ao Me. Eng. Liader Oliveira por todas as contribuições.

Aos membros da banca por aceitarem contribuir com este trabalho.

Aos bolsistas do LABCEE, Bruna Rogovski, Cássia Kozloski, Gabriela Beraldi, Jéssica Busnello, Júlia Robaldo, Kimberly Pinheiro, Luiza Quintana, Marina Mecabô, Monica Wilges, Oberdan Mendonça, Patrícia Malffati, Raquel Mota, Tatiane Ballerini e Vitória Ávila. Bolsistas ou voluntários que em algum momento do trabalho contribuíram com a realização dos levantamentos. A estes, o meu muito obrigada! Pois sem esta contribuição não seria possível montar um banco de dados tão amplo do centro da cidade de Pelotas.

A todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento.

RESUMO

A situação energética atual faz com que a preocupação com a conservação dos recursos naturais e suas fontes tome cada vez mais espaço no cenário mundial. Vários países já adotaram políticas de conservação de energia quebrando paradigmas e mudando a maneira de projetar edificações. O Brasil retomou sua caminhada em busca de diretrizes de desempenho termo energético de edificações após a crise energética de 2001, e, a partir de então normas e regulamentos foram sendo criados, visando aumentar o desempenho termo energético das edificações.

Este trabalho propõe avaliar o nível de eficiência energética da envoltória de edificações comerciais - lojas da zona central da cidade de Pelotas, RS, identificando MCE - Medidas de Conservação de Energia que auxiliem na melhoria do desempenho energético destas edificações. Verifica também a eficiência da utilização de MCE na cobertura, com base nos resultados de simulação computacional. Para isso, o trabalho foi dividido em quatro partes, sendo elas: levantamentos; simulação do nível de eficiência energética da envoltória dos exemplares de cada edificação escolhida; proposta de MCE e análise econômica das medidas corretivas.

Das 3.206 edificações presentes na zona central da cidade de Pelotas, percebe-se que edificações de até dois pavimentos, construídas entre lotes, até 1980, com predominância de cores claras nas fachadas e percentual de fechamentos transparentes entre 30 e 70%, caracterizam as edificações da zona central da cidade. A partir disso, escolheu-se 16 edificações que foram simuladas apresentando níveis de eficiência energética variando de A a D, com consumos médios de 109,84 kWh/m² ano. Quanto às MCE, foram testadas três medidas: alteração da absorvância solar da cobertura; isolamento da cobertura e a soma das duas medidas anteriores. Para as pequenas lojas analisadas, a associação das MCE de isolamento da cobertura e diminuição da absorvância solar para 0,20, obteve melhores resultados. Já nas grandes lojas, os melhores resultados foram obtidos somente reduzindo a absorvância solar.

Palavras-chave: Simulação computacional. Eficiência energética.

ABSTRACT

The current energy situation causes concern worldwide towards the natural resources conservation. Several countries have already implemented policies for energy conservation breaking paradigms and changing the way of designing buildings. Brazil resumed its journey in search of guidelines for thermal performance of buildings after the energy crisis in 2001, and thereafter rules and regulations were created in order to increase the energy performance of buildings.

This study aims at assessing the level of energy efficiency of commercial buildings envelope- shops of Pelotas city center, RS, identifying ECM - Energy Conservation Measures to assist the improvement of energy performance of these buildings. It also checks the efficiency of MCE uses in coverage, based on the results by computer simulation. The study was divided into four parts, namely: surveys; simulation of the energy level efficiency of the envelope for each chosen building; proposal of measures for energy conservation; economic analysis of corrective measures.

Of the 3.206 buildings present in Pelotas city center, it was possible to observe that the up two-story buildings, built in lots, until the 1980s, predominantly in light-colored facades, the percentage of medium transparency in the facades (30 to 70%) characterize the central zone of the city. From these buildings, 16 were chosen and simulated with levels of energy efficiency ranging from A to D, with average consumption of 109,84 kWh/m² per year. As for ECM, three measures were tested: changes in the solar absorptance of the cover; isolation of the coverage and the sum of the two previous measures. For the small stores analyzed, the association of two ECM had the best results, namely the isolation of the coverage and the reduction of the solar absorptance to 0,20. In the big stores, the best results were obtained only by reducing the solar absorptance.

Keywords: Computer simulation, energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro.....	34
Figura 2 Esquema explicativo dos métodos de avaliação do RTQ-C.....	36
Figura 3 - Representação dos seis tipos de paredes analisadas.....	55
Figura 4 Relação do consumo com a transmitância da cobertura.....	59
Figura 5 - Influência da cor da cobertura no consumo.....	59
Figura 6 - Diagrama representativo do método.....	72
Figura 7- Recorte da zona levantada.....	73
Figura 8 - Ficha Catalográfica das Edificações.....	74
Figura 9 - Ficha preenchida nos levantamentos específicos.....	86
Figura 10 - Esquema de avaliação dos casos base.....	87
Figura 11 - Imagem de satélite das coberturas no recorte estudado.....	94
Figura 12 - Gráfico Destinação da função comercial.....	97
Figura 13 - Gráfico Funções das tipologias centrais.....	97
Figura 14 - Gráfico Posicionamento no lote.....	98
Figura 15 - Gráfico Altura das edificações destinadas ao uso comercial - lojas.....	98
Figura 16 - Gráfico Idade das construções.....	98
Figura 17 - Gráfico Percentual de fechamentos transparentes.....	99
Figura 18 - Gráfico Percentual de absortância das fachadas.....	99
Figura 19 - Zonas térmicas PLE - CT > 500 - PAFP - COBE.....	101
Figura 20 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT > 500 - PAFP – COBE.....	103
Figura 21 - Zonas térmicas PLE - CT > 500 - PAFG - COBE.....	105
Figura 22 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT > 500 - PAFG – COBE.....	107
Figura 23 - Zonas térmicas pavimento térreo PLE - CT < 500 - PAFG - COBE.....	108
Figura 24 - Zonas térmicas segundo pavimento PLE - CT < 500 - PAFG - COBE.....	109

Figura 25 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	111
Figura 26 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	112
Figura 27 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	114
Figura 28 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLE - CT > 500 - PAFP – COBE	117
Figura 29 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	119
Figura 30 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLE - CT > 500 - PAFG – COBE	121
Figura 31 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT > 500 - PAFG - COBE	123
Figura 32 - Zonas térmicas GLE - CT < 500 - PAFG - COBE.....	125
Figura 33 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT < 500 - PAFG – COBE	126
Figura 34 - Zonas térmicas terceiro e quarto pavimentos GLM - CT < 500 - PAFG – COBE	127
Figura 35 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	128
Figura 36 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	130
Figura 37 - Consumo em (kWh/m ² .ano) das edificações comerciais - lojas analisadas.	133
Figura 38 - Gráfico comparação quanto ao posicionamento na quadra.	137
Figura 39 - Gráfico comparação quanto as capacidades térmicas das paredes.	138
Figura 40 - Gráfico comparação quanto ao atraso térmico das paredes	139
Figura 41 - Gráfico comparação entre coberturas expostas e não expostas à radiação solar.....	141
Figura 42 - Gráfico comparação de percentuais de aberturas nas fachadas principais.	142
Figura 43 - Variáveis analisadas nas edificações comerciais – lojas.	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas.....	35
Tabela 2 - Parâmetros do modelo das grandes lojas.....	44
Tabela 3 - Parâmetros do modelo das pequenas lojas.....	45
Tabela 4 - Características da envoltória dos protótipos representativos, com grifo da autora.....	46
Tabela 5 - Características da envoltória dos casos-base ineficientes, com grifo da autora.....	46
Tabela 6 -Características da envoltória dos casos-base ineficientes, com grifo da autora.....	47
Tabela 7 - MCEs usadas nas simulações enfocando a envoltória, com grifo da autora.....	48
Tabela 8 - Dados de entrada e seus respectivos valores adotados para as simulações.....	51
Tabela 9 - Transmitância e capacidade térmica das paredes e coberturas adotadas..	52
Tabela 10 - Limites da transmitância térmica adotados pela ASHRAE Standard 90.1.	52
Tabela 11- Configurações testadas e resultados.....	61
Tabela 12- Caracterização das DCI utilizadas nos modelos de análise.....	64
Tabela 13- Características da Envoltória dos Modelos de Análise.....	64
Tabela 14 – Casos simulados.....	64
Tabela 15 - Variáveis analisadas nas edificações comerciais -lojas.....	78
Tabela 16 - Classificação das edificações comerciais - lojas.....	79
Tabela 17 - Edificações comerciais escolhidas.....	80
Tabela 18- Características das paredes.....	91
Tabela 19 – MCE testadas.....	95
Tabela 20 - Características PLE - CT > 500 - PAFP - COBE.....	100
Tabela 21 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT > 500 - PAFP - COBE.....	101
Tabela 22 - Características PLM - CT > 500 - PAFP - COBE.....	102

Tabela 23 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT > 500 - PAFP - COBE.	103
Tabela 24 - Características PLE - CT > 500 - PAFG - COBE.....	104
Tabela 25 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT > 500 - PAFG - COBE.....	105
Tabela 26 - Características PLM - CT > 500 - PAFG - COBE	106
Tabela 27 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT > 500 - PAFG - COBE.....	107
Tabela 28 - Características PLE - CT < 500 - PAFG - COBE.....	108
Tabela 29 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT < 500 - PAFG - COBE.....	109
Tabela 30 - Características PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	110
Tabela 31 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT < 500 - PAFG - COBE.....	111
Tabela 32 - Características PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	112
Tabela 33 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	113
Tabela 34 - Consumo da loja e sobreloja PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	113
Tabela 35 - Características PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	114
Tabela 36 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.	115
Tabela 37 - Consumo da loja e sobreloja PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.	115
Tabela 38 - Características GLE - CT > 500 - PAFP - COBE.....	116
Tabela 39 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT > 500 - PAFP - COBE.....	117
Tabela 40 - Características GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	118
Tabela 41 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT > 500 - PAFP - COBE.....	119
Tabela 42 - Características GLE - CT > 500 - PAFG - COBE	120
Tabela 43 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT > 500 - PAFG - COBE.	121
Tabela 44 - Características GLM - CT > 500 - PAFG - COBE.....	122

Tabela 45 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT > 500 - PAFG - COBE.....	123
Tabela 46 - Características GLE - CT < 500 - PAFG - COBE	124
Tabela 47 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT < 500 - PAFG - COBE.	125
Tabela 48 - Características GLM - CT < 500 - PAFG - COBE.....	126
Tabela 49 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT < 500 - PAFG - COBE.....	127
Tabela 50 - Características GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	128
Tabela 51 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.	129
Tabela 52 - Consumo da loja e sobreloja GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	129
Tabela 53 - Características GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	130
Tabela 54 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	131
Tabela 55 - Consumo da loja e sobreloja GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.....	131
Tabela 57 - Caracterização das lojas mais eficientes.	134
Tabela 58 - Apresentação dos consumos, níveis e características da envoltória das pequenas lojas simuladas.	135
Tabela 59 - Apresentação dos consumos, níveis e características da envoltória das grandes lojas simuladas.....	136
Tabela 60 - Comparação entre as pequenas lojas.	143
Tabela 61 - Comparação entre as grandes lojas.	144
Tabela 62 - Resultados da influência das MCEs no consumo para aquecimento e refrigeração nas lojas estudadas.	147
Tabela 63 - Compilação dos resultados das simulações realizadas com aplicação das MCEs.....	148
Tabela 64 - Valores e vida útil das MCEs implementadas.	149
Tabela 65 - CEC obtido com a pintura da cobertura.	150
Tabela 66 - CEC obtido com o isolamento da cobertura.	150
Tabela 67 - CEC obtido com a pintura e o isolamento da cobertura.	151
Tabela 68 - Pay-back obtido com a pintura da cobertura.	152

Tabela 69 - Pay-back obtido com o isolamento da cobertura.....	153
Tabela 70 - Pay-back obtido com a pintura e isolamento da cobertura.	153
Tabela 71 - Tipos comerciais encontrados na zona central da cidade de Pelotas.....	155

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning

CEC – Custo de Energia Conservada

COP – Coeficiente de Performance

DCI – Densidade de Carga Interna

DPI – Densidade de Potência de Iluminação

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia

INCC – Índice Nacional de Custo da Construção

ISO – International Standard Organization

LABCEE – Laboratório de Conforto e Eficiência Energética

MCE – Medida de Conservação de Energia

Met – taxa metabólica

NBR – Norma Brasileira

PBE – Programa Brasileiro de etiquetagem

RAC-C – Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-C – Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	20
1.1.	Considerações Iniciais	20
1.2.	Motivação e Justificativa	23
1.3.	Perguntas de Pesquisa	25
1.4.	Objetivos	25
1.4.1	Objetivo Geral	25
1.4.2	Objetivos específicos	25
1.5.	Estrutura da Dissertação.....	26
2.	REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1.	Eficiência Energética em Edificações.....	27
2.2.	Simulação de Eficiência Energética em Edificações.....	29
2.3.	Definição de tipo e metodologias de análise de edificações	30
2.4.	Normas de Desempenho Térmico e de Eficiência Energética em Edificações.....	32
2.4.1	NBR15220 - Desempenho térmico de edificações.....	32
2.4.2	Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).....	35
2.5.	Estudos progressos desenvolvidos na área da envoltória de edifícios	42
2.5.1	Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-Residenciais.....	42
2.5.2	Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais	50
2.5.3	Estudo e Avaliação das Componentes Térmicas na Utilização de Energia em Edifícios	54
2.5.4	Análise de Regressão do Consumo de Energia Elétrica Frente a Variáveis Arquitetônicas para Edifícios Comerciais Climatizados em 14 Capitais Brasileiras.....	56
2.5.5	Sistemas de refrigeração passiva para telhados à base de cimento	60

2.5.6	Análise da Sensibilidade do Regulamento Brasileiro de Eficiência Energética– RTQ-C quanto à Variação de Densidade de Carga Interna de Equipamentos na Avaliação do Desempenho Energético da Envoltória de Edifícios de Escritórios.....	62
2.5.7	Pinte a cidade de branco e verde.....	65
2.6	Considerações Finais da Revisão de Literatura.....	68
3.	MÉTODO.....	70
3.1.	Introdução	70
3.2.	Levantamentos.....	73
3.2.1	Levantamento Geral - Definições dos tipos representativos da zona central da cidade de Pelotas	73
3.2.1.1	Análise quanto à área	75
3.2.1.2	Análise quanto à capacidade térmica das paredes.....	75
3.2.1.3	Análise quanto à inserção na malha urbana e recuos laterais	76
3.2.1.4	Análise quanto ao percentual de aberturas na fachada	76
3.2.1.5	Análise quanto à exposição da cobertura	78
3.2.2	Escolha das edificações a serem analisadas e simuladas.....	80
3.2.3	Levantamento específico.	84
3.3.	Simulação do nível de eficiência energética da envoltória dos exemplares de cada edificação escolhida.....	87
3.3.1.	<i>Software</i> utilizado.....	88
3.3.2	Configuração do Edifício Real acordando com o RTQ-C	88
3.3.2.1	Configuração de usos, DCI, DPI e Condicionamento de ar	89
3.3.2.2	Temperatura do solo	91
3.3.3	Modelos de Referência segundo o RTQ-C	92
3.4.	Proposta de medidas de conservação de energia	93
3.5.	Análise econômica das medidas conservação de energia.....	95
4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	97
4.1.	Resultados dos Levantamentos Gerais.....	97

4.2. Simulações Lojas	100
4.2.1 Simulação Pequena Loja Esquina - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ - ($PAF \leq 30\%$) Cobertura Exposta	100
4.2.2 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF \leq 30\%$) Cobertura Exposta	102
4.2.3 Simulação Pequena Loja Esquina - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ - ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	104
4.2.4 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	106
4.2.5 Simulação Pequena Loja Esquina - $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	108
4.2.6 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	110
4.2.7 Simulação Pequena Loja Esquina - $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Não Exposta	112
4.2.8 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Não Exposta	114
4.2.9 Simulação Grande Loja Esquina - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF \leq 30\%$) Cobertura Exposta	116
4.2.10 Simulação Loja Meio de Quadra - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF \leq 30\%$) Cobertura Exposta	118
4.2.11 Simulação Grande Loja Esquina - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	120
4.2.12 Simulação Grande Loja Meio de Quadra - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	122
4.2.13 Simulação Grande Loja Esquina $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ - ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	124
4.2.14 Simulação Grande Loja Meio de Quadra $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Exposta	126
4.2.15 Simulação Grande Loja Esquina $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Não Exposta	128
4.2.16 Simulação Grande Loja Meio de Quadra - $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($PAF > 30\%$) Cobertura Não Exposta	130

4.3.	Resultados das Simulações	132
4.3.1.	Análise Geral	132
4.3.2	Análise das variáveis isoladamente	137
4.3.2.1	Posicionamento na Quadra	137
4.3.2.2	Capacidade Térmica das Paredes	138
4.3.2.3	Exposição da Cobertura	139
4.3.2.4	Percentual de Aberturas na Fachada Principal	141
4.3.2.5	Comparação das variáveis em conjunto	142
4.4.	Resultados Simulações Medidas de Conservação de Energia	145
4.5.	Viabilidade Econômica das Medidas de Conservação de Energia ...	149
5.	CONCLUSÃO	154
5.1.	Limitações do Trabalho	158
5.2.	Trabalhos Futuros	159
6.	REFERÊNCIAS	160
7.	APÊNDICES	165
7.1.	Apêndice A – Ficha de levantamento Geral – PLE - CT > 500 - PAFP – COBE	166
7.2.	Apêndice B – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT > 500 - PAFP – COBE	167
7.3.	Apêndice C – Ficha de levantamento Geral – PLE - CT > 500 - PAFG – COBE	168
7.4.	Apêndice D – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT > 500 - PAFG – COBE	169
7.5.	Apêndice E – Ficha de levantamento Geral – PLE – CT < 500 – PAFG – COBE	170
7.6.	Apêndice F – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT < 500 - PAFG – COBE	171
7.7.	Apêndice G – Ficha de levantamento Geral – PLE - CT < 500 - PAFG – COBNE	172

7.8. Apêndice H – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT < 500 - PAFG – COBNE	173
7.9. Apêndice I – Ficha de levantamento Geral – GLE – CT > 500 – PAFP – COBE.....	174
7.10. Apêndice J – Ficha de levantamento Geral – GLM - CT > 500 - PAFP – COBE.....	175
7.11. Apêndice K – Ficha de levantamento Geral – GLE - CT > 500 - PAFG – COBE.....	176
7.12. Apêndice L – Ficha de levantamento Geral – GLM - CT > 500 - PAFG – COBE.....	177
7.13. Apêndice M – Ficha de levantamento Geral – GLE - CT < 500 - PAFG – COBE.....	178
7.14. Apêndice N – Ficha de levantamento Geral – GLM - CT < 500 - PAFG – COBE.....	179
7.15. Apêndice O – Ficha de levantamento Geral – GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	180
7.16. Apêndice P – Ficha de levantamento Geral - GLM - CT < 500 - PAFG – COBNE	181
7.17. Apêndice Q – Ficha de Levantamento Específico - PLE - CT > 500 - PAFP - COBE	182
7.18. Apêndice R – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT > 500 - PAFP – COBE.....	184
7.19. Apêndice S – Ficha de Levantamento Específico – PLE - CT > 500 - PAFG – COBE	186
7.20. Apêndice T – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT > 500 - PAFG – COBE	188
7.21. Apêndice U – Ficha de Levantamento Específico – PLE – CT < 500 – PAFG – COBE	190
7.22. Apêndice V – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT < 500 - PAFG – COBE	192
7.23. Apêndice X – Ficha de Levantamento Específico – PLE - CT < 500 - PAFG – COBNE.....	194
7.24. Apêndice Y – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT < 500 - PAFG – COBNE.....	196

7.25. Apêndice Z – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT > 500 - PAFP – COBE.....	198
7.26. Apêndice AA – Ficha de Levantamento Específico – GLM - CT > 500 - PAFP – COBE.....	200
7.27. Apêndice BB – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT > 500 - PAFG – COBE	202
7.28. Apêndice CC – Ficha de Levantamento Específico – GLM - CT > 500 - PAFG – COBE	204
7.29. Apêndice DD – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT < 500 - PAFG – COBE	206
7.30. Apêndice EE – Ficha de Levantamento Específico – GLM - CT < 500 - PAFG – COBE	208
7.31. Apêndice FF – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT < 500 - PAFG – COBNE.....	210
7.32. Apêndice GG – Ficha de Levantamento Específico - GLM - CT < 500 - PAFG – COBNE.....	212

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

A situação energética no mundo agravou-se com a crise de energia de 1970 e com o aumento da população nos centros urbanos em 1980. Para superar a crise, a produção de energia teve de crescer muito desde então. Segundo Geller (2004) construir hidrelétricas, apesar de ser um meio de obtenção de energia renovável e de não emitir gases poluentes para atmosfera, traz os inconvenientes do impacto ambiental causado por novas usinas, tais como possíveis inundações, proporcionando com isto deslocamentos de populações, alterações da fauna e flora local. Usinas termo-elétricas a base de combustíveis fósseis provocam poluição do ar e contribuem significativamente para a emissão de gases causadores do efeito estufa, enquanto as nucleares proporcionam poluição e polêmicas pelos riscos de segurança pública e pela dificuldade no tratamento do lixo residual. Além disso, Lamberts et al. (2004) salienta que tais empreendimentos exigem grandes investimentos do governo, implicando na redução de investimento do dinheiro público em outras áreas como saúde, educação e habitação, antagonizando-se a ideia de progresso embutida nessa política.

Segundo Menkes (2001), a demanda crescente do consumo de energia pelas sociedades corresponde a um prejuízo ambiental. Esse prejuízo diz respeito não apenas à utilização de recursos naturais que vão se esgotando, como também pelos impactos ambientais e sociais negativos gerados desde a produção até seu consumo. Os impactos no meio ambiente abrangem toda a cadeia: produção, transformação, transmissão, transporte, distribuição, armazenagem e uso final, não se limitando apenas a algum aspecto da utilização de energia elétrica.

A alternativa que se mostra mais adequada a esse quadro é aumentar a eficiência energética no uso de energia. É mais viável economizar energia do que fornecê-la, pois se reduz a necessidade de gastos com o setor público, passando aos fabricantes de equipamentos e aos consumidores os investimentos necessários. Vale ressaltar que a energia elétrica passa por uma cadeia até chegar ao consumidor. Quanto maior for o desempenho dos componentes de cada uma das fases, menores serão as perdas de energia do processo como um todo. O fator econômico da diminuição em seu uso final é relevante, visto que, para as concessionárias de energia elétrica, investir em produção de energia se torna mais oneroso do que combater seu desperdício, portanto, para elas o fator econômico torna-se relevante também. Geller (1994) diz que ao arquiteto cabe a concepção de projetos que possibilitem a execução de edifícios mais eficientes, logrando com essa postura o conforto dos usuários e o uso racional de energia.

No Brasil o principal marco de eficiência energética de edifícios foi a crise energética de 2001. Desde então, a preocupação com a conservação de energia vem cada vez mais tomando espaço no cenário nacional. Posteriormente a este fato, foi promulgada a Lei nº10.295, Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2001a), que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Após à aprovação do Decreto nº4.059 de 19 de dezembro de 2001, e da criação do Grupo de Trabalho Edificações, que propôs uma forma de regulamentar as edificações construídas no Brasil visando o uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001b), então o Brasil iniciou a sua caminhada no sentido da mudança de paradigma na relação geração versus economia de energia. Segundo Lamberts et al (2004), até a crise energética de 2001, a proposta governamental, no que tange à matriz energética, estava claramente pautada no aumento da matriz de geração, tratando de forma inadequada o necessário enfoque da eficiência energética das edificações, já que os edifícios consomem em torno de 42% da energia brasileira. Atualmente, de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2012), os edifícios consomem 46,95% da energia elétrica gerada no Brasil.

Os primeiros passos concretizados no sentido do desempenho térmico das edificações se tornaram realidade com NBR 15220 (ABNT, 2005), que define requisitos mínimos aceitáveis de desempenho térmico para habitações de interesse social e divide o território brasileiro em oito zonas bioclimáticas, indicando estratégias para melhorar o conforto térmico das edificações de interesse social de forma passiva. Dando sequência à caminhada, houve a aprovação pelo Ministério de Minas e Energia do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INMETRO, 2009) e do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edifícios Residenciais (INMETRO, 2010). Posteriormente, NBR 15575 (ABNT, 2013) determinou que edifícios residenciais, anteriormente de até cinco pavimentos, agora sem esta restrição, fossem regulamentados no sentido da avaliação de desempenho. Tais fatos foram importantes passos no sentido da mudança de paradigma no mercado da construção civil brasileira no que diz respeito à eficiência energética nas edificações.

Informações do Balanço Energético Nacional de 2012, com dados analisados do ano de 2011, apontam um consumo de 15,38% da energia produzida no Brasil destinado ao setor comercial (BEN, 2012). Já na zona central da cidade de Pelotas, 61% das edificações, inseridas no recorte de estudo, em um universo de 3.206 edificações, são destinadas ao setor comercial e misto (residencial e comercial). Destas 3206 edificações, 51% são destinadas ao uso comercial - lojas, conforme levantamento realizado entre os anos de 2011 e 2013.

No contexto de implementação da nova regulamentação, a divulgação da mudança de paradigma no que tange às novas prescrições é fundamental, e nesse sentido a análise e simulação de edificações comerciais - lojas, no que tange os níveis de eficiência, é um importante aspecto para a racionalização do consumo de energia elétrica no município de Pelotas, RS.

1.2. Motivação e Justificativa

A cidade de Pelotas apresenta grandes variações térmicas ao longo do ano, Pelotas tem um clima subtropical úmido, com estações bem definidas e estações de verão e inverno bem rigorosas. Está localizado na região sul do Brasil, a 31 ° 46'19" S, 52 ° 20'34" W e é 7 metros de altura acima do nível do mar. Sua temperatura média anual é de 17,6 ° C e sua umidade relativa média anual é de 80,7% (Embrapa, 2012).

Espera-se que as edificações apresentem um bom desempenho termo energético ao longo do ano, se adaptando ao clima com tais variações térmicas. Portanto, a escolha de estratégias projetuais e medidas de conservação de energia (MCE) empregadas na fase de projeto ou na reforma de edifícios existentes, ganham grande importância neste cenário.

Como comentado anteriormente, o centro de Pelotas apresenta um percentual de 61% das edificações destinadas ao uso comercial e misto, o que demonstra um grande potencial de diminuição de consumo de energia com uso final em edificações comerciais, se implementadas medidas de conservação de energia nestes edifícios. O trabalho se propõe a avaliar o consumo e o nível de eficiência energética da envoltória de edificações comerciais - lojas da zona central da cidade de Pelotas, RS, identificando MCE que auxiliem na melhoria do desempenho energético destas edificações.

Carlo (2008) analisa o consumo de energia de protótipos representativos de cinco cidades brasileiras, São Paulo, Florianópolis, Salvador, Recife e Belo Horizonte, comparando por meio de simulação computacional protótipos ineficientes ou casos-base de simulação da envoltória, configurados com características que podem ser consideradas extremas, com modelos contendo soluções mais eficientes e com acréscimo de MCE. Estes protótipos não contemplam as características das edificações da cidade de Pelotas de componentes da envoltória e volumetria, além de não considerar variações de transmitância térmica de paredes. Carlo (2008) salienta que tal variável deve ser avaliada com maior profundidade para obter resultados mais consistentes.

O estudo demonstrou a complexidade da relação entre o consumo anual de energia elétrica e da transmitância térmica de paredes externas.

Ao final, Carlo (2008) concluiu que a análise de eficiência da envoltória deve ser realizada para um grupo específico de edificações como as de mesma atividade e volumetria. Além disso, trocas térmicas realizadas com o solo e entorno não são considerados nas simulações de Carlo (2008), condições estas consideradas neste trabalho.

No trabalho de Melo (2007) é apresentada uma análise do desempenho energético de edificações comerciais com base na influência da transmitância e capacidade térmica das superfícies opacas nas edificações comerciais para diferentes condições de carga interna, em relação ao consumo de energia elétrica. Porém, em suas simulações a transmitância térmica das paredes é alterada somente na tipologia 1, representativa de um edifício de escritórios de 5 pavimentos, e a transmitância da cobertura é alterada somente na tipologia 2, representativa da loja de departamentos de um pavimento, sendo as transmitâncias da envolvente como um todo não avaliadas em conjunto. Neste trabalho, pretende-se isolar somente as variáveis que digam respeito a envolvente do edifício, para que estas possam ser avaliadas.

Os trabalhos de Carlo (2008) e Melo (2007) foram estudos paramétricos, cujos modelos analisados não contemplam o contexto das edificações do centro de Pelotas onde 86% das edificações foram construídas anteriormente a 1980 e atualmente sofreram reformas, revitalizações e troca de uso, como no caso das edificações residenciais que foram adaptadas para o uso comercial. Grande parte das edificações encontradas na zona comercial possuem paredes com alta inércia térmica e estão localizadas em lotes de meio de quadra, possuindo até dois pavimentos. Essas configurações possuem desdobramentos que consideram o percentual de aberturas na fachada principal, localização no quarteirão, número de pavimentos e transmitância térmica da envolvente.

Por último, a Eletrobrás tem solicitado para a academia estudos referentes a obtenção de indicadores que caracterizem o nível de eficiência energética de edificações e informações referentes a edificações novas ou antigas que passaram por processos de *retrofit*. É importante compreender

quanto um edifício mais eficiente gera de economia em relação a um edifício menos eficiente e quanto custa para tornar um edifício mais eficiente. Os aspectos mencionados até aqui geram as perguntas de pesquisa do item 1.3.

1.3. Perguntas de Pesquisa

Como perguntas norteadoras de pesquisa a serem respondidas no decorrer da dissertação destacam-se as que seguem.

Qual a frequência da ocorrência de edificações comerciais na zona central da cidade de Pelotas?

Qual a configuração comumente encontrada dos edifícios comerciais - lojas na zona central da cidade de Pelotas?

Quais os níveis de eficiência energética das edificações comerciais - lojas estudadas, de acordo com o RTQ-C?

Quais são as possíveis MCE a serem empregadas e que possibilitem o aumento do nível de eficiência energética da envoltória de edificações comerciais - lojas, localizadas na zona central da cidade de Pelotas?

Qual o tempo de retorno do investimento empregado em possíveis medidas de conservação de energia?

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral, esta pesquisa se propõe a avaliar o nível de eficiência energética da envoltória de edificações comerciais - lojas da zona central da cidade de Pelotas, RS, identificando MCE que auxiliem na melhoria do desempenho energético destas edificações.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar as variações de tipos das lojas inseridas na zona central da cidade de Pelotas, RS.

- Avaliar o nível de eficiência energética da envoltória das edificações comerciais - lojas selecionadas, com base na Regulamentação de Etiquetagem

Voluntária RTQ-C (INMETRO, 2013), método de simulação computacional com uso do software DesignBuilder.

- Comparar o consumo de energia elétrica de edificações comerciais - lojas considerando as diferentes composições do envelope e posicionamento na quadra.

- Definir a influência de possíveis MCE na redução do consumo de energia elétrica de edificações comerciais - lojas, com base nos resultados de simulação computacional.

- Realizar uma análise de investimentos de possíveis MCE utilizando *payback* simples, e Custo da Energia Conservada (CEC).

1.5. Estrutura da Dissertação

O primeiro capítulo deste trabalho apresenta uma explanação sobre o cenário nacional frente ao problema do consumo de energia e o posicionamento de alguns países que já adotam políticas de conservação de energia. Apresenta o problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos deste trabalho.

O segundo capítulo contém a revisão de literatura, apresentando conceitos de eficiência energética, normas empregadas, meios de realizar análises de eficiência e trabalhos anteriores na área. Já no terceiro capítulo o método empregado no trabalho é apresentado, definindo os parâmetros de análise que serão utilizados na análise do desempenho energético de edificações comerciais - lojas.

No quarto capítulo se expõe a análise dos resultados dos levantamentos realizados, simulações computacionais das lojas e das medidas de conservação de energia, além de apresentar os resultados de viabilidade econômica das medidas propostas.

O quinto capítulo apresenta as conclusões, limitações e propostas para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Eficiência Energética em Edificações

Segundo Lamberts et al. (2004), quanto maior conhecimento sobre eficiência energética na arquitetura os profissionais da área possuírem para proporem ou especificarem em nível de projeto os materiais, equipamentos e estratégias, menores serão os valores gastos com a obra e com a tarifa de energia.

Lamberts et al (2004) definem eficiência energética como a obtenção de um serviço com alta economia de energia, com os mesmos benefícios proporcionados aos usuários. Para se obter uma edificação com menor consumo de energia, deve se levar em conta itens como programa, lugar, técnica utilizada, eficiência de sistemas e equipamentos utilizados.

Quando se projeta levando em conta os conceitos de arquitetura bioclimática, fazendo uma arquitetura voltada ao clima do local onde está situada, o consumo de energia pode diminuir fazendo com que tais edificações sejam mais eficientes. Podemos ter essa diminuição do consumo, também, levando em conta as características dos elementos que compõem a envoltória, estudando de forma adequada o programa específico, com suas variáveis, ocupação, densidade de carga interna, densidade de potência, fator de proteção dos brises, atividades desenvolvidas e funcionamento do local.

A forma da edificação pode contribuir de maneira favorável ou desfavorável com a ventilação e iluminação natural e conseqüentemente com as trocas térmicas. Incluir tal preocupação com ventilação cruzada e iluminação natural na etapa de projeto ajuda a aumentar a eficiência do edifício (KNOP, 2012).

A envoltória das edificações é responsável pelas trocas térmicas realizadas com o meio externo, dependendo de seus componentes, cores e percentuais de fechamentos transparentes, ela pode favorecer a obtenção de uma edificação mais eficiente termicamente e por consequência energeticamente ou prejudicar seu desempenho. Através da envoltória acontecem as trocas de calor por convecção, condução e radiação. Os fechamentos transparentes apresentam trocas mais significativas por apresentarem uma transmitância térmica maior, sendo assim, as trocas entre o meio externo e interno ocorrem com maior facilidade, como também proporcionam ganhos diretos de radiação solar.

Tal característica dos vidros pode ser aproveitada no inverno para ocasionar aquecimento solar passivo no interior das edificações, pois uma vez que a radiação solar passa através do vidro, que é transparente à ondas curtas, e é absorvida pelo piso, móveis, paredes, ela se transforma em onda longa, para a qual o vidro é opaco, e fica retida em forma de calor no ambiente interno, sendo perdida para o exterior por meio de condução. Uma forma de minimizar estas perdas é a utilização de vidros duplos com câmara de ar, com o objetivo de limitar as transferências térmicas por convecção e de tirar vantagem da baixa condutividade térmica do ar. Já no verão, os fechamentos transparentes devem ser protegidos da radiação solar para evitar ganhos térmicos no interior dos ambientes (LAMBERTS et al., 2004).

Barros (2009) revela que ao isolar um edifício termicamente, a redução de consumo de energia pode chegar até 30%. Devendo-se assim levar em conta o papel do envelope da edificação quando se procura aumentar a eficiência energética de um edifício. O modo como esse envelope realiza suas trocas térmicas, absorve ou reflete calor, está diretamente relacionado com o consumo de energia para manter este ambiente confortável termicamente. Barros (2009) salienta que em edifícios com ganhos internos altos e alta inércia térmica, tais ganhos podem ser aproveitados para o aquecimento do edifício, contrabalanceando com as perdas térmicas totais do edifício em períodos frios, porém deve-se ter cuidado, pois nem todos os ganhos térmicos brutos se traduzem em um aquecimento favorável ao ambiente interior, dando origem, por vezes, a um sobreaquecimento interior nos períodos de verão.

Tendo a envoltória das edificações um papel importante, uma vez que pode otimizar trocas térmicas com o meio exterior e reduzir significativamente o consumo das edificações, no item 2.5 será discutido de forma mais aprofundada o assunto e serão apresentados estudos anteriores desenvolvidos na área da envoltória de edifícios, onde pode-se visualizar com maior clareza a influência da envoltória na análise de eficiência de edificações comerciais.

2.2. Simulação de Eficiência Energética em Edificações

A simulação computacional pode ser entendida como um modo de simplificação da realidade, traduzidas como modelos. Mahdavi (2004) afirma que estes representam as edificações estudadas, porém com suas características reduzidas somente às de interesse, permitindo a exploração, investigação e compreensão dos fenômenos envolvidos, tais como trocas térmicas e consumo de energia.

Pode-se estimar o consumo de energia de uma edificação através das características de sua envoltória, cargas internas instaladas, sistemas de condicionamento de ar, padrões de uso e ocupação. Segundo Melo (2007), pelo procedimento de simulação computacional, a identificação isolada de cada uma destas variáveis torna-se mais fácil, o que nem sempre é possível em um caso real. Tal ferramenta pode ser utilizada em edifícios já construídos ou em fase de projeto. Isso possibilita testar alternativas de projeto, com facilidade de alteração das variáveis envolvidas, no que diz respeito ao consumo energético e conforto térmico, possibilitando comparações entre as mesmas, conduzindo assim a construção de edificações mais eficientes energeticamente.

Mendes et al. (2005) afirma que, na década de 1980, atividades voltadas para a melhoria da eficiência energética em edificações, por meio de simulação computacional, começaram a se destacar no Brasil através de alguns grupos de pesquisa de universidades e institutos de pesquisa. Atualmente, existem 410 programas de simulação computacional para avaliar a eficiência energética, energia renovável e sustentabilidade em edifícios no mundo listados no *Building Energy Tools Directory*.

Em trabalho desenvolvido por Melo (2012), baseado em uma comparação dos Métodos Prescritivo e de Simulação presentes no RTQ-C, foi identificado uma diferença nos resultados para 4 tipologias estudadas. O resultado obtido pelo Método Prescritivo apresentou um nível de eficiência inferior quando comparado ao Método de Simulação. Cabe ressaltar que a avaliação do nível de eficiência obtido pelo método prescritivo do RTQ-C simplifica a edificação em uma equação de regressão linear multivariada que visa criar um indicador de eficiência. Melo (2012) recomenda adotar o Método de Simulação para determinar o nível de eficiência de edificações mais complexas (com grande área condicionada, diferentes ambientes, presença de equipamentos, entre outros).

O pré-requisito específico para realizar simulações computacionais validadas pelo RTQ-C (INMETRO, 2010), define que o programa utilizado deva possuir, no mínimo, as seguintes características: ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios cujos algoritmos são compatíveis com os requisitos validados pela ASHRAE Standard 140 (ASHRAE,2004b), verificando-se a modelagem anual de 8.760 horas, com variações horárias de ocupação, potência de iluminação, equipamentos e sistemas de ar condicionado, como também observando-se a modelagem de multizonas térmicas, modelar efeitos de inércia térmica e produzir relatórios horários do uso final de energia.

Neste trabalho, o programa computacional de simulação termo energética utilizado será o Energy Plus 7.0, rodado pela interface gráfica do software inglês Designbuilder, versão 3.0.0.105, cujos algoritmos atendem aos requisitos citados acima e amplamente aceitos no meio científico.

2.3. Definição de tipo e metodologias de análise de edificações

A identificação dos tipos mais recorrentes na zona central da cidade de Pelotas é fator determinante para o desenvolvimento da pesquisa.

A palavra tipo não representa a imagem de uma coisa a ser copiada ou imitada, mas a ideia de um elemento que deva servir como regra para o modelo. Já o modelo é entendido em termos da execução prática da arquitetura, é um objeto que deve ser repetido como é; o tipo, ao contrário, é

um princípio que pode reger a criação de vários objetos diferentes. No modelo, tudo é preciso e dado. No tipo, tudo é vago (MARTÍNEZ, 2000).

Baker (1998 apud Martínez, 2000) afirma que o tipo configura-se como um esquema, deduzido pelo processo de redução de um conjunto de variáveis formais à base comum, ou seja, é assimilável a uma forma base. Para Martínez (2000), o conceito de tipo em arquitetura está circunstanciado por sua utilização. Não há, necessariamente, um nível de abstração ou de generalidade ao qual corresponda sempre a designação do tipo. Martínez (2000) relata que não há uma única definição da tipologia edilícia, porque é cada vez redefinida com base na pesquisa que se pretende realizar, ou seja, é um instrumento, não uma categoria.

Para se desenvolver e analisar um projeto arquitetônico é fundamental estudar os tipos, o que nos faz entender certas regras de edificar e construir. Essas regras nos dão mais segurança na hora de projetar e nos dão certos parâmetros para que possamos fazer um bom projeto.

Atualmente, existem muitas metodologias de análise da edificação, para o entendimento da evolução cronológica das tipologias. Entre os diferentes métodos de análise, destacam-se os de: Waisman (1972), Clark e Pause (1997), Ching (1998), Baker (1998) entre outros. Waisman (1972) apresenta um rol de características de análise de um edifício, tais como: “estrutura” - sentido tecnológico; “forma” - modo de conferir forma aos espaços; “função” - objetivo social que há de cumprir a arquitetura para entender os requerimentos que a sociedade lhe apresenta; “relação com o entorno” - aspecto formal e funcionalidade externa; “tecnologia ambiental” - eficiência energética. Complementarmente, Clark e Pause (1997) desenvolveram outro conjunto de características de análise e compreensão de uma edificação: “estrutura” - sentido tecnológico; “iluminação natural”; “massa” - imagem recebida em sua integridade; “relação entre planta, corte e fachada”; “relação entre circulação e espaço uso”; “relação entre unidade e conjunto”; “relação entre repetitivo e singular”; “simetria e equilíbrio”; “geometria”, “adição e subtração” e “hierarquia”. Baker (1998) afirma que os três fatores básicos que condicionam a arquitetura são definidos com base nos requisitos funcionais da

cultura que os engloba e na necessidade de os edifícios de responderem às condições do lugar.

Neste trabalho, o tipo foi avaliado baseado principalmente no método de Waisman (1972), onde a “função” foi trabalhada em relação ao tipo de uso das edificações; a “relação com o entorno” no que diz respeito ao posicionamento na quadra, se situado em lotes de esquina ou meio de quadra; “estrutura e tecnologia” quanto ao tipo de fechamentos da envolvente, PAFT, absorvências, transmitâncias; “forma” relacionou-se número de pavimentos e tamanhos de lojas.

2.4. Normas de Desempenho Térmico e de Eficiência Energética em Edificações

2.4.1 NBR15220 - Desempenho térmico de edificações

A NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações apresenta, recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social. Essa norma define o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, dividindo o território brasileiro em oito zonas bioclimáticas, relativamente homogêneas quanto ao clima e apresenta para cada uma destas zonas um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações e detalha estratégias de condicionamento térmico passivo, através de sua melhor adequação climática (ABNT, 2005c).

Parte importante desta norma, para este estudo, é a divisão do território brasileiro em oito zonas bioclimáticas, já as recomendações, descritas na NBR15220, para obtenção de condicionamento térmico de forma passiva devem ser vistas com certo cuidado, tendo em vista que os usos e ocupações dos edifícios comerciais requerem diferentes soluções de adequação ao clima.

A norma de Desempenho térmico de edificações é constituída de cinco partes, conforme descritas a seguir:

- Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;

- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;

- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

A parte 1 apresenta grandezas, as definições e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005a).

Já a parte 2 desta NBR 15220 (ABNT, 2005b) estabelece procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas da envolvente de edifícios como: resistência, transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico, fator de calor solar - de elementos e componentes de edificações. Apresenta as resistências térmicas superficiais, resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, absorvância e a emissividade de superfícies e cores, as propriedades térmicas (condutividade térmica, calor específico e densidade de massa aparente) de materiais, a serem considerados na aplicação da norma NBR15220.

Na parte 3 da NBR 15220 (ABNT, 2005c) define-se o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, dividindo o Brasil em 8 zonas, com características climáticas aproximadas (Figura 1). Apresenta recomendações de diretrizes construtivas relativas ao tamanho das aberturas para ventilação, proteção das mesmas; Configuração de paredes e coberturas e estratégias de condicionamento térmico passivo, para cada zona.

O anexo A da NBR 15.220 (ABNT, 2005c) apresenta uma relação de 330 cidades cujos climas foram classificados, na qual a cidade de Pelotas está classificada como sendo pertencente à ZB 2.

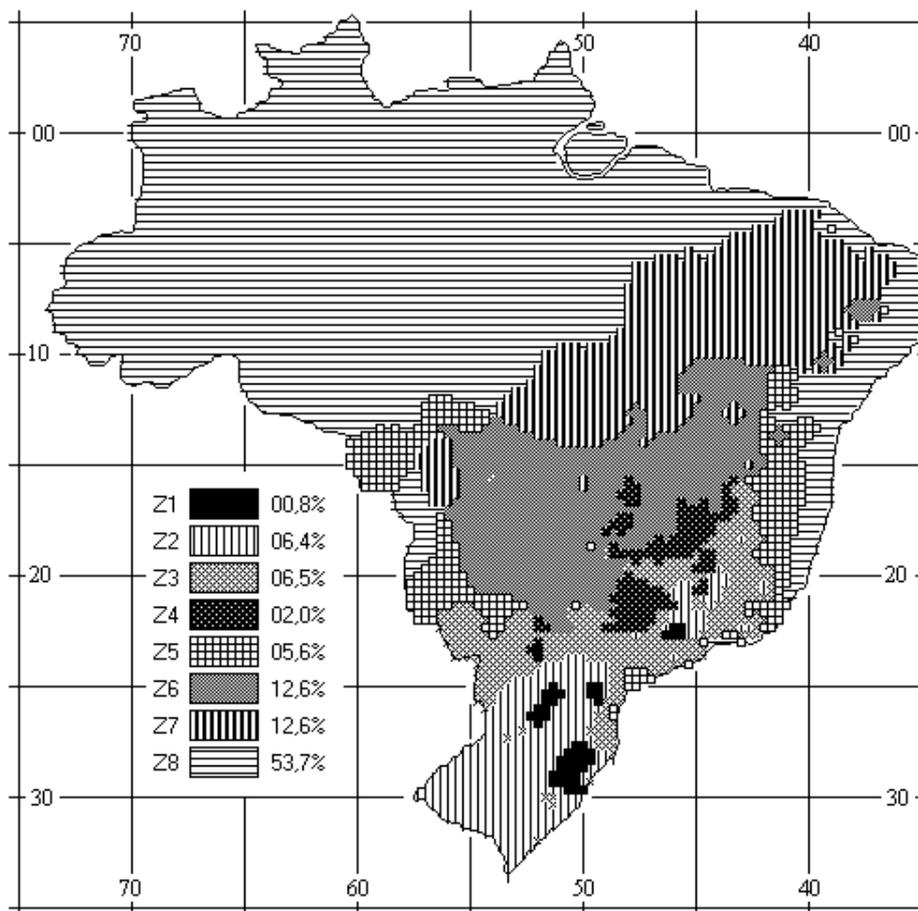


Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: NBR15220 (ABNT, 2005c)

O anexo B apresenta o método utilizado para definir o Zoneamento Bioclimático Brasileiro. No anexo C, são apresentadas as recomendações e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local e, no anexo D, exemplos de algumas paredes e coberturas com seus valores de transmitância térmica, a capacidade térmica e o atraso térmico, já calculados são apresentados (ABNT, 2005c).

Na parte 3 da NBR-15220, são apresentadas diretrizes construtivas para a zona bioclimática 2. Com relação às esquadrias, a norma recomenda aberturas médias para ventilação, valores na faixa de 15% e 25% da área de piso, e aberturas sombreadas que permitam a incidência de sol durante o inverno (ABNT, 2005c).

Com relação à envoltória, a norma recomenda para a ZB2, paredes leves e coberturas leves isoladas, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas.

Vedações externas		Transmitância térmica - U	Atraso térmico - ϕ	Fator solar - FS _o
		W/m ² .K	Horas	%
Paredes	Leve	U ≤ 3,00	$\phi \leq 4,3$	FS _o ≤ 5,0
Coberturas	Leve isolada	U ≤ 2,00	$\phi \leq 3,3$	FS _o ≤ 6,5

Fonte: Adaptado de (ABNT, 2005c), anexo C, tabela C.2, 2005.

Segundo a NBR 15.220 (ABNT, 2005c), as estratégias de condicionamento térmico passivo para a ZB 2 recomendam, para o verão, a utilização da ventilação cruzada nos ambientes e, para o inverno, o aquecimento solar e vedações internas pesadas (inércia térmica). Salienta que somente o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.

A parte 4 da norma apresenta os critérios de projeto, dimensões e tolerâncias para o conjunto de equipamentos, sendo também especificadas as exigências mínimas em termos de instrumentação da placa quente protegida para a determinação da resistência e da condutividade térmicas de materiais sólidos ou granulares. Além disso, apresenta a descrição do método da mesma (ABNT, 2005d).

Na última parte da norma, a parte 5, apresenta o método de utilização de técnicas fluximétricas para medir a resistência térmica em regime estacionário através de corpos-de-prova na forma de placas planas, podendo-se deduzir por cálculo a condutividade térmica (ABNT, 2005e).

2.4.2 Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)

O regulamento é constituído de quatro partes: Introdução à Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações; Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C); Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e o Manual para aplicação do RTQ-C (INMETRO, 2013).

O RTQ-C especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética, criando condições para a classificação dos mesmos. Esta regulamentação é apresentada a população em caráter voluntário (INMETRO, 2013).

Segundo o INMETRO (2013), a classificação dos edifícios quanto aos níveis de eficiência varia de A a E, sendo A o mais eficiente e E caracterizando a menor eficiência. Tal classificação do nível de eficiência é oriunda da avaliação de três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Esta pode ser realizada através de dois métodos: prescritivo ou de simulação, estes podem ser visualizados de forma esquemática na Figura 2.

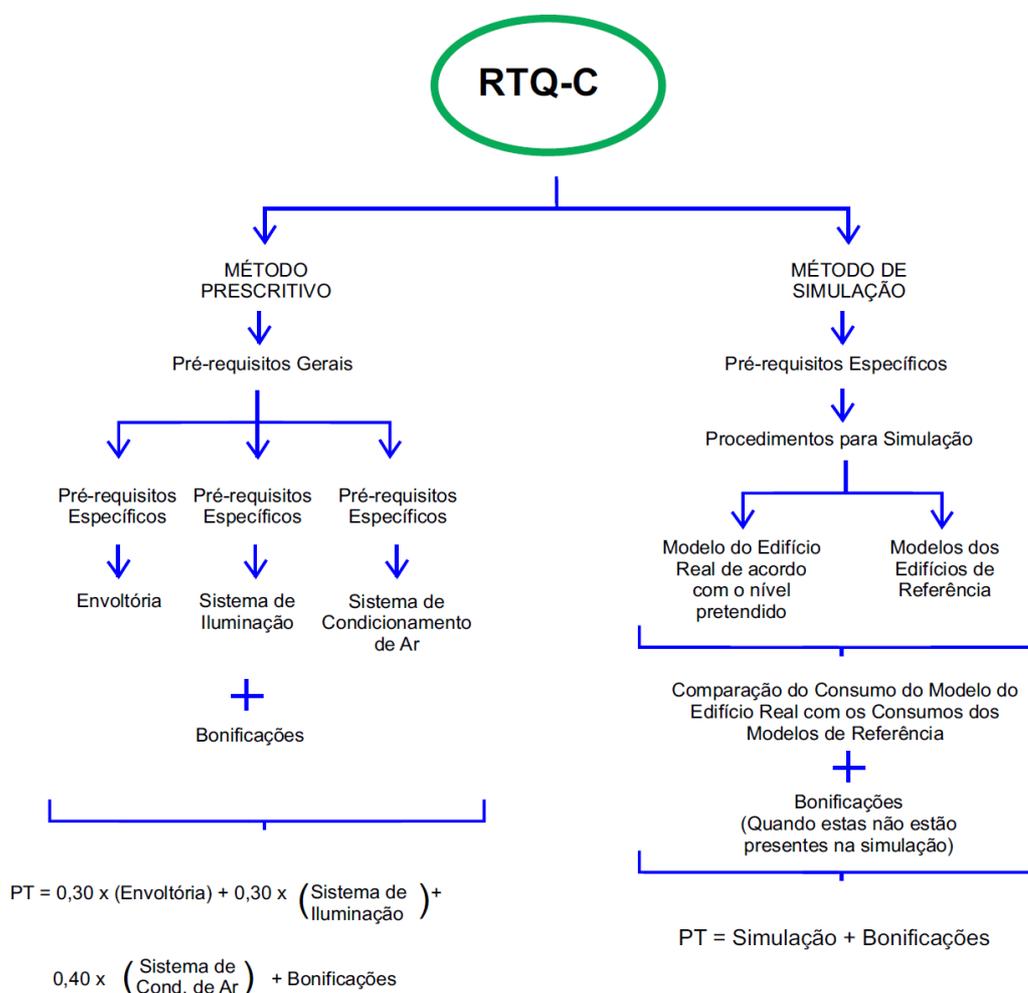


Figura 2 Esquema explicativo dos métodos de avaliação do RTQ-C

Fonte: Autora

O método prescritivo é um método simplificado que avalia as edificações através de equações. O método de simulação é uma alternativa para avaliação da eficiência de forma mais aproximada da realidade. Em função da flexibilidade de inserção de dados, é possível simular edifícios com uma variedade formal maior, controlar rotinas de uso, proteções solares e sistemas utilizados; a incorporação de inovações tecnológicas, comprovando níveis de eficiência elevados; uso de estratégias passivas de condicionamento, possibilitando simular edifícios não condicionados ou parcialmente condicionados.

Conforme INMETRO (2013), no método prescritivo, para a classificação geral, as avaliações parciais recebem pesos diferenciados: envoltória (30%), sistema de iluminação (30%) e sistema de condicionamento de ar (40%), os três itens, somado as bonificações, são reunidos em uma equação geral de classificação do nível de eficiência do edifício.

O método de simulação, validado pelo INMETRO (2013), compara o desempenho do edifício proposto (real) com um edifício similar (de referência), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido. Portanto, cinco modelos devem ser construídos: o modelo representando o edifício real (de acordo com o projeto proposto) e os quatro modelos de referência (de acordo com o nível de eficiência pretendido). Através da simulação, compara-se o consumo do edifício proposto (real) com o consumo do edifício de referência (A, B, C ou D). O consumo de energia do edifício real deve ser igual ou menor do que o consumo do edifício de referência para o nível pretendido.

Dentro da regulamentação, foi definido que cada edificação deverá possuir quatro avaliações de eficiência: envoltória, iluminação, ar condicionado e geral. Podendo possuir Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE Geral ou Parcial, sendo a ENCE Geral fornecida para edifícios, ou parcela dos edifícios, que passaram pela avaliação dos três sistemas, e ENCE Parcial correspondente aos níveis de eficiência combinados: envoltória + iluminação ou envoltória + condicionamento de ar ou individual de cada sistema: iluminação, condicionamento do ar e envoltória (INMETRO, 2013).

O INMETRO (2013) determina que a eficiência da envoltória, considerando o método prescritivo de avaliação, é obtida através de uma

equação, específica para cada zona bioclimática e para a área de projeção do edifício menor ou maior que 500m². A equação calcula o indicador de consumo da envoltória (ICenv), o qual comparado com uma escala numérica dividida em intervalos que representam um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. Na equação, são levados em conta variáveis que representam as características físicas do edifício, como Fator Altura, razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (A_{pcob}/A_{tot}); Fator de Forma, razão entre a área da envoltória e o volume total (A_{env}/V_{tot}); Percentual de Abertura na Fachada total (PAFT); Fator Solar (FS); Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS); Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS). Características como Transmitância Térmica (U) e Absortância Solar (α) dos componentes opacos e dispositivos de iluminação zenital são definidos como pré-requisitos específicos da envoltória. Estes parâmetros compõem a envoltória da edificação sendo estes: Cobertura, fachada e aberturas, e são complementados pelo volume, pela área de piso do edifício e pela orientação das fachadas.

O nível de eficiência do sistema de iluminação, obtido seguindo o INMETRO (2013), é determinado através da densidade de potência instalada de iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas em cada ambiente. Quanto menor a potência utilizada de lâmpadas e reatores, menos energia é consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas as condições adequadas de iluminação e atendidos os pré-requisitos de cada nível. O sistema de iluminação pode ser avaliado através de dois métodos. O sendo o primeiro o método das áreas do edifício, para edifícios com até três atividades principais, ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício. O segundo é o método das atividades do edifício, que avalia separadamente os ambientes e é utilizado quando o método anterior não se aplica.

O sistema de condicionamento de ar também pode ser avaliado de duas formas diferentes, conforme o INMETRO (2013), dividido em classes: sistemas regulamentados pelo INMETRO, sendo estes sistemas individuais e *split*, cassete, janela, onde se consulta os níveis de eficiência fornecidos nas etiquetas do PBE/INMETRO para cada um dos aparelhos instalados na edificação para posteriormente aplicar o resultado na equação geral do edifício;

e sistemas não regulamentados pelo PBE/INMETRO, como sistemas de condicionamento de ar central e Sistemas de Fluxo de Refrigerante Variável (VRF). Eles devem ainda respeitar o pré-requisito para nível A, caso possuam esta classificação pra não cair o nível de classificação.

Observando o método prescritivo, ao final, os resultados parciais dos três sistemas (envoltória, iluminação e ar condicionado) são inseridos na equação geral para verificar o nível de eficiência global da edificação. Porém, esses valores podem ser somados a bonificações, que podem elevar a eficiência, quanto por pré-requisitos que, se não cumpridos, podem reduzir esses níveis. As bonificações são bônus de pontuação que visam incentivar o uso de energia solar para aquecimento de água, uso racional de água, cogeração, dentre outros. Já os pré-requisitos referem-se a cada sistema em particular, e também ao edifício por completo, e seu cumprimento é obrigatório (INMETRO, 2013).

Avaliando o edifício pelo método de simulação, devem ser seguidos os pré-requisitos específicos para o método. O programa computacional utilizado para realizar as simulações termo energéticas deve ter, no mínimo, as seguintes características: Ser validado pela norma americana ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2004b), deve possibilitar modelar todas as horas do 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 ainda a capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto e produzir relatórios horários do uso final de energia. Já os arquivos climáticos utilizados para a simulação devem fornecer dados horários de temperatura, umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar e devem representar a Zona Bioclimática a qual o projeto analisado está situado. Caso o local do projeto não possua arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma cidade inserida na mesma ZB (INMETRO, 2013).

O edifício real e os de referência devem ser simulados seguindo algumas características em comum, tais como: mesmo programa de simulação, arquivo climático, mesma geometria, orientação com relação ao Norte geográfico, mesmo padrão de uso e operação dos sistemas (o padrão de uso

deve ser de acordo com o uso e ocupação real do edifício), mesmo valor de DCI em equipamentos, padrão de uso de pessoas, mesmo *setpoint* de temperaturas e mesmo tipo de sistema de condicionamento de ar. Porém, os modelos de referência devem utilizar o COP de acordo com o nível de eficiência pretendido (INMETRO, 2013).

O modelo do edifício real deve utilizar todas as características da edificação de acordo com o projeto proposto, utilizar mesmos sistemas de iluminação e condicionamento de ar conforme projeto e o sombreamento proveniente do entorno pode fazer parte do método de simulação, sendo seu uso opcional e, quando usado, deve ser incluído somente no modelo do edifício real (INMETRO, 2013).

Os modelos de referência devem ser simulados considerando que estes devem atingir os níveis pretendidos, para isso se utiliza os valores máximos estipulados nos pré-requisitos específicos da envoltória de transmitância térmica e de absorvância solar para cada nível de eficiência. Utiliza-se um PAFT calculado de acordo com a forma de cada edificação, sendo utilizado o maior PAFT possível para o nível de eficiência pretendido. Adota-se ângulos verticais e horizontais de sombreamento iguais a zero; vidros simples 3mm, com um fator solar de 0,87 e, caso exista iluminação zenital com PAZ maior que 5% no modelo real, os modelos de referência, para os níveis A e B, devem possuir PAZ de 2% com vidro claro e fator solar de 0,87. Os sistemas de iluminação e condicionamento de ar devem ser modelados seguindo os limites dos níveis de classificação pretendidos (INMETRO, 2013).

Os edifícios condicionados artificialmente avaliados totalmente pelo método de simulação poderão receber a ENCE Geral e o ponto de bonificação apenas quando esta não estiver presente na simulação. O equivalente numérico de simulação (EqNumS) para edifícios simulados deverá ser calculado através de interpolação linear entre os consumos calculados nos modelos de referência que definem a classificação do edifício (INMETRO, 2013).

Para obtenção de etiquetas parciais, o modelo real deve sofrer algumas alterações. Para a Etiqueta Parcial da Envoltória: a envoltória deve ser modelada e configurada conforme o projeto proposto e os sistemas de iluminação e condicionamento de ar utilizados no modelo devem ser os

especificados para os modelos do edifício de referência, seguindo os valores limites estipulados para cada nível de eficiência pretendido. Pode-se também gerar Etiquetas Parciais da Envoltória e do Sistema de Iluminação e Etiquetas Parciais da Envoltória e do Sistema de Condicionamento de ar, sempre utilizando os valores especificados para os modelos do edifício de referência limites (INMETRO, 2013).

A terceira parte, o RAC, estabelece os critérios para o programa de avaliação da conformidade poder ser aplicado e apresenta as etapas do processo de avaliação das características do edifício para etiquetagem junto ao laboratório de inspeção acreditado pelo Inmetro. Sendo esse processo formado por dois procedimentos, ENCE de projeto e ENCE do edifício construído, passando pela inspeção do edifício construído, onde se obtém a autorização para uso da etiqueta do INMETRO. Além de conter o modelo dos documentos que deverão ser enviados ao Organismo de Inspeção Acreditado (INMETRO, 2013).

O Manual, quarta parte do regulamento, apresenta de forma detalhada e exemplificada o conteúdo e as interpretações do RTQ-C. Para facilitar o entendimento é bastante ilustrado e didático, com exemplos teóricos e de cálculo, respeitando às definições contidas no RTQ-C (INMETRO, 2013).

2.5. Estudos progressos desenvolvidos na área da envoltória de edifícios

2.5.1 Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-Residenciais.

Carlo (2008) apresenta uma relação entre eficiência estabelecida pela regulamentação para etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais e os benefícios econômicos provenientes de investimentos na envoltória das edificações, sendo o objetivo geral elaborar um método de avaliação da eficiência energética da envoltória de edificações comerciais e institucionais condicionados artificialmente. Carlo (2008) utilizou protótipos representativos das atividades comerciais e institucionais para simulação do desempenho energético no *software Energy Plus*, sendo este método de avaliação uma equação desenvolvida para avaliar a eficiência da envoltória, estabelecendo critérios para promover esta avaliação. Contribuiu com uma base de dados de características tipológicas de edificações pertencentes a cinco atividades comerciais e duas atividades institucionais.

Para obter os dados necessários das edificações estudadas, Carlo (2008) realizou um estudo de campo em cinco cidades brasileiras: São Paulo, Florianópolis, Salvador, Recife e Belo Horizonte, onde foram selecionadas três atividades para formar cinco modelos representativos, grandes e pequenos escritórios, grandes e pequenas lojas e hotéis. As características observadas na envoltória foram área de janela, tipo de vidro, existência de dimensões de proteções solares, proporção das menores fachadas em relação às maiores, número de pavimentos e forma. Foram analisadas 1.103 edificações ao todo. Carlo (2008) utilizou levantamentos fotográficos para organizar este estudo. As características mais comuns encontradas por Carlo (2008) para cada atividade formaram modelos representativos, os quais foram complementados com as características internas de edificações de Florianópolis que se assemelhavam aos modelos representativos.

O estudo de campo de Carlo (2008) revelou cinco volumetrias diferenciadas, consideradas típicas para cada atividade comercial:

- Edificação horizontal, planta pequena: pequenas lojas, restaurantes, pousadas (1 ou 2 pavimentos, proporção das fachadas de 1:2);

- Edificação horizontal, planta média: pequenos escritórios, escolas (2 pavimentos, forma retangular, proporção das fachadas maior que 3:1);
- Edificação horizontal, planta grande: grandes lojas, supermercados (1 ou 2 pavimentos, proporção das fachadas menor que 1:2);
- Edificação horizontal, planta grande: hotéis (5 pavimentos, forma retangular, proporção das fachadas maior que 3:1);
- Edificação vertical, planta média: grandes escritórios, hospitais (5 pavimentos, forma retangular, proporção das fachadas maior que 3:1).

Os dados obtidos no estudo de campo de Carlo (2008) foram utilizados para criar protótipos representativos e protótipos ineficientes para simulação computacional do desempenho energético. Os protótipos ineficientes ou casos-base de simulação da envoltória foram configurados com características consideradas por Carlo (2008) como extremas, como no caso de Percentual de Janelas na Fachada (PJF), compreendido como PAFT, de 80% ou 90% para todas as fachadas. Porém, prédios com fachadas totalmente envidraçadas são encontrados em diversas cidades. Além destes modelos, alternativas contendo soluções mais eficientes e com acréscimo de MCE também foram simuladas, originando assim comparações de eficiência entre os mesmos.

A edificação real utilizada por Carlo (2008) como base para o modelo representativo teve suas características externas definidas no levantamento fotográfico e as características internas foram definidas de acordo com uma edificação da cidade de Florianópolis. Nas Tabelas 2 e 3, podem-se observar os parâmetros adotados para os modelos representativos.

Tabela 2 - Parâmetros do modelo das grandes lojas.

Parâmetros		Variáveis	
Dimensões retangulares		66 x 44,5 m	
Número de pavimentos		2	
Percentual de Área de Janela na Fachada principal		75%	
Ângulo vertical de sombreamento na fachada principal		35°	
Vidro	cor	incolor	
	espessura	6 mm	
	película refletiva	não	
Transmitância Térmica	Paredes	2,39 W/m ² K	
	Cobertura	2,04 W/m ² K	
Absortância	Paredes	0,40	
	Cobertura	0,80	
Ocupação média		8,82 m ² /pessoa	
Densidade de carga interna	Iluminação	8,3 W/m ²	
	Equipamentos	2,7 W/m ²	
Padrão de uso	Ocupação	7-21 h	
	Iluminação	7-21 h	
	Equipamentos	9-20 h	
Características do sistema de condicionamento de ar	1	Tipo	Central com chillers
		Capacidade	562,20 kW (160 TR)
		Observação	Condensador a água. Atende a loja.
	2	Tipo	<i>self</i>
		Capacidade	17,57 kW (5 TR)
		Observação	Área administrativa

Fonte: Carlo (2008).

Tabela 3 - Parâmetros do modelo das pequenas lojas.

Parâmetros		Variáveis	
Dimensões retangulares		16 x 10 m	
Número de pavimentos		1+1	
Percentual de Área de Janela na Fachada principal		46%	
Ângulo vertical de sombreamento da fachada principal		35°	
Vidro	cor	Incolor	
	espessura	4 mm	
	película refletiva	Não	
Transmitância Térmica	Paredes	3,62 W/m ² K	
	Cobertura	2,06 W/m ² K	
Absortância	Paredes	0,7	
	Cobertura	0,7	
Ocupação média		11 e 8 m ² /pessoa	
Densidade de carga interna	Iluminação	7,6 W/m ²	
	Equipamentos	25,9 W/m ²	
Padrão de uso	Ocupação	8:30-12:00 e 12:30-19:30 h	
	Iluminação	8:30-19:30 h	
	Equipamentos	8:30-19:30 h	
Características do sistema de condicionamento de ar	1	Tipo	<i>split</i>
		Capacidade	14,05 kW (48000 BTU/h)
		Observação	2 de 48000 na área de vendas
	2	Tipo	<i>split</i>
		Capacidade	2,63 kW (9000 BTU/h)
		Observação	1 nos provadores
	3	Tipo	janela
		Capacidade	3,51 kW (12000 BTU/h)
		Observação	1 sala computador

Fonte: Carlo (2008).

A partir destes modelos representativos, Carlo (2008) gerou os protótipos representativos dos edifícios reais para serem simulados, conforme Tabela 4. A transmitância térmica das paredes foi desconsiderada por

apresentar uma maior complexidade que não pôde ser descrita por uma equação linear, visto que tem relação com o clima, com a volumetria da edificação, com a capacidade térmica das paredes externas e com as cargas internas. Essa decisão tornou o estudo falho neste aspecto, pois a envoltória possui papel importante na variação do consumo de energia. A avaliação de todo o envelope tornaria os resultados mais completos.

Tabela 4 - Características da envoltória dos protótipos representativos, com grifo da autora.

Atividade	Nº Pav	PJF _p (%)	FS	AVS (graus)	AHS (graus)	U _{parP} (W/m²K)	U _{cob} (W/m²K)
Grandes escritórios	5	25	0,83	0	0	2,39	1,17
Pequenos escritórios	2	15	0,83	0	0	2,39	2,04
Grandes lojas	1	75	0,83	0	0	2,39	2,04
Pequenas lojas	1	35	0,83	35°	0	3,50	2,06
Hotéis	5	25	0,87	35°	0	1,80	1,75
Escritórios verticais	15	35	0,87	0	0	2,39	1,17

Fonte: Carlo (2008).

Os protótipos dos casos-base ineficientes foram configurados conforme os parâmetros da Tabela 5, a fim de comparar o padrão de eficiência com os protótipos representativos e assim propor e simular MCE para estes.

Tabela 5 - Características da envoltória dos casos-base ineficientes, com grifo da autora.

Atividade	Nº Pav	PJF _p (%)	FS	AVS (graus)	AHS (graus)	U _{parP} (W/m²K)	U _{cob} (W/m²K)
Grandes escritórios	5	80	0,83	0	0	2,39	2,38
Pequenos escritórios	2	75	0,83	0	0	2,39	2,04
Grandes lojas	1	90	0,83	0	0	2,39	2,04
Pequenas lojas	1	75	0,83	0	0	3,50	2,06
Hotéis	5	60	0,87	0	0	2,39	1,75
Escritórios verticais	15	75	0,87	0	0	3,50	2,06

Fonte: Carlo (2008).

As densidades de carga interna (DCI) foram configuradas de formas diferentes no protótipo representativo e nos ineficientes (Tabela 6), no representativo Carlo (2008) utilizou DCI obtidas nos levantamentos e no protótipo ineficiente DCI maiores ou menores para poder verificar o grau de influência desta variável.

Tabela 6 -Características da envoltória dos casos-base ineficientes, com grifo da autora.

Protótipo	DCI original	DCI alternativa
Grande escritório	18,90	28,90
Pequeno escritório	30,56	20,56
Hotel	15,30	24,20
Grande loja	37,60	24,00
Pequena loja	29,60	37,60
Escritório vertical	18,50	37,60

Fonte: Carlo (2008).

Nos protótipos de Carlo (2008), não foram consideradas as trocas térmicas realizadas com o solo, as edificações foram simuladas considerando o piso isolado, devido à existência de subsolo em grande parte dos modelos, exceto nas grandes lojas. As absortâncias da envoltória foram configuradas como médias para todos, em função de discussões de estética de quais cores de fachadas deveriam ser utilizadas. O entorno urbano também não foi considerado nas simulações.

Como MCE utilizadas na envoltória das edificações, foram empregadas a alteração do PAFT (Percentual de Abertura da Fachada), FS (Fator Solar dos Vidros), AVS e AHS (Ângulo Vertical / Horizontal de Sombreamento) e alteração da Ucob (Transmitância Térmica da Cobertura). A Tabela 7, apresenta tais variáveis e valores utilizados nas simulações.

Tabela 7 - MCEs usadas nas simulações enfocando a envoltória, com grifo da autora.

	PJF _p (%)	FS	AVS (graus)	AHS (graus)	U _{parP} (Wm ² /K)	U _{parL} (Wm ² /K)	U _{cob} (Wm ² /K)
Grandes escritórios	60	0,61	35	45	1,80	2,25	1,17
	40	0,39	45	-	1,00	1,20	0,70
	25	0,22	-	-	0,50	0,25	-
Pequenos escritórios	50	0,61	35	45	1,80	2,25	1,20
	35	0,39	45	-	1,00	1,20	0,70
	15	0,22	-	-	0,50	0,25	-
Grande lojas	75	0,61	35	45	1,80	2,25	1,20
	50	0,39	45	-	1,00	1,20	0,70
	35	0,22	-	-	0,50	0,25	-
Pequenas lojas	50	0,61	35	45	2,39	2,25	1,20
	35	0,39	45	-	1,70	1,20	0,70
	15	0,22	-	-	1,00	0,25	-
Hotéis	40	0,61	35	45	1,80	2,25	1,20
	25	0,39	45	-	1,00	1,20	0,70
	-	0,22	-	-	0,50	0,25	
Escritórios verticais	35	0,83	45	45	1,00	0,25	0,70
	-	0,22	-	-	-	-	-

Fonte: Carlo (2008)

As MCE foram analisadas levando em conta indicadores de custos, tais como pay-back, taxa interna de retorno, custo da energia conservada e custo do ciclo de vida para avaliação da eficiência energética da envoltória. Segundo Carlo (2008), o mais adequado indicador de custos a ser utilizado seria o custo da energia conservada, devido à sua simplicidade de cálculo e à redução de incertezas embutidas nas suas variáveis, além de fácil interpretação, combinando benefícios financeiros anuais à economia de energia que as medidas proporcionam.

A MCE que apresentou maiores benefícios no que diz respeito a redução do consumo de energia foi a alteração do percentual de janelas na fachada, ou PAF_T, devido ao baixo custo aliado e ao potencial de eletricidade que economiza. Seguindo de proteções solares, enquanto o fator solar e a transmitância térmica das paredes externas foram as últimas medidas a serem implementadas, nem sempre com benefícios econômicos. As simulações do

fator solar não apresentaram resultados conclusivos. Carlo (2008) ressalta a necessidade de mais investigações sobre o tema e sobre o método de simulação.

Com base nos resultados das simulações, foram desenvolvidas duas equações de regressão, uma para edificações com área de projeção menor que 500m² e outra para área de projeção maior que 500m². Apesar da influência clara da volumetria, que exigiu mais de uma equação para representar o desempenho térmico de diferentes edificações, elas apresentaram outras limitações dependentes da mesma variável. Limites de Fator de Forma foram estabelecidos. Tais limitações nas equações são em virtude dos critérios utilizados para criação dos protótipos.

As equações são compostas das características citadas anteriormente, com exceção da transmitância térmica das paredes externas, visto que a variável não apresenta características que possam ser linearizadas e inclusas nas equações. Desta forma, a ausência da transmitância térmica das paredes externas na equação de regressão torna-se uma limitação.

Porém, foram identificadas outras variáveis que participam das alterações no impacto da transmitância térmica das paredes externas, no que diz respeito ao consumo de energia, como a capacidade térmica das paredes, o clima, a volumetria da edificação e as cargas internas.

As equações geradas por Carlo (2008) para obter o Indicador de Consumo (IC) são utilizadas na Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Estas foram desenvolvidas para outros climas de acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e, fazendo parte do item referente à envoltória das edificações.

2.5.2 Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais

O trabalho de Melo (2007) apresenta uma análise do desempenho energético de edificações comerciais com base na influência da transmitância e capacidade térmica das superfícies opacas nas edificações comerciais para diferentes condições de carga interna, em relação ao consumo de energia elétrica. Analisa os componentes de carga térmica da edificação ao longo do ano, as influências do isolamento térmico, absorvância das paredes externas e cobertura, no consumo de energia elétrica através dos ganhos e perdas de calor dos componentes opacos.

A análise de Melo (2007) foi realizada por meio de simulação computacional, com o programa *EnergyPlus*. Foram simulados casos com diferentes condições de carga interna, absorvância solar externa, padrões de uso, PAFT, entre outros parâmetros, considerando a influência destes em relação ao consumo anual de energia elétrica das edificações. Os climas estudados são os referentes às cidades de Florianópolis, Curitiba e São Luís.

Foram estudadas duas tipologias arquitetônicas, baseadas em um estudo realizado anteriormente por Carlo e Lamberts (2006), onde foi desenvolvido um banco de dados representativo de tipologias arquitetônicas do consumo nacional de edificações residenciais, comerciais e públicas. As tipologias estudadas apresentam diferentes geometrias de paredes e coberturas, permitindo a análise referente ao ganho e a perda de calor de cada componente opaco. Sendo estas representadas por um edifício de cinco pavimentos, com 1 pavimento térreo, 3 pavimentos tipo e 1 cobertura, possuindo dimensões de 27m x 7,5m x 2,5m, resultando em uma área total construída de 1.001m², totalmente condicionada, exceto a área destinada a escada e elevadores, representando um edifício de escritórios. A segunda tipologia estudada é a de uma loja de um pavimento, com dimensões de 50m x 50m x 5m, área total de 2500m², totalmente condicionada. Este modelo representa uma loja de departamentos.

Os parâmetros utilizados para analisar a influência da transmitância térmica de paredes e coberturas em relação ao consumo de energia foram

simulados configurando diversas combinações de área de janela nas fachadas; carga interna instalada; padrões de uso; absorvância externa do envelope; tipo de vidro; infiltração de ar, entre outras conforme indicado na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados de entrada e seus respectivos valores adotados para as simulações.

Parâmetros	Valores adotados
1- Tipologias arquitetônicas	2 tipologias diferentes
2 - Clima	Florianópolis; Curitiba; São Luís
3- Padrão de uso (h/dia)	8; 12
4-Densidade de carga interna instalada (W/m^2)	30; 70
5- Percentual de área de janela nas fachadas (%)	20; 50; 80
6- Fator Solar (FS)	0,87 (claro); 0,58 (refletivo)
7- Absortância das paredes à radiação solar	0,20 (branca); 0,90 (preta)
8- Absortância das coberturas à radiação solar	0,20 (branca); 0,90 (preta)
9- Transmitância térmica das paredes e coberturas (W/m^2K)	1,00; 1,50; 2,00; e 4,00
10- Inércia e isolante térmico	3 paredes com diferentes construções e com a mesma transmitância térmica de $4W/m^2K$
11- Infiltração de ar (m^3/s)	0,3 trocas de ar por hora
12- Coeficiente de Performance do sistema de condicionamento de ar (W/W)	3,19

Fonte: Melo (2007)

As transmitâncias variadas em cada simulação foram escolhidas de acordo com a maior área de exposição ao sol. Na tipologia 1, que apresenta uma maior influência de ganhos térmicos através das paredes, por se tratar de um edifício de cinco pavimentos, as simulações foram realizadas variando somente o valor da transmitância térmica das paredes, para a cobertura foi adotado um valor de transmitância térmica igual $2,00 W/m^2K$. Já na tipologia 2, representada por uma edificação comercial de 1 pavimento com um total de $2.500m^2$, apresentando uma maior influência de ganhos solares através da cobertura, foi adotado um valor de transmitância térmica igual $2,00 W/m^2K$ para as paredes, variando somente o valor da transmitância térmica da cobertura que possui maior exposição. Na Tabela 9, pode-se visualizar as transmitâncias e capacidades térmicas adotadas no estudo.

Tabela 9 - Transmitância e capacidade térmica das paredes e coberturas adotadas.

Paredes		U(W/m²K)	C(J/m²K)
Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares (20cm)		1,00	328
Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares (10cm)		1,50	268
Parede de tijolos de 6 furos quadrados (14cm)		2,00	200
Parede de concreto maciço de 10cm de espessura		4,00	286
Coberturas			
Cobertura de telha de fibro-cimento, lâ de vidro e laje de concreto		1,00	78
Cobertura de telha de fibro-cimento e laje de concreto		1,50	77
Cobertura de telha de barro com forro de madeira		2,00	60
Cobertura de telha de barro		4,00	77

Fonte: Melo (2007)

Melo (2007) utiliza a ASHRAE Standard 90.1 (2004c) para comparar os valores adotados por esta norma para limites máximos de transmitância térmica dos componentes opacos com os valores limites máximos de transmitância térmica dos componentes opacos, estudados na pesquisa, referente aos climas estudados. As transmitâncias térmicas das paredes e coberturas para edificações comerciais indicadas pela ASHRAE Standard 90.1 para as cidades brasileiras podem ser observadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Limites da transmitância térmica adotados pela ASHRAE Standard 90.1.

Cidade brasileira	Zona	Paredes externas		Coberturas	
		Transmitância (W/m²K)		Transmitância (W/m²K)	Tipo
		Wood Framed	Mass		
Florianópolis	3	0,504	3,293	0,369	Metal Building
				0,192	Attic
Curitiba	1	0,504	3,293	0,369	Metal Building
				0,192	Attic
São Luís	8	0,504	3,293	0,369	Metal Building
				0,192	Attic

Fonte: ASHRAE (2004) Apud Melo (2007).

Em função da grande quantidade de parâmetros analisados, foi utilizada uma macro desenvolvida por Westphal (2006), na qual são realizadas análises comparativas. Esta macro realiza simulações paramétricas, ou seja, a cada

novo caso simulado ocorre a variação de um parâmetro por vez, gerando um total de 1.584 casos simulados.

As simulações apresentaram resultados que dependiam da densidade da carga interna instalada, do seu padrão de uso, fator solar dos vidros, absorvância das superfícies externas, entre outros parâmetros. O aumento da transmitância térmica da tipologia 1, para os três climas analisados, proporcionou uma redução do consumo anual da edificação, principalmente para os casos simulados em conjunto com alta densidade de carga interna ou alto padrão de uso e com baixa absorvância solar externa. Nos casos referentes à tipologia 2, observou-se que o aumento da transmitância térmica da cobertura representou um aumento do consumo anual da edificação para todos os casos simulados nos três climas adotados, sendo melhor adotar coberturas com transmitâncias térmicas mais baixas para diminuir os ganhos e perdas térmicas ocorridas por esta parte da envolvente e utilizar paredes com transmitâncias térmicas maiores, propiciando nestes climas, uma maior dissipação do calor ganho. Os resultados encontrados para os valores de transmitância térmica com melhor desempenho contestam os limites recomendados pela ASHRAE Standard 90.1 (2004c), podendo estes limites serem excedidos uma vez que, para os três climas avaliados, a utilização de uma parede com alto valor de transmitância térmica promove a dissipação dos ganhos internos para o ambiente externo, reduzindo o consumo do sistema de condicionamento de ar. Como no caso onde as paredes simuladas com uma transmitância térmica de $4,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, reduziram o consumo da edificação, para os climas estudados, quando comparados com a parede com transmitância térmica de $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ excedendo assim o limite de $3,29 \text{ W/m}^2\text{K}$, o qual é apresentado pela ASHRAE Standard 90.1 (ASHRAE, 2004c).

2.5.3 Estudo e Avaliação das Componentes Térmicas na Utilização de Energia em Edifícios

O trabalho de Barros (2009) apresenta um método para quantificar e otimizar as perdas e ganhos de calor e os consumos de energia associados aos edifícios. Estudando o comportamento térmico de seis configurações de paredes com isolamento térmico empregado em diferentes posições, como internamente, externamente ou no meio destas. Com base na teoria de transferência de calor e massa, foi desenvolvida uma ferramenta de cálculo cuja aplicação permite estimar o risco de condensação nas paredes e o campo de temperaturas no seu interior ao longo do período de tempo considerado, visando a otimização de soluções de isolamento térmico *versus* condições de conforto recomendadas. Estes programas de cálculo numérico foram desenvolvidos para simular, em regime estacionário e não estacionário, os fluxos de calor e a distribuição das temperaturas em diferentes tipos de paredes comumente encontradas em Portugal. Estes resultados permitem analisar a eficácia de diversos tipos de paredes estudadas bem como o risco de condensação em algumas dessas situações. Foi utilizado um método de análise econômica relacionado com a espessura de isolamento a ser aplicado. Algumas medições simples de conservação de energia foram apresentadas, cuja implementação em edifícios será facilmente justificada, atendendo aos baixos períodos de retorno de investimento associados a estas medidas.

Para isso, são utilizadas equações matemáticas que levam em conta conceitos de física para obter a temperatura de cada camada da parede ao longo do tempo. Nos pontos de estudo onde acontece a mudança de materiais, a equação das temperaturas altera-se de forma a levar em conta as características dos materiais de cada camada. Assim sendo, foi assumido um valor inicial de temperatura em cada ponto, a partir do qual, sabendo a curva sinusoidal¹ da temperatura no exterior, se estudou a repercussão desse efeito no interior da parede.

Os valores utilizados da temperatura externa são horários, fazendo com que as temperaturas durante um intervalo de tempo sejam constantes. A

¹ Sinusoidal refere-se ao formato da curva que é semelhante a forma do gráfico da função seno.

temperatura no intervalo de tempo (1 hora) é sempre a mesma até atingir o *time-step* equivalente a esse mesmo intervalo. Após conhecer estas temperaturas internas foi possível criar uma matriz de temperaturas onde constam todos esses valores ao longo de um determinado período. Para cada camada, são utilizadas equações que levam em conta as variáveis envolvidas e o contato ou não com o meio exterior. Porém, Barros (2009) salienta que, para garantir uma maior exatidão nos resultados, é importante diminuir o intervalo de tempo entre leituras, sendo o período de tempo de uma hora muito longo.

As componentes térmicas podem ser entendidas como os diversos materiais que constituem a parede e a forma como se comportam os fluxos térmicos. As paredes foram configuradas de seis maneiras diferentes, conforme ilustrado na Figura 3, em concreto, revestidas com camada de argamassa de reboco de dois centímetros, em uma das situações com câmara de ar interna de quatro centímetros e, em dois casos, com isolante térmico de poliestireno expandido (EPS) moldado (placas) na parte interna e outra, na parte externa das paredes.

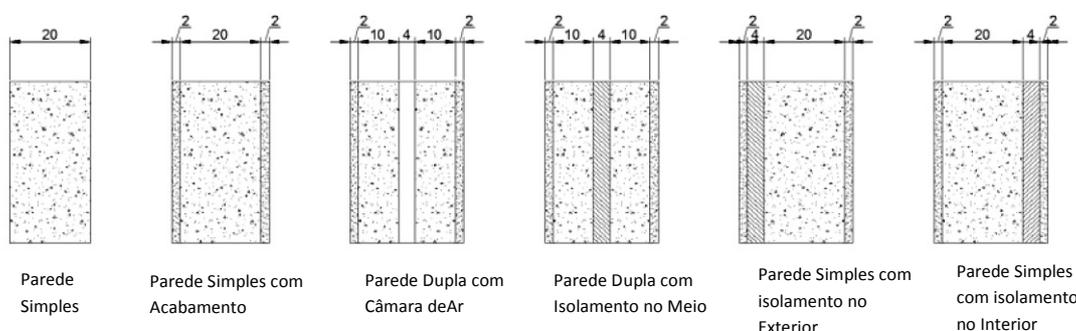


Figura 3 - Representação dos seis tipos de paredes analisadas.

Fonte: Barros (2009)

Os estudos realizados demonstraram que aplicações de sistemas de isolamento térmico em paredes da envolvente opaca, empregados externamente apresentam um melhor resultado para o clima estudado. O isolamento térmico, aplicado de forma contínua e pelo exterior, faz com que a inércia térmica dos materiais pesados utilizados na construção (concreto e argamassa de reboco) funcione a favor do clima interior, contribuindo para que

as temperaturas no edifício se mantenham estáveis e dentro das amplitudes térmicas médias do clima subtropical. Isto acontece em função das paredes externas não estarem em contato direto com o exterior e sim com o isolante, consegue-se com isso estabilizar as temperaturas em função da continuidade da camada isolante aplicada pelo exterior. Barros (2009) salienta que, desta forma, pode-se minimizar as pontes térmicas, que proporcionam ganhos ou perdas de temperatura e podem causar o aparecimento de condensações e, conseqüentemente, de fungos em paredes internas. Tais sistemas de isolamento térmico pelo exterior podem ser igualmente aplicados na reabilitação de edifícios não isolados ou com insuficiente isolamento térmico.

Na análise das seis paredes estudadas, três delas apresentaram um comportamento térmico, em termos de condução linear de calor, muito semelhante. As paredes duplas com isolamento pelo meio, com câmara de ar e a parede simples com isolamento pelo exterior não tiveram uma variação de temperaturas no seu interior muito acentuada (as variações de temperaturas ao longo de um dia foram em torno de 0,5 °C). Já as restantes, parede simples, parede simples com acabamento em reboco e parede com isolamento pelo interior, apresentaram uma variação de temperaturas do ar interno entre 2,5 °C e 4,5 °C (para a mesma variação de temperatura exterior). Tais configurações de paredes farão com que em dias quentes, os ambientes interiores necessitem do auxílio de condicionamento artificial. As paredes em que o isolamento térmico foi colocado externamente apresentaram um melhor desempenho termo energético neste estudo.

2.5.4 Análise de Regressão do Consumo de Energia Elétrica Frente a Variáveis Arquitetônicas para Edifícios Comerciais Climatizados em 14 Capitais Brasileiras

O trabalho de Signor (1999) apresenta um leque de variáveis arquitetônicas e busca identificar quais possuem um papel mais significativo na determinação do consumo de energia elétrica e como elas o influenciam. Tal parte do trabalho auxilia na identificação das variáveis que podem ser alteradas para se obter um menor consumo de energia e nas quais se deve implementar

as MCE. Porém, o objetivo do trabalho de Signor (1999) é mais amplo. Signor (1999) busca equacionar o consumo de energia elétrica de edifícios de escritórios climatizados artificialmente, para climas de 14 capitais brasileiras: Belém, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Luís, São Paulo e Vitória. Para isso foram desenvolvidas regressões lineares múltiplas para cada cidade estudada, correlacionando o seu gasto energético anual a diversas variáveis arquitetônicas, construtivas e climáticas, estas já processadas para cada localidade.

Os parâmetros selecionados por Signor (1999) englobam o tamanho do prédio (número de pavimentos, área de planta e cobertura), a composição de suas fachadas (quantidade de áreas envidraçadas), materiais constituintes (tipos de telhados e vidros), brises e carga interna instalada. Para chegar a estas variáveis, foi configurado um caso base, com forma retangular, 20 x 40 m, 12 pavimentos, com orientação norte para a maior fachada e pé-direito de 3,0 m. O telhado do prédio é composto por telhas de fibrocimento seguidas de uma laje de concreto termicamente isolada. As paredes externas foram construídas em tijolos cerâmicos de 6 furos, e seu percentual de aberturas nas fachadas foi configurado com o valor de 50%, com vidros claros 3,0 mm e AVS igual a 0,5. O prédio foi dividido em 5 zonas térmicas sendo quatro perimetrais e uma central, atendidas por um sistema de ar condicionado por zona do tipo *Packaged Terminal Air Conditioner* (PTAC), com eficiência de 10,00 Btu/h/W, utilizado somente para refrigerar os ambientes.

Deste caso base, Signor (1999), realizou 27 variações para que as principais tendências fossem detectadas. Forma, dimensões, pé-direito, cargas internas, orientação, PAFT, temperatura interna, fator solar dos vidros, iluminação natural, cortinas, sistemas e equipamentos de ar condicionado, infiltração e número de pavimentos foram testados nesta etapa. Algumas das variáveis foram descartadas neste estudo, tais como a forma retangular com núcleo vazio e a forma quadrada, as quais não demonstraram serem significativas. Signor (1999) alega que, por falta de influência descartaram-se também o pé-direito, a orientação, a temperatura de ajuste do ar condicionado, cortinas, infiltração e o número de lâminas de vidro, que afeta basicamente a transmitância da janela. A iluminação natural por ser uma questão complexa

também não foi estudada neste trabalho, embora o autor ressalte que tal variável apresenta grande potencial de economia. O sistema de condicionamento de ar, pelo mesmo motivo da iluminação natural, foi deixado para ser estudado com maior profundidade em um trabalho futuro.

Analisando tais parâmetros, Signor (1999) afirma que a cobertura chega a ser fator determinante do nível de consumo de energia elétrica, sendo o efeito diretamente proporcional ao Fator Altura. Em edifícios térreos com a cobertura exposta ao sol durante todo o dia, o consumo de energia para resfriamento é aumentado. Já em edifícios com vários pavimentos, os efeitos da cobertura tendem a ser diluídos, mas os problemas com conforto e climatização persistem no último pavimento. Nos estudos de Signor (1999), pode-se perceber claramente que, quanto maior a área de cobertura e o Fator Altura, maior o consumo (Figura 3).

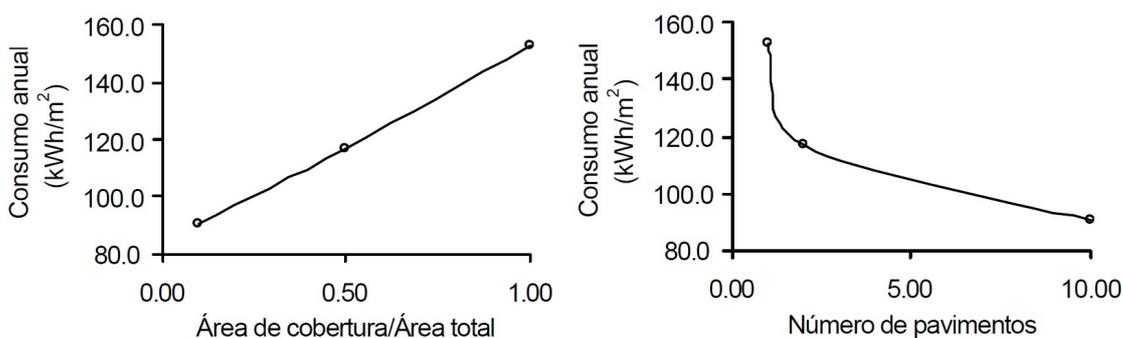


Figura 3 – Linearização do consumo frente ao número de pavimentos.

Fonte: Signor (1999).

Signor (1999) analisou ainda a influência da transmitância térmica e da absorptância solar nas coberturas. Para isso ele dividiu as simulações em dois grupos: Grupo 1, que é caracterizado por edifício em altura com FA de 0,56 e Grupo 2, edifício mais horizontalizado com FA de 0,12. Em ambos os casos, (Figura 4 e 5) pode-se considerar uma relação linear entre a transmitância térmica da cobertura e o consumo, assim como o consumo e a absorptância solar da cobertura. Quanto maior a U_{cob} e a α_{cob} , maior o consumo.

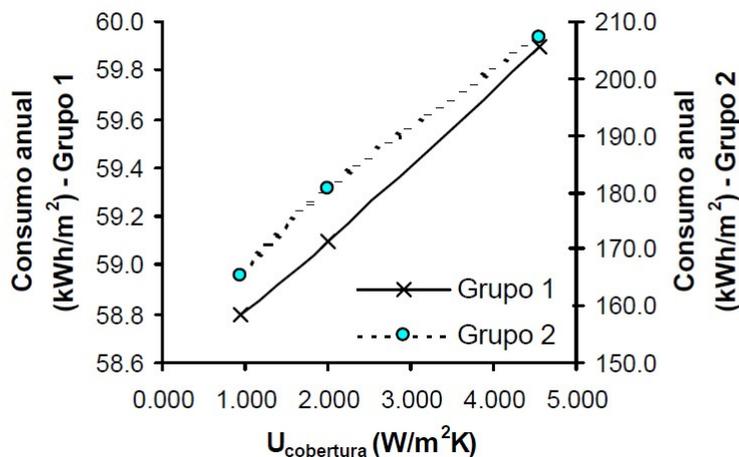


Figura 4 Relação do consumo com a transmitância da cobertura.

Fonte: Signor (1999).

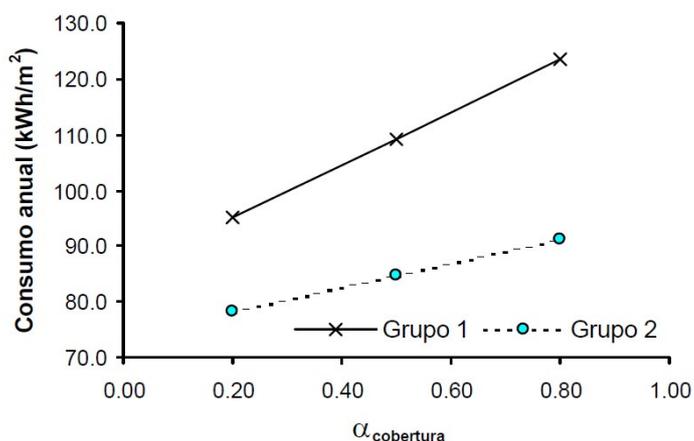


Figura 5 – Influência da cor da cobertura no consumo.

Fonte: Signor (1999).

Outras variáveis foram testadas por Signor (1999), porém as de maior importância foram apresentadas neste trabalho.

Signor (1999) desenvolveu regressões lineares múltiplas para cada cidade estudada, correlacionando o seu gasto energético anual a diversas variáveis arquitetônicas, construtivas e climáticas, sendo estas já processadas para cada localidade. Segundo Signor (1999), os profissionais da área de projetos de edificações ganharam uma ferramenta para avaliação do comportamento energético das edificações comerciais de escritórios. Os consumos dos prédios de escritórios no Brasil estão fortemente ligados à

refrigeração dos ambientes, sendo assim o autor afirma que as equações podem servir também para avaliações qualitativas de conforto térmico nas edificações.

2.5.5 Sistemas de refrigeração passiva para telhados à base de cimento

O trabalho de Alvarado et al.(2008) salienta que, em locais que apresentam climas mais quentes, os edifícios feitos de materiais à base de cimento apresentam frequentemente características térmicas desfavoráveis. Este trabalho apresenta sistemas de refrigeração passiva, com base na utilização de isolantes térmicos e refletores em coberturas. No estudo, são apresentados resultados experimentais baseados em protótipos em escala reduzida com isolamento da cobertura realizado com poliuretano, poliestireno, polietileno, e um intervalo de ar, além de materiais refletores à radiação. O autor afirma que a redução de condução de calor pela cobertura foi na faixa de 65 a 88%, quando comparados aos protótipos de controle (casos base). A cobertura com a colocação de mantas e câmara de ar apresentou um atraso térmico grande quando comparado com uma cobertura de concreto aparente, sendo este isolamento desejável para controlar a condução de calor.

Para minimizar o uso de condicionamento de ar e, assim, reduzir o consumo de energia, a utilização de refrigeração passiva envolve a concepção de edifícios e seleção de materiais de construção de uma forma que reduza a absorção de calor e condução através do telhado. Agrawal (1989 apud Alvarado 2008) afirma que utilizando estratégias passivas de refrigeração adequadas, pelo menos 2,35% do consumo mundial de energia poderia ser economizada.

No trabalho de Alvarado (2008) são apresentados alguns estudos de arrefecimento passivo realizados por outros autores com foco em coberturas. Como resultado destes estudos, o emprego de telhados verdes, utilizando a vegetação como uma técnica de refrigeração passiva, a redução de consumo foi menor que a esperada. Já estudos de resfriamento de telhado devido a um meio poroso e úmido, fazendo uso de evaporação da água, resultou em

temperaturas de superfície de telhado, externas e internas menores, reduzindo o consumo significativamente.

Alvarado (2008) testou uma camada de proteção refletora somada a um material isolante em cima da cobertura e afastada da mesma. Esta camada além de refletir a radiação solar, faz sombra sobre a laje de concreto e permite trocas por convecção. Tal estudo resultou em uma queda considerável na temperatura do telhado. Alvarado (2008) salienta que tais sistemas podem ter um benefício em especial, como um baixo custo, sendo uma solução adaptável para pessoas que não podem arcar com os custos de um sistema de condicionamento de ar. Os materiais foram selecionados considerando características, como condutividade térmica, refletividade solar, facilidade de manutenção, facilidade de instalação e baixo custo. Os materiais foram selecionados com o objetivo de alcançar a baixa absorção e condução de calor.

Foram testadas oito configurações diferentes associando chapas refletoras, camadas de isolantes térmicos e câmaras de ar. As configurações podem ser vistas na Tabela 11.

Tabela 11- Configurações testadas e resultados.

Testes experimentais e Resultados				
Teste N°	Material Reflexivo e Forma	Material isolante e Espessura	Redução no fluxo de calor	Δt
1	Chapa de alumínio - Plana	Poliuretano - 6,4mm	88%	4.7
2	Chapa de alumínio - Ondulada	Poliuretano - 6,4mm	84%	5.3
3	Chapa de alumínio - Ondulação Triangular	Poliuretano - 9,5mm	79%	5.8
4	Chapa de aço galvanizado - Plana	Poliestireno - 19 mm	76%	6.9
5	Chapa de aço galvanizado - Ondulada	Poliuretano - 6,4mm	74%	7.5

6	Chapa de aço galvanizado - Plana	Poliuretano - 6,4mm	71%	8.7
7	Chapa de aço galvanizado - Plana	Câmara de ar – 16 mm	69%	10.8
8	Chapa de aço galvanizado - Plana	Polietileno 6,4	65%	9.6

Fonte: Alvarado (2008)

Os resultados experimentais do trabalho de Alvarado (2008) demonstraram que uma combinação de chapa de alumínio plana e uma camada de poliuretano de 6,4 mm de espessura, teste número 1, proporcionou a maior redução de fluxo de calor dos sistemas testados. Outros materiais e combinações de configuração também podem fornecer um desempenho térmico adequado.

Alvarado (2008) salienta ainda a necessidade de trabalhos futuros concentrados em testar sistemas de arrefecimento passivo em telhados residenciais em tamanho real em regiões tropicais para determinar a quantidade de economia de energia.

2.5.6 Análise da Sensibilidade do Regulamento Brasileiro de Eficiência Energética– RTQ-C quanto à Variação de Densidade de Carga Interna de Equipamentos na Avaliação do Desempenho Energético da Envoltória de Edifícios de Escritórios

Brandalise (2013) apresenta em seu trabalho resultados de simulação computacional para edifícios de escritórios com DCI médias e altas testadas em diferentes composições da envoltória. Os valores adotados para transmitância térmica e absorvância solar das paredes e cobertura são os valores limites para o atendimento dos pré-requisitos da envoltória para os níveis de eficiência A, B e C, segundo o RTQ-C (INMETRO, 2013) para a zona bioclimática 1.

Brandalise (2013) afirma que em ambientes de escritórios existem grandes variações de ocupação e de DCI, em função do uso diferenciado de cada ambiente. Tais fatores possuem interferências significativas no desempenho das edificações. Em seu trabalho, Brandalise (2013) apresenta resultados de estudos realizados por Westphal (2007) para edifícios de escritório, na ZB1, com baixa absorvância superficial externa, padrão de uso de 8h/dia e DCI de 20 W/m², onde o aumento da transmitância térmica faz com que o consumo de energia elétrica em climatização se eleve, já a mesma edificação com DCI de 50 W/m² quanto maior transmitância térmica na envoltória, menor o consumo de energia elétrica em climatização.

Três modelos de análise foram definidos por Brandalise (2013). O primeiro modelo foi baseado no modelo de grandes escritórios desenvolvido por Carlo (2008). Este modelo caracteriza uma edificação vertical e área de pavimento tipo menor que 500m². Os outros dois modelos utilizados no estudo de Brandalise (2013) foram determinados com base nas equações do RTQ-C para áreas de projeção menor e maiores que 500m² e fatores de forma máximos e mínimos. Sendo assim, o segundo modelo foi definido com área de projeção maior que 500m² e Fator de Forma 0,17 (Fator de Forma mínimo) e um terceiro modelo com área de projeção menor que 500m² e Fator de Forma 0,60 (Fator de Forma máximo).

Nesses três modelos, foram testadas DCI, conforme a Tabela 12, em modelos com a envoltória configurada atendendo os pré-requisitos para a ZB1 para os níveis de eficiência A, B e C, conforme Tabela 13, e somado a essas variáveis, foram testados percentuais de abertura nas fachadas totais de 0,05, 0,10 e 0,15. Os casos simulados, para DCI médias e altas, podem ser visualizados na Tabela 14.

Tabela 12- Caracterização das DCI utilizadas nos modelos de análise.

Tipo de Escritório	DCI Equipamentos	Densidade de Pessoas	Potência de iluminação
Média densidade	11 W/m ²	0,14 (pessoas/m ²)	10 (W/m ²)
Alta densidade	21 W/m ²	0,20 (pessoas/m ²)	10 (W/m ²)

Fonte: ASHRAE Fundamentals (2009), NBR 16.401- Parte 3 e RTQ-C respectivamente.

Apud Brandalise (2013).

Tabela 13- Características da Envoltória dos Modelos de Análise.

Pré -Requisitos Envoltória	Nível A	Nível B	Nível C
Transmitância Térmica Cobertura	0,5 (W/m ² .K)	1,00 (W/m ² .K)	2,00 (W/m ² .K)
Transmitância Térmica Paredes	1,00 (W/m ² .K)	2,00 (W/m ² .K)	3,7 (W/m ² .K)
Absortância cobertura	0,20	0,20	0,20
Absortância Paredes	0,20	0,20	0,20

Fonte: Brandalise (2013).

Tabela 14 – Casos simulados.

Zona Bioclimática 1 - DCI Equipamentos 11 W/m² e 21W/m²			
Pré-Requisitos	PAFT	PAFT	PAFT
	0,05	0,1	0,15
Nível A	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
Nível B	Simulação 4	Simulação 5	Simulação 6
Nível C	Simulação 7	Simulação 8	Simulação 9

Fonte: Brandalise (2013).

Com os resultados das simulações, foi obtido o consumo energético anual de cada modelo e, com esses dados, Brandalise (2013) avaliou e comparou o desempenho para os diferentes níveis da envoltória de acordo com o RTQ-C. Para o primeiro modelo configurado com base no definido por Carlo (2008) para grandes escritórios, a envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível B apresentou um consumo energético menor que a edificação atendendo aos pré-requisitos para nível A, tanto para DCI de equipamentos média como

alta. O segundo modelo analisado por Brandalise (2013), com Fator de Forma 0,17, somente para o edifício com PAFT 0,05 e DCI de equipamentos alta, a envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível A apresentou um consumo energético menor aos modelos com envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível B. O terceiro modelo, com Fator de Forma 0,60, com DCI de equipamentos média, somente para o modelo com PAFT 0,15 a envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível B apresentou um consumo energético inferior aos modelos com envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível A. Já as edificações com DCI de equipamento Alta, os modelos com PAFT 0,10 e 0,15 atendendo aos pré-requisitos para nível B demonstraram um desempenho energético superior aos modelos com envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível A. A envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível C apresentou consumos energéticos superiores à envoltória atendendo aos pré-requisitos para nível A e B.

De modo geral o menor consumo obtido na grande maioria dos casos estudados por Brandalise (2013) foram alcançados pelos modelos configurados com DCI média e alta, com a envoltória atendendo os pré-requisitos para nível B, U_{cob} de 1,00 ($W/m^2.K$) e U_{par} de 2,00 ($W/m^2.K$), contrariando o resultado esperado que seria uma envoltória nível A propiciar o menor consumo. Demonstrando assim que, quando edificações possuem DCI de médias e/ou altas, uma transmitância menor da envoltória não propicia menores consumos com condicionamento artificial mesmo para a zona bioclimática mais fria do país.

2.5.7 Pinte a cidade de branco e verde

As ilhas de calor urbanas não são inevitáveis , mas o somatório de telhados escuros, pavimentação das vias em cores escuras e áreas de vegetação cada vez menores faz com que a temperatura nos centros urbanos aumente cada vez mais. Rosenfeld et al. (1997) diz que em uma tarde de verão, o centro de Los Angeles registra temperaturas cinco graus acima das temperaturas das áreas periféricas à cidade. O aquecimento de telhados, vias e superfícies em geral com cores escuras faz com que a temperatura do ar que

circula próximo a estas superfícies se eleve e também aumente a temperatura interna dos ambientes por meio da absorção de calor.

Segundo Rosenfeld et al. (1997) uma das soluções possíveis é usar cores mais claras para telhados e pavimentações. A outra é aumentar as áreas verdes nos centros urbanos, que possuem uma vantagem dupla. As árvores fornecem sombra e, como a maioria das plantas, absorvem águas subterrâneas, esta água é eliminada ao ambiente pela evapotranspiração das folhas refrigerando o ar circundante. Rosenfeld et al. (1997) afirma que uma única árvore devidamente regada pode evapotranspirar 40 litros de água em um dia compensando o equivalente de calor produzido por cem lâmpadas de 100 watts , utilizadas oito horas por dia.

Rosenfeld et al. (1997) diz que até 1960 as habitações nos Estados Unidos tendiam a ser construídas com telhados com cores claras, mas com a facilidade de se adquirir um aparelho de condicionamento de ar, deixou-se de priorizar materiais com cores claras para as coberturas. Tornou-se popular para usar telhas escuras, que se assemelhavam com telhas de madeira e não tornavam evidentes a sujeira e mofo acumulados.

Na proposta de Rosenfeld et al. (1997) de elaboração uma estratégia para diminuir as ilhas de calor de Los Angeles e que possam ser aplicados em outras cidades, ele confirma o que os arquitetos do Mediterrâneo já sabem há milhares de anos. Que a associação do plantio de árvores e a utilização de telhados e pavimentos brancos, pode-se diminuir a temperatura média externa, em uma tarde de verão, na cidade de Los Angeles em cinco graus celsius, diminuindo a necessidade de condicionamento de ar gerando uma economia de 18% no consumo de energia.

Para chegar a essa conclusão Rosenfeld et al. (1997) realizou simulações computacionais onde foram consideradas coberturas e pavimentos, da cidade de Los Angeles, com uma fração solar refletida 7,5 % e cobriram 5 % da área com 10 milhões de árvores. Há também um grande benefício indireto, pois mesmo aqueles edifícios que não estão diretamente sombreadas ou que ainda têm telhados escuros, ganham com a redução da temperatura do ar externo.

Rosenfeld et al. (1997) salienta que os 18 por cento de economia direta, obtida através do plantio de árvores e cores claras de coberturas e pavimentos, não depende do tamanho da cidade, apenas de seu clima. Atlanta, por exemplo, iria apresentar a mesma redução em percentuais como Los Angeles. As economias indiretas, por outro lado, serão significativas apenas em grandes cidades, com ilhas de calor significativas.

Normalmente, uma árvore retém alguns quilos de carbono por ano na sua madeira, pelo ponto de vista da redução dos níveis de CO₂, uma árvore plantada em uma cidade também reduz a quantidade de energia elétrica consumida com aparelhos de ar condicionado. Uma árvore em Los Angeles, por exemplo, vai economizar um adicional de 3 kg de carbono por ano, diminuindo necessidade da cidade de ar condicionado, além de 15 kg mais se esta estiver sombreando diretamente um edifício (ROSENFELD et al.1997).

Rosenfeld et al. (1997) declara que Los Angeles , ou qualquer outra grande cidade , não pode ser arrefecida de um dia para o outro. A diminuição de 5 °C de temperatura, da ilha de calor pelo processo descrito, levaria cerca de 15 anos. Isso porque é mais viável substituir as telhas somente quando uma renovação é necessária e que as árvores levam algum tempo para crescer plenamente. Existem alegações de que as mesmas estratégias que reduzem o consumo com refrigeração no verão podem elevar o consumo de aquecimento no inverno. Porém, em climas quentes a economia gerada no verão supera os gastos gerados no inverno. Isso porque no verão o sol está no alto, e incide principalmente nos telhados, já no inverno o sol mais baixo incide nas paredes e janelas.

2.6 Considerações Finais da Revisão de Literatura

Com base nos trabalhos analisados, foi possível perceber quais os parâmetros devem ser estudados neste tipo de investigação e também perceber quais os pontos que não foram abordados em trabalhos anteriores e que devem ser estudados neste, como no caso da Tese de Carlo (2008), que simulou geometrias de grandes e pequenas lojas bem diferentes das geometrias encontradas em Pelotas. Parte das edificações encontradas no centro comercial da cidade de Pelotas teve seu uso adaptado de residencial para o uso comercial, carecendo estas de um estudo que aponte a influencia da envolvente das edificações no consumo de energia elétrica, levando em conta o custo de implementação destas medidas.

Fatores não levados em conta no estudo de Carlo (2008) e que devem ser considerados neste trabalho são trocas térmicas ocorridas entre a edificação estudada e o solo; impacto do entorno com relação a sombreamento; variação das transmitâncias de parede e cobertura, pois no estudo de Carlo (2008) as transmitâncias de paredes e cobertura foram mantidas iguais e todas as simulações dos protótipos representativos e dos casos-base dos protótipos ineficientes. Carlo (2008) salienta que transmitâncias da envolvente do edifício devem ser avaliadas com maior profundidade para obter resultados mais consistentes, sendo que estas avaliações de eficiência da envoltória devem ser realizadas para grupos específicos de edificações, como os de mesma atividade e volumetria. O trabalho de Carlo (2008) também contribui com resultados de MCE já testadas e suas avaliações econômicas, o que ajuda a nortear a escolha das MCE que foi testada neste trabalho.

O trabalho de Melo (2007), além de contribuir com a definição de parâmetros, também demonstrou uma carência de avaliações de variação transmitâncias térmicas de paredes e coberturas em conjunto, visto que no trabalho as variações de transmitância de paredes ocorreram somente na tipologia 1, edifício de 5 pavimentos, e as variações de transmitâncias de cobertura ocorreram somente na tipologia 2, grande loja térrea. Tal fato reforça a importância de se desenvolver este trabalho, avaliando o comportamento das

edificações com variações de transmitâncias no envelope como um todo e em conjunto.

O trabalho de Barros (2009) apresentou o comportamento térmico de algumas configurações de paredes definiu qual o melhor posicionamento de isolantes térmicos em paredes, no caso, externamente. Demonstra também que este posicionamento externo favorece sua utilização em reformas, de forma que não reduz o espaço interno e apresenta um melhor desempenho térmico que quando colocado internamente.

Signor (1999) expôs variáveis arquitetônicas e construtivas e sua influência na determinação do consumo de eletricidade. Dentre tais variáveis, a cobertura apresentou-se como sendo uma parte da envolvente determinante no consumo de edificações comerciais, principalmente em edificações térreas e/ou com fator altura alto.

Alvarado et al.(2008) apresentou resultados de testes em laboratório de componentes reflexivos e isolantes utilizados em conjunto em coberturas de concreto aparente, apresentando reduções significativas de redução de fluxos de calor. Demonstrando opções de combinações de materiais para se obter reduções de ganhos térmicos em coberturas.

Brandalise (2013) trouxe o resultado de um importante estudo na área de consumos com refrigeração causados por DCI médias e/ou altas em edifícios de escritórios avaliados com diferentes composições da envoltória, utilizadas como pré-requisitos para alguns níveis pelo RTQ-C para o método prescritivo. Mesmo tal estudo focando tipologia de escritórios, tais dados são válidos para estudo de outras tipologias que possuam DCI altas, pois o comportamento das trocas de calor ocasionadas pela envoltória pode ser semelhante. Tal estudo demonstrou que uma envoltória mais isolada associada a DCI altas elevam o consumo de edificações em decorrência da refrigeração.

Rosenfeld et al. (1997), salienta a grande influência na redução de consumo de energia, gasto com condicionamento de ar, obtido pelo aumento da refletância de coberturas. Coberturas e pavimentações em cores claras aliadas ao plantio de árvores nos centros urbanos pode reduzir em 18% o consumo de energia elétrica gasto com a refrigeração dos ambientes.

3. MÉTODO

3.1. Introdução

Segundo Lakatos e Marconi (1982), o trabalho classifica-se como aplicado e descritivo. A pesquisa aplicada caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade. A descritiva delinea o que é o objeto de estudo, abordando quatro aspectos, descrição, registro, análise e interpretação de fenômenos atuais, objetivando o seu funcionamento no presente.

No que diz respeito à forma de abordagem do problema, a pesquisa é trabalhada sob o enfoque quantitativo. Silva e Menezes (2000) afirmam que a abordagem quantitativa traduz em números opiniões e informações, empregando um instrumental estatístico para classificá-las e analisá-las. Tenta entender e explicar fenômenos da natureza de forma estruturada, procurando eximir os resultados de motivos, crenças, valores, comportamentos e percepções individuais. Desta forma, as variáveis relacionadas aos aspectos tecnológicos da edificação, no sentido da determinação da eficiência energética e propostas de medidas de conservação de energia serão abordadas sob esse enfoque.

Quanto aos objetivos, o presente estudo pode ser classificado como exploratório descritivo. Exploratório, pois, a fim de responder às perguntas norteadoras da pesquisa, faz-se necessário levantar todos os dados sobre o objeto do estudo, o contexto do estudo, as dimensões e as variáveis envolvidas. Cerro e Bervian (1996) afirmam que esta abordagem é recomendada quando há pouco conhecimento sobre o problema estudado,

como é o caso da nova Regulamentação de Etiquetagem Voluntária. Nesta pesquisa, a necessidade da definição de critérios para a análise tipológica encaminha o estudo para uma pesquisa exploratória. Entretanto, por ser uma pesquisa aplicada, não basta explicitar o problema, é também preciso propor soluções, testá-las e descrevê-las. A pesquisa descritiva, de acordo com diversos autores como: Cervo e Bervian (1996), Gil (1991), Godoy (1995), Triviños (1995), Lüdke e André (1986), observa, registra, analisa e correlaciona fatos e variáveis. Procura descobrir a frequência, as relações, as conexões de fenômenos, sua natureza e características. Na aplicação do sistema proposto, ao descrever detalhadamente suas características, analisando os resultados obtidos e as relações entre as variáveis envolvidas, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva.

O método utilizado para se alcançar o objetivo desta pesquisa está dividido em quatro partes subdivididas, dentre elas: levantamentos (levantamento geral, definições dos tipos representativos da zona central da cidade de Pelotas, escolha das edificações a serem analisadas e simuladas e levantamento específico); simulação do nível de eficiência energética da envoltória dos exemplares de cada edificação escolhida - modelo do edifício real segundo o RTQ-C e modelos de referência segundo o RTQ-C; proposta de medidas de conservação de energia; análise econômica das medidas corretivas. Na Figura 6 é possível visualizar o diagrama representativo do método.

As etapas de trabalho serão apresentadas e discutidas a seguir:

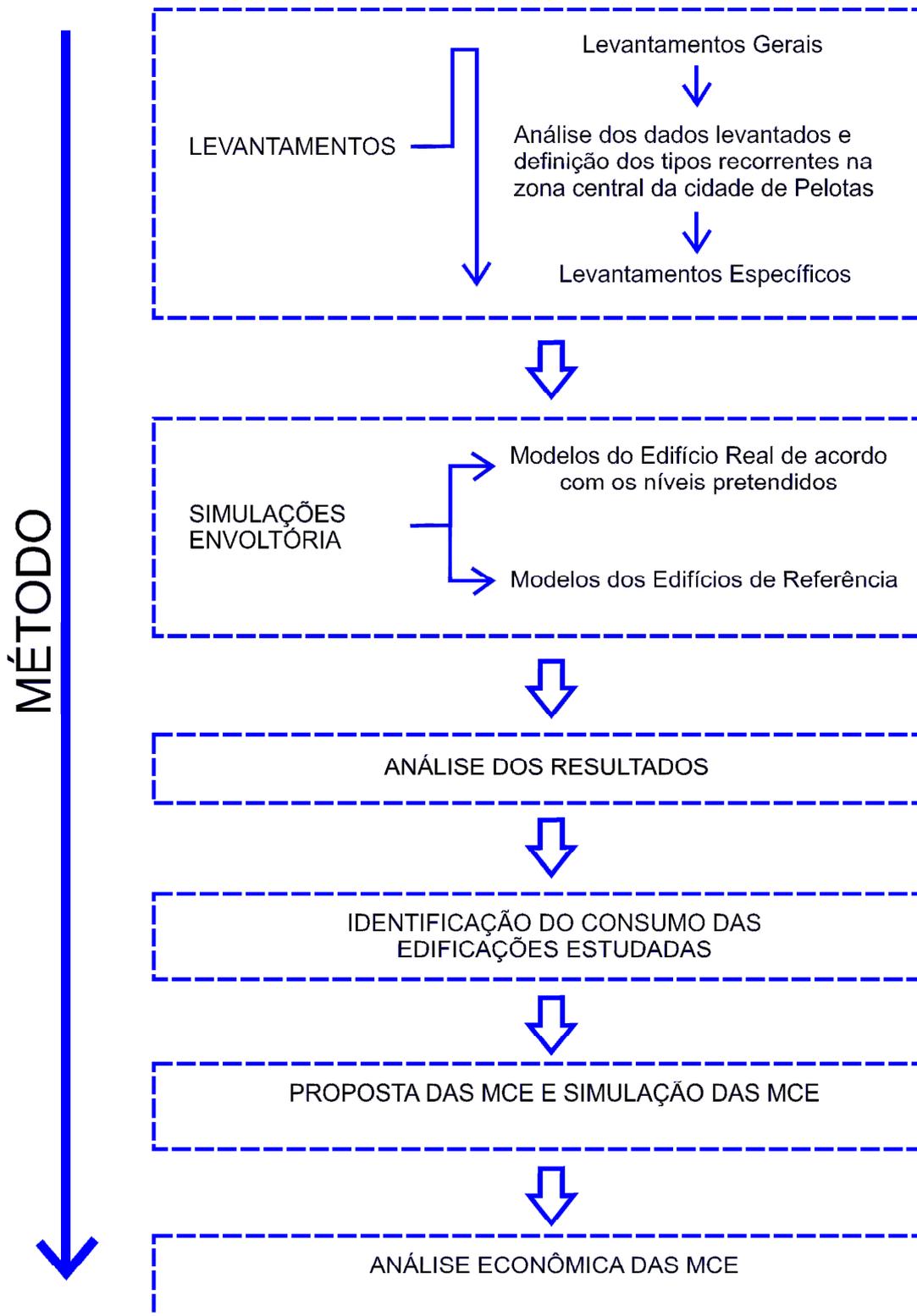


Figura 6 – Diagrama representativo do método.

Fonte: Autora.

3.2. Levantamentos

3.2.1 Levantamento Geral - Definições dos tipos representativos da zona central da cidade de Pelotas

Para entender quais os tipos mais recorrentes encontrados no centro da cidade de Pelotas e se definir o objeto de estudo foi realizado um levantamento geral. Neste levantamento foi definido um recorte que engloba 24 vias (Figura 7), no eixo Leste-Oeste entre as ruas Almirante Barroso e Barão de Santa Tecla e no eixo Norte-Sul entre as ruas Av. Bento Gonçalves e Dom Pedro II, vias estas que representam o núcleo comercial da cidade. Este recorte define a antiga Zona Comercial Central – ZCC do Segundo Plano Diretor da cidade de Pelotas, sendo que a Rua Três de Maio, por possuir um caráter mais residencial, foi excluída do levantamento.

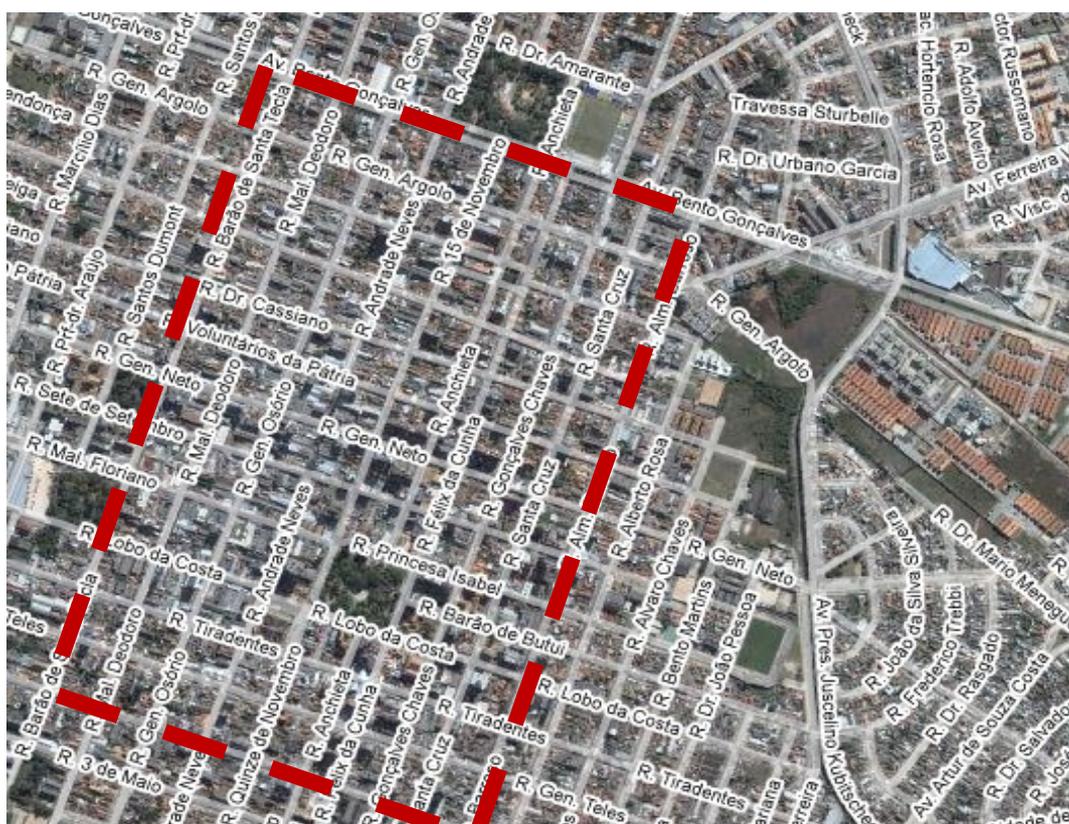


Figura 7– Recorte da zona levantada

Fonte: www.redecidades.net

Nesse recorte foram levantados dados de todos os prédios, classificando-os quanto à função, idade, localização no lote, cores das fachadas, número de pavimentos, percentual de fechamentos opacos e transparentes. Para isso foram utilizadas fichas de catalogação (Figura 8) das edificações, levantamento fotográfico e pesquisa em arquivos da Secretaria Municipal de Gestão da Cidade e Mobilidade da Prefeitura Municipal de Pelotas. Ao todo foram levantadas 3.206 edificações, estas foram catalogadas em um banco de dados do centro comercial da cidade de Pelotas. Tais dados podem ser consultados com a autora ou no Laboratório de Conforto e Eficiência Energética (LabCEE) da Universidade Federal de Pelotas.

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Avenida Bento Gonçalves, nº 3331					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educacional	Institucional Outros		
X						
Área						
Temporal - ano construído		Origem				
Atual		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Novo
Cadastramento		X			Reforma	X
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	X					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Branco	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

Figura 8 - Ficha Catalográfica das Edificações

Fonte: Autora

Nos levantamentos, as edificações foram classificadas levando-se em conta sua inserção espacial-temporal e foram analisadas de acordo com Waisman (1972).

As edificações recorrentes do centro de Pelotas são edifícios destinados ao uso comercial - lojas, com prédios construídos antes de 1980, com até 2 pavimentos, implantados em lotes de meio de quadra, sem recuos laterais, com fachadas pintadas em cores claras e percentual de fechamentos transparentes de 30%. A partir dessas características escolheram-se as edificações que foram analisadas.

Para a escolha das edificações foi necessário separá-las de acordo com a área, capacidade térmica das paredes, posicionamento na quadra, percentual de aberturas na fachada principal e exposição da cobertura à radiação solar.

3.2.1.1 Análise quanto à área

Com relação ao tamanho, dividiram-se as edificações em dois grupos, Pequenas e Grandes Lojas. As pequenas lojas possuem área total construída de no máximo 500 m² e as grandes lojas são aquelas que possuem área total construída superior a 500 m². Existem lotes de tamanhos variados no centro da cidade de Pelotas, mas muitos seguem proporções de 1 (frente) x 3 (fundos) e 1 x 4, gerando lotes em torno de 300m², existindo também junção de dois ou mais lotes para construção de edifícios maiores e nestes casos a área é superior a 500m².

3.2.1.2 Análise quanto à capacidade térmica das paredes

Segundo Peres (2008), a espessura das paredes encontradas nas edificações de Pelotas do final do Séc. XVIII ao início de século XX, apresentam espessuras que variam de 38 à 70 cm, chegando a ser encontradas paredes de até 90 cm de espessura. Já nas últimas décadas do Séc. XX e primeiras décadas do Séc. XXI, segundo o Código de Obras para Edificações do Município de Pelotas, a espessura mínima de paredes externas ou que constituam divisa devem ser de 0,22m (vinte e dois centímetros). Os prédios mais recorrentes no centro da cidade são os com data de construção

anterior a 1980, porém, é importante avaliar as diferentes técnicas construtivas encontradas. Por este motivo foram analisadas edificações com paredes $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ (paredes com espessura de até 25cm) e atraso térmico médio de 5,9 horas, características encontradas nas paredes de edificações construídas nas últimas décadas e paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ (paredes que variam de 29 à 63cm) e atraso térmico médio de 11,8 horas, características encontradas em edificações construídas anteriormente a 1980. Observou-se que o centro apresenta número significativo de edificações construídas nas primeiras décadas do Séc. XX e tais edificações, destinadas ao uso comercial - lojas ou adaptadas a este uso, apresentam paredes espessas com alta inércia térmica.

As absorptâncias solares das fachadas foram classificadas como maiores ou menores que 0,4 levando em conta uma tabela de cores e suas respectivas absorptâncias solares do Anexo V dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações RAC (INMETRO, 2013).

3.2.1.3 Análise quanto à inserção na malha urbana e recuos laterais

O posicionamento no lote interfere na quantidade de radiação solar recebida pela edificação e nas trocas térmicas com o exterior, por isso se estudou dois tipos de posicionamento na quadra, as edificações entre prédios, sem recuos laterais e as de esquina. Tanto as edificações de meio de quadra como as de esquina foram simuladas com suas fachadas principais voltadas para a orientação norte, sendo uma delimitação do trabalho, priorizando a situação de maiores ganhos térmicos no edifício. Já a fachada secundária, dependendo da forma da edificação, foi voltada para a orientação oeste ou leste. Como comentado anteriormente a proporção dos lotes na cidade é de no mínimo 3 (comprimento) x 1 (largura), as edificações foram implantadas no eixo norte-sul com maior exposição à orientação leste ou oeste quando localizadas em lotes de esquina.

3.2.1.4 Análise quanto ao percentual de aberturas na fachada

Dentre as edificações construídas com paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, estas foram classificadas em dois grupos para análise: as com percentual de

aberturas da fachada principal pequeno (PAF até 30%) e as com percentual de aberturas na fachada principal grande (PAF maior que 30%). As edificações com paredes mais espessas foram divididas dessa forma em função de existirem diferentes graus de descaracterização nas construções. Considerou-se então edificação conservada, aquela que possui percentual de aberturas das fachadas principal (PAF) preservado conforme o original, normalmente enquadrado no valor de até 30%. Já as edificações consideradas descaracterizadas serão as que possuem alterações em seu PAF como abertura de vãos nas fachadas, aumentando o PAF da fachada, fazendo normalmente com que esse seja superior a 30%.

Em função dos levantamentos gerais terem sido realizados observando-se somente as fachadas principais dos prédios, adotou-se que se utilizariam estes percentuais de aberturas nas fachadas principais como critérios de escolha para edificações, sendo PAF pequeno (até 30%) e PAF grande (superior a 30%). O RTQ-C utiliza o PAFT, Percentual de Área de Abertura na Fachada total, que é a razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente/translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Para as avaliações e para as equações necessárias, o PAFT foi utilizado, somente para escolha de percentuais de aberturas nas fachadas das edificações houve esta variação de utilização da variável.

Para se fazer uma analogia, um PAFP de 30% (percentual de aberturas na fachada principal pequeno) em uma loja de meio de quadra equivale a um PAFT (percentual de área de abertura na fachada total) de 3,75% e um PAFP de 30% em uma loja de esquina equivale a um PAFT de 15%. Já um PAFG de 70% (percentual de aberturas na fachada principal grande) em uma loja de meio de quadra corresponde a um PAFT de 8,75% e em uma loja de esquina seria equivalente a um PAFT de 35%. Ou seja, de modo geral o PAF sempre representa um valor maior que o PAFT, pois leva em consideração somente a área de aberturas e fachada principais e não as demais fachadas, elevando assim os percentuais.

3.2.1.5 Análise quanto à exposição da cobertura

As edificações com paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ foram classificadas quanto à exposição da cobertura ou não, ou seja, serão avaliadas lojas que possuem cobertura exposta ao meio externo e lojas que estão localizadas no pavimento térreo e sobreloja de edifícios e que, por sua vez, possuem coberturas não expostas ao meio exterior. Nas últimas décadas, um novo modelo de loja tornou-se recorrente, loja no térreo, com mezanino, com edifício residencial ou de escritórios em cima. Quanto ao PAF da fachada principal, em sua maioria, tais lojas apresentam percentuais superiores a 30%.

Levando-se em conta as variáveis envolvidas (Tabela 15), configurou-se 16 edificações diferentes que representam estas variáveis, caracterizadas na Tabela 16, em forma de resumo de suas características e de organização das lojas que serão estudadas.

Tabela 15 - Variáveis analisadas nas edificações comerciais -lojas

Variáveis	Forma de análise	
Tamanho das Lojas	Pequenas (até 500 m ²)	Grandes (maiores que 500 m ²)
Capacidade Térmica das Paredes	$CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$	$CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
Posicionamento na Quadra	Esquina	Meio de Quadra
Percentual de Aberturas na Fachada Principal	PAF até 30%	PAF maior que 30%
Exposição da cobertura	Cobertura exposta (edificações cobertura exposta ao meio exterior)	Cobertura não exposta (edifícios com o térreo e/ou sobreloja destinado ao setor comercial-lojas)

Tabela 16 - Classificação das edificações comerciais - lojas

Tamanho	Capacidade Térmica das Paredes	Posicionamento na Quadra		PAF	COB
		Esquina	Meio de Quadra		
Pequena Loja (até 500 m ²)	CT > 500 kJ/(m ² .K)	PLE CT > 500 – PAFP – COBE Pequena Loja Esquina Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K)(PAF até 30%) Cobertura Exposta	PLM CT > 500 – PAFP – COBE Pequena Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K) (PAF até 30%) Cobertura Exposta	PAF até 30%	Cob. Exposta
		PLE CT > 500 - PAFG - COBE Pequena Loja Esquina Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta	PLM CT > 500 – PAFG – COBE Pequena Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta	PAF > 30%	Cob. Exposta
	CT < 500 kJ/(m ² .K)	PLE CT < 500 – PAFG - COBE Pequena Loja Esquina Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta	PLM CT < 500 – PAFG - COBE Pequena Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta	PAF > 30%	Cob. Exposta
		PLE CT < 500 – PAFG- COBNE Pequena Loja Esquina Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K)(PAF > 30%) Cobertura Não Exposta	PLM CT < 500 – PAFG - COBNE Pequena Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K) (PAF > 30%) Cobertura Não Exposta	PAF > 30%	Cob. Não Exp.
Grande Loja (maior que 500 m ²)	CT > 500 kJ/(m ² .K)	GLE CT > 500 – PAFP – COBE Grande Loja Esquina Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K)(PAF até 30%) Cobertura Exposta	GLM CT > 500 – PAFP – COBE Grande Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K) (PAF até 30%) Cobertura Exposta	PAF até 30%	Cob. Exposta
		GLE CT > 500 – PAFG – COBE Grande Loja Esquina Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K)(PAF > 30%) Cobertura Exposta	GLM CT > 500 – PAFG – COBE Grande Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica maior que 500 kJ/(m ² .K)(PAF > 30%) Cobertura Exposta	PAF > 30%	Cob. Exposta

	CT < 500 kJ/(m ² .K)	GLE CT < 500 – PAFG – COBE Grande Loja Esquina Baixa Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K)(PAF > 30%) Cobertura Exposta	GLM CT < 500 – PAFG – COBE Grande Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K)(PAF > 30%) Cobertura Exposta	PAF > 30%	Cob. Exposta
		GLE CT < 500 – COBNE-PAFG Grande Loja Esquina Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K)(PAF > 30%) Cobertura Não Exposta	GLM CT < 500 – COBNE-PAFG Grande Loja Meio de Quadra Capacidade Térmica menor que 500 kJ/(m ² .K)(PAF > 30%) Cobertura Não Exposta	PAF > 30%	Cob. Não Exp.

A nomenclatura das lojas foi elaborada buscando facilitar a identificação das características de cada uma e serão nomeadas desta forma a partir daqui no texto.

3.2.2 Escolha das edificações a serem analisadas e simuladas

Foram escolhidas 16 edificações que se enquadram dentro das características determinadas anteriormente. Destas lojas foi verificada a disponibilidade de dados no acervo da Secretaria Municipal de Habitação - SMH e arquivos particulares e se realizou levantamentos específicos. Na Tabela 17 podem ser observadas as edificações escolhidas.

Tabela 17 - Edificações comerciais escolhidas.

Edificações escolhidas	
Tipo de edificação / Endereço	Foto
<p>PLE - CT > 500 PAFP - COBE</p> <p>Endereço: Rua General Osório, 679</p>	
	<p>Pequena Loja Esquina - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF até 30%) Cobertura Exposta</p>

<p>PLM-CT > 500 PAFP - COBE</p> <p>Endereço: Rua Sete de Setembro, 303</p>	
<p>PLE-CT > 500 PAFG - COBE</p> <p>Endereço: Rua Marechal Floriano, 71</p>	
<p>PLM-CT > 500 PAFG - COBE</p> <p>Endereço: Rua General Neto, 876</p>	
<p>PLE-CT < 500 PAFG - COBE</p> <p>Endereço: Rua Marechal Deodoro, 1049</p>	
	<p>Pequena Loja Meio de Quadra - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF até 30%) Cobertura Exposta</p> <p>Pequena Loja Esquina - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p> <p>Pequena Loja Meio de Quadra - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p> <p>Pequena Loja Esquina - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p>

<p>PLM-CT < 500 PAFG - COBE</p> <p>Endereço: Rua General Neto, nº 1103</p>	 <p>Pequena Loja Meio de Quadra - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p>
<p>PLE-CT < 500 PAFG - COBNE</p> <p>Endereço: Rua Andrade Neves, 2018</p>	 <p>Pequena Loja Esquina - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Não Exposta</p>
<p>PLM-CT < 500 PAFG - COBNE</p> <p>Endereço: Rua Marechal Floriano, 15</p>	 <p>Pequena Loja Meio de Quadra - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Não Exposta</p>
<p>GLE-CT > 500 PAFP - COBE</p> <p>Endereço: Rua Andrade Neves, 2092</p>	 <p>Grande Loja Esquina - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF até 30%) Cobertura Exposta</p>

<p>GLM-CT > 500 PAFP - COBE</p> <p>Endereço: Rua Sete de Setembro, 353</p>	 <p>Grande Loja Meio de Quadra - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF até 30%) Cobertura Exposta</p>
<p>GLE-CT > 500 PAFG - COBE</p> <p>Endereço: Rua General Neto, 670</p>	 <p>Grande Loja Esquina - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p>
<p>GLM-CT > 500 PAFG - COBE</p> <p>Endereço: Rua Marechal Floriano, 121</p>	 <p>Grande Loja Meio de Quadra - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p>
<p>GLE-CT < 500 COBE-PAFG</p> <p>Endereço: Rua Barão de Santa Tecla, 505</p>	 <p>Grande Loja Esquina - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p>

<p>GLM-CT < 500 COBE-PAFG Endereço: Rua Marechal Floriano, 167</p>	 <p>Grande Loja Meio de Quadra - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Exposta</p>
<p>GLE-CT < 500 COBNE-PAFG Endereço: Rua Sete de Setembro, 402</p>	 <p>Grande Loja Esquina - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Não Exposta</p>
<p>GLM-CT < 500 COBNE-PAFG Endereço: Rua General Osório, 911</p>	 <p>Grande Loja Meio de Quadra - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF maior de 30%) Cobertura Não Exposta</p>

3.2.3 Levantamento específico.

Dentre as edificações escolhidas foi necessário realizar um levantamento mais detalhado que explicitou as características que interferem na identificação do nível de eficiência energética da envoltória e no consumo destas lojas. Com base em uma análise programática, foram definidas relações espaciais entre o espaço interior, como também interior x exterior. A análise permitiu o entendimento das variáveis de uso dos espaços, áreas dos espaços

funcionais, pé-direito, volumes internos, áreas de fechamentos opacos e transparentes, tanto no plano vertical como também horizontal, posicionamento das esquadrias e tipo de esquadrias. A análise tecnológica permitiu a definição de variáveis como tipo de vidro (fator solar), percentual de aberturas das fachadas (PAF_T) de todas as faces do edifício, características do sistema de ar condicionado, tipos de materiais utilizados no envelope da edificação, transmitância dos fechamentos verticais e horizontais, cores dos revestimentos, características do sistema de iluminação artificial e natural. A análise do lugar permitiu verificar a relação do edifício com os adjacentes no sentido de acessibilidade solar e sombreamento proporcionado pelos edifícios do entorno.

O levantamento dos dados foi realizado para as 16 edificações escolhidas e foram preenchidas fichas (Figura 9) para cada edificação, além de serem levantados seus projetos e feito os levantamentos fotográficos nos locais.

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua General Neto, nº 876		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
<i>Equipamentos (descrição e potência)</i>				
Equipamentos :		Potência (Watts):		
Total=				
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Plantas baixas		Cortes		Fachadas
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
<i>Composição do Envelope</i>				
<i>Paredes Externas</i>				
Espessura da parede		Cor da parede		
<i>Paredes Internas</i>				
Espessura da parede		Cor da parede		
<i>Esquadrias</i>				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
<i>Cobertura</i>				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	

Figura 9 - Ficha preenchida nos levantamentos específicos

Fonte: Autora

Após realizar o levantamento específico e em posse de todas as variáveis das 16 lojas escolhidas, optou-se por simular os edifícios com as características térmofísicas existentes nos locais, fazendo com que este estudo seja o mais próximo possível da realidade existente na cidade de Pelotas, utilizando-se para isso de pequenas simplificações para possibilitar a análise

dos prédios, como mesma orientação solar da fachada principal, mesmo valor de DCI, usos e rotinas. Obtendo-se assim consumos unitários, de energia elétrica, próximos aos reais destas lojas e podendo avaliar a influência das MCE nestas configurações tipológicas recorrentes ao centro da cidade, conforme Figura 10. Sendo assim, as 16 lojas foram configuradas conforme os projetos levantados e os dados obtidos nos edifícios existentes.



Figura 10 - Esquema de avaliação dos casos base

Fonte: Autora

3.3. Simulação do nível de eficiência energética da envoltória dos exemplares de cada edificação escolhida

A terceira fase da pesquisa consiste em simular os prédios analisados para verificar o nível de eficiência energética da envoltória, considerando como referência comparativa os níveis de eficiência A, B, C e D, ou seja, foram comparados os modelos reais, seguindo o projeto, com os de referência. Cinco modelos foram construídos, o modelo representando o edifício real (de acordo com o projeto) e os quatro modelos de referência (características de acordo com o nível de eficiência pretendido). A classificação do nível de eficiência energética das edificações é baseada no método de simulação do RTQ-C. Para a simulação dos prédios foram adotados critérios que levam em conta as mesmas características do modelo real e dos de referência, ou seja, mesmo

programa de simulação, arquivo climático, geometria, orientação com relação ao norte geográfico, valor de DCI em equipamentos, padrão de uso de pessoas, com o mesmo valor de calor dissipado e mesmo sistema de condicionamento de ar.

3.3.1. Software utilizado

O programa computacional escolhido para realizar as simulações foi o *software* inglês *DesignBuilder* versão 3.0.0.105 como interface do programa *EnergyPlus* versão 7.0 que contempla os pré-requisitos específicos do RTQ-C e permite checar efeitos das alternativas de projeto no desempenho do edifício, permitindo a avaliação de parâmetros como: consumo anual de energia, horas de aquecimento e emissão de CO₂. Permite a análise, em intervalos anuais, mensais, diários, horários ou sub-horários de: consumo de energia por combustível e uso final; temperatura de ar interno e níveis de umidade; possibilita modelar ventilação natural com opção de janelas abertas, baseada no *setpoint* de temperatura de ventilação. As aberturas podem ser acionadas com base na temperatura do ar externo, entre outras funções.

3.3.2 Configuração do Edifício Real acordando com o RTQ-C

O modelo que representa o edifício real utilizou todas as características da edificação de acordo com o projeto proposto, ou seja, transmitância de paredes e coberturas, tipo de vidro, PAFT, absorvância de paredes e coberturas, ângulo vertical de sombreamento (AVS) e ângulo horizontal de sombreamento (AHS). No edifício real, os sistemas de iluminação e condicionamento de ar foram simulados de acordo com o nível de eficiência pretendido, para poder avaliar separadamente a influência da envoltória no consumo de energia elétrica de uma edificação, acordando com o RTQ-C (INMETRO, 2013), não sendo os sistemas de iluminação encontrados nas lojas nos levantamentos. Os dispositivos de sombreamento, quando estes estavam acoplados no edifício real, foram considerados; O sombreamento proveniente

do entorno foi modelado nas simulações em forma de *component block* (volumes sem zonas térmicas no seu interior), a fim de proporcionar sombreamento e não somar nenhum tipo de consumo de energia elétrica aos resultados em função do acréscimo destas formas ao modelo. Porém, o sombreamento foi considerado somente no modelo do edifício real, conforme recomenda o RTQ-C (INMETRO, 2013).

Antes de se optar por esta forma de se modelar o sombreamento proveniente do entorno, foi realizado um estudo piloto. Nesse estudo foram testados, edifícios sem sombreamento, com sombreamento propiciado por *component block* e edifícios com paredes laterais adiabáticas, ou seja, sem trocar calor com o exterior nas paredes de divisa com outros prédios e com sombreamento gerado por *component block*. Os resultados obtidos foram significativos na redução de consumo de energia elétrica para refrigeração quando comparados os edifícios sem sombreamento com os demais casos. Os edifícios configurados considerando o sombreamento do entorno obtiveram consumos menores e alcançaram níveis de eficiência melhores que os edifícios simulados sem sombreamento. Já os dois edifícios configurados considerando o sombreamento das edificações vizinhas, os resultados foram muito semelhantes. Sendo assim, optou-se por configurar os prédios com *component block* sombreando os prédios, porém sem interferir nas trocas térmicas.

A cidade de Pelotas está situada na zona bioclimática 2 (NBR 15.220 – 3), mas como ainda não possui arquivo climático utilizou-se o arquivo disponível para a mesma zona, o TMY de Santa Maria - RS (BRA_Santa.Maria.839360_SWERA.epw) (LABEEE, 2012).

3.3.2.1 Configuração de usos, DCI, DPI e Condicionamento de ar

A fachada principal das lojas foi simulada voltada para a orientação norte e a secundária para as orientações leste ou oeste. O horário de funcionamento foi configurado como sendo das 09h00min às 20h00min de segunda à sexta-feira e sábados das 09h00min às 14h00min, fechada nos domingos e feriados. A densidade de ocupação é de 0,15 pessoas/m², conforme NBR16401-3 (ABNT, 2008). A taxa metabólica utilizada para pessoas paradas em pé, com

trabalho moderado e caminhando foi a de 93 W/m^2 , acordando com a ISO 7730 (ISSO, 2004). A vestimenta adotada estabeleceu uma resistência de 0,5 clo para o verão e 1,0 clo para o inverno considerando a ISO 7730 (ISO, 2004).

Os prédios foram simulados como condicionados artificialmente, com aparelhos condicionadores de ar tipo *Split COP 3,21 W/W* (Nível A). O nível de iluminação para o ambiente foi definido com densidade de potência de iluminação $15,10 \text{ W/m}^2$, nível A de acordo com o RTQ-C (INMETRO, 2013). A densidade de carga de equipamentos foi definida como de $10,7 \text{ W/m}^2$, conforme NBR16401-1 (ABNT, 2008). Este valor foi adotado como o aproximado a média da densidade de carga encontrada nas 16 lojas estudadas. As modelagens e configurações do envelope das lojas foram realizadas seguindo as características específicas de cada edificação.

O *setpoint* de aquecimento foi estipulado em 21°C e o *setpoint* de resfriamento em 26°C , conforme a NBR 16401-2 (ABNT, 2008).

Para inserção dos dados no *software DesignBuilder*, foi necessário transformar os elementos heterogêneos em homogêneos, para isso se fez um cálculo de equivalência para obter as características de um material ideal, homogêneo, com mesmo comportamento que a parede real, conforme indicado na Tabela 18.

Tabela 18- Características das paredes

Loja	Posição das Paredes	Espessura (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS
PLE - CT > 500 PAFP - COBE	Externa	0,48	0,42	1961	1,65	836,67	12,22	2,65
	Externa	0,29	0,243	1974	2,29	520,53	7,42	3,67
	Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62
PLM - CT > 500 PAFP - COBE	Externa	0,55	0,494	1980	1,48	980,56	14,33	2,37
	Externa	0,35	0,311	1906	2,00	625,12	9,14	3,19
	Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62
PLE - CT > 500 PAFG - COBE	Externa	0,30	0,268	1897	2,17	548,36	7,98	3,47
	Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62
PLM - CT > 500 PAFG - COBE	Externa	0,35	0,311	1906	2,00	625,12	9,19	3,19
	Interna	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
PLE - CT < 500 PAFG - COBE	Externa	0,20	0,20	2200	3,52	440,00	4,42	5,63
	Interna	0,20	0,20	2200	3,52	440,00	4,42	5,63
PLM - CT < 500 PAFG - COBE	Externa	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62
	Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62
PLE - CT < 500 PAFG - COBNE	Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20
PLM - CT < 500 PAFG - COBNE	Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20
GLE - CT > 500 - PAFP - COBE	Externa	0,63	0,579	1908	1,32	1096,18	16,35	2,12
	Externa	0,54	0,485	1978	1,50	962,18	14,06	2,40
	Externa	0,50	0,445	1993	1,59	895,88	13,02	2,55
	Externa	0,41	0,351	1964	1,86	713,74	10,36	2,97
	Externa	0,36	0,322	1911	1,99	625,77	9,25	3,18
	Interna	0,20	0,157	1922	2,83	356,93	5,02	4,52
GLM - CT > 500 PAFP - COBE	Externa	0,50	0,445	1993	1,59	895,88	13,02	2,55
	Externa	0,30	0,284	1875	2,10	570,10	8,36	3,37
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20
GLE - CT > 500 PAFG - COBE	Externa	0,38	0,324	1965	1,95	666,43	9,64	3,11
	Interna	0,28	0,155	1927	2,55	429,62	6,12	4,08
GLM - CT > 500 PAFG - COBE	Externa	0,45	0,39	1926	1,74	770,61	11,32	2,78
	Interna	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20
GLE - CT < 500 PAFG - COBE	Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20
GLM - CT < 500 PAFG - COBE	Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20
GLE - CT < 500 PAFG - COBNE	Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20
GLM - CT < 500 PAFG - COBNE	Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01
	Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20

3.3.2.2 Temperatura do solo

A temperatura do solo nos modelos foi configurada seguindo instruções do RTQ-R (INMETRO, 2012). Segundo esse regulamento, os valores de temperatura do solo dos arquivos climáticos não são recomendados para o uso em simulações térmicas e energéticas. Então, para definir os valores de temperatura do solo, se utilizou o *software Slab*, que é um *software* auxiliar ao *EnergyPlus* versão 7.0, que utiliza para seus cálculos variáveis como a

geometria da edificação, propriedades térmicas dos elementos construtivos, padrões de uso e com a estratégia de ventilação do projeto sob avaliação. O programa calcula a temperatura média do solo para cada mês do ano, com base nos valores médios de temperaturas internas e externas da edificação, para o clima simulado. A cada nova edificação simulada foi necessário refazer os cálculos de temperatura do solo, pois estes levam em conta tanto as variáveis internas como externas da edificação, não sendo estas constantes.

3.3.3 Modelos de Referência segundo o RTQ-C

Os modelos de referência foram simulados, considerando que a envoltória deverá atingir o nível de classificação pretendido. Foi utilizada a equação cuja volumetria indicada era semelhante à do projeto e se adotou o valor de IC_{env} do limite máximo do intervalo do nível de classificação desejado. Caso o fator de forma do edifício projetado estivesse acima ou abaixo do Fator de Forma limite da equação, seria utilizado o valor limite máximo ou mínimo. Foram utilizados os valores máximos de transmitância térmica e de absorvância solar para o nível de eficiência pretendido. Adotou-se um PAFT calculado de acordo com a fórmula do IC_{env} referente à envoltória do edifício proposto de acordo com a Zona Bioclimática da localização do edifício, no caso a Zona Bioclimática 2. Adotou-se um AVS igual a 0 e AHS igual a 0. O vidro utilizado nos modelos foi o vidro simples 3 mm, com um fator solar de 0,87.

O valor de PAFT utilizado foi o maior possível para o nível de eficiência pretendido. Nos casos onde existe iluminação zenital com PAZ maior que 5% no modelo real, os modelos de referência para os níveis A e B foram simulados com PAZ de 2% com vidro claro e fator solar de 0,87. A dissipação de calor e a densidade de carga de equipamentos, em W/m^2 , foram modelados dentro dos limites máximos tabelados definidos de acordo com a NBR16401-1(ABNT, 2008). Adotou-se o mesmo sistema de condicionamento de ar proposto no modelo real e sistemas de iluminação com níveis de eficiência energética de acordo com o nível de eficiência pretendido, para poder avaliar separadamente a influência da envoltória no consumo de energia elétrica de uma edificação,

acordando com o RTQ-C (2013). Portanto os dados levantados das edificações quanto a estes dois sistemas não foram utilizados nas simulações.

3.4. Proposta de medidas de conservação de energia

Nesta etapa, foram analisadas as possibilidades de implementação de medidas de conservação de energia (MCE) nas edificações estudadas. Como a cobertura é a parte da envolvente da edificação que recebe maior incidência de radiação solar ao longo do ano e por ter um papel importante na definição de cargas térmicas, optou-se por trabalhar com MCE neste componente da envoltória. Optou-se por não trabalhar com a alteração de percentuais de aberturas nas fachadas em função de tipologias comerciais utilizarem-se normalmente de percentuais maiores para poder expor e atrair o público. Com relação à utilização de protetores solares, acabou-se não trabalhando em função da dificuldade de implementar tal medida, pois esta propicia certa descaracterização nas edificações, sendo que grande parte das edificações comerciais do centro da cidade são anteriores a 1980. Optou-se por trabalhar com a parte da envolvente que segundo estudos como o de Signor (1999), para climas como o brasileiro e em edifícios climatizados artificialmente, a cobertura chega a ser o fator determinante do nível de consumo de energia elétrica.

Com base nos levantamentos realizados no centro da cidade, pode-se perceber que os valores de transmitância de cobertura variam de 1,54 [W/(m².K)] a 2,05[W/(m².K)]. Com relação às características de absorvância das fachadas, percebe-se a predominância de cores claras, em que 59% das fachadas possuem absorvância menor ou igual a 0,4. Em contrapartida, a absorvância das coberturas é de 0,74 e 0,80, sendo que possuem em sua maioria telhado cerâmico e de fibrocimento que após certo período de uso adquirem coloração mais escura aliada ao acúmulo de sujeira (Figura 11). A classificação de cores claras e escuras se baseou em valores adotados por Lamberts (et al. 2004) que diz que cores claras estão compreendidas entre valores de absorvância de 0,20 a 0,50, cores médias de 0,50 a 0,70 e cores escuras 0,70 a 0,90.



Figura 11 – Imagem de satélite das coberturas no recorte estudado.

Fonte: Google Earth, 2013.

Com base nestes dados optou-se por utilizar como MCE empregadas neste trabalho a alteração de transmitância térmica das coberturas, absorptância e alteração de transmitância e absorptância em conjunto (Tabela 19). Sendo a ferramenta de simulação computacional utilizada mais uma vez para comprovar estas melhorias.

Tabela 19 – MCE testadas.

MCEs empregadas:	
Plano Horizontal	U - Alteração de Transmitâncias
	α – Absortância das Coberturas
	U e α – Alteração de Transmitância e Absortância

3.5. Análise econômica das medidas conservação de energia

A análise econômica do investimento despendido para implementar determinada medida é o que irá nos nortear se a MCE é viável ou não, nos casos estudados.

Foi realizada uma análise dos custos e de eficiência das estratégias recomendadas para analisar o tempo de retorno dos investimentos das MCE.

Segundo Olivo (2009), investimento é um conceito que tem origem no campo da economia. Em seu sentido econômico, ele significa utilizar-se dos recursos disponíveis, no tempo presente, para criar mais recursos no futuro. De forma generalizada, um investimento é uma ação que implica em renunciar recursos no presente com a expectativa de obter mais recursos no futuro. Olivo (2009) destaca que existem várias técnicas de análise de investimentos, dentre as mais utilizadas e disseminadas está o período de retorno (*pay-back*).

O *pay-back* é uma das formas mais simples de se analisar um investimento, sendo o mais utilizado dos métodos em função dessa característica. O *pay-back* tem como função avaliar o tempo que o investimento demorará a retornar o total investido inicialmente. Assim, o *payback* deve ser mensurado em tempo (meses, anos), conforme Eq. 1. Quanto menor o tempo de retorno, melhor o resultado do investimento.

$$PB = \frac{I}{CA}$$

Equação 1

Onde:

PB é o *pay-back* simples (anos);

I é o investimento realizado (R\$);

CA é o custo anual da energia que pode ser economizada (R\$/ano).

O Custo de Energia Conservada (CEC) é calculado de acordo com os custos de implementação das propostas e com a energia economizada por intermédio das MCE. Carlo (2008) afirma que um investimento é economicamente viável quando o CEC é menor que a tarifa de um kWh de energia. A avaliação é feita em reais por quilowatt hora (R\$/kWh) e pode ser calculada conforme a Eq. 2, apresentada por Carlo (2008).

$$CEC = \left(\frac{TCC}{\Delta E} \right) \cdot \left\{ \frac{d}{[1-(1+d)^{-n}]} \right\}$$

Equação 2

Onde:

CEC é o custo da energia conservada (R\$/kWh);

TCC é o custo total da MCE (R\$);

ΔE é a energia economizada, ou conservada, em um ano (kWh/ano);

n é a vida útil da MCE (anos);

d é a taxa de desconto em base anual, equiparada ao índice nacional de custo da construção (INCC) (IBGE).

O trabalho irá levar em conta, nas avaliações econômicas da MCE o *pay-back* e o Custo da Energia Conservada.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Resultados dos Levantamentos Gerais

Os levantamentos apontaram que partes significativas das edificações do centro de Pelotas são destinadas ao setor comercial e misto em 61% dos casos, conforme Figura 12. Dentre o uso comercial observou-se que em 51% dos casos a função comercial é destinada a lojas, conforme Figura 13, que é o foco de estudo deste trabalho em função de sua representatividade no centro da cidade.

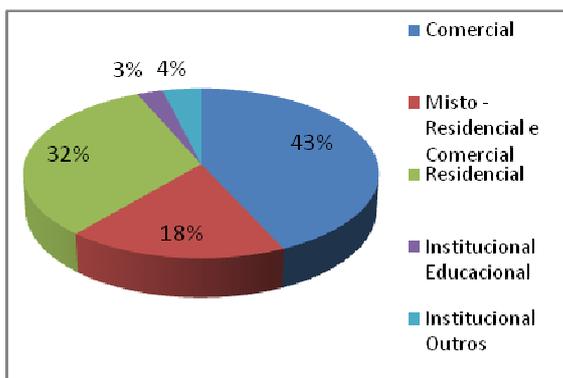


Figura 13 – Gráfico Funções das tipologias centrais

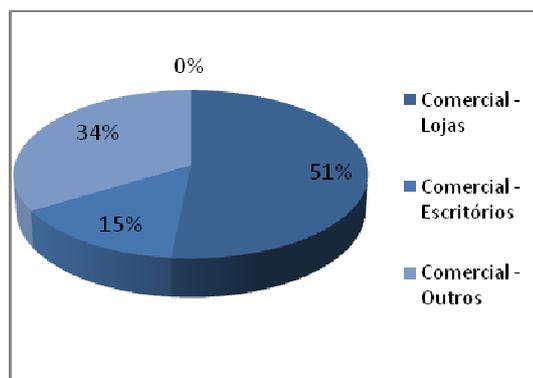


Figura 12 - Gráfico Destinação da função comercial

Observou-se também que, em 94% dos casos, as edificações destinadas a lojas seguem um padrão de possuírem até dois pavimentos, conforme Figura 14. Destas edificações muitas possuem uso residencial e foram adaptadas ao uso comercial, sofrendo alterações como partes dos ambientes do térreo e primeiro pavimento transformados em mezaninos fazendo com que se formassem grandes zonas térmicas. Em relação ao entorno, estas são implantadas em lotes de meio de quadra e entre prédios, sem recuo lateral, em 78% das ocorrências, conforme Figura 15.

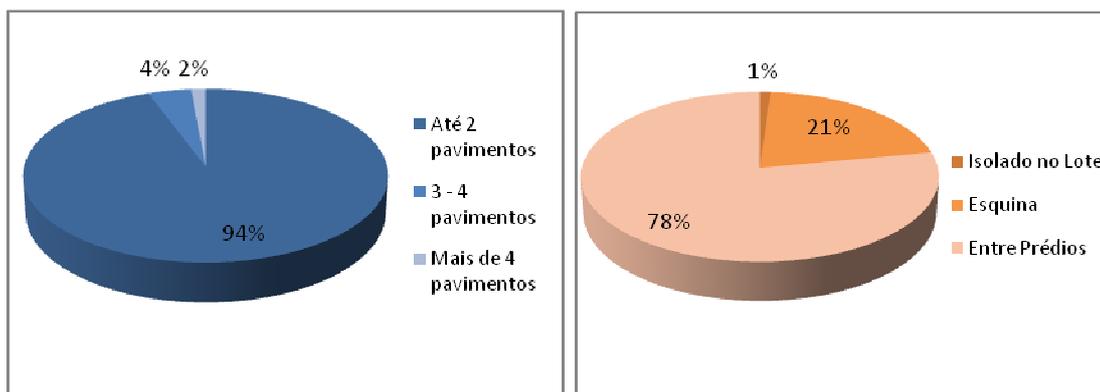


Figura 15 - Gráfico Altura das edificações destinadas ao uso comercial - lojas

Figura 14 - Gráfico Posicionamento no lote

As datas de construção, em 86% dos casos, conforme Figura 16, são até o ano de 1980, possivelmente pelo fato de o recorte definido estar situado dentro dos limites do primeiro e segundo loteamentos que urbanizaram a cidade. Magalhães (2000) relata que o primeiro projeto urbano é resultado da fundação da freguesia em 1812. Traçaram-se, por volta de 1815, 19 ruas (12 longitudinais e 7 transversais), entre as ruas Almirante Barroso e Marcílio Dias, Av. Bento Gonçalves e rua General Neto. No segundo projeto, de 1830, época de elevação à vila, as ruas longitudinais prolongaram-se em direção do São Gonçalo, acrescentando-se 15 transversais (na realidade 13, mas com 15 denominações, como Princesa Isabel/Marechal Floriano), da rua Sete de Setembro até a rua João Manuel.

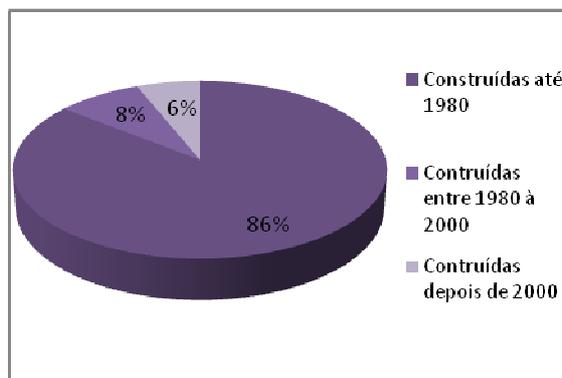


Figura 16 - Gráfico Idade das construções

Já com relação às características de absorção das fachadas percebe-se a predominância de cores claras, com um percentual de 57% das fachadas possuírem absorção menor ou igual a 0,4, conforme Figura 17. O percentual de fechamentos transparentes das fachadas possui valores equilibrados, sendo que o que mais se destaca é o de 37% das fachadas possuírem um percentual de fechamentos transparentes de 30%, em relação aos fechamentos opacos, conforme Figura 18.

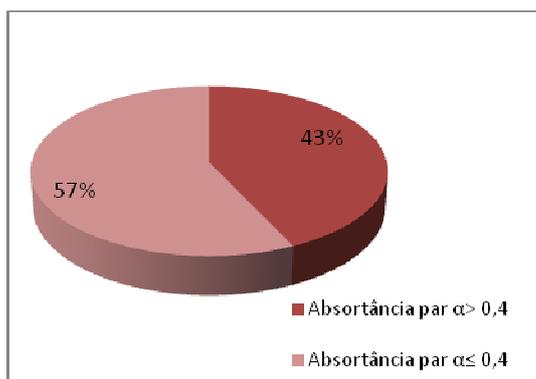


Figura 18 - Gráfico Percentual de absorção das fachadas

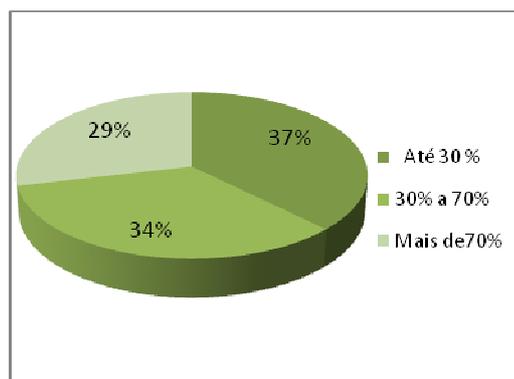


Figura 17 - Gráfico Percentual de fechamentos transparentes

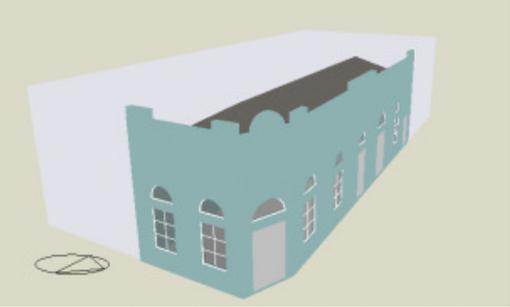
4.2. Simulações Lojas

4.2.1 Simulação Pequena Loja Esquina - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ - ($\text{PAF} \leq 30\%$)

Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica maior que $500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, com um percentual de aberturas nas fachadas principais menor que 30% e cobertura exposta à radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 20, na Figura 19 e nos apêndices A e Q. Esta loja encontra-se inventariada, sob matrícula 200415.1, ZPPC2 – Sítio 2° Loteamento.

Tabela 20 - Características PLE - $CT > 500$ - PAFP - COBE

Características PLE - $CT > 500$ - PAFP - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa 1	0,48	0,42	1961	1,65	836,67	12,22	2,65	0,4
Parede Externa 2	0,29	0,243	1974	2,29	520,53	7,42	3,67	0,4
Parede Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,27							
AVS	0							
AHS	0							

Comercial Lojas

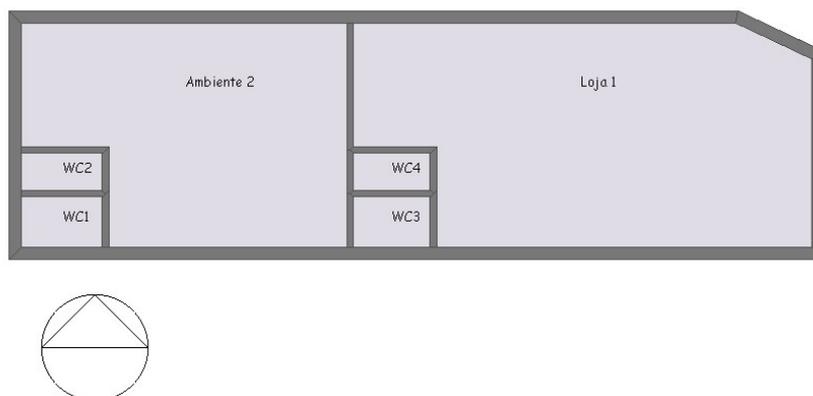


Figura 19 – Zonas térmicas PLE - CT > 500 - PAFP - COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível C de eficiência energética (Tabela 21).

Tabela 21 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT > 500 - PAFP - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	REAL Nível Pretendido C	A	B	C	D
Equipamentos	3.345	3.345	3.345	3.345	3.345	3.345	3.345
Iluminação	4.690	5.315	5.940	4.690	5.315	5.940	6.566
Aquecimento	390	186	186	236	372	283	302
Resfriamento	1.212	2.183	2.439	1.174	1.611	3.105	4.965
Total	9.637	11.029	11.910	9.445	10.643	12.703	15.178

Real = 11.910 < Nível C = 12.703 kWh/ano

Nível C

4.2.2 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ($\text{PAF} \leq 30\%$) Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica maior que $500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, com um percentual de aberturas nas fachadas principais igual a 30% e cobertura exposta à radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 22, Figura 20 e nos apêndices B e R. Esta loja encontra-se inventariada, sob matrícula 200080.6, ZPPC2 – Sítio 2º Loteamento.

Tabela 22 - Características PLM - $CT > 500$ - PAFP - COBE

Características PLM - $CT > 500$ - PAFP - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m³)	U [W/(m².K)]	CT [kJ/(m².K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa 1	0,55	0,494	1980	1,48	980,56	14,33	2,37	0,7
Parede Externa 2	0,35	0,311	1906	2,00	625,12	9,14	3,19	0,7
Parede Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m².K)]				CT [kJ/(m².K)]			
Cobertura	1,98				253,12			
FACHADA								
PAF	0,30							
AVS	0							
AHS	0							

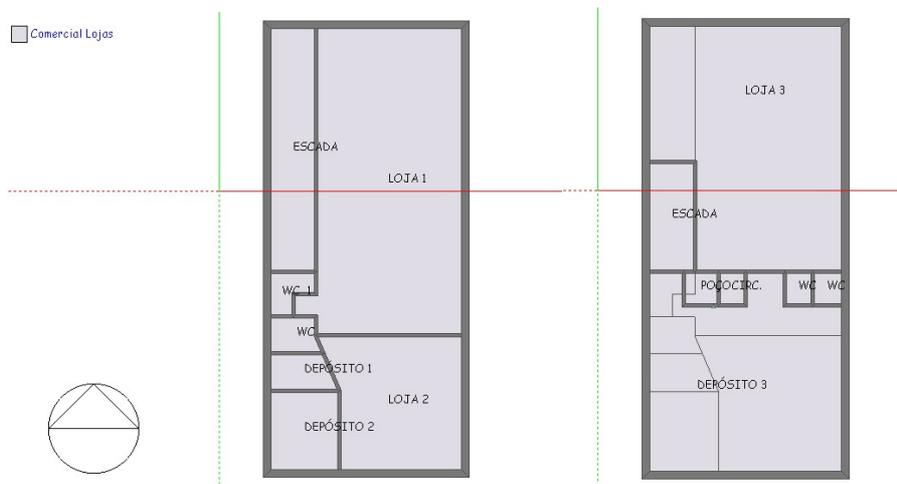


Figura 20 – Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT > 500 - PAFP – COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível C de eficiência energética (Tabela 23).

Tabela 23 - Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT > 500 - PAFP - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	REAL Nível Pretendido C	A	B	C	D
Equipamentos	12.224	12.224	12.224	12.224	12.224	12.224	12.224
Iluminação	17.137	19.422	21.707	17.137	19.422	21.707	23.992
Aquecimento	417	401	387	841	1.346	1.308	1.372
Resfriamento	6.628	7.440	8.379	4.810	6.077	9.416	9.416
Total	36.406	39.487	42.697	35.012	39.069	44.655	52.947

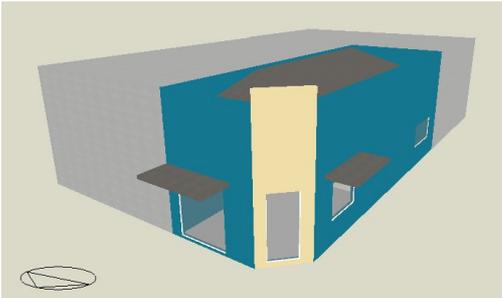
Real = 44.166 < Nível C = 46.064 kWh/ano

Nível C

4.2.3 Simulação Pequena Loja Esquina - CT > 500 kJ/(m².K) - (PAF > 30%) Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica maior que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e cobertura exposta à radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 24, Figura 21 e nos apêndices C e S.

Tabela 24 – Características PLE - CT > 500 - PAFG - COBE

Características PLE - CT > 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede externa	0,30	0,268	1897	2,17	548,36	7,98	3,47	0,7
Parede Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,32							
AVS	46,4							
AHS	0							

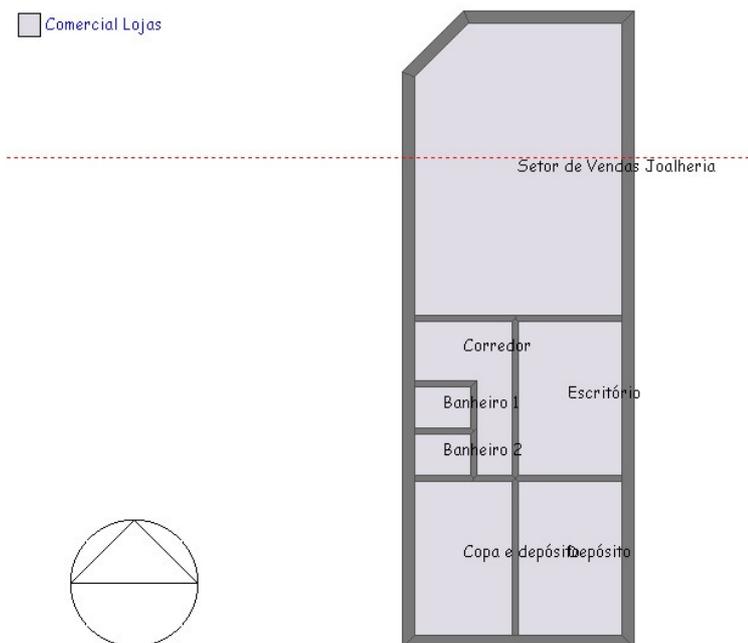


Figura 21 – Zonas térmicas PLE - CT > 500 - PAFG - COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível B de eficiência energética (Tabela 25).

Tabela 25 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT > 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	2.694	2.694	2.694	2.694	2.694	2.694
Iluminação	3.776	4.280	3.776	4.280	4.783	5.287
Aquecimento	385	391	258	374	321	310
Resfriamento	1.332	1.483	954	1.796	3.386	5.766
Total	8.187	8.848	7.682	9.144	11.184	14.057

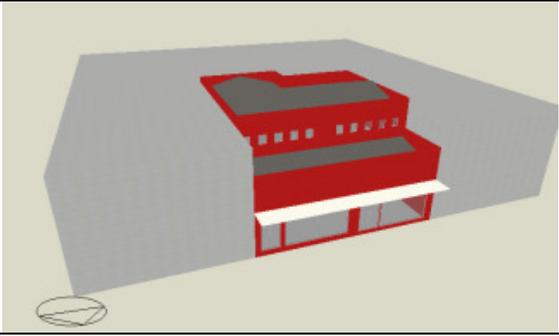
Real = 8.848 < Nível B = 9.144 kWh/ano

Nível B

4.2.4 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica maior que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e cobertura exposta à radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 26, Figura 22 e nos apêndices D e T.

Tabela 26 – Características PLM - CT > 500 - PAFG - COBE

Características PLM - CT > 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,35	0,311	1906	2,00	625,12	9,19	3,19	0,74
Parede Interna	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,45							
AVS	46,4							
AHS	0							

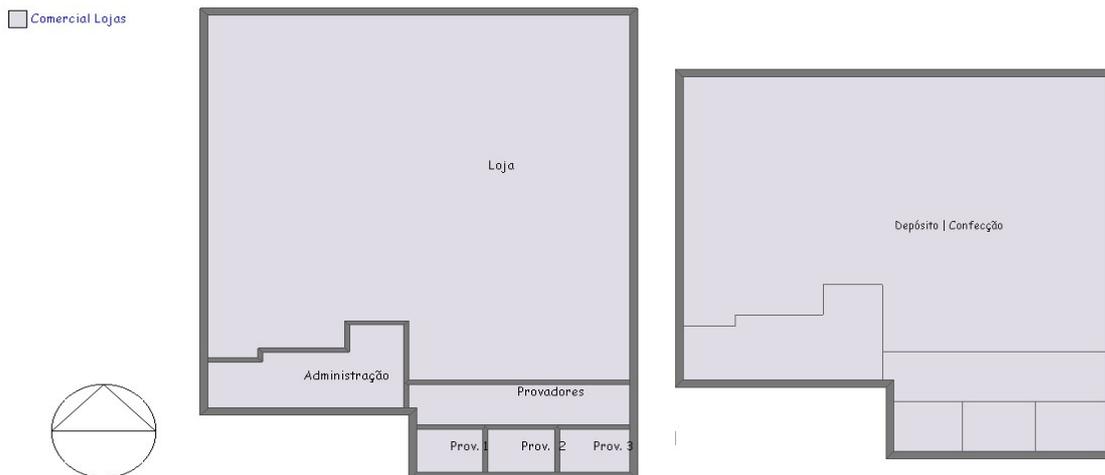


Figura 22 – Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT > 500 - PAFG – COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível C de eficiência energética (Tabela 27).

Tabela 27 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT > 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	REAL Nível Pretendido C	A	B	C	D
Equipamentos	11.401	11.401	11.401	11.401	11.401	11.401	11.401
Iluminação	15.982	18.113	20.244	15.982	18.113	20.244	22.375
Aquecimento	208	200	192	171	323	297	355
Resfriamento	6.416	7.229	8.163	5.371	6.740	9.897	14.225
Total	34.007	36.943	40.000	32.925	36.577	41.839	48.356

Real C= 40.000 < Nível C = 41.839 kWh/ano

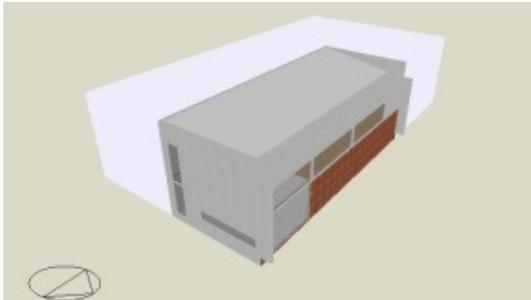
Nível C

4.2.5 Simulação Pequena Loja Esquina - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%)

Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e cobertura exposta à radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 28, Figuras 23 e 24 e nos apêndices E e U.

Tabela 28 – Características PLE - CT < 500 - PAFG - COBE

Características PLE - CT < 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,20	0,20	2200	3,52	440,00	4,42	5,63	0,6
Parede Interna	0,20	0,20	2200	3,52	440,00	4,42	5,63	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	1,82				169,00			
FACHADA								
PAF	0,45							
AVS	11,40							
AHS	4,38							

Comercial Lojas

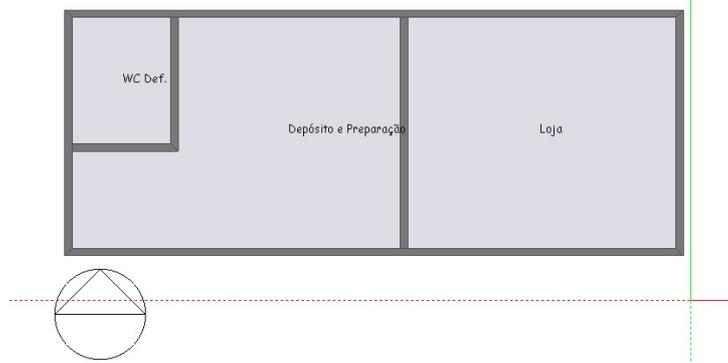


Figura 23 – Zonas térmicas pavimento térreo PLE - CT < 500 - PAFG - COBE

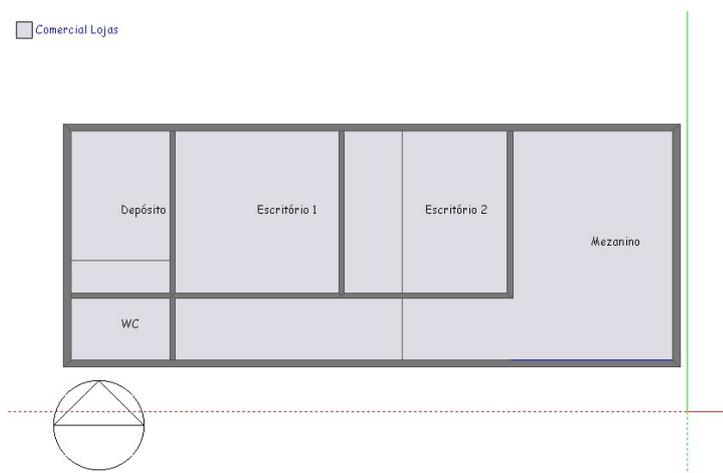


Figura 24 - Zonas térmicas segundo pavimento PLE - CT < 500 - PAFG - COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível B de eficiência energética (Tabela 29).

Tabela 29 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT < 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	5.848	5.848	5.848	5.848	5.848	5.848
Iluminação	8.198	9.291	8.198	9.291	10.384	11.477
Aquecimento	108	106	49	44	50	69
Resfriamento	4.251	4.740	3.060	5.309	7.513	11.179
Total	18.405	19.985	17.155	20.492	23.795	28.573

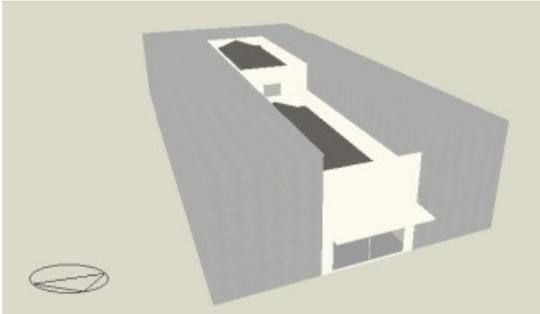
Real = 19.985 < Nível B = 20.492 kWh/ano

Nível B

4.2.6 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e cobertura exposta à radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 30, Figura 25 e nos apêndices F e V.

Tabela 30 – Características PLM - CT < 500 - PAFG - COBE

Características PLM - CT < 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62	0,2
Parede Interna	0,15	0,149	1727	2,89	316,21	4,59	4,62	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura 1	2,05				235,12			
Cobertura 2	1,98				33,12			
FACHADA								
PAF	0,35							
AVS	24,53							
AHS	0							

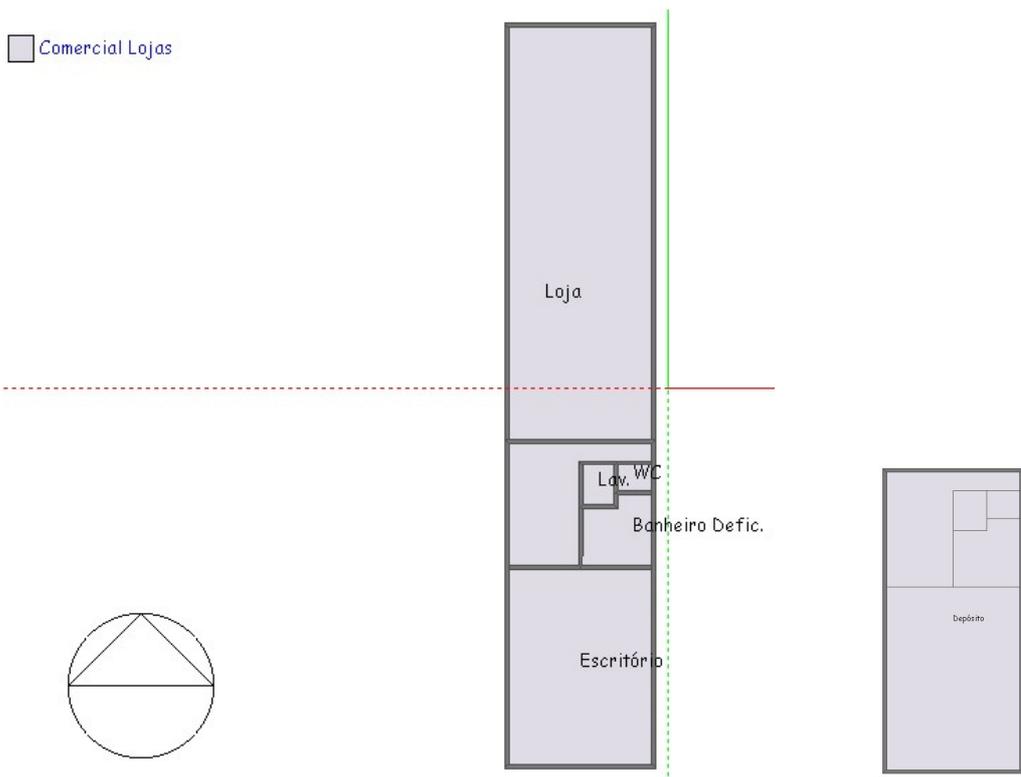


Figura 25 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT < 500 - PAFG - COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível C de eficiência energética (Tabela 31).

Tabela 31 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT < 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	REAL Nível Pretendido C	A	B	C	D
Equipamentos	6.551	6.551	6.551	6.551	6.551	6.551	6.551
Iluminação	9.184	10.409	11.633	9.131	10.348	11.566	12.783
Aquecimento	726	479	478	234	428	470	469
Resfriamento	2.388	3.737	4.199	2.628	3.247	5.222	8.805
Total	18.849	21.176	22.861	18.544	20.574	23.809	28.608

Real = 22.861 < Nível C = 23.809 kWh/ano

Nível C

4.2.7 Simulação Pequena Loja Esquina - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%)

Cobertura Não Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e cobertura não exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 32, Figura 26 e nos apêndices G e X.

Tabela 32 – Características PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE

Características PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	0,4
Parede Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,42							
AVS	5,06							
AHS	0							

Comercial Lojas

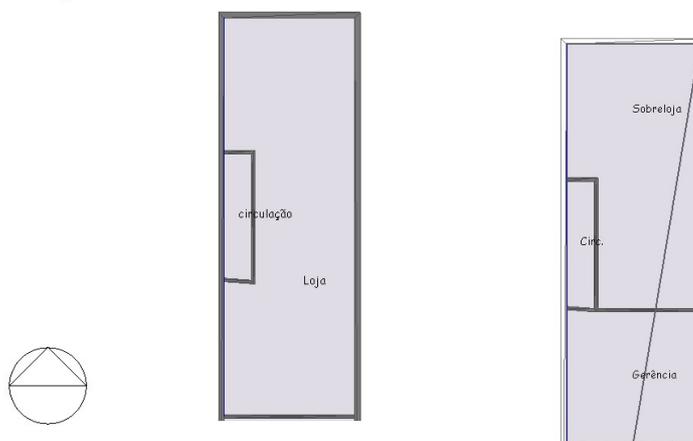


Figura 26 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível B de eficiência energética (Tabela 33) e o pavimento de loja e sobreloja apresentaram um consumo de 22.598 kWh/ano (Tabela 34).

Tabela 33 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	33.188	33.188	33.188	33.188	33.188	33.188
Iluminação	46.525	52.728	46.525	52.728	58.932	65.135
Aquecimento	1.297	1.269	568	1.060	979	1.081
Resfriamento	21.272	23.740	19.291	24.581	35.531	49.968
Total	102.282	110.925	99.572	111.557	128.630	149.372

Real = 110.925 < Nível B = 111.557 kWh/ano	Nível B
--	----------------

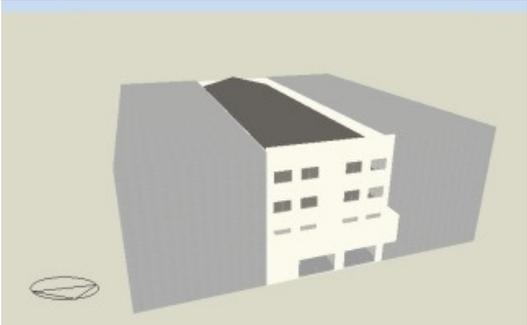
Tabela 34 – Consumo da loja e sobreloja PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.

Consumo kWh/ano	Somente Loja
Equipamentos	6.758
Iluminação	10.736
AC Aquecimento	260
AC Resfriamento	4.844
Total	22.598

4.2.8 Simulação Pequena Loja Meio de Quadra - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%) Cobertura Não Exposta

A loja estudada é um exemplar de pequena loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura não exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 35, Figura 27 e nos apêndices H e Y.

Tabela 35 – Características PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE

Características PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	0,3
Parede Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,33							
AVS	15,08							
AHS	2,10							

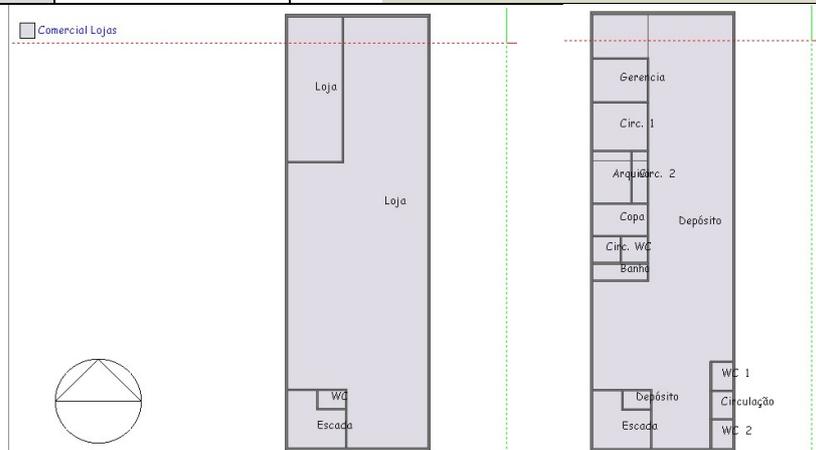


Figura 27 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível A de eficiência energética (Tabela 36) e o pavimento de loja e sobreloja apresentaram um consumo de 71.312 kWh/ano (Tabela 37).

Tabela 36 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	A	B	C	D
Equipamentos	51.601	51.601	51.601	51.601	51.601
Iluminação	72.338	72.338	81.983	91.628	101.270
Aquecimento	1.685	1.015	1.236	1.162	1.240
Resfriamento	24.433	27.048	32.891	43.308	58.850
Total	150.057	152.002	167.711	187.699	212.961

Real = 584.880 < Nível B = 591.320 kWh/ano **Nível A**

Tabela 37 – Consumo da loja e sobreloja PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.

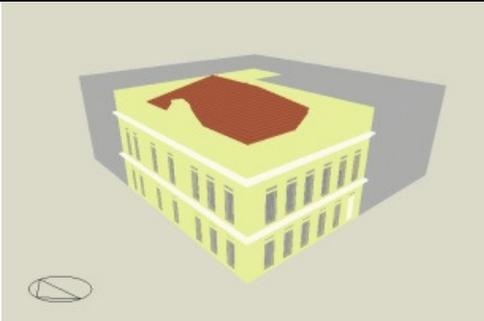
Consumo kWh/ano	Somente Loja
Equipamentos	25.800
Iluminação	36.169
Aquecimento	877
Resfriamento	8.466
Total	71.312

4.2.9 Simulação Grande Loja Esquina - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF ≤ 30%)

Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica maior que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 38, Figura 28 e nos apêndices I e Z. Esta loja encontra-se inventariada, sob matrícula 200968.4, ZPPC1 – Sítio 1° Loteamento.

Tabela 38 – Características GLE - CT > 500 - PAFP - COBE

Características GLE - CT > 500 - PAFP - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa 1	0,63	0,579	1908	1,32	1096,18	16,35	2,12	0,4
Parede Externa 2	0,54	0,485	1978	1,50	962,18	14,06	2,40	0,4
Parede Externa 3	0,50	0,445	1993	1,59	895,88	13,02	2,55	0,4
Parede Externa 4	0,41	0,351	1964	1,86	713,74	10,36	2,97	0,4
Parede Interna 1	0,36	0,322	1911	1,99	625,77	9,25	3,18	-
Parede Interna 2	0,20	0,157	1922	2,83	356,93	5,02	4,52	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	1,98				242,08			
FACHADA								
PAF	0,29							
AVS	0							
AHS	0							

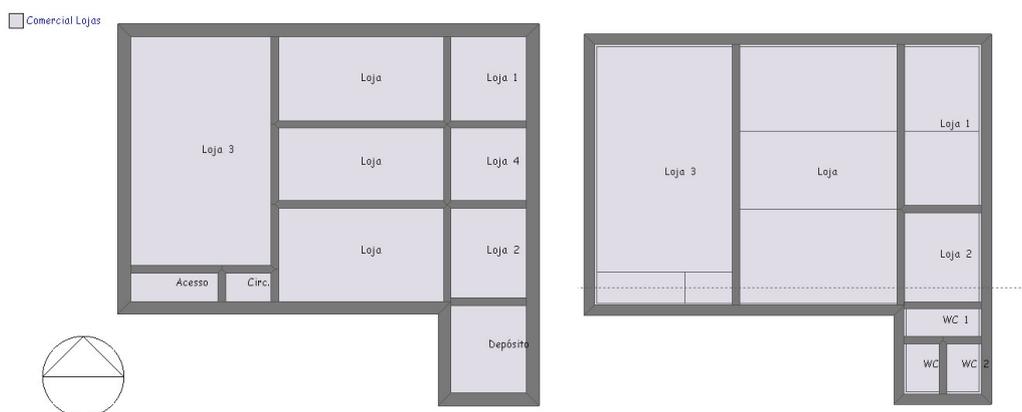


Figura 28 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLE - CT > 500 - PAFP – COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível B de eficiência energética (Tabela 39).

Tabela 39 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT > 500 - PAFP - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	16.893	16.893	16.893	16.893	16.893	16.893
Iluminação	23.682	26.840	23.682	26.840	29.998	33.155
Aquecimento	1.469	1.481	370	662	608	663
Resfriamento	10.544	11.769	10.252	12.772	19.024	26.274
Total	52.588	56.983	51.197	57.167	66.523	76.985

Real = 56.983 < Nível B = 57.167 kWh/ano

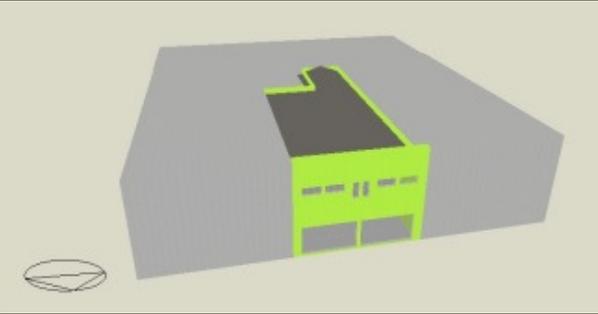
Nível B

4.2.10 Simulação Loja Meio de Quadra - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF ≤ 30%)

Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica maior que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais igual a 30% e com a cobertura exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 40, Figura 29 e nos apêndices J e AA.

Tabela 40 – Características GLM - CT > 500 - PAFP - COBE

Características GLM - CT > 500 - PAFP - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa 1	0,50	0,445	1993	1,59	895,88	13,02	2,55	0,4
Parede Externa 2	0,30	0,284	1875	2,10	570,10	8,36	3,37	0,4
Parede Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,30							
AVS	0							
AHS	0							

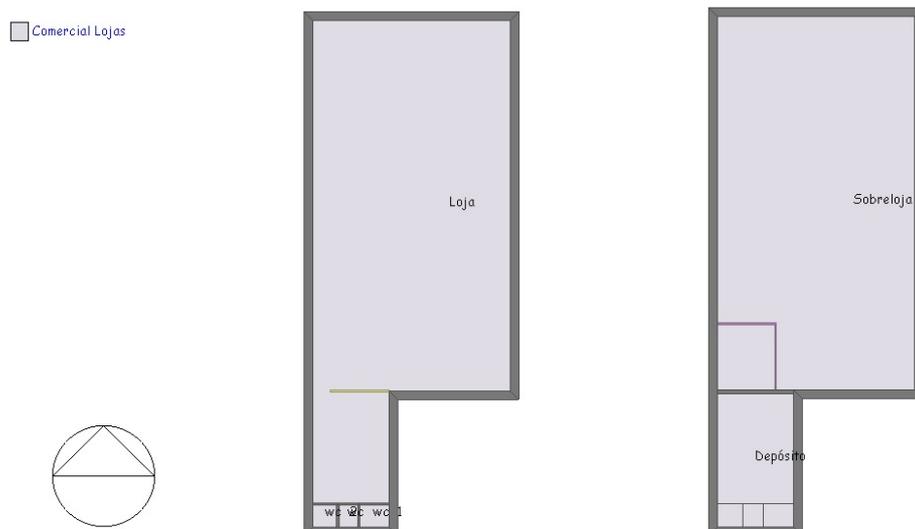


Figura 29 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT > 500 - PAFP - COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível B de eficiência energética (Tabela 41).

Tabela 41 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT > 500 - PAFP - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	26.270	26.270	26.270	26.270	26.270	26.270
Iluminação	36.827	41.738	36.827	41.738	46.648	51.558
Aquecimento	744	719	1.098	1.530	1.334	1.371
Resfriamento	11.441	13.009	9.972	12.874	19.531	30.005
Total	75.282	81.730	74.167	82.412	93.783	109.204

Real = 81.730 < Nível B = 82.412 kWh/ano

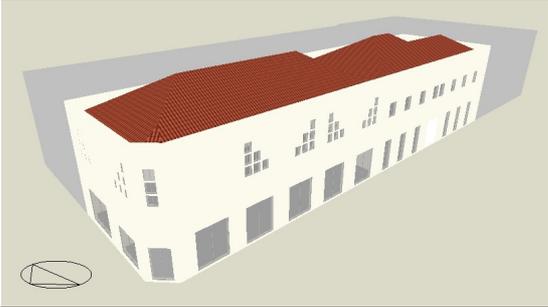
Nível B

4.2.11 Simulação Grande Loja Esquina - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%)

Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica maior que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 42, Figura 30 e nos apêndices K e BB.

Tabela 42 – Características GLE - CT > 500 - PAFG - COBE

Características GLE - CT > 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,38	0,324	1965	1,95	666,43	9,64	3,11	0,2
Parede Interna	0,28	0,155	1927	2,55	429,62	6,12	4,08	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	1,98				242,08			
FACHADA								
PAF	0,35							
AVS	0							
AHS	0							

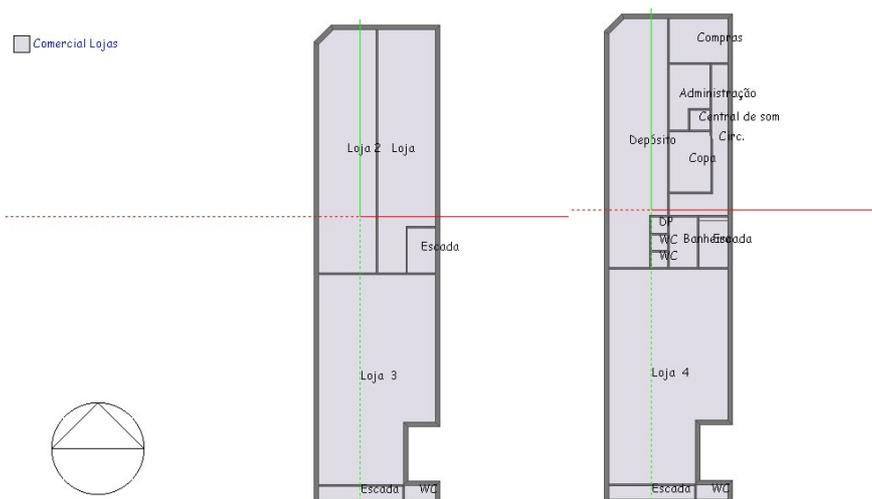


Figura 30 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLE - CT > 500 - PAFG – COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível A de eficiência energética (Tabela 43).

Tabela 43 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT > 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	A	B	C	D
Equipamentos	33.043	33.043	33.043	33.043	33.043
Iluminação	46.322	46.322	52.498	58.674	64.851
Aquecimento	948	385	732	657	751
Resfriamento	18.610	19.424	24.060	35.964	47.020
Total	98.923	99.174	110.333	128.338	145.665

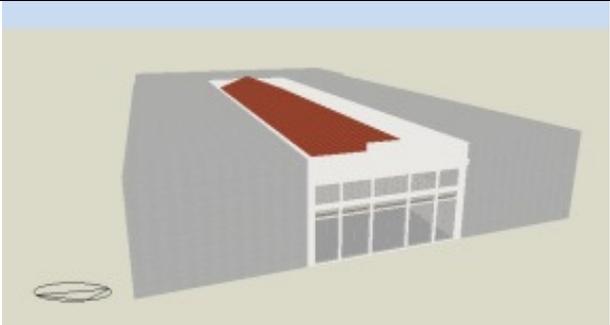
Real = 98.923 < Nível A = 99.174 kWh/ano

Nível A

4.2.12 Simulação Grande Loja Meio de Quadra - CT > 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica maior que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 44, Figura 31 e nos apêndices L e CC. Esta loja encontra-se inventariada, sob matrícula 201598.6, ZPPC2 – Sítio 2º Loteamento.

Tabela 44 – Características GLM - CT > 500 - PAFG - COBE

Características GLM - CT > 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,45	0,39	1926	1,74	770,61	11,32	2,78	0,4
Parede Interna 1	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	-
Parede Interna 2	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	1,98				242,08			
FACHADA								
PAF	0,81							
AVS	0							
AHS	0							

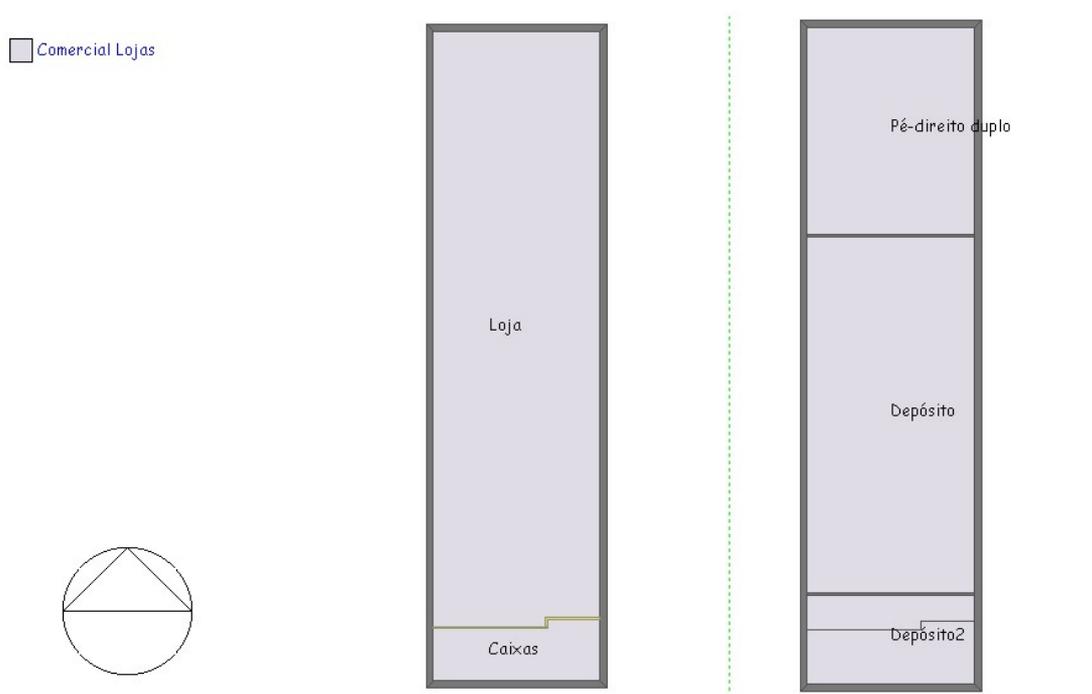


Figura 31 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT > 500 - PAFG - COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível B de eficiência energética (Tabela 45).

Tabela 45 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT > 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	28.698	28.698	28.698	28.698	28.698	28.698
Iluminação	40.231	45.595	40.231	45.595	50.960	56.324
Aquecimento	232	197	169	307	306	373
Resfriamento	14.975	16.100	14.254	16.990	23.288	32.791
Total	84.136	90.590	83.352	91.590	103.252	118.186

Real = 90.590 < Nível B = 91.590 kWh/ano

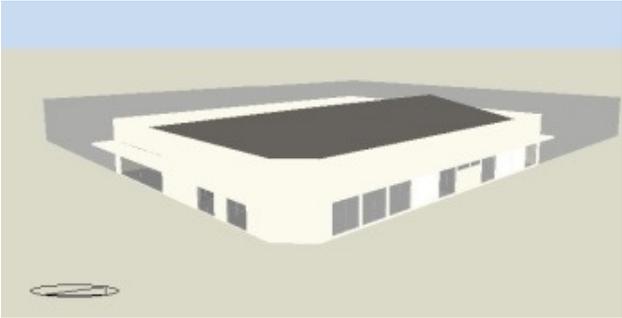
Nível B

4.2.13 Simulação Grande Loja Esquina CT < 500 kJ/(m².K) - (PAF > 30%)

Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 46, Figura 32 e nos apêndices M e DD.

Tabela 46 – Características GLE - CT < 500 - PAFG - COBE

Características GLE - CT < 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	0,2
Parede Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,31							
AVS	30,51							
AHS	0							

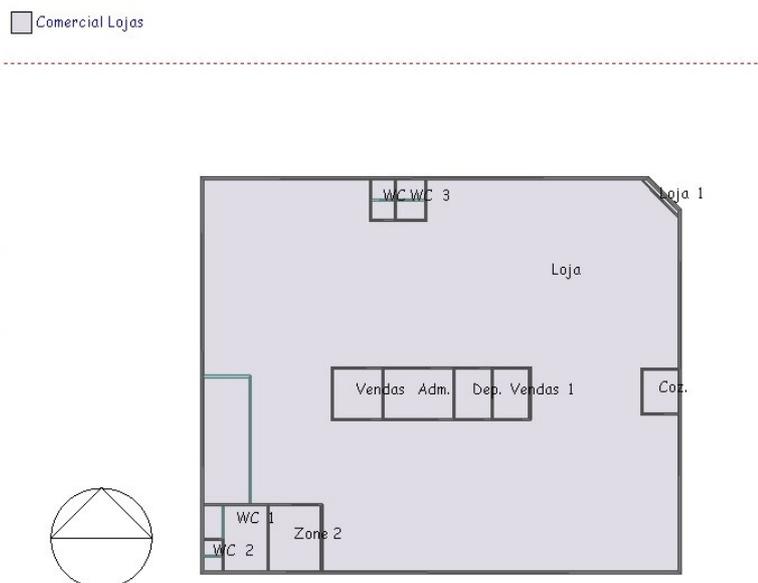


Figura 32 - Zonas térmicas GLE - CT < 500 - PAFG - COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível D de eficiência energética (Tabela 47).

Tabela 47 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT < 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	REAL Nível Pretendido C	REAL Nível Pretendido D	A	B	C	D
Equipamentos	26.907	26.907	26.907	26.907	26.907	26.907	26.907	26.907
Iluminação	37.719	42.749	47.778	52.807	37.719	42.749	47.778	52.807
Aquecimento	1.317	1.280	1.252	1.233	766	1.015	970	809
Resfriamento	9.466	10.815	12.383	14.220	7.588	9.325	12.599	18.642
Total	75.409	81.751	88.320	95.167	72.980	79.996	88.254	99.165

Real = 95.167 < Nível D = 99.165 kWh/ano

Nível D

4.2.14 Simulação Grande Loja Meio de Quadra CT < 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%) Cobertura Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 48, Figuras 33 e 34 e nos apêndices N e EE.

Tabela 48 – Características GLM - CT < 500 - PAFG - COBE

Características GLM - CT < 500 - PAFG - COBE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	0,5
Parede Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,56							
AVS	0							
AHS	0							

Comercial Lojas

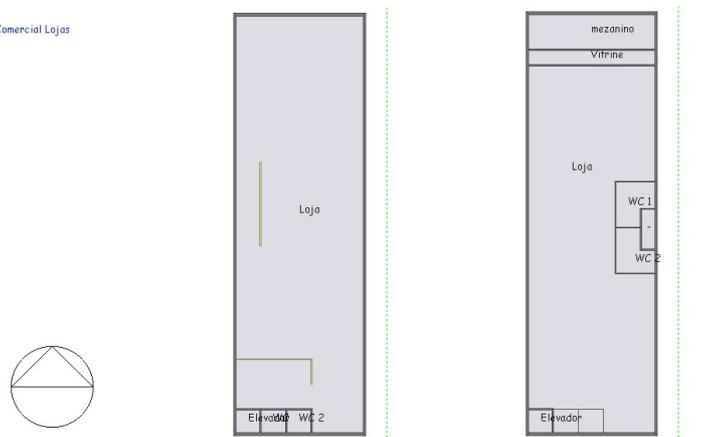


Figura 33 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT < 500 - PAFG – COBE

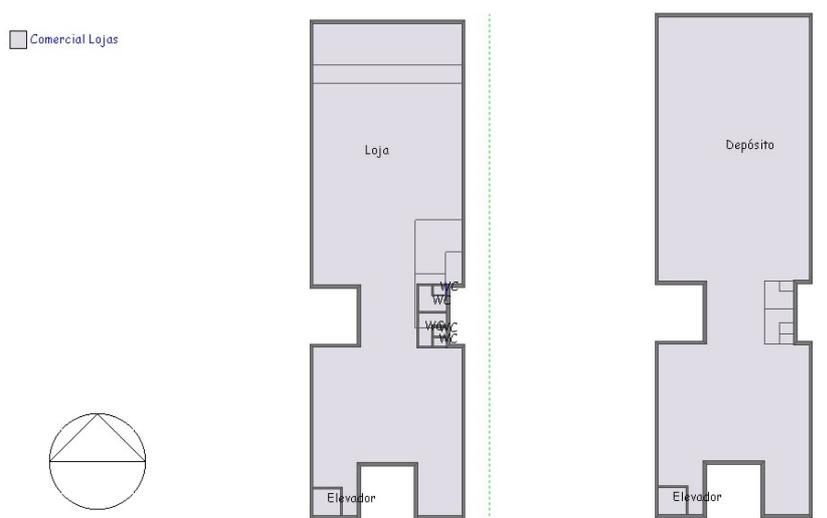


Figura 34 - Zonas térmicas terceiro e quarto pavimentos GLM - CT < 500 - PAFG – COBE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível B de eficiência energética (Tabela 49).

Tabela 49 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT < 500 - PAFG - COBE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	67.174	67.174	67.174	67.174	67.174	67.174
Iluminação	94.170	106.730	94.170	106.730	119.280	131.840
Aquecimento	1.329	1.260	496	1.100	1.100	1.390
Resfriamento	32.749	37.230	33.372	37.900	52.320	72.250
Total	195.422	212.394	195.212	212.904	239.874	272.654

Real = 212.394 < Nível A = 212.904 kWh/ano

Nível B

4.2.15 Simulação Grande Loja Esquina CT < 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%)

Cobertura Não Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de esquina, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura não exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 50, Figura 35 e nos apêndices O e FF.

Tabela 50 – Características GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE

Características GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	0,4
Parede Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	-
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,38							
AVS	0,23							
AHS	0,11							

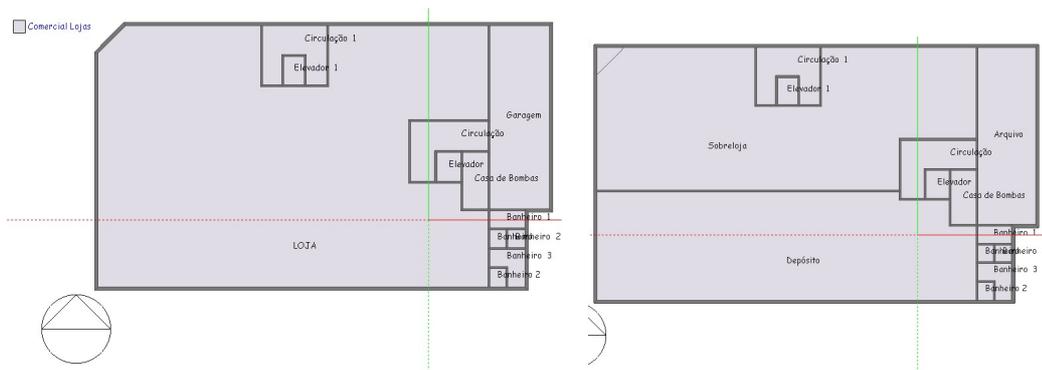


Figura 35 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível C de eficiência energética (Tabela 51) e o pavimento de loja e sobreloja apresentaram um consumo de 139.812 (kWh/ano (Tabela 52).

Tabela 51– Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	REAL Nível Pretendido C	A	B	C	D
Equipamentos	68.315	68.315	68.315	68.315	68.315	68.315	68.315
Iluminação	95.769	108.540	121.310	95.769	108.540	121.310	134.080
Aquecimento	1.124	1.060	1.010	514	980	960	1.210
Resfriamento	36.706	41.670	47.410	36.428	41.600	53.830	67.710
Total	202.030	219.590	238.050	201.026	219.435	244.415	271.315

Real = 238.050 < Nível A = 244.415 kWh/ano

Nível C

Tabela 52 – Consumo da loja e sobreloja GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE.

Consumo kWh/ano	Somente Loja
Equipamentos	41.483
Iluminação	73.662
AC Aquecimento	689
AC Resfriamento	23.978
Total	139.812

4.2.16 Simulação Grande Loja Meio de Quadra - CT < 500 kJ/(m².K) (PAF > 30%) Cobertura Não Exposta

A loja estudada é um exemplar de grande loja, localizada em lote de meio de quadra, com paredes com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K), com um percentual de aberturas nas fachadas principais maior que 30% e com a cobertura não exposta a radiação solar. As características do envelope podem ser visualizadas na Tabela 53, Figura 36 e nos apêndices P e GG.

Tabela 53 – Características GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE

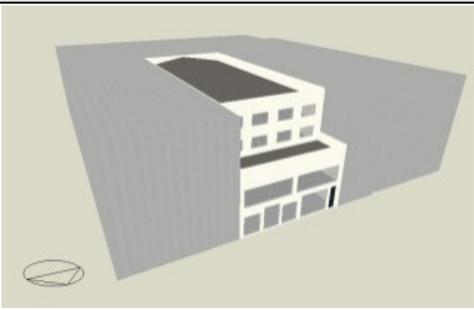
Características GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE								
PAREDES								
Características	e (cm)	e equiv. (cm)	ρ equiv. (kg/m ³)	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	Φ (horas)	FS	α
Parede Externa	0,25	0,204	1959	2,50	448,17	6,36	4,01	
Parede Interna	0,15	0,108	1017	3,25	270,05	3,69	5,20	
COBERTURA								
Características	U [W/(m ² .K)]				CT [kJ/(m ² .K)]			
Cobertura	2,05				235,12			
FACHADA								
PAF	0,51							
AVS	0							
AHS	0							



Figura 36 - Zonas térmicas térreo e segundo pavimentos GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE

Comparando os resultados obtidos pelo método de simulação, a envoltória apresentou Nível A de eficiência energética (Tabela 54) e o pavimento de loja e sobreloja apresentaram um consumo de 95.634 kWh/ano (Tabela 55).

Tabela 54 – Comparação do consumo da envoltória do edifício real com o consumo da envoltória dos edifícios de referência para GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.

Consumo kWh/ano	REAL Nível Pretendido A	REAL Nível Pretendido B	A	B	C	D
Equipamentos	52.711	52.711	52.711	52.711	52.711	52.711
Iluminação	73.894	83.747	73.894	83.747	93.599	103.450
Aquecimento	1.110	1.055	618	1.013	955	1.080
Resfriamento	24.825	28.290	24.694	28.910	39.240	53.550
Total	152.540	165.803	151.917	166.381	186.505	210.791

Real = 165.803 < Nível A = 166.381 kWh/ano

Nível B

Tabela 55 – Consumo da loja e sobreloja GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE.

Consumo kWh/ano	Somente Loja
Equipamentos	31.509
Iluminação	50.060
AC Aquecimento	971
AC Resfriamento	13.094
Total	95.634

4.3. Resultados das Simulações

4.3.1. Análise Geral

As edificações comerciais-lojas avaliadas no centro comercial da cidade de Pelotas apresentaram um consumo médio de 109,84 kWh/m².ano. As lojas que apresentaram um maior consumo unitário (kWh/m².ano) foram as lojas que apresentam cobertura exposta à radiação solar em conjunto com um percentual grande de aberturas nas fachadas principais (PAFG > 30%). Já as lojas com cobertura não exposta e PAFG apresentaram menores consumos de energia elétrica em kWh/m² ano. Dentre os resultados, as duas lojas que obtiveram os menores consumos kWh/m² ano são lojas localizadas em lotes de meio de quadra com cobertura não exposta ao meio exterior, com capacidade térmica das paredes menor que 500 kJ/(m².K) e PAFG. As duas lojas que apresentaram maior consumo possuem cobertura exposta à radiação solar e PAFG. Uma está localizada em um lote de esquina e possui capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K) e a segunda está em um lote de meio de quadra com CT > 500 kJ/(m².K), conforme Figura 37.

As lojas que possuem paredes com capacidade térmica maior que 500 kJ/(m².K)) apresentaram um menor consumo unitário de modo geral, associado a outras variáveis. Analisando de forma isolada as duas lojas com o menor consumo, apresentam paredes com CT < 500 kJ/(m².K), porém a loja que apresentou o maior consumo unitário também possui CT < 500 kJ/(m².K). Tal fato demonstra a necessidade de sempre analisar as variáveis em conjunto. Nota-se que a loja que apresentou o maior consumo unitário possui grande área de cobertura exposta ao meio exterior e esta localizada em um lote de esquina, fazendo com que o consumo para refrigerar a loja seja elevado.

Percebeu-se que nas lojas com fachadas com absorvância $\leq 0,40$, os níveis de eficiência foram melhores. Muitas das edificações com CT > 500 kJ/(m².K) são inventariadas, mas as coberturas originais foram substituídas ao longo do tempo por coberturas de fibrocimento, mantendo a volumetria do prédio. Das três lojas simuladas com cobertura de telha cerâmica, duas apresentaram nível de eficiência energética B e uma nível A.

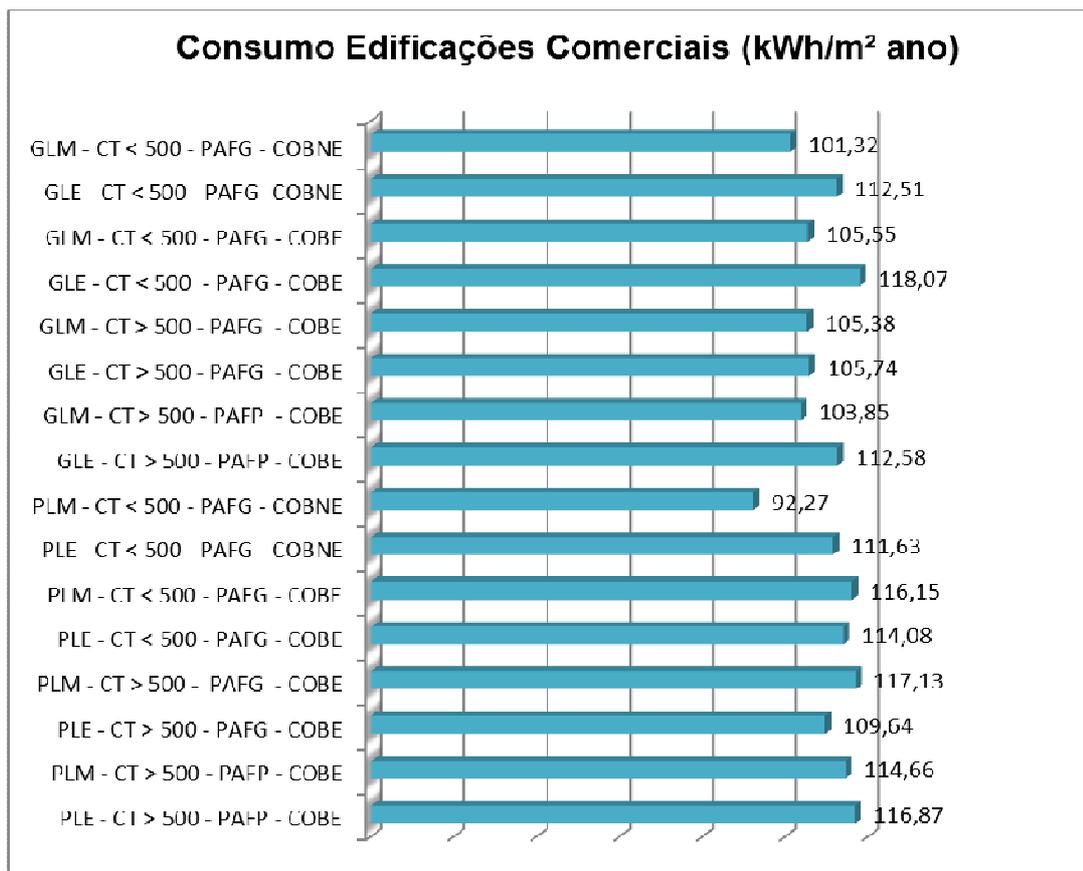


Figura 37 - Consumo em (kWh/m².ano) das edificações comerciais - lojas analisadas.

Os Níveis de eficiência energética encontrados após as simulações podem ser visualizados em conjunto, com o consumo e algumas das variáveis da envoltória das lojas (Tabela 58 e 59).

Observando os níveis de eficiência energética alcançados pelas lojas pequenas e grandes, verifica-se que as grandes lojas apresentaram níveis melhores. Das oito grandes lojas estudadas, uma delas apresentou nível de eficiência energética A, cinco lojas apresentaram nível B, uma loja com nível C e outra D, enquanto as pequenas lojas uma alcançou nível A, três lojas com nível B e quatro lojas com nível C.

Analisando as pequenas e grandes lojas, enquanto que, para as pequenas lojas, existe uma diferenciação entre melhores posicionamentos na quadra e composições da envoltória, para as grandes lojas a classificação das características que tornam as grandes lojas mais eficientes é mais visível. Para as pequenas lojas, quando estão posicionadas em um lote de esquina, a

melhor composição de paredes são aquelas que possuem capacidades térmicas menores, com percentual de aberturas na fachada principal grande e cobertura não exposta. Já quando as pequenas lojas estão posicionadas em lotes de meio de quadra a melhor composição de paredes são as com capacidade térmica maior, com PAFP e cobertura exposta. Sendo assim, para as pequenas lojas quando se tem o plano vertical da envolvente com uma transmitância térmica maior e com PAFG, deve-se ter uma cobertura mais isolada, já quando se tem o plano horizontal com uma transmitância térmica maior o plano vertical deve possuir uma transmitância térmica menor, associada a um percentual de aberturas também menor.

Para as grandes lojas, o posicionamento de meio de quadra, aliado a paredes com capacidades térmicas maiores e cobertura não exposta caracterizam as grandes lojas mais eficientes. Quanto ao percentual de aberturas na fachada principal, este vai variar de acordo com o posicionamento na quadra. Para grandes lojas de esquina, o PAFG caracteriza os melhores desempenhos, já para as grandes lojas de meio de quadra o PAFP seria o mais recomendado de acordo com os resultados obtidos nos estudos (Tabela 57).

Tabela 56 – Caracterização das lojas mais eficientes.

Tipo de Loja	Posicionamento na Quadra	Capacidade Térmica das Paredes	Percentual de Aberturas na Fachada Principal	Exposição da Cobertura à Radiação Solar
Pequenas Lojas Área < 500m²	Quando Upar maior: Esquina	Quando COBNE: CT < 500 kJ/(m ² .K)	Lojas de Esquina: PAFG	Cobertura Não Exposta
	Quando Upar menor: Meio de Quadra	Quando COBE: CT > 500 kJ/(m ² .K)	Lojas de Meio de Quadra: PAFP	Cobertura Exposta
Grandes Lojas Área > 500m²	Meio de Quadra	CT > 500 kJ/(m ² .K)	Lojas de Esquina: PAFG	Cobertura Não Exposta
			Lojas de Meio de Quadra: PAFP	

Tabela 57 – Apresentação dos consumos, níveis e características da envoltória das pequenas lojas simuladas.

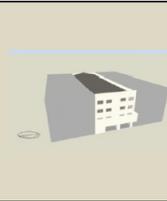
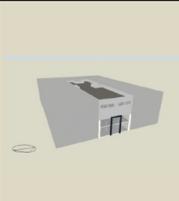
LOJA	IMAGEM	CARACTERÍSTICAS		CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² . ano	NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
PLE CT > 500 PAFP COBE		Upar [W/(m ² .K)]	1,65	11.910	116,87	C
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	837			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,40			
		α cob	0,80			
		PAF	0,27			
PLM CT > 500 PAFP COBE		Upar [W/(m ² .K)]	1,48	42.697	114,66	C
		Ucob [W/(m ² .K)]	1,98			
		CTpar kJ/(m ² .K)	981			
		CTcob kJ/(m ² .K)	253			
		α par	0,70			
		α cob	0,80			
		PAF	0,30			
PLE CT > 500 PAFG COBE		Upar [W/(m ² .K)]	2,17	8.848	109,64	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	548			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,70			
		α cob	0,80			
		PAF	0,32			
PLM CT > 500 PAFG COBE		Upar [W/(m ² .K)]	2,00	40.000	117,13	C
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	625			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,74			
		α cob	0,80			
		PAF	0,45			
PLE CT < 500 PAFG COBE		Upar [W/(m ² .K)]	3,52	19.985	114,08	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	1,82			
		CTpar kJ/(m ² .K)	440			
		CTcob kJ/(m ² .K)	169			
		α par	0,60			
		α cob	0,80			
		PAF	0,45			
PLM CT < 500 PAFG COBE		Upar	2,89	22.861	116,15	C
		Ucob	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	316			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,20			
		α cob	0,80			
		PAF	0,35			
PLE CT < 500 PAFG COBNE		Upar [W/(m ² .K)]	2,50	22.598	111,63	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	448			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,40			
		α cob	0,80			
		PAF	0,42			
PLM CT < 500 PAFG COBNE		Upar [W/(m ² .K)]	2,50	71.312	92,27	A
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	448			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,20			
		α cob	0,80			
		PAF	0,33			

Tabela 58 - Apresentação dos consumos, níveis e características da envoltória das grandes lojas simuladas.

LOJA	IMAGEM	CARACTERÍSTICAS		CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
GLE CT > 500 PAFP COBE		Upar [W/(m ² .K)]	1,32	56.983	112,58	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	1,98			
		CTpar kJ/(m ² .K)	1096			
		CTcob kJ/(m ² .K)	242			
		α par	0,40			
		α cob	0,75			
		PAF	0,29			
GLM CT > 500 PAFP COBE		Upar [W/(m ² .K)]	1,59	81.730	103,85	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	896			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,40			
		α cob	0,80			
		PAF	0,30			
GLE CT > 500 PAFG COBE		Upar [W/(m ² .K)]	1,95	98.923	105,74	A
		Ucob [W/(m ² .K)]	1,98			
		CTpar kJ/(m ² .K)	666			
		CTcob kJ/(m ² .K)	242			
		α par	0,20			
		α cob	0,75			
		PAF	0,35			
GLM CT > 500 PAFG COBE		Upar [W/(m ² .K)]	1,74	90.590	105,38	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	1,98			
		CTpar kJ/(m ² .K)	771			
		CTcob kJ/(m ² .K)	242			
		α par	0,40			
		α cob	0,75			
		PAF	0,81			
GLE CT < 500 PAFG COBE		Upar [W/(m ² .K)]	2,50	95.167	118,07	D
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	448			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,20			
		α cob	0,80			
		PAF	0,31			
GLM CT < 500 PAFG COBE		Upar [W/(m ² .K)]	2,50	212.394	105,55	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	448			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,50			
		α cob	0,80			
		PAF	0,56			
GLE CT < 500 PAFG COBNE		Upar [W/(m ² .K)]	2,50	139.812	112,51	C
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	448			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,40			
		α cob	0,80			
		PAF	0,38			
GLM CT < 500 PAFG COBNE		Upar [W/(m ² .K)]	2,50	95.694	101,32	B
		Ucob [W/(m ² .K)]	2,05			
		CTpar kJ/(m ² .K)	448			
		CTcob kJ/(m ² .K)	235			
		α par	0,20			
		α cob	0,80			
		PAF	0,51			

4.3.2 Análise das variáveis isoladamente

Para uma melhor compreensão de cada uma das variáveis envolvidas na análise de consumo unitário da envoltória, analisou-se em separado cada variável e comparou-se a suas variações.

4.3.2.1 Posicionamento na Quadra

A exposição de uma ou duas fachadas ao meio exterior pode interferir no consumo de uma edificação. Expor duas fachadas pode significar um maior ganho de calor por receber mais radiação solar, mas também significa uma maior área de trocas térmicas, podendo facilitar a dissipação do calor gerado internamente.

De modo geral, as lojas posicionadas em lotes de meio de quadra apresentaram melhores desempenhos. Nas pequenas lojas que apresentam uma transmitância térmica de paredes maior, o posicionamento na esquina gera consumos unitários menores que quando estas estão posicionadas em lotes de meio de quadra. As grandes lojas apresentaram consumos menores sempre que posicionadas em lotes de meio de quadra (Figura 38).

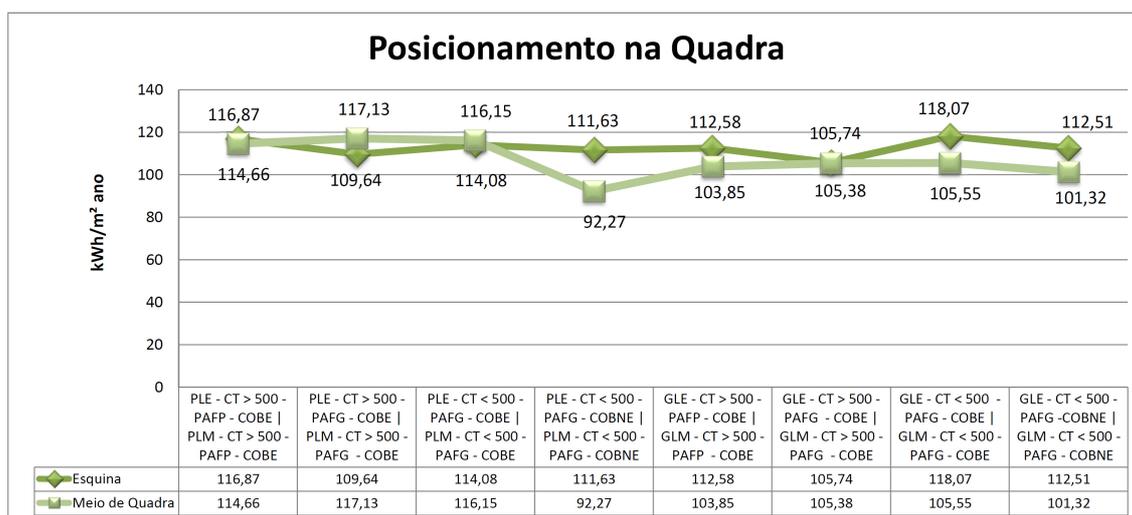


Figura 38 – Gráfico comparação quanto ao posicionamento na quadra.

4.3.2.2 Capacidade Térmica das Paredes

São encontradas no centro comercial de Pelotas muitas edificações antigas adaptadas à função comercial-lojas, em função de o recorte estudado estar situado dentro dos limites do primeiro e segundo loteamentos. Tais edificações têm como característica paredes espessas com capacidades térmicas altas. Existem também exemplares de edificações construídas nas últimas décadas, utilizando para o fechamento vertical paredes com espessuras na faixa de 25cm.

Sendo assim, no estudo, tal variável foi dividida em dois grupos: Capacidade térmica menor que $500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ para lojas que possuem paredes com espessura de até 25cm e capacidade térmica maior que $500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, paredes acima de 30 cm de espessura, encontradas em edificações antigas.

Analisando a variável de forma isolada percebe-se que na maioria dos casos as lojas que possuem capacidade térmica maior que $500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ o consumo foi menor que o consumo das lojas com paredes mais finas. Nas pequenas lojas, os resultados ficaram mais equilibrados, pois paredes com capacidade térmica menor apresentaram, na metade dos casos, consumos unitários menores, incluindo a loja que obteve o melhor desempenho. Já nas grandes lojas, paredes com capacidade térmica maior que $500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ obtiveram melhores resultados (Figura 39).

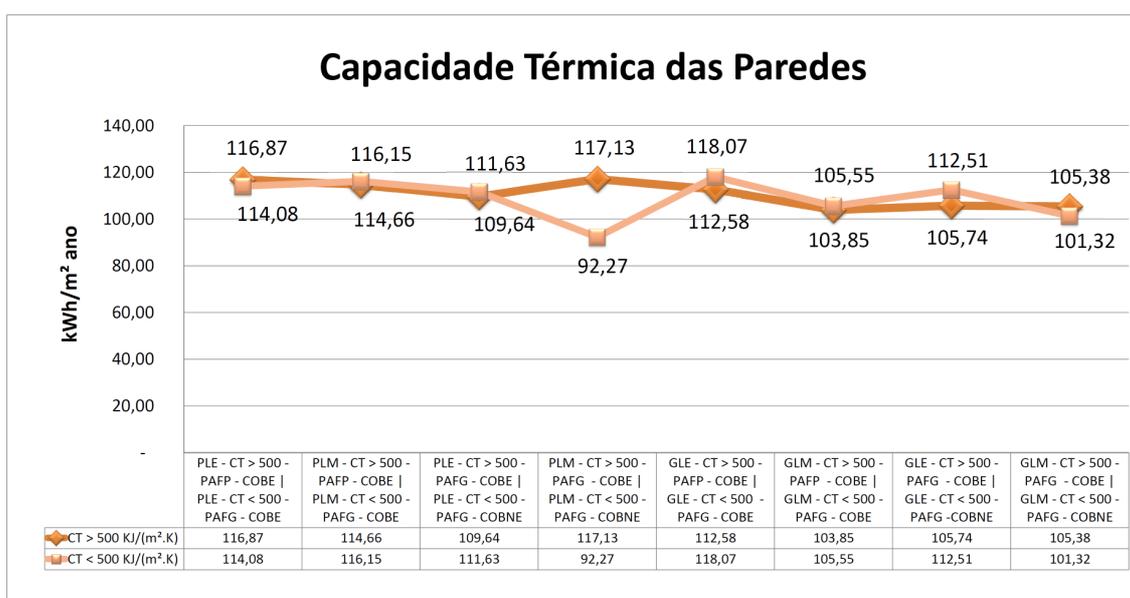


Figura 39 – Gráfico comparação quanto as capacidades térmicas das paredes.

As paredes com capacidades térmicas superiores a 500 kJ/(m².K) apresentaram atrasos térmicos altos, variando de 7,98 horas até 16,35 horas. Essa característica poderia dificultar o resfriamento das lojas a noite, porém percebe-se que as lojas que possuem paredes mais espessas e por consequência atrasos térmicos maiores apresentam bons desempenhos. O calor nessas edificações leva tantas horas para chegar ao interior destas lojas que à noite quando a temperatura externa tende a cair alguns graus, este calor começa o caminho reverso e muitas vezes nem mesmo chega ao interior destas lojas. Nos casos em que este calor consegue chegar ao interior das lojas, como estas estão desocupadas e sem funcionamento dos sistemas de ar condicionado, este calor acaba por não gerar custos significativos com refrigeração no período da noite e início da manhã (Figura 40).

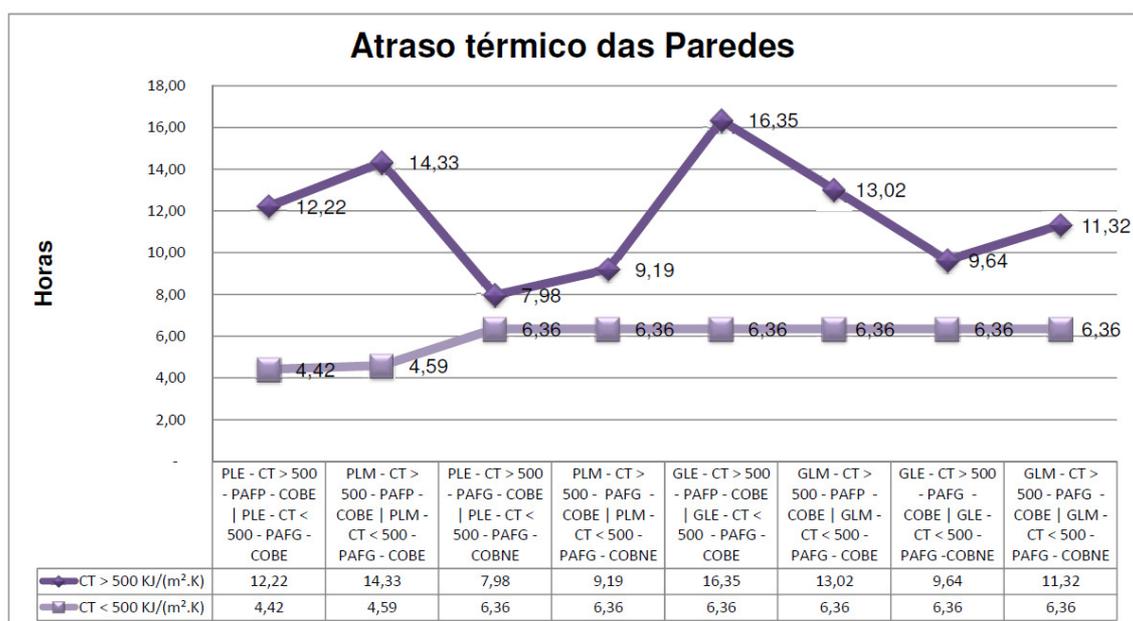


Figura 40 - Gráfico comparação quanto ao atraso térmico das paredes

4.3.2.3 Exposição da Cobertura

No trabalho se comparou dois tipos de exposição da cobertura somente para as lojas com capacidade térmica de paredes menor que 500 kJ/(m².K), em função de que as lojas com capacidade térmica maior em sua grande maioria apresentam entre um e dois pavimentos. Isso ocorre por se

tratar de edificações construídas por volta das primeiras décadas do Séc. XX e possuindo desta forma cobertura exposta.

A exposição da cobertura à radiação solar neste trabalho é tratada de duas formas: lojas que possuem cobertura exposta ao meio externo e lojas que estão localizadas no pavimento térreo e sobreloja de edifícios com mais pavimentos. A área de cobertura, quando exposta ao meio externo, ganha calor em função de possuir o plano horizontal exposto à radiação solar, porém também propicia que parte do calor interno da edificação seja dissipado por ele. Ter ou não esta área de contato com o meio externo pode ou não ser vantajoso na hora de avaliar o consumo com refrigeração e aquecimento de uma loja.

Nos estudos, pode-se observar que ter uma loja localizada no pavimento térreo e sobreloja apresenta-se como a melhor solução tanto para pequenas como para as grandes lojas. Isto ocorre quando as lojas possuem $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$. Já quando as lojas possuem capacidades térmicas maiores, a exposição da cobertura à radiação solar aumenta o consumo, porém o problema agrava-se nos casos onde se tem uma capacidade térmica de paredes menor com cobertura exposta. Em outras palavras, quando se tem paredes mais pesadas, a cobertura exposta não gera consumos unitários tão elevados, já quando as paredes possuem transmitâncias térmicas maiores a não exposição da cobertura torna-se fundamental para redução de consumo (Figura 41).

Dentre as lojas com cobertura exposta à radiação solar, percebe-se que as lojas que possuem um fator altura maior apresentaram consumos unitários menores em relação às lojas também com COBE que possuem um pavimento ou dois pavimentos interligados por mezaninos.

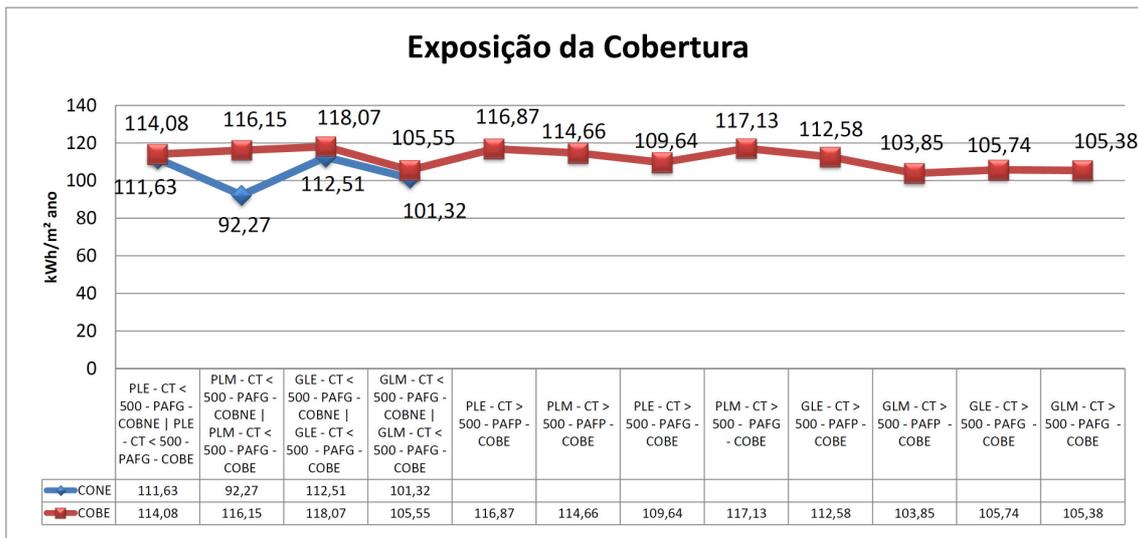


Figura 41 – Gráfico comparação entre coberturas expostas e não expostas à radiação solar.

4.3.2.4 Percentual de Aberturas na Fachada Principal

A comparação entre percentuais pequenos e grandes de aberturas na fachada principal foi realizada somente entre as lojas com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, em função de tais lojas possuírem em sua construção original PAFs menores e ao longo do tempo terem sofrido alterações fazendo com que os PAFs fossem alterados nesse processo. A análise destes dois tipos de configuração de PAF nos ajuda a entender como o percentual de fechamento transparente influencia no consumo de energia elétrica.

Nota-se que as lojas que possuem um percentual de aberturas na fachada principal pequeno, associadas a lotes de meio de quadra apresentam um consumo unitário menor. Ter um PAFP quando a área de exposição de fachada ao meio externo é pequena apresenta-se como a melhor opção, já quando existe uma maior área exposta ao meio exterior o PAFG não acarreta em maiores consumos (Figura 42).

Nas lojas com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ todos os PAF estudados são grandes, em função de que uma tipologia comercial normalmente busca áreas de vitrines e vãos de acesso ao público maiores. As lojas construídas nas últimas décadas do Séc. XX e primeira do Séc. XXI, para este fim, possuem PAFs acima de 30% da fachada principal. Nessas lojas com capacidade térmica

menor observou-se que o PAFG associado à coberturas expostas gerou consumos unitários maiores de forma geral.

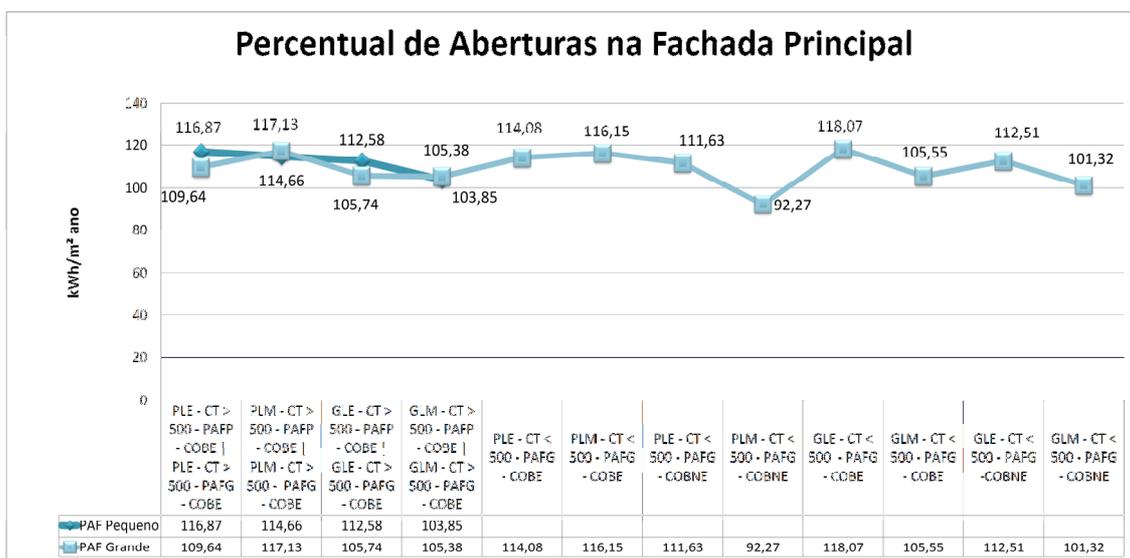


Figura 42 – Gráfico comparação de percentuais de aberturas nas fachadas principais.

4.3.2.5 Comparação das variáveis em conjunto

Analisando o gráfico onde todas as variáveis são apresentadas em conjunto, os picos de consumo que se pode observar são das edificações que possuem cobertura exposta à radiação solar, posicionadas em lotes de esquina, com capacidade térmica menor que 500 kJ/(m².K) e com percentuais de abertura pequenos (Figura 43).

De modo geral, dentre as edificações, as lojas posicionadas em lotes de meio de quadra apresentaram melhores níveis de eficiência energética, mas isso não significou os menores consumos destas edificações em todos os casos. Em dois casos o consumo unitário (kWh/m². ano) foi maior em lojas de lote de meio de quadra. Já o percentual grande de aberturas na fachada principal, na maioria dos casos apresentou um melhor desempenho de eficiência energética (Tabela 60). Quanto à comparação entre a cobertura estar exposta ou não a radiação solar, os resultados apresentados demonstraram que a cobertura estar exposta a radiação solar faz com que o consumo por metro quadrado se eleve (Tabela 61).

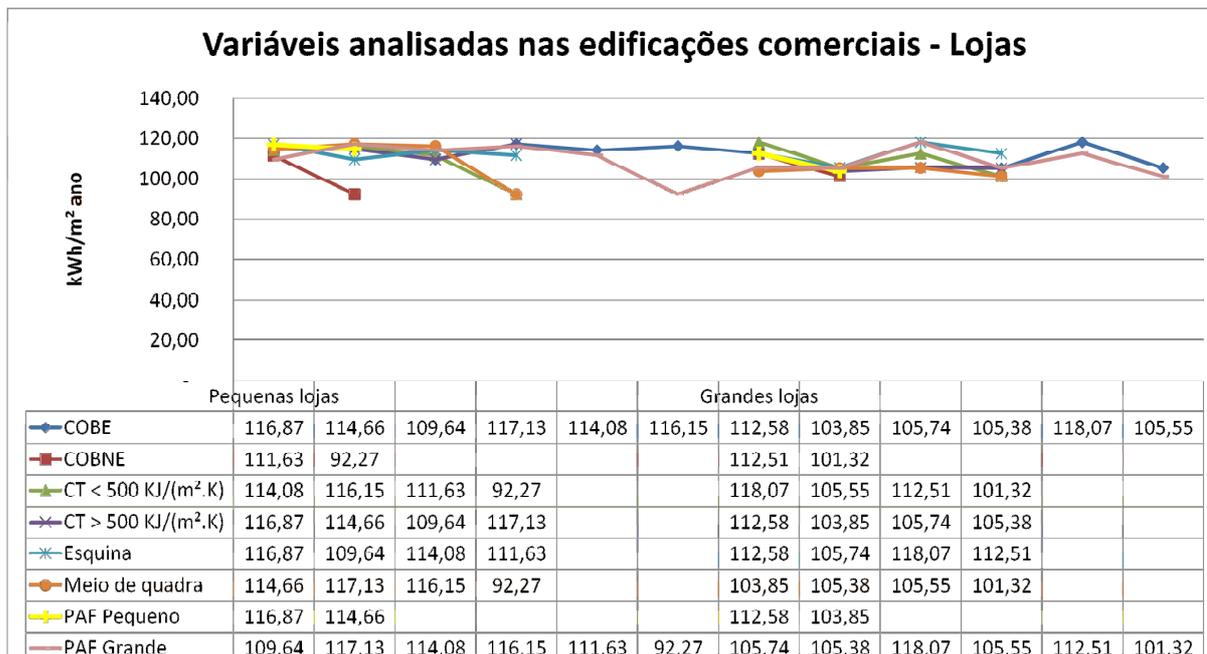


Figura 43 – Variáveis analisadas nas edificações comerciais – lojas.

Tabela 59 – Comparação entre as pequenas lojas.

PEQUENAS LOJAS CT > 500 kJ/(m².K)	PERCENTUAL DE ABERTURAS NA FACHADA PRINCIPAL PEQUENO				PERCENTUAL DE ABERTURAS NA FACHADA PRINCIPAL GRANDE			
	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano	NÍVEL DE EE
ESQUINA	PLE CT > 500 PAFP - COBE	11.910,00	116,87	C	PLE CT > 500 PAFG - COBE	8.848,00	109,64	B
	MEIO DE QUADRA	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano
MEIO DE QUADRA	PLM CT > 500 PAFP - COBE	42.697,00	114,66	C	PLM CT > 500 PAFG - COBE	40.000,00	117,13	C
	PEQUENAS LOJAS CT < 500 kJ/(m².K)	COBERTURA EXPOSTA PAF GRANDE				COBERTURA NÃO EXPOSTA PAF GRANDE		
LOJA		CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano	NÍVEL DE EE
ESQUINA	PLE CT < 500 PAF G - COBE	19.985,00	114,08	B	PLE CT < 500 PAF G - COBNE	22.598,00	111,63	B
	MEIO DE QUADRA	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m² ano
MEIO DE QUADRA	PLM CT < 500 PAF G - COBE	22.861,00	116,15	C	PLM CT < 500 PAF G - COBNE	71.312,00	92,27	A

Tabela 60 – Comparação entre as grandes lojas.

GRANDES LOJAS CT > 500 kJ/(m ² .K)	PERCENTUAL DE ABERTURAS NA FACHADA PRINCIPAL PEQUENO				PERCENTUAL DE ABERTURAS NA FACHADA PRINCIPAL GRANDE			
	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE
ESQUINA	GLE CT > 500 PAFP - COBE	56.983,00	112,58	B	GLE CT > 500 PAFG - COBE	60.909,00	105,74	A
	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE
MEIO DE QUADRA	GLM CT > 500 PAFP - COBE	81.730,00	103,85	B	GLM CT > 500 PAFG - COBE	90.590,00	105,38	B
	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE

GRANDES LOJAS CT < 500 kJ/(m ² .K)	COBERTURA EXPOSTA PAF GRANDE				COBERTURA NÃO EXPOSTA PAF GRANDE			
	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE
ESQUINA	GLE CT < 500 PAF G - COBE -	95.167,00	118,07	D	GLE CT < 500 PAF G - COBNE	139.812,00	112,51	C
	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE
MEIO DE QUADRA	GLM CT < 500 PAF G - COBE	212.394,00	105,55	B	GLM CT < 500 PAF G - COBNE	95.694,00	101,32	B
	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE	LOJA	CONSUMO kWh/ano	CONSUMO kWh/m ² ano	NÍVEL DE EE

4.4. Resultados Simulações Medidas de Conservação de Energia

Foram simuladas três medidas de conservação de energia para cada loja, sendo elas:

- Isolamento da cobertura realizado com uma manta de lã de vidro ensacada, espessura de 0,02m, densidade de 10 (kg/m³), condutibilidade térmica de 0,035 (W/(m.K)) e calor específico de 0,70 (kJ/(kg.K)), dados fornecidos pelo fabricante;

- Pintura da cobertura na cor branca $\alpha = 0,20$, realizada com tinta acrílica emborrachada para coberturas;

- Isolamento térmico da cobertura com a manta de lã de vidro somada a pintura da cobertura, ambas com características já citadas acima.

A redução de consumo de energia elétrica para condicionamento artificial gerada por cada uma das MCE empregadas pode ser visualizada na Tabela 62.

A MCE que originou maior redução no consumo de energia elétrica, para fins de condicionamento de ar dos ambientes, foi a alteração de absorvância solar da cobertura por meio de pintura da mesma e, em segundo, a utilização de isolamento da cobertura com manta de lã de vidro ensacada associada à alteração de absorvância solar. A pintura da cobertura, transformando a absorvância das coberturas, de telha cerâmica de 0,75 e das coberturas de fibrocimento de 0,80, em 0,20, fez com que se reduzisse em média 4.706,00 kWh/ano, sendo a melhor MCE a ser empregada. O emprego do isolamento nestas edificações alterou a transmitância térmica das coberturas em média em 1,08 [W/(m².K)] gerando assim uma redução média de 2.096,20 kWh/ano. Somando-se as duas medidas obteve-se uma redução média de 4.209,67 kWh/ano, a associação das duas medidas gerou maiores economias de energia em 6 casos. Em percentuais conseguiu-se reduzir em média 30,71% do consumo de energia alterando-se a absorvância solar da cobertura, 15,31% isolando-se a cobertura e 29,04% utilizando as duas medidas anteriores em conjunto, conforme Tabela 63.

O maior consumo com condicionamento artificial é empregado para refrigerar as edificações estudadas. A pintura da cobertura aumentou a reflexão da radiação solar, diminuindo os ganhos térmicos por meio da cobertura, porém por não estar isolada permite que o calor interno se dissipe para o meio externo. Já quando se isolou a cobertura o calor interno produzido pela alta DCI ficou retido no interior em função da menor transmitância térmica da cobertura, não reduzindo tão significativamente o consumo destas lojas. Quando se utilizou as duas medidas em conjunto obtiveram-se resultados de diminuição de consumo próximos aos valores obtidos somente com a alteração de absorvância e em 37,5% dos casos melhores resultados, mas em função de outros condicionantes, como custo para empregar a medida, não se justifica utilizar uma MCE com valor de implementação maior obtendo-se economias semelhantes.

Tabela 61 – Resultados da influência das MCEs no consumo para aquecimento e refrigeração nas lojas estudadas.

IMAGEM	LOJA	AC	Real kWh/ano	Pintura kWh/ano	Isolamento kWh/ano	Isolamento + Pintura kWh/ano	ΔE Pintura (kWh/ano) / % Economia	ΔE Isolamento (kWh/ano) / % Economia	ΔE Isolamento + Pintura (kWh/ano) / % Economia
	PLE-CT > 500 PAFP - COBE	Aquec.	185,67	369,94	104,03	167,17	1.234,43	686,62	1.239,31
		Refrig.	2.438,89	1.020,19	1.833,91	1.218,08			
		Total	2.624,56	1.390,13	1.937,94	1.385,25			
	PLM-CT > 500 PAFP - COBE	Aquec.	417,00	724,79	320,94	443,71	3.169,81	1.980,83	3.278,38
		Refrig.	6.628,00	3.150,40	4.743,23	3.322,91			
		Total	7.045,00	3.875,19	5.064,17	3.766,62			
	PLE-CT > 500 PAFG - COBE	Aquec.	390,87	599,25	327,66	412,52	608,93	448,02	710,32
		Refrig.	1.483,39	666,08	1.098,58	751,42			
		Total	1.874,26	1.265,33	1.426,24	1.163,94			
	PLM-CT > 500 PAFG - COBE	Aquec.	192,32	406,20	73,09	137,66	2.880,36	1.109,26	2.484,96
		Refrig.	8.162,97	5.068,73	7.172,94	5.732,67			
		Total	8.355,29	5.474,93	7.246,03	5.870,33			
	PLE-CT < 500 PAFG - COBE	Aquec.	105,83	149,95	28,15	40,63	590,27	96,65	381,41
		Refrig.	4.740,34	4.105,95	4.721,37	4.424,13			
		Total	4.846,17	4.255,90	4.749,52	4.464,76			
	PLM-CT < 500 PAFG - COBE	Aquec.	478,05	805,77	374,16	525,27	606,95	418,27	829,71
		Refrig.	4.199,99	3.265,32	3.885,61	3.323,06			
		Total	4.678,04	4.071,09	4.259,77	3.848,33			
	PLE-CT < 500 PAFG - COBNE	Aquec.	1.269,00	1.528,27	1.093,12	1.188,29	2.191,55	716,07	1.716,55
		Refrig.	23.740,17	21.289,35	23.199,98	22.104,33			
		Total	25.009,17	22.817,62	24.293,10	23.292,62			
	PLM-CT < 500 PAFG - COBNE	Aquec.	1.685,00	3.733,93	889,01	1.631,04	11.939,16	6.024,00	11.988,58
		Refrig.	24.433,00	10.444,91	19.204,99	12.498,38			
		Total	26.118,00	14.178,84	20.094,00	14.129,42			
	GLE-CT > 500 PAFP - COBE	Aquec.	1.480,71	1.904,32	1.265,90	1.431,04	2.763,49	1.460,73	2.700,78
		Refrig.	11.769,10	8.582,00	10.523,18	9.117,99			
		Total	13.249,81	10.486,32	11.789,08	10.549,03			
	GLM-CT > 500 PAFP - COBE	Aquec.	719,00	1.423,02	477,60	726,58	5.178,05	2.581,73	4.975,33
		Refrig.	13.009,00	7.126,93	10.668,67	8.026,09			
		Total	13.728,00	8.549,95	11.146,27	8.752,67			
	GLE-CT > 500 PAFG - COBE	Aquec.	948,91	1.460,62	366,33	499,09	4.218,53	610,24	859,61
		Refrig.	18.610,56	13.880,32	18.582,90	18.200,77			
		Total	19.559,47	15.340,94	18.949,23	18.699,86			
	GLM-CT > 500 PAFG - COBE	Aquec.	197,32	413,22	111,99	170,91	8.745,97	4.174,25	8.045,07
		Refrig.	16.100,05	7.138,18	12.011,13	8.081,39			
		Total	16.297,37	7.551,40	12.123,12	8.252,30			
	GLE-CT < 500 PAFG - COBE	Aquec.	1.232,62	3.293,88	709,23	1.495,39	9.474,95	5.842,70	10.265,73
		Refrig.	14.220,19	2.683,98	8.900,88	3.691,69			
		Total	15.452,81	5.977,86	9.610,11	5.187,08			
	GLM-CT < 500 PAFG - COBE	Aquec.	1.260,00	1.940,00	940,00	1.160,00	7.070,00	2.600,00	6.060,00
		Refrig.	37.230,00	29.480,00	34.950,00	31.270,00			
		Total	38.490,00	31.420,00	35.890,00	32.430,00			
	GLE-CT < 500 PAFG - COBNE	Aquec.	1.010,00	1.670,00	460,00	660,00	7.910,00	2.140,00	5.970,00
		Refrig.	47.410,00	38.840,00	45.820,00	41.790,00			
		Total	48.420,00	40.510,00	46.280,00	42.450,00			
	GLM-CT < 500 PAFG - COBNE	Aquec.	1.055,45	1.790,93	643,56	897,52	6.713,51	2.649,80	5.848,90
		Refrig.	28.289,66	20.840,67	26.051,75	22.598,69			
		Total	29.345,11	22.631,60	26.695,31	23.496,21			

Com relação a melhora de nível de eficiência energética após a implementação das MCE, somente em três casos as MCE fizeram com que se elevassem os níveis, no restante dos casos as lojas permaneceram nos mesmos níveis. As reduções de consumo apesar de serem significativas não foram suficientes para alterá-los. As MCE empregadas alteraram somente a cobertura da envolvente das lojas, e parte significativa do consumo de energia elétrica é destinada a equipamentos e sistema de iluminação, fazendo com que o valor global de consumo das lojas não diminuísse o suficiente para alterar níveis, conforme Tabela 63.

Tabela 62 – Compilação dos resultados das simulações realizadas com aplicação das MCEs.

LOJA	CONSUMO/ NÍVEL	REAL	Pintura	Isolamento	Isolamento + Pintura	A	B	C	D
PLE-CT > 500	(kWh/ano)	11.910	10.675	11.223	10.670	9.445	10.643	12.703	15.178
PAFP - COBE	Nível	C	C	C	C				
PLM-CT > 500	(kWh/ano)	42.697	37.806	38.995	37.698	35.012	39.069	44.655	52.947
PAFP - COBE	Nível	C	B	B	B				
PLE-CT > 500	(kWh/ano)	8.848	8.239	8.400	8.137	7.682	9.144	11.184	14.057
PAFG - COBE	Nível	B	B	B	B				
PLM-CT > 500	(kWh/ano)	40.000	37.120	38.891	37.515	32.925	36.577	41.839	48.356
PAFG - COBE	Nível	C	C	C	C				
PLE-CT < 500	(kWh/ano)	19.985	19.395	19.888	19.603	17.155	20.492	23.795	28.573
PAFG - COBE	Nível	B	B	B	B				
PLM-CT < 500	(kWh/ano)	22.861	22.255	22.443	22.032	18.544	20.574	23.809	28.608
PAFG - COBE	Nível	C	C	C	C				
PLE-CT < 500	(kWh/ano)	110.925	108.733	110.209	109.208	99.572	111.557	128.630	149.372
PAFG - COBNE	Nível	B	B	B	B				
PLM-CT < 500	(kWh/ano)	150.057	138.117	144.033	138.068	152.002	167.711	187.699	212.961
PAFG - COBNE	Nível	A	A	A	A				
PLE-CT < 500	(kWh/ano)	56.983	54.219	55.522	54.282	51.197	57.167	66.523	76.985
PAFG - COBNE	Nível	B	B	B	B				
GLM-CT > 500	(kWh/ano)	81.730	76.557	79.154	76.760	74.167	82.412	93.783	109.204
PAFP - COBE	Nível	B	B	B	B				
GLE-CT > 500	(kWh/ano)	98.923	94.705	98.314	98.064	99.174	110.333	128.338	145.665
PAFG - COBE	Nível	A	A	A	A				
GLM-CT > 500	(kWh/ano)	90.590	81.844	86.416	82.545	83.352	91.590	103.252	118.186
PAFG - COBE	Nível	B	A	B	A				
GLE-CT < 500	(kWh/ano)	95.167	85.691	89.324	84.901	72.980	79.996	88.254	99.165
PAFG - COBE	Nível	D	C	D	C				
GLM-CT < 500	(kWh/ano)	212.394	205.324	209.794	206.334	195.212	212.904	239.874	272.654
PAFG - COBE	Nível	B	B	B	B				
GLE-CT < 500	(kWh/ano)	238.050	204.594	210.364	206.534	201.026	219.435	244.415	271.315
PAFG - COBNE	Nível	C	B	B	B				
GLM-CT < 500	(kWh/ano)	165.803	159.089	163.153	159.954	151.917	166.381	186.505	210.791
PAFG - COBNE	Nível	B	B	B	B				

4.5. Viabilidade Econômica das Medidas de Conservação de Energia

Para verificar a viabilidade econômica das medidas de conservação de energia implementadas foi necessário verificar os preços de cada uma das MCE propostas, vida útil das MCE e valor do kWh pago a concessionária de energia. Os valores de materiais empregados e mão-de-obra necessária para aplicação dos produtos foram retirados do programa Planilha Eletrônica de Orçamento (PLEO), onde os valores de mão-de-obra, materiais e insumos são atualizados com dados referentes ao mês anterior. Os valores utilizados neste trabalho são referentes ao mês de setembro de 2013 (Tabela 64). O valor do kWh utilizado para o setor comercial fornecido pela CEEE, com impostos, é de R\$ 0,4767.

Tabela 63 – Valores e vida útil das MCEs implementadas.

MCE	Custo de material e aplicação por m²	Vida útil
Tinta acrílica emborrachada para coberturas	R\$ 13,09	5 anos
Isolamento em manta de lã de vidro ensacada	R\$ 17,23	10 anos

A pintura das coberturas mostrou-se a solução mais vantajosa na maioria dos casos. Fazendo uma análise do CEC/custo do kWh, o custo da energia conservada com a pintura da cobertura das edificações ficou abaixo de 1 (um) em 14 das 16 lojas analisadas, o que demonstra ser viável economicamente. O custo da energia conservada mostrou-se bastante atrativo, chegando a ter o valor R\$0,13, enquanto o valor do kWh fornecido pela concessionária é de R\$0,4767, conforme Tabela 65.

Tabela 64 – CEC obtido com a pintura da cobertura.

PINTURA DA COBERTURA							
LOJA	TCC	ΔE	n	d	CEC	Valor do kWh	CEC/Custo kWh
PLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 1.776,84	1.234,43	5	0,07	0,35	0,4767	0,74
PLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 5.113,61	3.169,81	5	0,07	0,39	0,4767	0,83
PLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.176,79	608,93	5	0,07	0,47	0,4767	0,99
PLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.767,74	2.880,36	5	0,07	0,24	0,4767	0,49
PLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.583,89	590,27	5	0,07	0,66	0,4767	1,38
PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.557,57	606,95	5	0,07	0,63	0,4767	1,32
PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 3.512,96	2.191,55	5	0,07	0,39	0,4767	0,82
PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 6.456,90	11.939,16	5	0,07	0,13	0,4767	0,28
GLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 4.025,30	2.763,49	5	0,07	0,36	0,4767	0,75
GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 6.302,84	5.178,05	5	0,07	0,30	0,4767	0,62
GLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 6.486,22	4.218,53	5	0,07	0,38	0,4767	0,79
GLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 7.046,87	8.745,97	5	0,07	0,20	0,4767	0,41
GLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 13.415,68	9.474,95	5	0,07	0,35	0,4767	0,73
GLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 8.096,81	7.070,00	5	0,07	0,28	0,4767	0,59
GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 9.558,32	7.910,00	5	0,07	0,30	0,4767	0,62
GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 7.987,64	6.713,51	5	0,07	0,29	0,4767	0,61

O isolamento das coberturas demonstrou ser uma medida de conservação de energia pouco viável, com exceção de 5 lojas em que o valor do kWh ficou abaixo do fornecido pela concessionária. De modo geral, tal medida fez com que o calor gerado no interior das lojas ficasse retido, elevando o consumo de energia para refrigerar os ambientes. Na maioria dos casos a análise do CEC/custo do kWh da medida apresentou valores maiores que 1, comprovando a inviabilidade da proposta (Tabela 66).

Tabela 65 – CEC obtido com o isolamento da cobertura.

ISOLAMENTO DA COBERTURA COM MANTA DE LÃ DE VIDRO							
LOJA	TCC	ΔE	n	d	CEC	Valor do kWh	CEC/Custo kWh
PLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 2.338,80	686,62	10	0,07	0,49	0,4767	1,02
PLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 6.730,89	1.980,83	10	0,07	0,49	0,4767	1,02
PLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.548,98	448,02	10	0,07	0,49	0,4767	1,04
PLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 3.643,11	1.109,26	10	0,07	0,47	0,4767	0,99
PLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.084,83	96,65	10	0,07	3,09	0,4767	6,48
PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.050,19	418,27	10	0,07	0,70	0,4767	1,47
PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 4.624,02	716,07	10	0,07	0,92	0,4767	1,94
PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 8.499,04	6.024,00	10	0,07	0,20	0,4767	0,42
GLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 5.298,31	1.460,73	10	0,07	0,52	0,4767	1,09
GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 8.296,25	2.581,73	10	0,07	0,46	0,4767	0,96
GLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 8.537,64	610,24	10	0,07	2,00	0,4767	4,20
GLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 9.275,59	4.174,25	10	0,07	0,32	0,4767	0,67
GLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 17.658,69	5.842,70	10	0,07	0,43	0,4767	0,91
GLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 10.657,65	2.600,00	10	0,07	0,59	0,4767	1,23
GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 12.582,55	2.140,00	10	0,07	0,84	0,4767	1,77
GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 10.513,92	2.649,80	10	0,07	0,57	0,4767	1,19

A proposta que combina pintura e isolamento da cobertura possui valores mais altos de implementação, porém os resultados na redução de consumo de energia não podem ser vistos da mesma forma. Eles não são simplesmente somados e sim avaliados em conjunto e, assim, gerando uma economia em kWh/ano de 29,04%, em média, no consumo das lojas. Em sete das dezesseis lojas, o CEC/custo do kWh apresentou valores menores que 1, ou seja, o valor do kWh ficou abaixo do valor do kWh fornecido pela concessionário de energia. A medida mostrou-se viável economicamente na maioria dos casos em grandes lojas (Tabela 67).

Tabela 66 – CEC obtido com a pintura e o isolamento da cobertura.

ISOLAMENTO E PINTURA DA COBERTURA							
LOJA	TCC	ΔE	n	d	CEC	Valor do kWh	CEC/Custo kWh
PLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 4.115,64	1.239,31	10	0,07	0,48	0,4767	1,00
PLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 11.844,49	3.278,38	10	0,07	0,52	0,4767	1,08
PLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.725,77	710,32	10	0,07	0,55	0,4767	1,15
PLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 6.410,85	2.484,96	10	0,07	0,37	0,4767	0,77
PLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 3.668,72	381,41	10	0,07	1,38	0,4767	2,89
PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 3.607,77	829,71	10	0,07	0,62	0,4767	1,31
PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 8.136,98	1.716,55	10	0,07	0,68	0,4767	1,42
PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 14.955,94	11.988,80	10	0,07	0,18	0,4767	0,37
GLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 9.323,61	2.700,78	10	0,07	0,49	0,4767	1,04
GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 14.599,09	4.975,33	10	0,07	0,42	0,4767	0,88
GLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 15.023,86	859,61	10	0,07	2,50	0,4767	5,25
GLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 16.322,46	8.045,07	10	0,07	0,29	0,4767	0,61
GLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 31.074,37	10.265,73	10	0,07	0,43	0,4767	0,91
GLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 18.754,46	6.060,00	10	0,07	0,44	0,4767	0,93
GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 22.140,87	5.970,00	10	0,07	0,53	0,4767	1,11
GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 18.501,56	5.848,90	10	0,07	0,45	0,4767	0,95

Com relação ao tempo de retorno do investimento, a pintura da cobertura apresentou tempos de retorno longos. Em sete casos foram tempos de retorno em torno de dois anos, em outros seis casos na faixa de três anos e em três casos de quatro a cinco anos. Levando em conta a vida útil da pintura da cobertura ser de cinco anos, as lojas que apresentaram tempos de retorno inferiores a cinco anos podem ser consideradas vantajosas, o que ocorreu em quatorze casos. Já dois casos superaram cinco anos, demonstrando não serem viáveis, pois possuem um pay-back maior que a vida útil da medida (Tabela 68).

Tabela 67 – Pay-back obtido com a pintura da cobertura.

MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA			
LOJA	PINTURA COBERTURA		
	INVESTIMENTO	ECONÔMIA GERADA	PAY-BACK
PLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 1.776,84	R\$ 588,45	3,02
PLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 5.113,61	R\$ 1.511,05	3,38
PLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.176,79	R\$ 290,28	4,05
PLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.767,74	R\$ 1.373,07	2,02
PLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.583,89	R\$ 281,38	5,63
PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.557,57	R\$ 289,33	5,38
PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 3.512,96	R\$ 1.044,71	3,36
PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 6.456,90	R\$ 5.691,40	1,13
GLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 4.025,30	R\$ 1.317,36	3,06
GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 6.302,84	R\$ 2.468,38	2,55
GLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 6.486,22	R\$ 2.010,97	3,23
GLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 7.046,87	R\$ 4.169,20	1,69
GLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 13.415,68	R\$ 4.516,71	2,97
GLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 8.096,81	R\$ 3.370,27	2,40
GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 9.558,32	R\$ 3.770,70	2,53
GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 7.987,64	R\$ 3.200,33	2,50

Quanto ao isolamento, o tempo de retorno em onze lojas foi abaixo ou em torno de oito anos, o que demonstra a viabilidade do investimento, levando-se em conta a vida útil do isolamento de 10 anos. Nas outras cinco lojas restantes o tempo de retorno foi muito alto, superando a vida útil da MCE, não demonstrando ser viável sua implementação (Tabela 69).

Tabela 68 – Pay-back obtido com o isolamento da cobertura.

MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA			
LOJA	ISOLAMENTO DA COBERTURA		
	INVESTIMENTO	ECONÔMIA GERADA	PAY-BACK
PLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 2.338,80	R\$ 327,31	7,15
PLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 6.730,89	R\$ 944,26	7,13
PLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 1.548,98	R\$ 213,57	7,25
PLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 3.643,11	R\$ 528,78	6,89
PLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.084,83	R\$ 46,07	45,25
PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.050,19	R\$ 199,39	10,28
PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 4.624,02	R\$ 341,35	13,55
PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 8.499,04	R\$ 2.871,64	2,96
GLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 5.298,31	R\$ 696,33	7,61
GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 8.296,25	R\$ 1.230,71	6,74
GLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 8.537,64	R\$ 610,24	13,99
GLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 9.275,59	R\$ 1.989,86	4,66
GLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 17.658,69	R\$ 2.785,22	6,34
GLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 10.657,65	R\$ 1.239,42	8,60
GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 12.582,55	R\$ 1.020,14	12,33
GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 10.513,92	R\$ 1.263,16	8,32

Como comentado anteriormente, pintar e isolar a cobertura somam-se dois custos, o que torna a MCE com valor mais alto para ser implementada. Mesmo assim, em quatorze das dezesseis lojas o pay-back foi abaixo ou em torno de oito a nove anos, considerado viável para a implementação da MCE. Em duas situações o tempo de retorno foi extremamente alto não se justificando a utilização da MCE (Tabela 70).

Tabela 69– Pay-back obtido com a pintura e isolamento da cobertura.

MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA			
LOJA	ISOLAMENTO + PINTURA DA COBERTURA		
	INVESTIMENTO	ECONÔMIA GERADA	PAY-BACK
PLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 4.115,64	R\$ 590,78	6,97
PLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 11.844,49	R\$ 1.562,80	7,58
PLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 2.725,77	R\$ 338,61	8,05
PLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 6.410,85	R\$ 1.184,58	5,41
PLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 3.668,72	R\$ 181,82	20,18
PLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 3.607,77	R\$ 395,52	9,12
PLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 8.136,98	R\$ 818,28	9,94
PLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 14.955,94	R\$ 5.715,06	2,62
GLE - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 9.323,61	R\$ 1.287,46	7,24
GLM - CT > 500 - PAFP - COBE	R\$ 14.599,09	R\$ 2.371,74	6,16
GLE - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 15.023,86	R\$ 409,78	36,66
GLM - CT > 500 - PAFG - COBE	R\$ 16.322,46	R\$ 3.835,08	4,26
GLE - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 31.074,37	R\$ 4.893,67	6,35
GLM - CT < 500 - PAFG - COBE	R\$ 18.754,46	R\$ 2.888,80	6,49
GLE - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 22.140,87	R\$ 2.845,90	7,78
GLM - CT < 500 - PAFG - COBNE	R\$ 18.501,56	R\$ 2.788,17	6,64

5. CONCLUSÃO

No recorte estudado, encontrou-se um percentual de 61% das edificações utilizadas pelo setor comercial e misto. Isto serviu de elemento norteador da pesquisa, fazendo com que se aprofundassem os estudos nesse setor e na função que fosse mais representativa, a qual se mostrou ser a comercial-lojas em 51% dos casos dentre as edificações comerciais.

Existem muitas variações tipológicas no recorte da pesquisa, mas compilando-se os dados o tipo recorrente de ser encontrado são edificações de até dois pavimentos, com paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e atraso térmico médio de 11,75 horas. Quanto à cobertura, estas se apresentam expostas à radiação solar. Esta é a distribuição mais recorrente respectivamente de se encontrar no centro da cidade de Pelotas. Existem também outros 15 tipos encontrados, com menores representatividades, porém significativas e que foram avaliados no trabalho, somando um total de 16 (Tabela 71). Isso não desconsidera o fato de que existam outros tipos, porém com menor incidência.

Tabela 70 – Tipos comerciais encontrados na zona central da cidade de Pelotas.

Tipos comerciais encontradas na zona central da cidade de Pelotas	
Pequena loja de esquina, com paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada principal pequeno.	Pequena loja de meio de quadra, com paredes de com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada pequeno.
Pequena loja de esquina, paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.	Pequena loja de meio de quadra, paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.
Pequena loja de esquina, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.	Pequena loja de meio de quadra, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.
Pequena loja de esquina, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura não exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.	Pequena loja de meio de quadra, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura não exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.
Grande loja esquina, paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada pequeno.	Grande loja de meio de quadra, paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada pequeno.
Grande loja de esquina, paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.	Grande loja de meio de quadra, paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.
Grande loja de esquina, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.	Grande loja de meio de quadra, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.
Grande loja de esquina, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura não exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.	Grande loja meio de quadra, paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, cobertura não exposta à radiação solar com $CT > 250 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e percentual de aberturas na fachada grande.

As edificações destinadas ao uso comercial, avaliadas no centro da cidade de Pelotas, apresentaram níveis de eficiência energética variando de A a D. Duas delas foram classificadas com nível de eficiência energética A, oito edificações apresentaram nível de eficiência energética B, outras cinco edificações nível de eficiência energética C e uma loja nível D.

De modo geral, as lojas com paredes com $CT < 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e atraso térmico médio de 5,90 horas e as com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e atraso térmico médio de 11,75 horas, apresentaram níveis de desempenho da envoltória semelhantes. Porém comparando o consumo unitário das lojas com capacidade térmica maior, paredes superiores a 30cm de espessura, resultaram em menores consumos. O posicionamento na quadra impactou mais nas pequenas lojas, mas de modo geral as lojas de lotes de meio de quadra apresentaram desempenhos melhores. O percentual de aberturas na fachada principal, as lojas com $PAF > 30\%$ apresentaram melhor nível de eficiência energética da envoltória. Quanto à exposição ou não da cobertura à radiação solar, as lojas com cobertura não exposta apresentaram os melhores resultados. Nota-se que os ganhos térmicos por meio da cobertura influenciaram bastante no consumo de energia elétrica. A medida de conservação de energia que resultou em maiores economias foi a pintura da cobertura, diminuindo assim os ganhos térmicos provenientes do plano horizontal.

Analisando em separado pequenas e grandes lojas, para as pequenas lojas os menores consumos estão relacionados ao posicionamento na quadra, tipo de parede, PAF e exposição da cobertura. Quando estão posicionadas em lotes de esquina, as paredes que geraram um menor consumo foram as paredes mais leves, com cobertura não exposta e $PAF > 30\%$. Já para as pequenas lojas posicionadas em lotes de meio de quadra as paredes mais pesadas, com uma cobertura exposta à radiação solar e $PAF < 30\%$ geraram menores consumos. Como não foram simulados exemplos de pequenas lojas com paredes com $CT > 500 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ e cobertura não exposta, por não ser um tipo recorrente, não se pode afirmar que a não exposição da cobertura geraria menores consumos unitários nesses casos, mas em função dos demais estudos realizados com as outras lojas, obtendo-se sempre consumos menores

com a não exposição da cobertura, acredita-se que tal fato associado às demais variáveis tornaria a edificação mais eficiente.

Nas pequenas lojas, possuir transmitâncias mais altas nas paredes, em sua maioria com PAF > 30%, situadas em lote de esquina com uma maior área de fachada exposta ao meio exterior, facilitou na dissipação do calor produzido no interior das mesmas. Para as pequenas lojas com tais características, a MCE que apresentou melhores resultados na redução do consumo de energia foi a associação de duas medidas: a diminuição da absorção solar da cobertura para 0,20, obtida com pintura da cobertura com tinta acrílica emborrachada na cor branca e o isolamento da cobertura com lã de vidro ensacada, reduzindo a transmitância térmica da cobertura para 0,94 [W/(m².K)]. A avaliação destas medidas utilizadas em conjunto apresentou CECs desfavoráveis na maioria dos casos para as pequenas lojas, por se tratar de uma medida com custo mais elevado para ser implementada, pois soma dois serviços distintos. Já o tempo de retorno na maioria dos casos apresentou-se viável.

Observando os resultados das grandes lojas percebeu-se que as lojas com paredes com capacidade térmica maior, localizadas em lotes de meio de quadra, com cobertura não exposta e PAFP, quando posicionadas em lotes de meio de quadra, apresentaram resultados melhores em comparação com as demais grandes lojas. Nota-se que, nas grandes lojas, a existência de paredes mais isoladas, trocando menos calor com o meio externo em função de transmitâncias mais baixas e estarem localizadas em lotes de meio de quadra, com edificações adjacentes dificultando estas trocas, fez com que o consumo de energia fosse menor. Nas pequenas lojas pintar e isolar a cobertura é a melhor MCE a ser empregada, já nas grandes lojas a MCE que apresentou melhores resultados na redução do consumo de energia e melhores respostas de tempo de retorno e CEC foi a diminuição da absorção solar da cobertura para 0,20, obtida com pintura da cobertura com tinta acrílica emborrachada na cor branca. Outras tintas com menor valor podem ser utilizadas, mas deve-se levar em conta que tintas específicas para cobertura possuem uma vida útil maior e o valor da mão-de-obra para aplicação não é diminuído em função do tipo de tinta aplicado.

Algumas lojas que apresentam inércia térmica de paredes mais elevada e estão associadas a absorvência solar da fachada superior a 0,40, apresentaram consumos maiores. Nesses casos, o calor uma vez absorvido e armazenado nas paredes fica irradiando por horas para o interior da edificação. Em média, o atraso térmico das edificações estudadas é de 11,75 horas, desfavorecendo um resfriamento a noite da envolvente da loja, horário em que esta se encontra desocupada. A densidade de carga interna nas edificações é grande, o que conforme Brandalise (2013), absorvências mais altas dificultam as perdas de calor do ar interno, causando maiores custos com climatização.

Nos casos estudados percebeu-se que quando uma das partes da envolvente possui uma transmitância térmica maior a outra deve possuir transmitâncias mais baixas para se conseguir obter um bom desempenho. Por exemplo, em edificações onde as paredes possuíam transmitâncias mais baixas a cobertura sem isolamento, somente recebendo pintura na cor branca para diminuir a absorvência solar, resultou em menores consumos unitários. Já para edificações, com paredes com transmitâncias térmicas altas, a diminuição da transmitância da cobertura por meio de isolamento com lã de vidro, foi fundamental para se obter menores consumos.

5.1. Limitações do Trabalho

A dificuldade de acesso aos projetos e aos prédios fez com que diversas vezes fosse necessário se fazer uma nova escolha no decorrer do trabalho, tornando a etapa de levantamento específico se torna-se mais longa que o esperado. A escolha de se trabalhar com edifícios existentes na cidade e não modelos gerou outra dificuldade, a de encontrar edifícios com propriedades termofísicas da envoltória semelhantes. Em função disso existe uma variação das propriedades, como: Transmitâncias de paredes e coberturas, capacidades térmicas, atrasos térmicos e cores de fachadas, o que de certa forma dificulta a análise dos resultados.

5.2. Trabalhos Futuros

A simulação de edificações comerciais - lojas com as fachadas principais voltadas para as demais orientações, leste, oeste e sul, poderia dar continuidade a este trabalho. Assim como, abrir as simulações e analisar os fluxos de calor provenientes dos fechamentos verticais e horizontais permitiria um entendimento melhor do comportamento térmico das edificações analisadas.

6. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1: desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades.** Rio de Janeiro. 2005.

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

_____ NBR 15220-3: **desempenho térmico de edificações - Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro. 2005.

_____ NBR 15220-4: **desempenho térmico de edificações - Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.** Rio de Janeiro. 2005.

_____ NBR 15220-5: **desempenho térmico de edificações - Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.** Rio de Janeiro. 2005.

_____ NBR 15575-1: **Desempenho de edifícios de até cinco pavimentos: parte 1: requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2008.

_____ NBR 16.401-1. **Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte 1: Projetos das instalações.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____ NBR 16.401-2. **Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____ NBR 16.401-3. **Instalação de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários. Parte – 3. Qualidade do Ar Interior.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ALVARADO, J.L. TERRELL, W.J. JOHNSON, M.D. **Passive cooling systems for cement-based roofs.** Building and Environment - Elsevier Journal, 2008. Disponível em: < <http://www.elsevier.com/locate/buildenv>>. Acesso em: 10 de abril de 2013.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Weather Data and Design Conditions**. In: **ASHRAE Handbook - Fundamentals**, SI Edition p. 9.19 Atlanta, 2009.

_____ Standard 55: **Thermal environmental conditions for human occupancy**. ASHRAE: Atlanta, 2004a.

_____ Standard 140: **Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs**. Atlanta, 2004b.

_____ Standard 90.1-2001: **Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings**. Atlanta, 2004c.

BAKER, Geoffrey H. **Le Corbusier: uma análise da forma**. São Paulo, Martins Fontes, 1998.

BARROS, H.D.A. **Estudo e Avaliação das Componentes Térmicas na Utilização de Energia em Edifícios** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia CiEPEvil, Universidade da Madeira, 2009.

BEN, **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL DE 2012/ ANO BASE 2011**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 05 de maio de 2013.

BRANDALISE, M. P.; CUNHA, E. G. **Análise da Sensibilidade do Regulamento Brasileiro de Eficiência Energética – RQC-C Quanto à Variação de Densidade de Carga Interna de Equipamentos na Avaliação do Desempenho Energético da Envoltória de Edifícios de Escritórios**. XV Encontro de Pós-Graduação UFPel - XVENPOS, Pelotas, 2013.

BRASIL. Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2011.

_____ Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. **Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20nº%204.059-2001.html>>. Acesso em: 25 de maio de 2011

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais**. Florianópolis, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

CARLO, Joyce Correna; LAMBERTS, R. **Elaboração de protótipos para simulação do desempenho termo-energético de edificações**. In: XI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais Florianópolis: ENTAC, 2006.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 4ª ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CHING, Francis D. K. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

CLARK, Roger; PAUSE, Michael. **Arquitectura: temas de composicion**. 2.ed. México: GustavoGilli, 1997.

EMBRAPA. Estação Agroclimatológica de Pelotas. **Normais Climatológicas Mensal/Anual**. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/mensal.html> > acessado em 08 de maio de 2012.

GELLER, H.; **O uso eficiente da eletricidade – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. INEE, ACEEE, Rio de Janeiro-RJ, 1994.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1991.

GODOY, A. S. **Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades**. In: **Revista da Administração de Empresas**. São Paulo: v.35, n.2. p. 57-63. Mar/Abr. 1995.

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. INMETRO, 2013.

_____. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R**. INMETRO, 2012.

ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 7730: **Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of Conditions for Thermal Comfort**. Geneva, 2004.

KNOP, Stífany. **Comportamento Termoenergético de Edificação Histórica com novo uso na cidade de Pelotas: O Caso do Casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura**. 2012. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Arquivos climáticos . Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>>. Acesso em: 20 de março de 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação dos dados**. São Paulo: Atlas, 1982.

LAMBERTS, Roberto; Dutra, Luciano; Pereira, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: Procel, 2. ed., 2004.

LAMBERTS, R.; GOULART, S.; CARLO, J.; WESTPHAL, F. **Proposta de regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos**. In: ENCIT - 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering. Anais...Curitiba: ENCIT, 2006.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 1986.

MAHDAVI, A. **Reflections on computational building models**. In: Building and Environment. Oxford: Elsevier, 2004.

MARTÍNEZ, Alfonso Corona. **Ensaio sobre o projeto/ Alfonso Corona Martínez; tradução de Ane Lise Spaltemberg**; revisão técnica de Silvia Fischer. – Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000.

MAGALHÃES, Mário Osório. **Os Passeios da Cidade Antiga: Guia Histórico das Ruas de Pelotas**. Editora Armazém Literário, 2000.

MELO, Ana Paula. **Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais**. Florianópolis. 2007. Dissertação (mestrado em engenharia civil) Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

MELO, Ana Paula. **Desenvolvimento de um método para estimar o consumo de energia de edificações comerciais através da aplicação de redes neurais**. 2012. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

MENDES, N.; WESTPHAL, F.S.; LAMBERTS, R.; CUNHA NETO, J. A. B. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2005.

MENKES, Monica. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade**. 2004. 293f. Tese (Doutorado - Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

OLIVO, Rodolfo L. de F. **Análise de Investimentos**. Campinas – SP: Editora Alínea, 2009.

PELOTAS, LEI Nº 5.528, DE 30 de Dezembro de 2008. **Institui o Código de Obras para Edificações do Município de Pelotas, e dá outras providências**. Diário da Manhã, Diário da Manhã de 31 de dezembro de 2008.

PERES, R. Martins. **Legado da Tecnologia Construtiva de Imigrantes Italianos ao Patrimônio Arquitetônico de Pelotas**. 2008. Tese (Doutorado - Universidade de Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil). Universidade de Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

ROSENFELD, A. H; ROMM, J. J; AKBARI, H; LLOYD, A. C. **Painting the Town White – and green**. In: MIT's Technology Review, 1997. Disponível em: < <http://www.technologyreview.com/featuredstory/400033/paint-the-town-white-and-green/>>. Acesso em: 10 de março de 2014.

SIGNOR, Régis. **Análise de Regressão do Consumo de Energia Elétrica Frente a Variáveis Arquitetônicas para Edifícios Comerciais Climatizados em 14 Capitais Brasileiras**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina 1999.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Estudo em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação**. S. Paulo: Atlas, 1995.

WAISMAN , Marina. **Estructuradel entorno**. Buenos Aires: NuevasEdiciones, 1972.

WESTPHAL, F.S.; LAMBERTS, R. **Influência dos fechamentos opacos no desempenho energético de edificações em função de suas cargas internas e padrões de uso**. In: ENCIT - 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering. Anais...Curitiba: ENCIT, 2006.

7. APÊNDICES

7.1. Apêndice A – Ficha de levantamento Geral – PLE - CT > 500 -
PAFP – COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço		Rua Gal Osório, 679				
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		
X						
Área		Temporal - ano construído			Origem	
Atual		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento	1960	X			Reforma	
					Intervenção	X
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	X					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica -Característica da fachada principal						
transparência parede	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
X						

7.2. Apêndice B – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT > 500 -
PAFP – COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço		Sete de Setembro, 303				
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residência	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educacional	Institucional Outros		
x						
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
	208.50	Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento	131.00	x			Reforma	
					Intervenção	23-07-2004
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		x				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
x						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
		x				
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	x					

7.3. Apêndice C – Ficha de levantamento Geral – PLE - CT > 500 -
PAFG – COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço		Marechal Floriano, n° 71				
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		
x						
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento		x			Reforma	X
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre pred				
	x					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 p				
x						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Verde		X				
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.4. Apêndice D – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT > 500 -
PAFG – COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço		Rua General Neto, n° 876				
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educacional	Institucional Outros		
X						
Área		Temporal - ano construído			Origem	
Atual	2009	Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento		X			Reforma	X
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		X				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Vermelho		X				
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.5. Apêndice E – Ficha de levantamento Geral – PLE – CT < 500 –
PAFG - COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Marechal Deodoro, 1049					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educacional	Institucional Outros		
x						
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
Atual	20	Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento					Reforma	X
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	x					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
x						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
		x				
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
x						

7.6. Apêndice F – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT < 500 -
PAFG - COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Rua General Neto, nº 1103					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educacional	Institucional Outros		
X						
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento				X	Reforma	X
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		X				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Branco	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.7. Apêndice G – Ficha de levantamento Geral – PLE - CT < 500 -
PAFG – COBNE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço						
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		X
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento			X		Reforma Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	X					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
		X				
Técnica - Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.8. Apêndice H – Ficha de levantamento Geral – PLM - CT < 500 - PAFG – COBNE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Marechal Floriano, nº 15					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativa	Institucional	Outros	
X						
Área		Temporal - ano construído			Origem	
Atual		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento			X		Reforma	
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		X				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
		X				
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.9. Apêndice I – Ficha de levantamento Geral – GLE – CT > 500 –
PAFP – COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Andrade Neves, n° 2992					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		
X						
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento		X			Reforma	X
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	X					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.10. Apêndice J – Ficha de levantamento Geral – GLM - CT > 500 -
PAFP - COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Sete de Setembro, 353					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		
x						
Área						
Atual	Temporal - ano construído			Origem		
	Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção		Prédio novo
Cadastramento	x			Reforma		
				Intervenção	14-03-2008	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		x				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
	x					
Técnica - Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
	x					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	x					

7.11. Apêndice K – Ficha de levantamento Geral – GLE - CT > 500 -
PAFG - COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Marechal Floriano, n° 123					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		
X						
Área		Temporal - ano construído			Origem	
Atual		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento		X			Reforma	
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	X					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica - Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Cinza		X				
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					
						

7.12. Apêndice L – Ficha de levantamento Geral – GLM - CT > 500 -
PAFG - COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Marechal Floriano, nº 121					
Uso						
Comercial					Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativa	Institucional Outros		
X						
Área		Temporal - ano construído			Origem	
Atual		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento		X			Reforma	
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		X				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica - Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Branco	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.13. Apêndice M – Ficha de levantamento Geral – GLE - CT < 500 -
PAFG - COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Rua Barão de Santa Tecla, nº 505					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		
X						
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento			X		Reforma X	
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	X					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
X						
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Laranja	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					
						

7.14. Apêndice N – Ficha de levantamento Geral – GLM - CT < 500 -
PAFG - COBE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Marechal Floriano, n° 167					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativa	Institucional Outros		
X						
Área						
Temporal - ano construído		Origem				
Atual		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento				X	Reforma	
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		X				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
	X					
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Branco	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

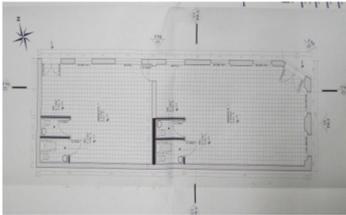
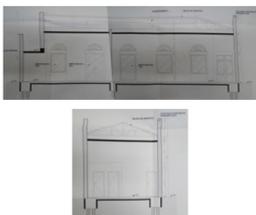
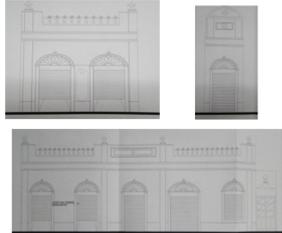
7.15. Apêndice O – Ficha de levantamento Geral – GLE - CT < 500 -
PAFG - COBNE

Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Rua Sete de Setembro, 402					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		X
Área						
Atual		Temporal - ano construído			Origem	
		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento			X		Reforma	
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	X					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
	X					
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
Rosa		X				
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

7.16. Apêndice P – Ficha de levantamento Geral - GLM - CT < 500 -
PAFG – COBNE

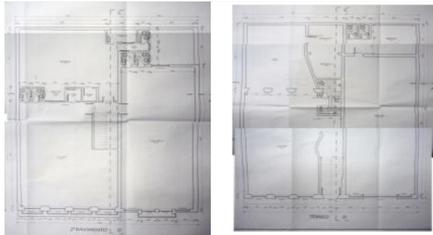
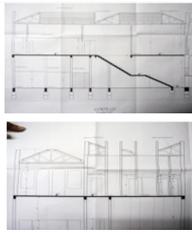
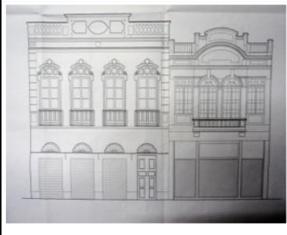
Banco de dados						
Zona Central - Pelotas						
Código						
Endereço	Rua General Osório, nº 911					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residência	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educativo	Institucional Outros		X
Área						
Atual	Temporal - ano construído			Origem		
	Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo	
Cadastramento		X		Reforma		
				Intervenção		
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
		X				
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
	X					
Técnica - Característica da fachada principal						
Absortância paredes	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$				
	X					
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	X					

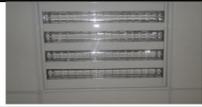
7.17. Apêndice Q – Ficha de Levantamento Específico - PLE - CT > 500
- PAFP - COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Gal Osório, 679		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Esquina				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
5		0		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (Watts):		
1 computador		180		
Total=		180		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
97,0954m ²	0,14	0,25	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
123,4m ²	717,6093m ³	0,4094	1	123,4066m ²

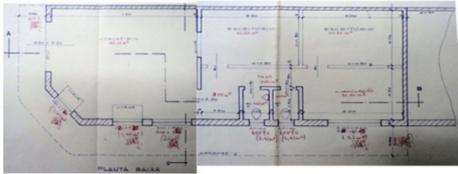
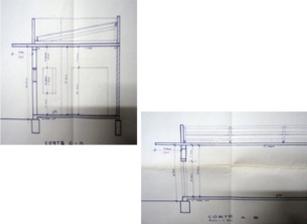
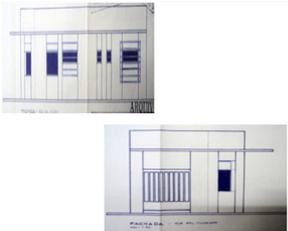
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Composição do Envelope				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,48/0,29			azul	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,15			Branca	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
De brir	Madeira	Sim	Comum 3mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Laje	Branco		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
-	40 W	fluorescente	Sobrepor	
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split	2,40	E		

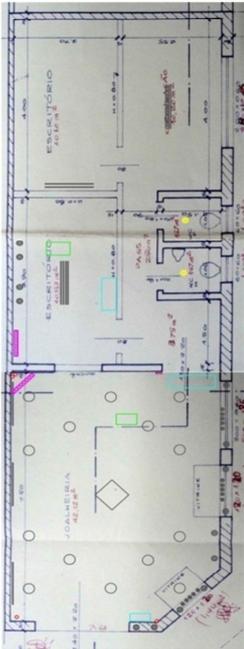
7.18. Apêndice R – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT >
500 - PAFP – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Sete de Setembro, 303/305		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quarteirão				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
7		12,5		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W) :		
8 computadores		8 x 180 = 1440		
5 máquinas de cartão de crédito		5 x 100 = 500		
3 impressoras		3 x 180 = 540		
2 telefones		2 x 20 = 40		
1 amplificador		1 x 20 = 20		
4 registrador de preço		4 x 100 = 400		
1 scanner		1 x 180 = 180		
1 balança		1 x 100 = 100		
3 AC split		3 x 1200 = 3600		
Total=		6820		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
324,91m ²	0,36	0	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
355,144m ²	1624,55m ³	0,06	1	542,63m ²

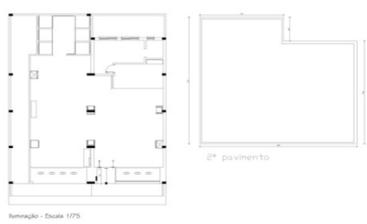
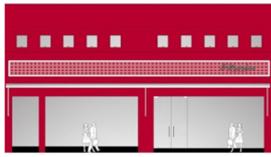
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,74/0,30			azul-marinho	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,58/0,16			amarelo	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possuí Brises
	Madeira	Sim	Comum 3mm	Não Possui
VITRINE	vidro temperado	não	temperado 10mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Laje	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	<u>25 W</u>	fluorescente	Embutida reflexiva	
	<u>60 W</u>	fluorescente		
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Cassete	3,21	A		

7.19. Apêndice S – Ficha de Levantamento Específico – PLE - CT >
500 - PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Marechal Floriano, 71 (Ótica Minsky)		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Esquina				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
6		12		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (Watts):		
2 computadores		2x180 = 360		
2 máquinas de cartão de crédito		2x10 = 20		
1 impressoras		180		
2 telefones		2x20 = 40		
1 microondas		1200		
4 câmeras		4x40 = 160		
1 relógio digital		10		
2 TV		2x110 = 220		
4 AC split		4x1000 = 4000		
Total=		6190		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
57,22m ²	9,6	16,03	46,4	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
81,73m ²	375,95m ³	0,41	1	81,73m ²

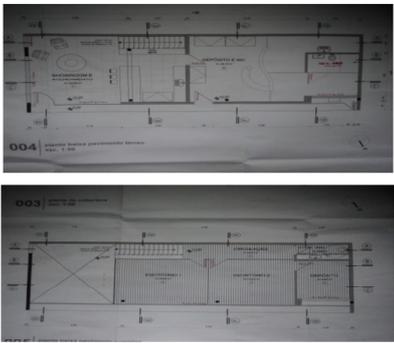
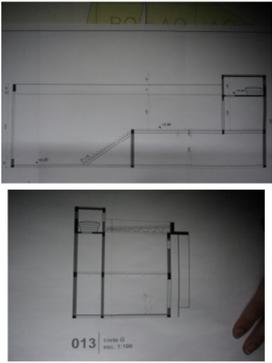
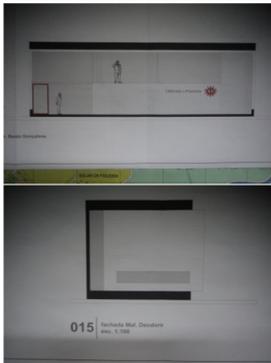
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Composição do Envelope				
Paredes Externas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,3		azul		
Paredes Internas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,15		bege		
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
De correr	Ferro	Sim	3mm	Sim
Vidro Fixo	Ferro	Sim	temperado 10mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Laje e gesso	Branco		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas (Watts)	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	4x4 = 16W	LED	pendente	
	2x25 = 50W	fluorescente compacta	embutida	
	40W	incandescente	sobrepor	
	2x32 = 64W	fluorescente tubular	sobrepor	
	4x4 = 16W	fluorescente tubular	embutida	
	5x25 = 125W	incandescente	sobrepor	
	50W	halógena dicróica	spot	
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split	2,80 ≥ COP E ≤ 2,60	D		

7.20. Apêndice T – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT > 500 - PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua General Neto, nº 876		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quarteirão				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
12		50		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (Watts):		
6 computadores		6x180 = 1080		
5 máquinas de costura		5x100 = 500		
3 impressoras		3x180 = 540		
4 telefones		4x20 = 80		
1 ferro de passar		1000		
1 aparelho de dvd		10		
1 cafeteira		600		
1 torradeira		800		
1 ventilador		120		
1 geladeira		90		
1 microondas		1200		
Total=		4440		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Plantas baixas		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
346,55m ²	0,38	0,01	18,38	11,45
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
192,22m ²	1384,00m ³	0,95	0,59	384,44m ²

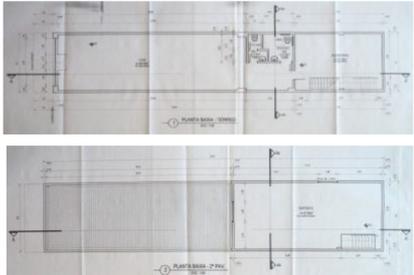
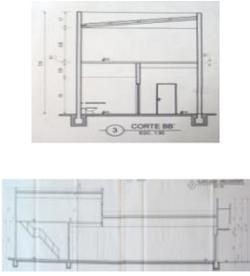
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Composição do Envelope				
Paredes Externas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,35		papel de parede claro		
Paredes Internas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,25		papel de parede claro		
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
Correr	Ferro	Sim	Comum 3mm	Sim
Maxim-Ar	Ferro	não	Comum 3mm	Não Possui
Fixa(Vitrine)	Ferro	não	temperado 10mm	Sim
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	de concreto + Forro de	Bege Claro		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	40W	Fluorescente Tubular	Sobrepor	
	25W	Incandescentes	Sobrepor	
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
split	2,40	E		

7.21. Apêndice U – Ficha de Levantamento Específico – PLE – CT < 500 – PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Marechal Deodoro, 1049		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Esquina				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
2		0,5		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W):		
1 computador		1 X 180 = 180		
1 radio		1 X 45 = 45		
3freezers		3 X 130 = 390		
Total=		615		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
156,9 m ²	0,2691	0,2127	11,404	4,3794
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
101,1 m ²	572,14 m ³	0,3092	0,4565	220,2

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,2			branca	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,2			branca	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
Correr	vidro temperado	Sim	6mm	Possui
Vidro Fixo	vidro temperado	sim	6mm	Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
Metálica	Laje de concreto	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	32W	Fluorescente	Sobrepor	
	100W	Fluorescente	Pendente	
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split	2,61	E		

7.22. Apêndice V – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT < 500 - PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua General Neto, 1103		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quarteirão				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
5		8		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W) :		
5 computadores		5 x 180 = 900		
5 máquinas de cartão de crédito		5 x 100 = 500		
2 impressoras		2 x 180 = 360		
2 telefones		2 x 20 = 40		
2 AC split		2 x 1200 = 2400		
Total=		4200		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
198,45 m ²	0,0025	0	24,53	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
108,19 m ²	671,14 m ³	1,17	1	216,42 m ²

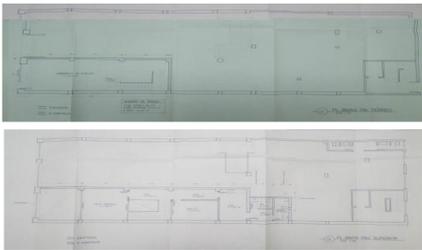
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,15			Branca	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,15			Branca	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possuí Brises
	Madeira	sim	Comum 3mm	sim
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Lajede concreto entre térreo e 2° pav. Forro de pvc no 2° pav.	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	32 W	Fluorescente	Pendente	
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split	2,94	C		

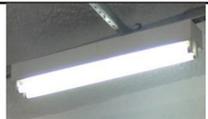
7.23. Apêndice X – Ficha de Levantamento Específico – PLE - CT < 500 - PAFG – COBNE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Andrade Neves,		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Esquina				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
15		8		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W):		
6 computadores		6 X 180 = 1080		
1 microondas		1 X 1200 = 1200		
1 cafeteira		1 X 600 = 600		
1 esterelizador		1 X 1200 = 1200		
1 TV		1 X 110 = 110		
3 maquinas de costura		3 X 100 = 300		
1 maquina ponto		2 X 100 = 200		
2 telefones		2 X 20 = 40		
2 AC		2 X 1200 = 2400		
Total=		7130		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
867,188 m ²	0,2595	0,1159	5,0596	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
140,347 m ²	2891,1452 m ³	0,5689	0,2483	982,428 m ²

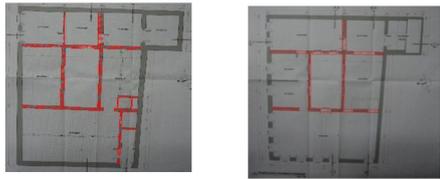
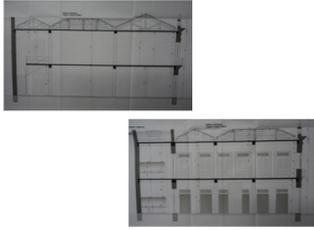
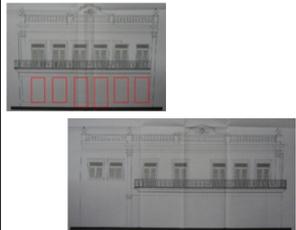
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Composição do Envelope				
Paredes Externas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,25		Branca		
Paredes Internas				
Espessura da parede		Cor da parede		
		Lilas		
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
Basculante	Alumínio	Sim Persiana	Comum 3mm	Não Possui
VITRINE	Vidro Temperado	Não	temperado 10mm	Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
	Gesso	Branco		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	<u>100 W</u>	fluorescente tubular	Sobrepor	
	<u>2 X 25 W</u>	2 lâmpadas fluorescentes compactas	Imbutida	
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split				

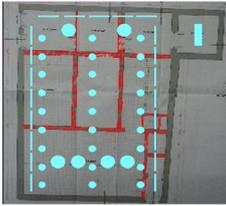
7.24. Apêndice Y – Ficha de Levantamento Específico – PLM - CT < 500 - PAFG – COBNE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Marechal Floriano, 15 e 17		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quarteirão				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
6		12		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W) :		
2 computadores		2 x 180 = 360		
2 máquinas de cartão de crédito		2 x 100 = 200		
1 impressoras		1 x 180 = 180		
2 telefones		2 x 20 = 40		
1 microondas		1 x 1200 = 1200		
4 câmeras de segurança		4 x 100 = 400		
1 relógio digital		1 x 5 = 5		
2 TV's		1 x 90 = 90		
4 Ventiladores		4 x 90 = 360		
Total=		2835		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
663,6263 m ²	0,03458	0	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
448,4356 m ²	5112,102 m ³	0,2	0,25	1793,72 m ²

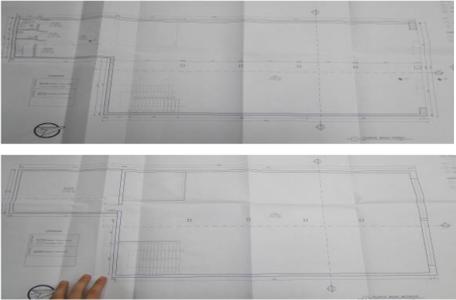
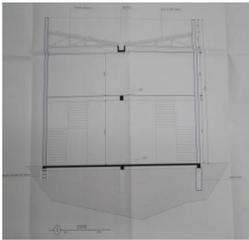
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,3			azul	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,15			bege	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possuí Brises
		não	Comum 3mm	Não Possui
VITRINE	vidro temperado	não	temperado 10mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Laje e PVC	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	<u>40 W</u>	Incandescente	Sobrepor	
	<u>2,3 W</u>	Emergência LED	Sobrepor	
	<u>2 x 40 W</u>	Fluorescentes tubulares	Sobrepor	
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	

7.25. Apêndice Z – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT > 500 - PAFP – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Andrade Neves, 2092		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Esquina				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
16		30		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (Watts):		
8 computadores		8x180 = 1440		
5 máquinas de cartão de crédito		5x10 = 50		
3 impressoras		3x180 = 540		
2 telefones		2x20 = 40		
1 amplificador		80		
4 registrador de preço		4x10 = 40		
1 scanner		180		
1 balança		100		
3 AC split		3x1000 = 3000		
Total=		5.470		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
397,5m ²	0,1825	0,3996	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
279,525m ²	2423,7m ³	0,35	0,5	559,05m ²

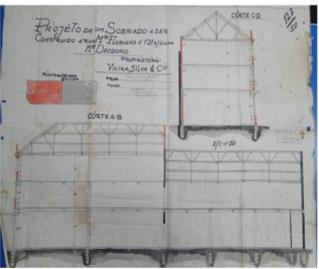
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Composição do Envelope				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,5			verde claro	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,35			verde claro	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
Abrir 90°	Madeira	Sim	Comum 3mm	Não Possui
Abrir 90°	Madeira	Sim	Comum 3mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
cerâmica	Laje de concreto	Branco		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	25 W	fluorescente	Embutida	
	60 W	fluorescente	Pendente	
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split	2,81	C		

7.26. Apêndice AA – Ficha de Levantamento Específico – GLM - CT >
500 - PAFP – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Sete de Setembro, 353		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quarteirão				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
12		15		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência:		
14 computadores		14 X 180 = 2520		
4 impressoras		4 X 180 = 720		
1 câmera de segurança		1 X 100 = 100		
1 geladeira		1 X 130 = 130		
1 TV		1 X 110 = 110		
15 ventiladores		15 X 65 = 975		
2 filtros de água		2 X 100 = 200		
Total=		4755		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
807,258 m ²	0,025	0	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
437,73 m ²	8687,988 m ³	0,1607	0,44138	875,46 m ²

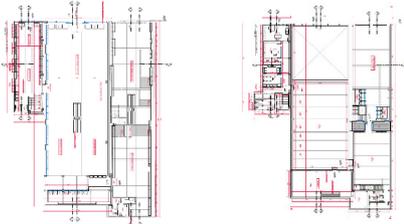
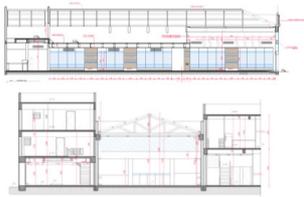
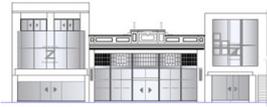
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,3/0,6			Branca	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,3			Branca	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
Fixa	Alumínio	Não	Comum 3mm	Possui
VITRINE	Vidro Temperado	Não	temperado 10mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Laje e Isopor	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	<u>100 W</u>	fluorescente tubular	Sobrepor	
	<u>2 X 25 W</u>	2 lâmpadas fluorescentes compactas	Sobrepor	
	<u>2,3 W</u>	Lâmpada de Emergência	Sobrepor	
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
			Não Possui	

7.27. Apêndice BB – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT > 500 - PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		General Neto, nº 876		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Esquina				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
17		10		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W):		
9 computadores		9 X 180 = 1620		
9 leitores de código de barras		9 X 180 = 1620		
1 balança		1 X 100 = 100		
1 impressora		1 X 180 = 180		
1 telefone		1 X 20 = 20		
5 AC		5 X 1200 = 6000		
1 ventilador		1 X 65 = 65		
Total=		9605		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
893,85 m ²	0,2	0,07	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
378,1 m ²	3719,06 m ³	0,16	0,39	1135,19 m ²

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,28			Branca	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,12			Branca	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
Basculante	Metalica	Não	Comum 3mm	Não Possui
		Não		Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
	Laje	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	<u>2 X 100 W</u>	2 fluorescentes tubulares	Imbutida	
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split		C		

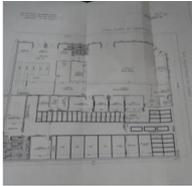
7.28. Apêndice CC – Ficha de Levantamento Específico – GLM - CT > 500 - PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Marechal Floriano, 121		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quarteirão				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (Watts):		
10 computadores		10x200 = 2000		
10 máquinas de cartão de crédito		10x50 = 500		
2 impressoras		2x200 = 400		
5 telefones		5x20 = 100		
1 TV		200		
10 Câmeras de segurança		10x50 = 500		
18 caixas de som		18x10 = 180		
7 AC split		7x1000 = 7000		
Total=		10880		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
731,75m ²	0,0678	0	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
484,675m ²	2618,29m ³	0,16144	0,44124	969,35m ²

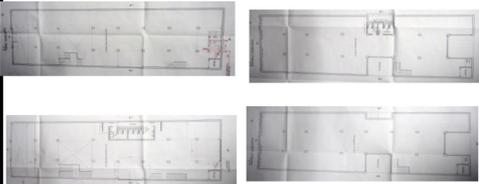
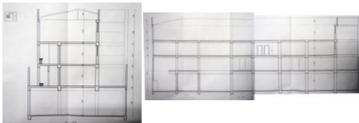
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,3			azul	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,15			bege	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possuí Brises
		não	Comum 3mm	Não Possui
VITRINE	vidro temperado	não	temperado 10mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Laje e gesso	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	<u>2 x 25W</u>	2 lâmpadas fluorescentes compactas	Embutida	
	<u>2 x 32 W</u>	Fluorescentes tubulares	Embutida	
	<u>4 x 16 W</u>	Fluorescentes tubulares	Embutida	
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split	2,50	E		

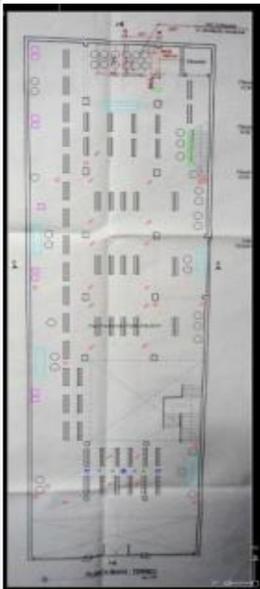
7.29. Apêndice DD – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT < 500 - PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO	
<i>Identificação da edificação</i>	
Endereço:	Rua Barão de Santa Tecla nº 505
localização no quarteirão:	Fotografia:
Esquina	
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>	
Número de funcionários	Estimativa do número de clientes por hora
18	-
Equipamentos (descrição e potência)	
Equipamentos :	Potência (Watts):
17 computadores	17x180 = 3060
2 chuveiros	2x3500 = 7000
7 impressoras	7x180 = 1260
3 telefones	3x20 = 60
1 lixadeira elétrica	1x1400=1400
2 carregadores de bateria	2x1200 = 2400
1 furadeira	600
1 lava jato	2600
1 pressurizador de ar	2000
5 leitores de código de barra	5x100=500
1 impressora de nota fiscal	180
1 parafusadeira	800
3 TVs	3x200 = 600
1 microondas	1200
1 chaleira elétrica	10
1 geladeira	90
1 parabólica	10
1 calibrador de pneus	10
2 split	2x1200 = 2400
5 ventiladores	5x120 =600
Total=	26780

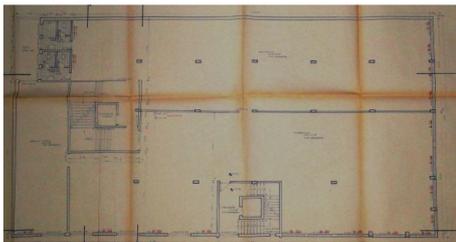
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Projeto Arquitetônico				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
802,96m ²	0,134939	0	30,51687	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
931,71m ²	3867,4515m ³	0,35745	0,95882	931,71m ²
Composição do Envelope				
Paredes Externas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,25		Branca		
Paredes Internas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,15		Branca		
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possuí Brises
	Madeira	Sim	Comum 3mm	Possui
VITRINE	vidro temperado	Sim	temperado 10mm	Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
Fibrocimento	Placa de concreto	Cinza		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	3x60W	Fluorescente compacta	sobrepor	
	<u>155x40W</u>	universal duramax 40W	Embutida	
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
2 Split				

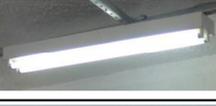
7.30. Apêndice EE – Ficha de Levantamento Específico – GLM - CT < 500 - PAFG – COBE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Marechal Floriano, 167		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quarteirão				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
20		15		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (Watts):		
22 computadores		22x180 = 3960		
10 máquinas de cartão de crédito		10x10 = 100		
10 impressoras		10x180 = 1800		
2 telefones		2x20 = 40		
2 microondas		2x1200 = 2400		
18 AC		18x1000 = 18000		
10 câmeras de segurança		10x40 = 400		
1 geladeira		130		
1 ventilador		120		
1 torradeira		800		
1 TV		110		
Total=		27.740		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
1.841,40m ²	11,91	6,88	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total
460,35m ²	8.828,42m ³	0,202	0,32	2.116,95m ²
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,3		branca		
Paredes Internas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,15		branca		

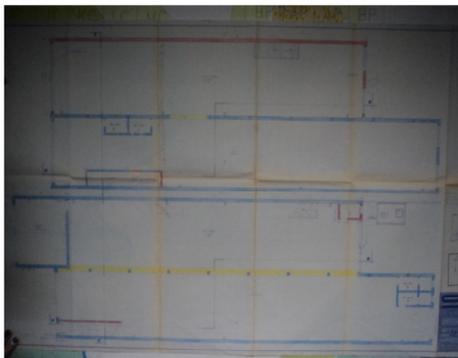
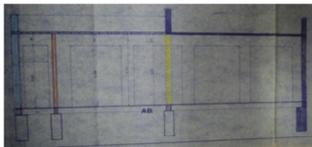
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Composição do Envelope				
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
De correr	ferro	não	Comum 3mm	Não Possui
Vidro fixo	ferro	não	Temperado	Não Possui
basculante	alumínio	não	Comum 3mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
fibrocimento	Laje	Branco		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas (Watts)	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	20	fluorescente compacta	pendente	
	25	2 fluorescente compactas	embutida	
	20	LED	sobrepor	
	110	fluorescente tubular	sobrepor	
	20	halógena	embutida	
	20	halógena	embutida	
	3,6	LED	Spot	
LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split	$2,60 \text{ W} \geq \text{COP} \geq 2,80 \text{ W}$	D		

7.31. Apêndice FF – Ficha de Levantamento Específico – GLE - CT < 500 - PAFG – COBNE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Rua Sete de Setembro, 402(Casa Blumenau)		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Esquina				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
45		200		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W) :		
6 computadores		6 X 180 = 1080		
2 máquinas de cartão de crédito		2 X 100 = 200		
3 luzes de emergência		2 X 20 = 40		
4 AC cortina de vento		4 X 1000 = 4000		
3 telefones		3 X 20 = 60		
1TV		1 X 110 = 110		
5 ventiladores parede		5 X 65 = 325		
8 câmeras de segurança		8 X 100 = 800		
6 AC split		6 X 1200 = 7200		
14 ventiladores de teto		14 X 120 = 1680		
Total=		15495		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
2038,5481 m ²	0,171849	0,150278	0,150278	0,904512
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
535,19765 m ²	7920,925222 m ³	0,262454	0,307814	2140,7906 m ²

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Composição do Envelope</i>				
Paredes Externas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,3			Salmão	
Paredes Internas				
Espessura da parede			Cor da parede	
0,15			Branca	
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
		Não		Não Possui
VITRINE	Vidro Temperado	Não	temperado 10mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
Cinza	Laje e PVC	Branco		
<i>Sistema de Iluminação</i>				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	<u>40W</u>	Incandescente	Sobrepor	
	<u>2 X 40 W</u>	2 Fluorescentes tubulares	Sobrepor	
	<u>2,3 W</u>	Emergência LED	Sobrepor	
<i>Dados do Sistema de Ar Condicionado</i>				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Split		D		

7.32. Apêndice GG – Ficha de Levantamento Específico - GLM - CT < 500 - PAFG – COBNE

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
<i>Identificação da edificação</i>				
Endereço:		Marechal Deodoro, 1049		
localização no quarteirão:		Fotografia:		
Meio de Quadra				
<i>Utilização - Ganhos Internos</i>				
Número de funcionários		Estimativa do número de clientes por hora		
6		12		
Equipamentos (descrição e potência)				
Equipamentos :		Potência (W):		
3 computador		3 X 180 = 540		
2 radio		2 X 45 = 90		
2 máquinas de cartão de crédito		2 x 100 = 200		
3 ventiladores		3 x 90 = 270		
1 freezer		130		
Total=		1230		
<i>Projeto Arquitetônico</i>				
Planta baixa		Cortes		Fachadas
				
Área útil	PAFT	PAFO	AVS	AHS
1578,93	0,09	0,23	0	0
APE	Volume	FF	FA	Área total construída
431,47	5058,11	0,31	0,32	1725,88

LEVANTAMENTO ESPECÍFICO				
Composição do Envelope				
Paredes Externas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,25		branca		
Paredes Internas				
Espessura da parede		Cor da parede		
0,15		branca		
Esquadrias				
Tipo de esquadria	Material	Postigo, Persiana ou veneziana	Tipo de Vidro	Possui Brises
Correr	vidro temperado	Sim	6mm	Não Possui
Vidro Fixo	vidro temperado	Sim	6mm	Não Possui
Cobertura				
Composição da cobertura		Composição do Forro		
Tipo de telha	Tipo de forro	Cor do Forro	Fotografia do forro	
Fibrocimento	Laje de concreto	Branco		
Sistema de Iluminação				
Localização das lâmpadas (planta esquemática)	Potência das Lâmpadas	Especificação da Lâmpada	Especificação da Luminária	Fotografia da Luminária/Lâmpada
	40W	Fluorescente	Sobrepor	
	40W	Fluorescente	Pendente	
Dados do Sistema de Ar Condicionado				
Tipo de Sistema	COP (W/W)	ENCE	Fotografia do Sistema	
Não possui				