

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA
ÊNFASE EM ELETROTÉCNICA**

**ÉLLEN MARA MEDEIROS NOGUEIRA
FELIPE SEYFFERTH DE OLIVEIRA
ROGER LAKOSKI**

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AGÊNCIAS BANCÁRIAS EM
CURITIBA - PR CONSIDERANDO OS PARÂMETROS DO RTQ-C DO INMETRO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

ÉLLEN MARA MEDEIROS NOGUEIRA
FELIPE SEYFFERTH DE OLIVEIRA
ROGER LAKOSKI

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AGÊNCIAS BANCÁRIAS EM
CURITIBA - PR CONSIDERANDO OS PARÂMETROS DO RTQ-C DO INMETRO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadora: Prof^a Maria de Fátima Ribeiro Raia, Dr Eng.

Co-Orientador: Eng^o Fabiano Kiyoshi Mori, Esp.

CURITIBA

2011

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e à Professora Maria de Fátima Ribeiro Raia pelos ensinamentos e orientação recebidos na execução do trabalho. Também, agradecem à agência bancária e ao Engenheiro Fabiano Kiyoshi Mori pelo grande suporte prestado na realização do trabalho, e ainda, pela disponibilidade dos dados das agências estudadas.

Agradecimento especial à família e amigos pelo apoio e compreensão nos momentos de estudo e dedicação oferecidos para execução do trabalho.

RESUMO

O uso racional da energia elétrica em todas as suas vertentes tem sido cada vez mais buscado, tornando importante um maior planejamento e conscientização quanto ao uso da energia. O perfil da energia utilizada nas edificações comerciais, situação a qual as agências bancárias se encaixam, é caracterizado por cargas como iluminação, computadores e condicionadores de ar. Por isso, é importante realizar o estudo da utilização de energia de uma agência bancária, permitindo que o uso da energia seja otimizado e não haja desperdícios. Os critérios de avaliação da eficiência energética de uma edificação descritos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) avaliam os fatores que podem influenciar o uso da energia de uma edificação. Porém, é importante que aqueles que utilizam a edificação estejam atentos a esse uso, pois o seu comportamento também influencia a eficiência energética real obtida pela edificação. Divulgar o RTQ-C permite que as edificações que ainda serão construídas possam ter seu perfil de utilização de energia traçado desde a fase de projeto, e poderem assim ter um perfil eficiente quanto à utilização de energia.

Palavras-chave: eficiência energética, etiquetagem, RTQ-C, edificações, agências bancárias.

ABSTRACT

The rational use of electricity in all its aspects has been increasingly sought after making important planning and a greater awareness of the use of this energy. The profile of the energy used in commercial buildings, a situation which the bank branches fall, is characterized by loads such as lighting, computers and air conditioners. Therefore, it is important to study the energy use of a bank branches, allowing the use of energy is optimized and there is no waste. The criteria for evaluating the energy efficiency of the "Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)" evaluate the factors that can influence the energy use of a building. However, it is important that those using the building are aware of this use because they also influence the energy efficiency obtained by the actual building. Disclose the RTQ-C allows the buildings yet to be built can have their energy usage profile drawn from the design phase, and so they may have a profile on the efficient use of energy.

Keywords: energy efficiency, labeling, RTQ-C, buildings, bank branches.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conceito atual da arquitetura de uma edificação _____	23
Figura 2 - Edificação "estufa" _____	24
Figura 3 - Consumo de energia elétrica no Brasil por parte das edificações _____	25
Figura 4 - Partes do edifício que compõem a envoltória _____	26
Figura 5 - Consumo final de energia por setor _____	29
Figura 6 - Uso final de energia em escritórios _____	30
Figura 7 - Análise do comportamento da carga de uma agência bancária em Toledo-PR _	32
Figura 8 - Custo total de um edifício comercial em 50 anos _____	33
Figura 9 - Níveis de eficiência _____	35
Figura 10 - Selos de eficiência energética no mundo _____	37
Figura 11 - Selo de eficiência energética da Tailândia _____	38
Figura 12 - Selo de eficiência energética da China _____	38
Figura 13 - Selo de eficiência energética da Austrália _____	39
Figura 14 - Selo de eficiência energética da União Européia _____	40
Figura 15 - O Certificado do Rótulo Ecológico _____	41
Figura 16 - O selo de rotulagem ecológica governamental alemã - Blue Angel _____	41
Figura 17 - O selo ambiental da União Européia - Ecolabel _____	42
Figura 18 - Agência A _____	43
Figura 19 - Agência B _____	44
Figura 20 - ENCE geral para projeto do edifício _____	51
Figura 21 - ENCE geral para edifício construído _____	52
Figura 22 - ENCE parcial - envoltória _____	53
Figura 23 - ENCE parcial - envoltória e iluminação _____	53
Figura 24 - ENCE parcial - envoltória e condicionamento de ar _____	54
Figura 25 - Mapa do zoneamento bioclimático brasileiro _____	56
Figura 26 - Comparativo entre AVS e AHS _____	61
Figura 27 - Proteção solar e ângulo horizontal de sombreamento _____	61
Figura 28 - Ângulo vertical de sombreamento _____	62
Figura 29 - Proteção solar e ângulo vertical de sombreamento _____	63
Figura 30 - Ângulo horizontal de sombreamento _____	63
Figura 31 - Proteção solar vertical e horizontal _____	64
Figura 32 - Divisão dos circuitos de um ambiente de 650 m ² _____	69
Figura 33 - Seletividade de luminárias em ambientes com contribuição da luz natural ____	70
Figura 34 – Orientações das fachadas da Agência A _____	80
Figura 35 - Telha da Agência A _____	81

Figura 36 - Parede da Agência A _____	83
Figura 37 - Iluminação perimetral para aproveitamento da luz natural _____	102
Figura 38 - Detalhe do aerador na torneira _____	105
Figura 39 - Medição in loco _____	110
Figura 40 - Detalhe do alicate amperímetro durante o processo de medição _____	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização do fornecimento na alta tensão _____	46
Tabela 2 - Métodos para avaliação parcial de cada critério _____	47
Tabela 3 - Equivalentes numéricos para os níveis de eficiência _____	48
Tabela 4 - Pontuação que estabelece o nível de eficiência geral do edifício _____	49
Tabela 5 - Quadro de parâmetros mínimos obrigatórios para obtenção do nível _____	57
Tabela 6 - Elementos considerados para o cálculo do Fator Altura e Fator Forma _____	60
Tabela 7 - Valores para o cálculo de indicador máximo de consumo de envoltória _____	66
Tabela 8 - Valores para o cálculo de indicador mínimo de consumo de envoltória _____	66
Tabela 9 - Limites de intervalos dos níveis de eficiência energética da envoltória _____	67
Tabela 10 - Pré-requisitos sistema iluminação _____	68
Tabela 11 - Densidades de potência de iluminação para os níveis de eficiência _____	71
Tabela 12 - Lista de ambientes e carga instalada _____	72
Tabela 13 - Potências limites para os níveis de eficiência _____	73
Tabela 14- Pré-requisitos do sistema de iluminação verificados na Agência A _____	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cálculo da ponderação por potência, caso os pré-requisitos sejam atendidos	77
Quadro 2 - Valor da eficiência do sistema nas condições descritas	78
Quadro 3 - Cálculo da transmitância térmica da cobertura da Agência A	82
Quadro 4 - Cálculo da transmitância térmica das paredes da Agência B	84
Quadro 5 - Cálculo das áreas internas da Agência A	85
Quadro 6 - Quadro de parâmetros mínimos obrigatórios para obtenção do nível	86
Quadro 7 - Quadros de valores medidos para cálculo do ICenv	87
Quadro 8 - Limites do ICenv para a Agência A	89
Quadro 9 - Valores de DPIL limite para cada nível de eficiência a ser utilizado em agências bancárias	91
Quadro 10 - Cálculo das DPIL da Agência A	92
Quadro 11 - COP mínimo para cada nível de eficiência energética	95
Quadro 12 - Cálculo da eficiência do sistema de condicionamento de ar da agência A	97
Quadro 13 - Valores utilizados no cálculo da envoltória da Agência B	99
Quadro 14 - Avaliação da Agência B de acordo com a legislação vigente	104
Quadro 15 - Comparativo entre agência A e agência B	107
Quadro 16 - Comparação Agência A x Agência B	108
Quadro 17- Medições na Agência B	112
Quadro 18 - Estimativas de consumo de energia da Agência B	113
Quadro 19 - Medições da Agência A	114
Quadro 20 - Estimativas de consumo de energia da Agência A	114
Quadro 21 - Nova configuração da Iluminação da Agência A	117

LISTA DE SIGLAS

Agência A	Agência escolhida e não etiquetada
Agência B	Agência etiquetada
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.</i>
CA	Conforto Ambiental
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
EEE	Eficiência Energética das Edificações
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROCEL Edifica	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica em Edificações
RAC-C	Regulamento de Avaliação de Conformidade
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-R Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

AC	área útil dos ambientes condicionados
AHS	ângulo horizontal de sombreamento
ANC	área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural através do método da simulação
AU	área útil
AVS	ângulo vertical de sombreamento
b	pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1
DPI	densidade de potência de iluminação
DPIL	densidade de potência de iluminação limite
EqNumCA	equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar
EqNumDPI	equivalente numérico do sistema de iluminação
EqNumEnv	equivalente numérico da envoltória
EqNumV	equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente
FA	fator altura
FF	fator forma
FS	fator solar
i	intervalo
IC _{env}	indicador de consumo de envoltória
IC _{máx}	indicador de consumo de envoltória máximo

IC _{mín}	indicador de consumo de envoltória mínimo
PAF _T	percentual de abertura da fachada total
PAF _O	percentual de abertura de fachada oeste
PAZ	percentual de abertura zenital
PT	pontuação total
VAV	<i>variable air volume</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	TEMA	15
1.2	PROBLEMA	17
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	OBJETIVO GERAL	17
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	INTRODUÇÃO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	22
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	22
2.2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES DESTINADAS AO USO BANCÁRIO	27
2.3	ETIQUETAGEM RELACIONADA À EFICIÊNCIA DE EDIFICAÇÕES	34
3	METODOLOGIA	43
3.1	DESCRIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DAS AGÊNCIAS A E B	43
3.1.1	AGÊNCIA A	43
3.1.2	AGÊNCIA B	44
3.2	O RTQ-C E A SUA METODOLOGIA	45
3.3	AVALIAÇÃO PARCIAL E GERAL DA EDIFICAÇÃO	51
3.4	PRÉ-REQUISITOS GERAIS DE AVALIAÇÃO DO RTQ-C	54
3.4.1	ENVOLTÓRIA	54
3.4.2	ILUMINAÇÃO	67
3.4.3	CONDICIONAMENTO DE AR	73
4	MEDIÇÕES E RESULTADOS	79
4.1	ETIQUETAGEM DA AGÊNCIA A	79
4.1.1	ENVOLTÓRIA	79
4.1.2	ILUMINAÇÃO	89
4.1.3	CONDICIONAMENTO DE AR	93
4.1.4	CLASSIFICAÇÃO GERAL	98
4.2	ETIQUETAGEM DA AGÊNCIA B	98
4.2.1	ENVOLTÓRIA	99
4.2.2	ILUMINAÇÃO	101
4.2.3	CONDICIONAMENTO DE AR	103
4.2.4	CLASSIFICAÇÃO GERAL	105

4.3. COMPARATIVO ENTRE A AGÊNCIA A E AGÊNCIA B	106
4.4. IMPLEMENTAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AGÊNCIA A	115
5. CONCLUSÃO	119
REFERÊNCIAS	121

1 INTRODUÇÃO

A vida humana exige diversos aspectos necessários ao seu desenvolvimento e bem estar, tais como: saneamento, transporte e energia.

Um país tem a energia como um dos principais elementos necessário para o seu crescimento e desenvolvimento econômico e social (ROCHA, 2005). A energia elétrica é o modo mais utilizado da energia, e é importante contextualizá-la ao desenvolvimento sustentável buscando uma utilização harmônica e adequada aos recursos naturais. Essa contextualização permite maior eficiência da energia – desde sua geração, passando pela transmissão e distribuição, até sua utilização final – e uma interação sustentável e equilibrada com o meio ambiente (REIS, 2003).

O mundo está passando por problemas ambientais e escassez de recursos naturais causados pelo uso inconsciente do ser humano, o que fez surgir uma nova tendência mundial apoiada pela possibilidade da falta de recursos: a utilização racional de energia buscando eliminar os desperdícios, com máximo desempenho e o menor consumo possível, além da exploração de fontes alternativas.

Seu uso racional apresenta-se como uma alternativa de baixo custo e de curto prazo de implantação, e em alguns casos é exigida apenas a mudança de hábito e dos procedimentos de uso. Essas mudanças resultam em significativas economias, além de seu impacto positivo no meio ambiente (ROCHA, 2005).

Visando o uso racional da energia, no Brasil foi decretada a Lei nº 10.295/2001 que: “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências”. Esta lei estabelece critérios de uso eficiente da energia em todas as vertentes de seu consumo, ou seja, uso inteligente da energia e desenvolvimento de equipamentos eficientes eletricamente.

1.1 TEMA

Voltado para a eficiência energética das edificações - EEE, foi criado o PROCEL Edifica (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica em Edificações) aliado ao Conforto Ambiental – CA. Seu plano de ação foi lançado em

2003 e contou com a contribuição de agentes ligados à construção civil e universidades de modo a desenvolver o programa de maneira atuante desde a sua criação. Atualmente, o PROCEL Edifica conta com diversas parcerias como: Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades, CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia), Eletrosul Centrais Elétricas S.A., CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), além de universidades públicas e particulares em todo o Brasil.

O PROCEL Edifica visa o consumo consciente de energia das edificações brasileiras, construindo a base necessária para a racionalização desse consumo. Uma de suas vertentes de ação – Subsídios à Regulamentação – define os parâmetros necessários para a verificação do nível de eficiência energética de edificações (PROCEL, 2010). A área de edificações é abrangente e está presente em todos os setores da economia do país, gerando articulação entre as diversas instituições das áreas governamental, tecnológica, econômica e de construção civil (PROCEL, 2003).

Em 2003, o Laboratório de Eficiência Energética (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), desenvolveu a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) a partir dos critérios descritos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

O RTQ-C apresenta os critérios utilizados para classificar a edificação como eficiente a partir de classificações parciais da envoltória¹, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar por meio de uma equação com pesos estabelecidos no regulamento. Permite ainda somar bonificações caso a edificação apresente inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou racionalização no consumo de água (PROCEL, 2010).

¹ Planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem (PROCEL, 2010 a).

1.2 PROBLEMA

O consumo de energia elétrica das agências bancárias é bastante intenso. Deve-se esse comportamento ao tipo de carga utilizado nas agências tais como equipamentos de informática e o uso de ar condicionado. Atualmente, observa-se um crescimento gradativo na estrutura física das agências permitindo um aumento da carga térmica no imóvel e por consequência um aumento no gasto de energia elétrica. Por isso, faz-se necessário o estudo da eficiência energética de uma agência bancária de modo a otimizar, racionalizar e reduzir os gastos com o uso da energia elétrica.

A instituição bancária, as quais fazem parte as agências Agência A e Agência B que foram estudadas, apresenta um programa que busca a etiquetagem da eficiência energética de todas as suas unidades. Porém como trata-se de uma atividade recente, apenas uma agência foi etiquetada com o selo ENCE. Além disso, é necessário estudar a economia obtida após o recebimento do selo ENCE para avaliar a real eficiência da agência etiquetada, comparando-a com outras agências de mesmo porte que ainda não receberam o selo.

De acordo com o site do LabEEE², até 25 de julho de 2011 apenas 25 edifícios receberam o selo ENCE e após esse recebimento, não há informações sobre a real economia verificada nessas edificações.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar a eficiência energética de uma agência bancária em Curitiba-PR considerando os parâmetros do RTQ-C do INMETRO.

² [<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/comercial/edificios-etiquetados>], acessado em 03 de setembro de 2011.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar as teorias de iluminação, condicionamento de ar e envoltória;
- estudar a metodologia e o funcionamento do RTQ-C;
- relacionar os principais pontos empregados na metodologia de avaliação do RTQ-C nos 3 critérios: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar;
- realizar medições e inspeções *in loco* visando o levantamento das cargas instaladas e do consumo de energia por uso final em duas agências (uma delas etiquetada e a outra não);
- traçar o perfil de carga da agência etiquetada e da agência não etiquetada;
- comparar o consumo de energia por uso final da agência A em Curitiba que não está etiquetada com agência B, também em Curitiba e de mesmo porte, porém já etiquetada;
- avaliar, segundo os critérios do RTQ-C, a classificação da eficiência energética da agência que ainda não tem o selo ENCE e propor melhorias para o atual projeto da agência, visando atingir o critério máximo de eficiência do selo ENCE;
- analisar a viabilidade econômica das alternativas sugeridas.

1.4 JUSTIFICATIVA

A implantação do selo ENCE irá permitir por parte dos usuários da edificação uma maior conscientização do uso da energia, de modo a diminuir o consumo e a racionalizar seu uso. Além disso, a etiquetagem de outra agência de mesmo porte, mas que não tem o selo ENCE, torna possível a divulgação e implantação em maior escala do projeto que a instituição bancária desenvolve.

O RTQ-C foi aprovado em 8 de junho de 2009, mas a etiquetagem das edificações ainda possui caráter voluntário. Há a previsão de que a etiquetagem tome caráter compulsório numa data futura ainda a ser definida pelo Ministério de Minas e Energia – MME. Por isso é importante que as agências estabeleçam já na etapa de projetos critérios que permitam a edificação obter o selo ENCE, pois esse planejamento diminui a necessidade de futuros gastos com melhorias estruturais e equipamentos.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os estudos a respeito dos três critérios principais de avaliação do RTQ-C (envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar) serão realizados por meio de pesquisas em livros referentes à conservação de energia e eficiência energética, sites da internet, artigos científicos, monografias, e correlatos ao assunto.

Será, então, estudado a metodologia e o funcionamento do RTQ-C, a partir do próprio regulamento e manuais de aplicação do RTQ-C.

Com isso, serão relacionados no trabalho os principais pontos empregados na metodologia para realizar a avaliação da eficiência energética de uma edificação nos 3 critérios: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar.

Será realizado um levantamento de dados como potência instalada e consumo médio de energia por uso final em cada um dos tipos de cargas presentes em uma agência bancária por meio de medições e inspeções *in loco*. E ainda, será realizada a análise das características construtivas das edificações, dos equipamentos de iluminação e condicionamento de ar. Isto será feito nas duas agências.

A partir dos dados obtidos será traçado o perfil de carga para a agência bancária etiquetada e para a agência não etiquetada, e a média de consumo de energia durante o período de um ano. Com este procedimento feito para as duas

agências será possível verificar se a agência que possui o selo ENCE realmente utiliza a energia de forma otimizada.

Com os dados levantados por meio da análise dos projetos da agência que não possui o selo ENCE e das medições realizadas, será possível aplicar a metodologia dos parâmetros do RTQ-C na agência não etiquetada. O resultado será apresentado por meio de uma nota para cada um dos critérios avaliados pelo RTQ-C e de uma nota geral da eficiência do edifício.

Essa avaliação será realizada a partir da classificação do nível de eficiência energética recebida pela agência não etiquetada, quando serão sugeridas melhorias que poderão ser propostas ao projeto da agência para que esta atinja o critério máximo do RTQ-C.

Será feita uma análise da viabilidade econômica para as alternativas que apresentam um potencial de conservação de energia, e assim será estimado o tempo de retorno de investimentos necessário para pagar as alterações feitas no projeto da agência.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será composto de cinco capítulos. O primeiro capítulo será a introdução que apresenta o problema, os objetivos, a justificativa e os procedimentos metodológicos definidos na proposta para que o trabalho seja desenvolvido.

O segundo capítulo será destinado à introdução teórica aos fatores que envolvem o uso de energia elétrica no Brasil e às áreas de conhecimento que servem de base para os critérios de avaliação do RTQ-C como os conceitos de Eficiência Energética, Arquitetura Bioclimática e do uso final da energia elétrica em edificações, mais especificamente em agências bancárias.

O terceiro capítulo apresentará a metodologia que envolve os critérios de avaliação do RTQ-C e os seus manuais de utilização.

O quarto capítulo será responsável pela análise de resultados, onde será desenvolvido o estudo do caso considerando os critérios do RTQ-C do INMETRO, observando-se os fatores que envolvem o perfil característico de uma agência que obtém o selo ENCE e de uma que não obtém selo. Dessa forma, será feita a comparação entre as duas agências e as possíveis alternativas para que a agência considerada ineficiente obtenha o selo.

O quinto capítulo será destinado às considerações finais obtidas a partir do desenvolvimento do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INTRODUÇÃO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Até recentemente o homem buscou desenfreadamente o desenvolvimento humano e social. Porém, este desenvolvimento sempre esteve diretamente ligado e foi alavancado pelo uso de diversas formas de energia. Assim, o uso dessa energia pelo homem foi feito de todas as formas possíveis, com menor custo e ignorando as possíveis consequências que esse uso viria a trazer. O resultado foi o desperdício, o uso “irracional” e uma possível falta de alguns recursos que são utilizados para gerar energia (MARQUES et al., 2001). Sendo assim, a busca pela eficiência energética se torna cada vez mais constante.

A eficiência energética diz respeito à melhora do consumo de energia primária necessária para produzir tal serviço de energia. A energia primária é aquela cujas fontes são retiradas da natureza, de resíduos naturais ou de processos industriais tais como energia eólica, energia hidráulica, carvão, gás natural, bagaço da cana, entre outros (ASPE, s.d). Além de benefícios no próprio setor energético como diminuição da ponta do sistema para as concessionárias e melhoria nos equipamentos, os programas de eficiência energética propiciam um aumento na consciência e sensibilização contra o desperdício. E ainda, geram benefícios para a economia e macroeconomia e a diminuição das emissões ao meio ambiente (PANESI, 2006).

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Nos dias de hoje, além dos seus aspectos estruturais, formais e funcionais a arquitetura das edificações também está ligada à eficiência energética destas. Comparativamente, uma edificação pode ser considerada mais eficiente que a outra quando com as mesmas condições ambientais proporciona um menor consumo de energia. A figura 1 exemplifica o conceito atual da arquitetura de uma edificação.



Figura 1 - Conceito atual da arquitetura de uma edificação

Fonte: Lamberts, 1997.

Na arquitetura, os conceitos principais levados em conta na construção de uma edificação eram: a solidez, a utilidade e a beleza. Porém, observa-se na figura 1 que a ligação entre a evolução das formas das edificações e a preocupação com a economia e com o conforto fez a eficiência energética se tornar um fator importante na arquitetura das edificações.

Na busca pela eficiência da edificação, observa-se grande aumento de campanhas que incentivam o uso consciente da energia, o aparecimento de aparelhos eletroeletrônicos mais eficientes e ainda, a elaboração de projetos que desenvolvam o estudo da eficiência da edificação, auxiliando na estrutura arquitetônica e no bom uso da energia elétrica.

Com o crescimento desenfreado da economia, o mundo se viu enfrentando um grande aumento na estrutura de suas edificações. Com a crise do setor energético na década de 70 e com o aumento da população urbana na década de 80 os edifícios se tornaram cada vez mais colossais, independente de qual era a zona bioclimática em que a edificação estava sendo construída. A preocupação de tornar essa edificação confortável em relação ao clima era do projetista, que, portanto deveria adequá-la por meio de sistemas de iluminação e condicionamento de ar ao conforto buscado pelo homem. Assim, exigiu-se do setor energético uma

demanda cada vez maior causando um grande impacto ambiental a partir da construção de novas usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares e o aumento de investimentos do governo no setor energético, diminuindo os investimentos em outros setores (LAMBERTS, 1997).

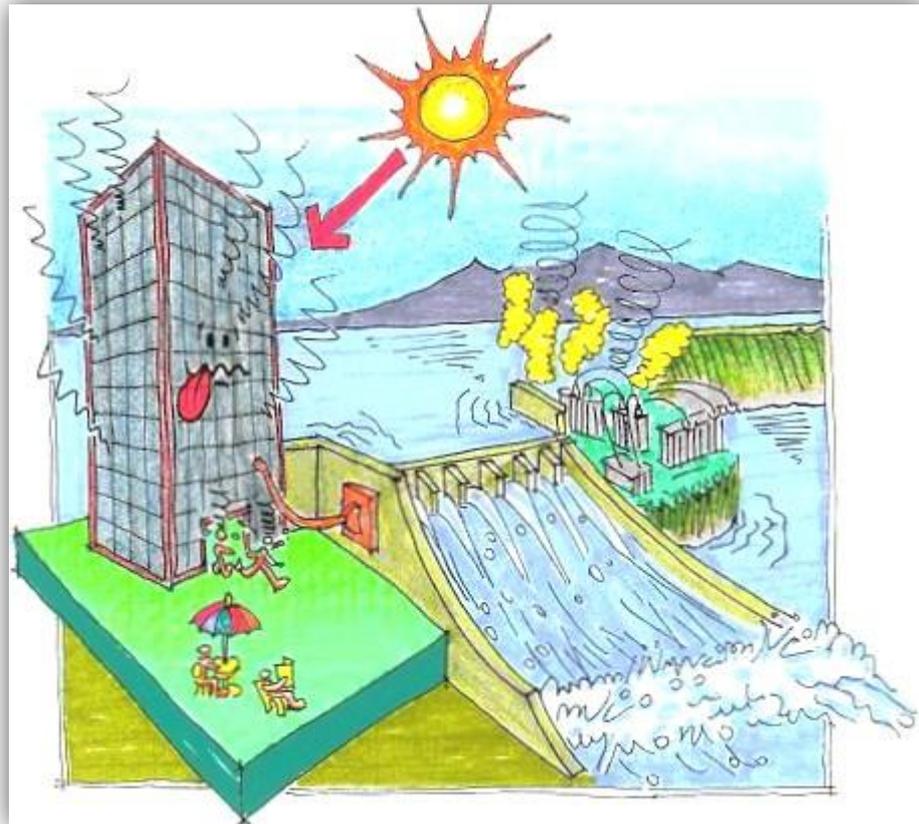


Figura 2 - Edificação "estufa"

Fonte: Lamberts, 1997.

Na figura 2 observa-se o impacto que esses edifícios colossais provocam na geração de energia. Por haver uma crescente preocupação com o conforto visual e térmico dos ocupantes independente da zona climática em que se situa a edificação, por meio de sistemas de iluminação e sistemas de condicionamento de ar, cada vez é necessário gerar mais de forma a suprir essa necessidade.

Com a crescente da população urbana brasileira, o uso de energia por parte das edificações também vem crescendo, já que estão diretamente ligados. Isto porque apesar do crescente número de projetos e divulgação do uso consciente da energia, ainda é escasso considerando a porcentagem do consumo de energia elétrica em relação a toda energia gerada no Brasil.

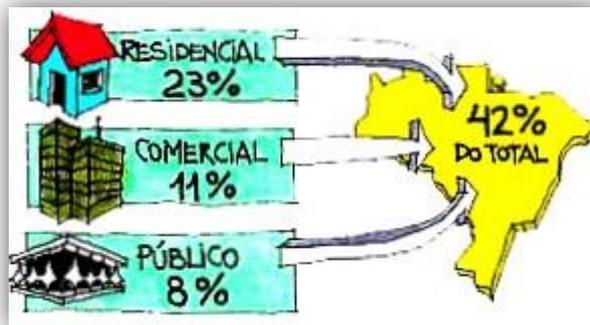


Figura 3 - Consumo de energia elétrica no Brasil por parte das edificações

Fonte: Lamberts, 1997.

A figura 3 mostra o percentual de consumo de energia elétrica no Brasil pelas edificações. De toda a energia consumida no Brasil as edificações são responsáveis por 42%, exigindo um aumento da estrutura do setor energético e uma crescente preocupação com as consequências de seu uso para o meio ambiente.

Como a avaliação da eficiência energética da edificação pelo RTQ-C é realizada segundo análise de envoltória, iluminação e condicionamento de ar, buscase descrever o que é cada um desses sistemas para a edificação.

- Envoltória

Uma envoltória é definida a partir das características físicas do edifício. Os parâmetros que definem uma envoltória compõem o que é chamado de “pele” do edifício, tais como cobertura, fachada e aberturas, e são complementados pelo

volume, área de piso e orientação da fachada. Portanto, a envoltória é definida como o conjunto de elementos que entram em contato com o meio externo e compõem os fechamentos internos em relação ao ambiente externo. Qualquer tipo de elementos que se localize acima do solo, que pertença ao edifício e tenha contato prolongado com o meio exterior faz parte da envoltória. Ambientes localizados no subsolo não fazem parte da envoltória (PROCEL, 2010 b).

A figura 4 mostra as partes que compõem a envoltória.

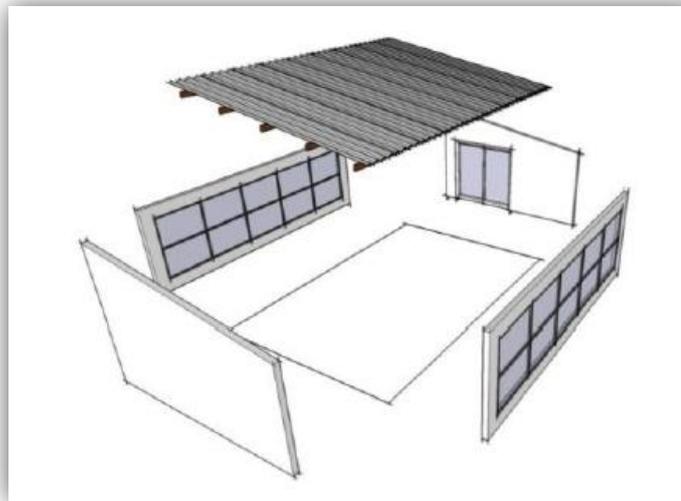


Figura 4 - Partes do edifício que compõem a envoltória

Fonte: PROCEL, 2010 b.

Segundo o RTQ-C, o piso pode fazer parte da envoltória quando em contato com o meio exterior. Porém, na avaliação da edificação o contato com o piso não é computado na área da envoltória.

- Iluminação

A iluminação é um sistema que se tornou inseparável de uma edificação. Sem ela, não é possível ter edifícios com grandes áreas construídas e muitos pavimentos, até porque a luz natural não venceria iluminar todo esse espaço. O sistema de iluminação permite também que as edificações continuem funcionando durante a

noite, quando não há uma luz natural que seja eficiente. Um bom projeto de iluminação deve garantir as pessoas maior visibilidade e segurança com menor esforço possível. Um sistema de iluminação é composto por lâmpadas, luminárias, reatores, sistemas de controle, janelas, entre outros fatores. Para que o sistema seja então eficiente, deve ser levado em conta o desempenho individual de cada um desses elementos, bem como a integração do sistema de iluminação com fatores do sistema de iluminação natural (LAMBERTS, 1997).

- Condicionamento de Ar

Condicionar o ar é controlar num certo ambiente a pureza, a umidade, a temperatura e a movimentação do ar sem influencia das condições climáticas exteriores. O sistema de condicionamento de ar é visto como indispensável em vários tipos de edificações comerciais, industriais e residenciais devido à necessidade dessas edificações que podem ser tais como: conforto e aumento da produtividade em um ambiente de trabalho, indústrias manufatureiras que exigem um controle de temperatura, umidade e pureza do ar como para fabricação de produtos alimentícios e farmacêuticos, ambientes onde se operam produtos inflamáveis ou tóxicos e residências localizadas em locais com clima pouco agradável. E ainda, há outros exemplos mais específicos como ambientes onde se processam materiais higroscópicos³, locais que exigem a eliminação da eletricidade estática para prevenir incêndios ou explosões e etapas na produção que necessitam do controle das reações químicas (cristalização, corrosão de metais, ação de microorganismos, entre outros) (MARQUES, 2001).

2.2.1 Eficiência Energética em Edificações Destinadas ao Uso Bancário

A instalação de uma agência bancária normalmente é feita em ambientes cujas características atendam as necessidades dessa tipologia, porém durante o

³ Materiais que possuem a propriedade de absorver a umidade e, portanto impedir a evaporação pelos poros (ZATEC, 2009).

processo de escolha da edificação ainda não existem critérios bem estabelecidos em relação aos conceitos de eficiência energética (PEDREIRA; AMORIM, 2010).

Sendo assim, o imóvel adotado para a instalação da unidade bancária pode ser feito de maneira equivocada, principalmente quanto à envoltória. Isso porque as agências são instaladas em edifícios alugados que já estão construídos, e que não possuem uma envoltória adequada para proporcionar o nível de conforto térmico e luminoso adequado a uma instalação desse tipo.

Tradicionalmente, as edificações bancárias são grandes consumidoras de energia, chegando a gastar mais que os demais serviços profissionais (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992). Isso ocorre devido à necessidade de uma climatização artificial do ar para proporcionar um conforto térmico adequado, fato diretamente relacionado ao Condicionamento de Ar e Envoltória, que são critérios de avaliação de eficiência energética de edificações pelo RTQ-C.

As variáveis arquitetônicas e os fatores climáticos que são determinantes na eficiência energética da envoltória da edificação variam de acordo com a zona bioclimática no país (PROCEL, 2009). Uma vez que uma agência seja instalada em um edifício cuja envoltória não propicie certo aproveitamento de algumas características, tais como ventilação natural e iluminação natural, faz-se necessário um gasto de energia com iluminação e condicionamento de ar. Isto proporciona iluminância e conforto térmico adequados, tendo um impacto direto no consumo de energia elétrica da edificação e criando uma relação de maior ou menor eficiência energética.

No Brasil, o consumo de energia elétrica entre os diversos setores está descrito na figura 5.

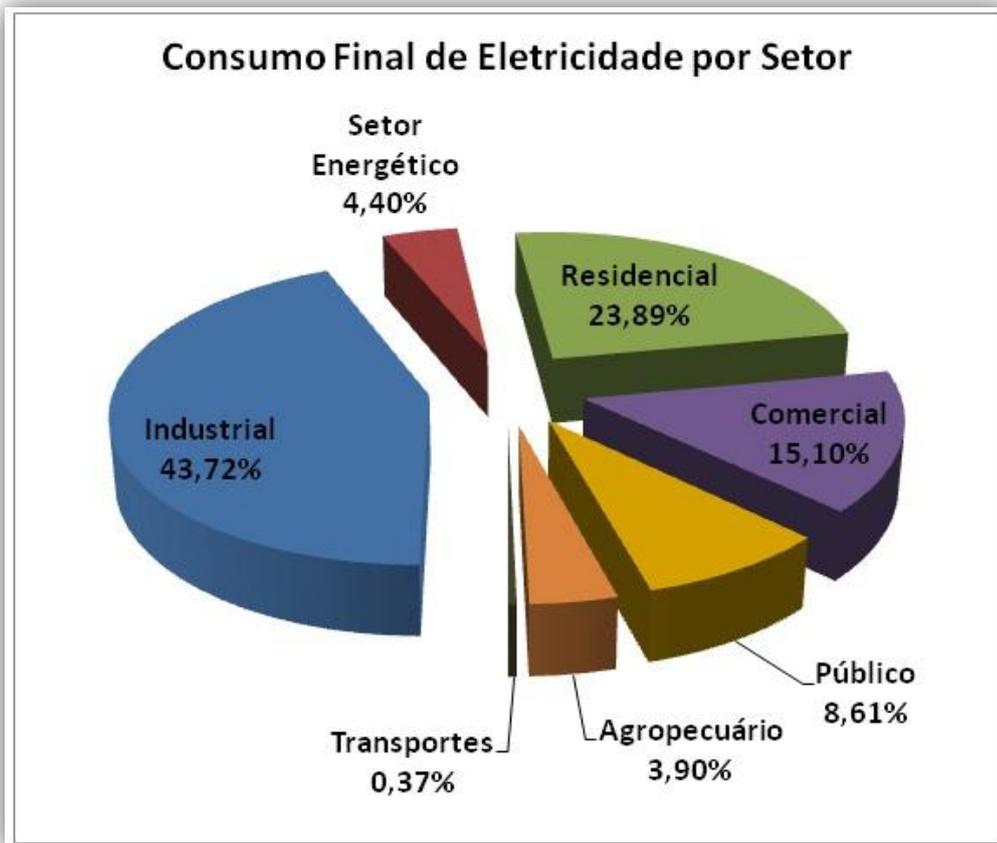


Figura 5 - Consumo final de energia por setor

Fonte: BEN, 2010.

De acordo com a figura 5, o setor comercial representa 15,10% do consumo final de eletricidade no setor comercial no Brasil, setor o qual as agências bancárias se enquadram. Comparada com a figura 3 que é de 1997, observa-se que houve um aumento de 4% no consumo de energia do setor comercial.

A maneira de utilização de energia elétrica em uma agência bancária é quase a mesma de qualquer escritório, diferenciando-se em relação ao perfil de carga e horário de utilização. Na figura 6 é apresentado um gráfico referente ao consumo de energia elétrica por uso final em escritórios de diferentes cidades do Brasil:

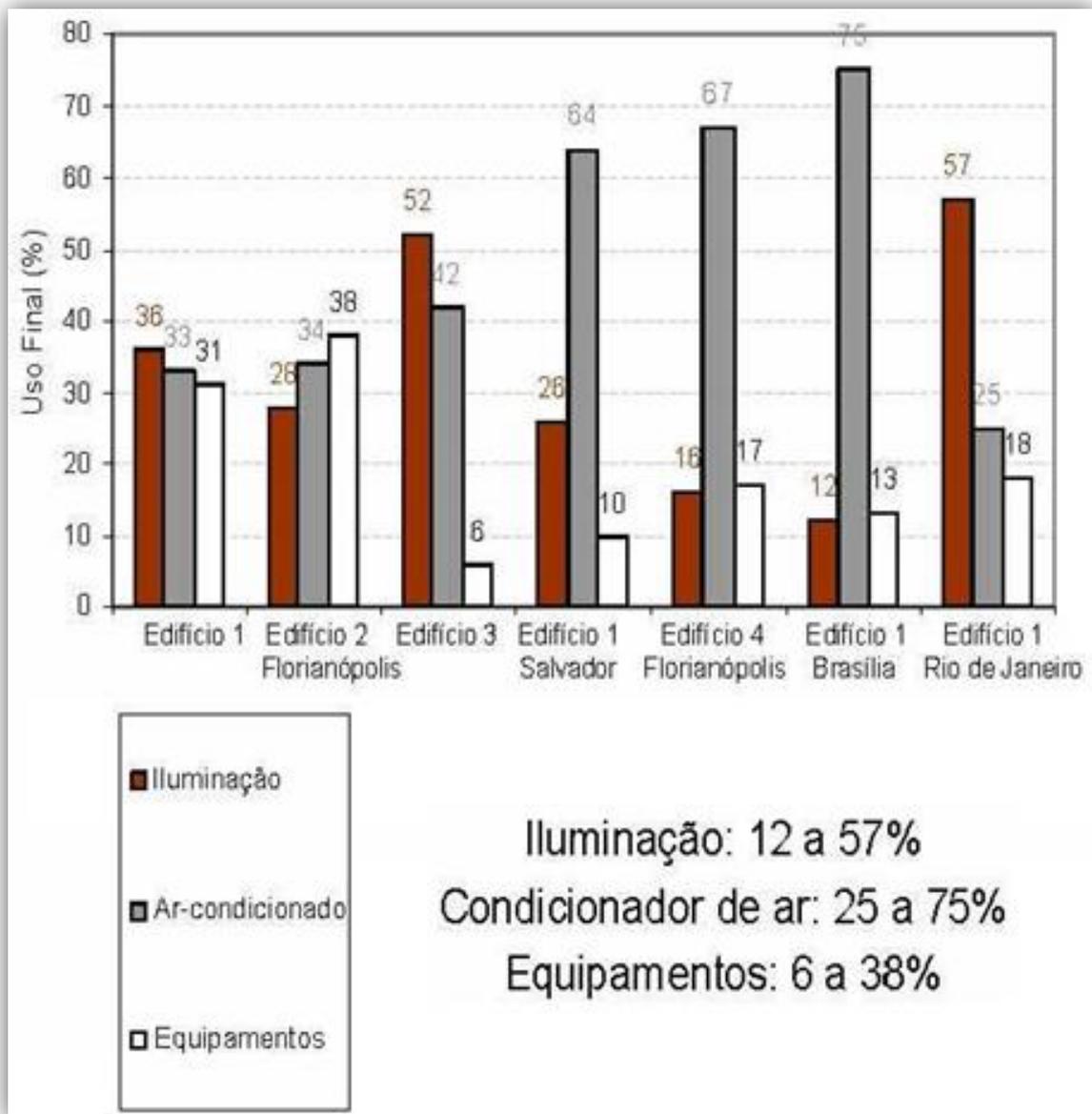


Figura 6 - Uso final de energia em escritórios

Fonte: CEOTTO, 2008.

De acordo com a figura 6, mesmo em diferentes cidades do Brasil, existem basicamente três parcelas de consumo de energia em edificações compostas por escritórios: iluminação, ar condicionado e equipamentos (eletrônicos e de informática). A parcela referente ao ar condicionado é a mais significativa em alguns dos casos, dependendo de onde o escritório está situado. A parcela referente à iluminação também constitui grande parte do consumo de energia elétrica, e a parte de equipamentos representa normalmente a menor parcela no consumo de energia.

Para o caso de uma agência bancária, o consumo mais significativo é referente ao condicionamento de ar, seguido da iluminação e por último, equipamentos.

Na figura 7 é apresentada uma curva de carga levantada ao longo do mês de Fevereiro do ano de 2008, de uma agência bancária situada na cidade de Toledo – PR.

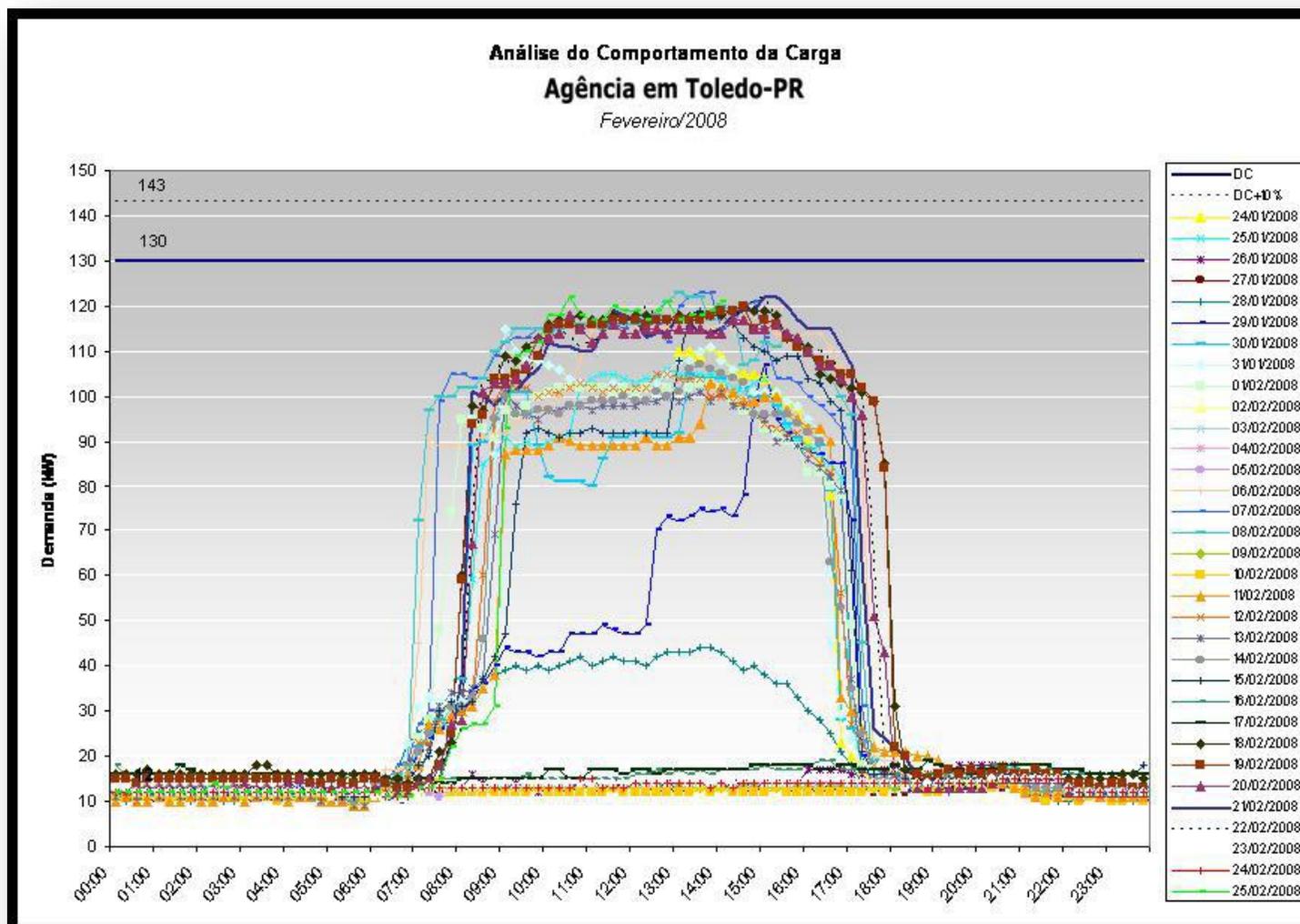


Figura 7 - Análise do comportamento da carga de uma agência bancária em Toledo-PR

Em um dia útil típico apresentado na figura 7, o consumo de energia na agência possui padrões muito baixos, aproximadamente 15 kW de demanda no exemplo analisado, no horário onde a agência está fechada, das 19h até as 7h, pois apenas equipamentos de segurança como câmeras e alarmes permanecem ligados. Pela manhã, após as 8h, a agência começa entrar em atividade e toda a iluminação, computadores, máquinas de auto-atendimento e equipamentos de ar condicionado são ligados. Neste momento, a demanda de energia da agência está em torno de 120 kW. A carga permanece constante e elevada durante todo o dia. Após o atendimento ao público ser cessado, alguns funcionários permanecem na agência até próximo das 18h. Com o fechamento efetivo da agência, a carga novamente volta ao valor de aproximadamente 15 kW.

Medidas de eficiência energética possuem um impacto muito grande no que diz respeito ao custo de uma edificação. Dividindo o custo total de uma edificação, desde a sua idealização até o fim da vida útil de projeto desta, tem-se a seguinte divisão mostrada na figura 8.



Figura 8 - Custo total de um edifício comercial em 50 anos

Fonte: CEOTTO, 2008.

A figura 8 apresenta em valores percentuais a estimativa do custo total de um edifício comercial, desde a sua idealização até a adaptação para reuso da instalação, tempo aproximado de 50 anos. As parcelas mais significativas para o custo total da edificação estão na fase de construção, representando 14% do custo total, e a maior parcela no uso e operação da instalação. Durante essa fase, os gastos com a instalação equivalem a 80% do custo total de um edifício comercial. No uso e operação estão inclusos gastos com manutenção, energia elétrica, água e telefonia. Medidas de eficiência energética devem ser adotadas na fase de projeto e durante o uso da edificação.

Durante o uso e operação, é possível a tomada de medidas como: a realização de avaliações para possíveis substituições de equipamentos por outros mais eficientes e treinamento dos usuários da instalação. Apesar da implantação destas ações implicarem em um custo inicial, em longo prazo o custo total da edificação reduz consideravelmente.

2.3 ETIQUETAGEM RELACIONADA À EFICIÊNCIA DE EDIFICAÇÕES

Atualmente, o processo de etiquetagem das edificações brasileiras ocorre de forma distinta para edifícios comerciais (públicos e de serviços) e para edifícios residenciais. A metodologia utilizada para realizar essa avaliação está contida no RTQ⁴ e foi publicada em 2009, inicialmente para edificações comerciais (RTQ-C), e revisada em 2010, ano em que também foi publicada a metodologia para edificações residenciais (RTQ-R). As etiquetas são emitidas pelo LabEEE – UFSC, organismo de inspeção que foi designado pelo Inmetro para tal ação (PROCEL, 2003 a).

O RTQ não garante a eficiência energética de um edifício, pois maiores níveis de eficiência podem ser alcançados a partir de estratégias definidas em projeto e iniciativa de membros ligados à construção do edifício (arquitetos, engenheiros e empreendedores). Os usuários da edificação também são determinantes para alcançar altos níveis de eficiência através de seus hábitos e consumo de energia, diminuindo assim o desperdício (PROCEL, 2010 b).

⁴ Regulamento Técnico de Qualidade

Para ser etiquetada e obter o selo ENCE, é concedida a edificação um selo na fase de projeto e um após a construção do edifício. Essa edificação deve ser avaliada pelo método prescritivo ou pelo método de simulação, mas o edifício que já está construído deve ser avaliado apenas por inspeções *in loco* (PROCEL, 2003 a). A obtenção da etiqueta de eficiência não é definitiva, podendo ser continuamente melhorada por inovações que o edifício possa vir a apresentar, aprimorando sua eficiência energética (PROCEL, 2010 b).

Nos edifícios comerciais a avaliação é realizada em três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. E ainda, a etiqueta pode ser concedida de forma parcial, desde que sempre leve em conta a avaliação da envoltória (PROCEL, 2003 a).

Segundo o RTQ-C, o nível de eficiência vai de A até E como está descrito na figura 9. Não fica definido um limite superior para o nível A, já que os níveis de eficiência energética conseguidos podem ser cada vez mais altos devido à crescente pela busca de melhores desempenhos.



Figura 9 - Níveis de eficiência

Fonte: (PROCEL, 2010 b).

Para que uma edificação atinja níveis maiores de eficiência, além de planejamento e execução de modo efetivo dos projetos até que a edificação se comporte de modo esperado, é de suma importância a participação dos usuários. No Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C é desenvolvida uma ideia da importância do usuário da edificação para a sua eficiência:

Um edifício eficiente com usuários ineficientes pode tornar-se um edifício ineficiente. Da mesma forma, edifícios ineficientes, podem aumentar de forma considerável a sua eficiência se houver um empenho dos seus usuários nesse sentido (PROCEL, 2010 b).

Por isso, estar atento às atitudes também auxilia a edificação a obter o selo ENCE e ser exemplo de eficiência energética.

2.4 PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM NO MUNDO E SISTEMAS DE CERTIFICAÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO MUNDO

O selo de eficiência energética é uma prática que não ocorre apenas no Brasil, pois existem no mundo vários países que utilizam selos de eficiência. Com o aumento dos altos custos de extração do petróleo, e com uma previsão para uma diminuição dramática das reservas de petróleo, mas das maneiras encontradas para estender o tempo de reservas energéticas foi a utilização de produtos mais eficientes, sem que houvesse diminuição da qualidade de produtos e construções.

Juntamente com os problemas do alto custo de exploração reservas energéticas tradicionais, a queima de combustíveis para a geração de energia, agravou significativamente os problemas ambientais. As ONGs ambientalistas, medidas políticas e fortes campanhas publicitárias fizeram com que surgisse uma cultura de sustentabilidade. E com o crescimento da cultura de sustentabilidade fez com que ser “verde” se tornasse comercialmente atraente. Expandindo o conceito para a indústria, para carros (com certificados de “indústria eficiente”), produtos eletroeletrônicos, eletrodomésticos e edifícios energeticamente eficientes.

A figura 10 mostra os diversos selos de eficiência energética no mundo.

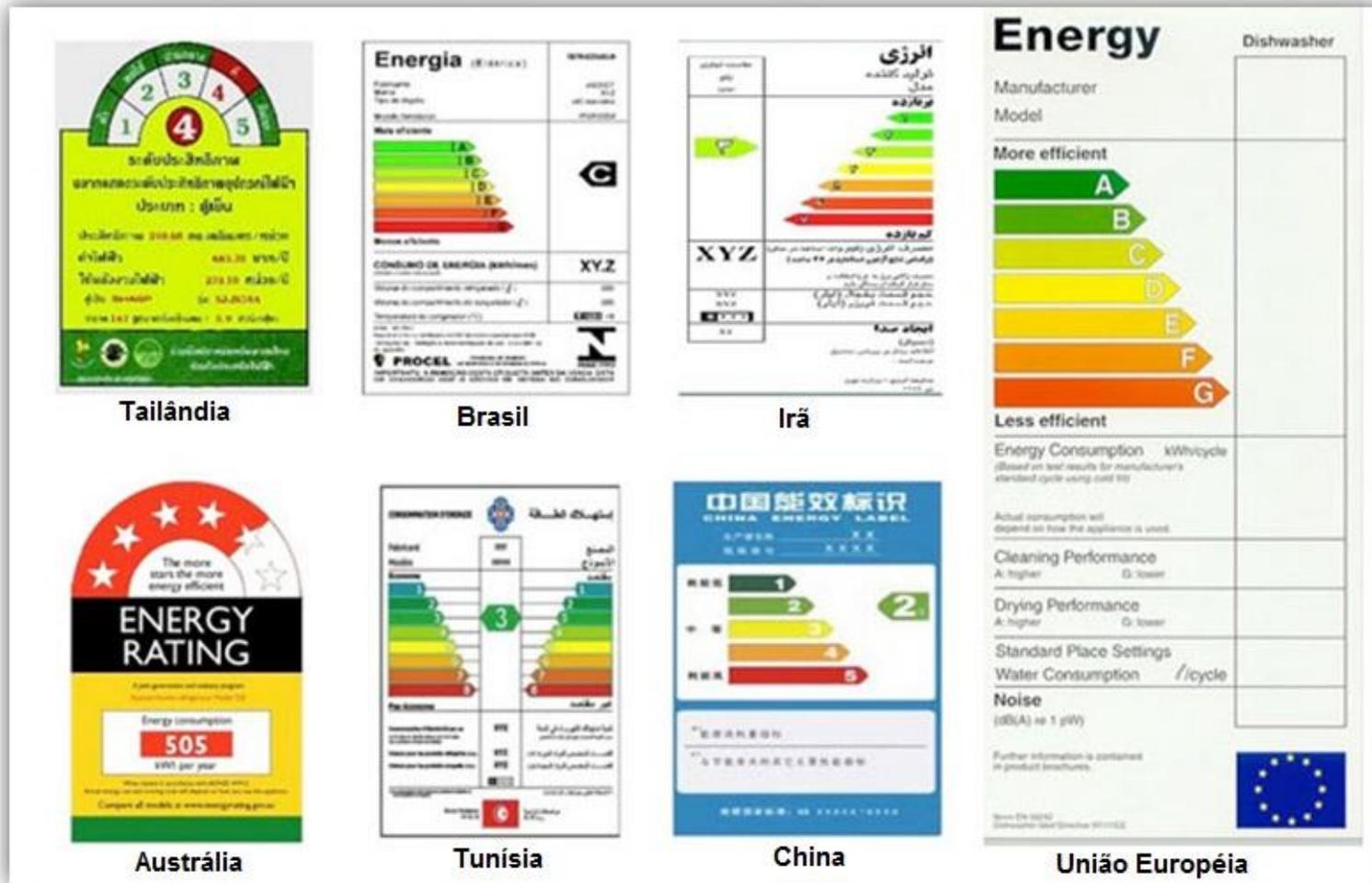


Figura 10 - Selos de eficiência energética no mundo

Fonte: Arquitetura e Sustentabilidade

Nas figuras 11, 12, 13 e 14 apresentam-se os selos de eficiência energética da Tailândia, China, Austrália e União Européia detalhadamente.



Figura 11 - Selo de eficiência energética da Tailândia

Fonte: United Nations, s.d.



Figura 12 - Selo de eficiência energética da China

Fonte: China Environmental Law, s.d.

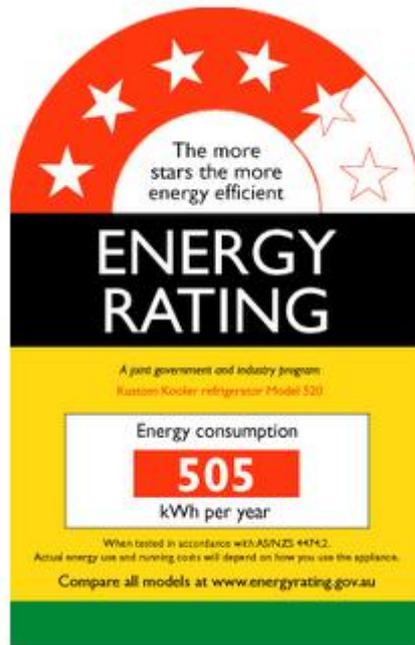


Figura 13 - Selo de eficiência energética da Austrália

Fonte: Green Living, s.d.

O selo da figura 13 é o selo australiano de um refrigerado que mostra o índice de consumo anual de energia.



Figura 14 - Selo de eficiência energética da União Europeia

Fonte: Design Mind, s.d.

O selo da figura 14 é o selo de eficiência energética da união europeia de uma máquina de lavar roupas que mostra índices de performance da lavagem, secagem e capacidade de índice de consumo de água

A Organização Internacional de Normalização (ISO) desenvolveu normas para rotulagem ambiental, devido ao surgimento crescente de rótulos ambientais. A classificação dos diversos tipos de rotulagem inclui o relatório técnico TR ISO 14025, Rótulo Ambiental Tipo III (O ECO, s.d).



Figura 15 - O Certificado do Rótulo Ecológico

Fonte: O ECO, s.d.

Na figura 15 apresenta-se o selo de Qualidade Ambiental da ABNT, representante da ISO (*International Organization for Standardization*) no Brasil, que identifica os produtos de menor impacto ambiental em comparação como, por exemplo, os eletrodomésticos, o papel, as baterias automotivas, os móveis de madeira e as lâmpadas.



Figura 16 - O selo de rotulagem ecológica governamental alemã - Blue Angel

Fonte: O ECO, s.d.

Na figura 16 apresenta-se o selo de rotulagem ecológica governamental alemã, o Blue Angel, que possui mais de 30 anos de existência e já rotulou mais de 4 mil produtos aprovados pela agência ambiental alemã.



Figura 17 - O selo ambiental da União Européia - Ecolabel

Fonte: O ECO, s.d.

O Ecolabel é apresentado na figura 17, e é o selo utilizado na união européia. Este selo avalia todos os aspectos ambientais ao longo do ciclo da vida do produto (O ECO, s.d).

Os selos ecológicos visam o uso eficiente de energia, diminuindo gastos com novas usinas e com a infraestrutura necessária para o transporte de energia. Estes selos visam também à redução da destruição de ambientes e a redução na emissão de poluentes.

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DAS AGÊNCIAS A E B

3.1.1 Agência A

A figura 18 mostra a fachada a Agência A.



Figura 18 - Agência A

Fonte: Arquivo dos autores.

A agência A, também localizada em Curitiba – PR, não passou pelo processo de certificação do INMETRO. É uma edificação comercial composta também por 2 pavimentos, térreo e superior. A área total construída da unidade é de 1558,43 m², sendo a área interna de 1006,4 m². A inauguração do imóvel ocorreu em outubro de

2009 e possui tensão de fornecimento em 13,8 kV (Grupo Tarifário A4). A agência A possui 16 funcionários.

3.1.2 Agência B

A figura 19 mostra a fachada a Agência B.



Figura 19 - Agência B

Fonte: Arquivo dos autores.

A agência B é uma agência localizada em Curitiba – PR que já passou pelo processo de etiquetagem. É uma edificação comercial composta por dois pavimentos, térreo e superior, com uma área total construída de 1556,61 m², sendo a área interna de 971,90 m². O imóvel foi inaugurado em dezembro de 2008, e possui tensão de fornecimento em 13,8 kV (Grupo Tarifário A4). A equipe de funcionários, também, é composta por 16 pessoas. A unidade recebeu critério geral A, com uma pontuação geral de 5,02 pontos, sendo 1,0 de bonificações. A envoltória

recebeu critério A. O sistema de iluminação recebeu critério B, com uma área iluminada total de 902,61 m². O condicionamento do ar, que é do tipo split contained e split, com uma relação de AC/AU (área condicionada por área útil) de 0,88, recebeu uma avaliação individual C.

O imóvel recebeu o critério A do INMETRO em julho de 2009, e a validade dessa certificação é de 3 anos, até julho de 2012.

3.2 O RTQ-C E A SUA METODOLOGIA

O RTQ-C tem como objetivo criar métodos que proporcionem a redução de consumo de energia elétrica nas construções do tipo comercial e de serviços públicos sem que haja a perda de conforto para o homem.

O perfil das construções abrangidas pelo RTQ-C são:

- edifícios com área superior a 500 m² e/ou com uma tensão de fornecimento superior a 2,3 kV (consumidores de alta tensão) inclui-se neste grupo edifícios condicionados, condicionados parcialmente, e edifícios não condicionados;
- edifícios mistos⁵ que ultrapassem 500 m² (exige-se uma avaliação separada excluindo a parte residencial).

Os consumidores de alta tensão são divididos nos subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4, AS e se caracterizam segundo a tensão de fornecimento conforme a tabela 1.

⁵ Edifícios com dois ou mais tipos de utilização tais como uso residencial, uso comercial, de serviços e uso público (PROCEL, 2010 a).

Tabela 1 - Caracterização do fornecimento na alta tensão

Subgrupos	Tensão de fornecimento
A1	>230kV
A2	88kV a 138kV
A3	69kV
A3a	30kV a 44 kV
A4	2,3kV a 25kV
AS	Subterrâneo

Fonte: PROCEL, 2010 a.

A etiquetagem de edifícios, de acordo com RTQ-C, é prevista através do método prescritivo ou da simulação. Nessas duas formas de avaliação, a edificação que pretende obter o selo ENCE deve ter uma envoltória com um desempenho satisfatório segundo o RTQ-C, uma boa eficiência da potência instalada na iluminação e um sistema de condicionamento de ar eficiente, sendo esses os requisitos para realização da etiquetagem. Posteriormente, será realizada a distinção entre o método prescritivo e a simulação.

Sendo assim, o RTQ-C separa a estrutura da edificação a ser avaliada em três itens (envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar) e a classificação de cada um desses itens varia de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente).

Edificações que possuam área mínima e tensão de alimentação de 2,3 kV também podem ter seus sistemas avaliados, contudo, essa avaliação deve ser

realizada separadamente. Para avaliação do nível de eficiência da envoltória, o cálculo deve ser realizado para a edificação completa. Já para os sistemas de iluminação e de condicionamento de ar, esse cálculo pode ser realizado por pavimento ou por grupo de salas. Os edifícios que não possuem condicionamento de ar devem comprovar por simulação que os ambientes possuem o conforto térmico estabelecido pelo RTQ-C dentro do percentual de horas ocupadas. Realizada a avaliação individual, são atribuídos pesos a cada item, resultando no nível geral de eficiência da edificação. A avaliação geral só pode ser realizada se as avaliações parciais seguirem os métodos previstos, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Métodos para avaliação parcial de cada critério

Envoltória	Sistema de iluminação	Sistema de condicionamento de ar	Ventilação natural
Método prescritivo	Método prescritivo	Método prescritivo	Método simulação
Método simulação	Método simulação	Método simulação	Método simulação
Método simulação	Método prescritivo	Método prescritivo	Método simulação

Fonte: PROCEL, 2010 a.

Os pesos para envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar são 30%, 30%, 40% respectivamente.

Os cinco níveis de eficiência possíveis são caracterizados por equivalentes numéricos e dados pela tabela 3.

Tabela 3 - Equivalentes numéricos para os níveis de eficiência

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: PROCEL, 2010 a.

A expressão que utiliza todos os valores dos parâmetros parciais para obtenção da pontuação total da edificação é descrita pela equação (3.1):

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,30 \cdot (EqNumDPI) + 0,40 \cdot \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1 \quad (3.1)$$

sendo:

PT: pontuação total;

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de densidade de potência de iluminação;

EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC), através do método da simulação;

AC: área útil dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

Para estabelecer qual o nível de eficiência geral do edifício, usa-se o valor obtido da PT descrito na tabela 4.

Tabela 4 - Pontuação que estabelece o nível de eficiência geral do edifício

PT	Classificação Geral
$\geq 4,5$ a 5	A
$\geq 3,5$ a $< 4,5$	B
$\geq 2,5$ a $< 3,5$	C
$\geq 1,5$ a $< 2,5$	D
$< 1,5$	E

Fonte: PROCEL, 2010 a.

Para a obtenção do selo ENCE, além da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar, a edificação deve atender a alguns pré-requisitos gerais referentes aos circuitos elétricos, ao aquecimento de água, à isolamento das tubulações, aos elevadores e às bonificações possíveis. Contudo, como o foco do trabalho são as agências bancárias, logo serão abordados apenas os requisitos básicos encontrados nesse tipo de edificação.

- **Circuitos elétricos**

Para possuir nível A ou B, os circuitos elétricos da edificação devem permitir uma medição centralizada separado por uso final (sistemas de iluminação, sistema de condicionamento de ar e outros), ou ter equipamento que possibilite estas medições (PROCEL, 2010 a).

- **Elevadores**

O acionamento dos elevadores deve ser feito por inversores de frequência. Para edificações construídas após publicação do RTQ-C, os inversores de frequência devem ter acionamento microprocessado e possuir freios regenerativos e máquinas sem engrenagem (*gearless*) para a obtenção do conceito A. Para possuir nível B, apenas é especificado pelo RTQ-C que a edificação construída, após publicação do regulamento, deve ter acionamento microprocessado nos seus inversores de frequência (PROCEL, 2010 a).

- **Bonificações**

As bonificações são medidas que contribuem para o consumo inteligente de energia. Para possuir essa bonificação, a edificação pode fazer uso de arejadores de água, pois estes reduzem o consumo de água, além da utilização de células fotovoltaicas, de cogeração e do aproveitamento de luz natural. Caso seja comprovado o aumento da eficiência energética da edificação essas medidas podem

acrescentar até um ponto na classificação geral da edificação. Essa economia deve ser no mínimo de 30% do consumo anual de energia elétrica da edificação (PROCEL, 2010 a).

3.3 AVALIAÇÃO PARCIAL E GERAL DA EDIFICAÇÃO

A avaliação geral da edificação (projeto do edifício ou edifício construído) é realizada para a obtenção da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) geral. Realiza-se essa avaliação segundo os três sistemas individuais que a compõe, sendo eles: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar. Concluída a avaliação individual, cada sistema recebe uma classificação correspondente ao seu desempenho energético e ao final recebe a ENCE Geral, que corresponde a média obtida considerando a avaliação e notas obtidas na avaliação da Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar (PROCEL, 2010 b).

Nas figuras 20 e 21 são vistos os modelos das ENCEs possíveis numa avaliação geral:

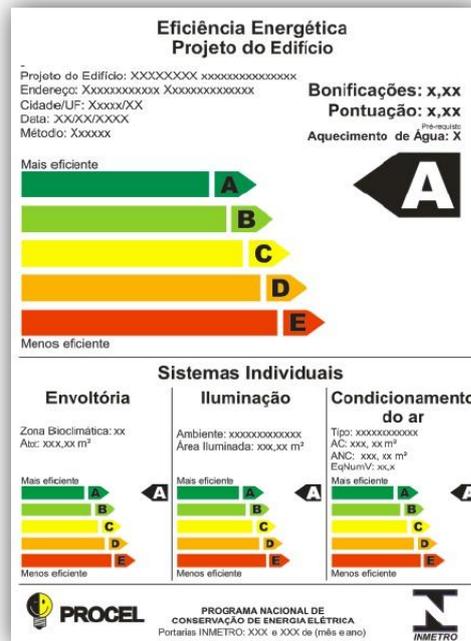


Figura 20 - ENCE geral para projeto do edifício

Fonte: PROCEL, 2010 b.

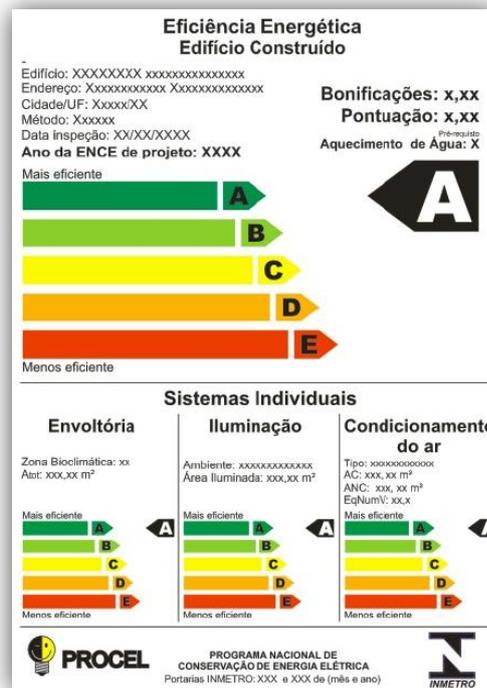


Figura 21 - ENCE geral para edifício construído

Fonte: PROCEL, 2010 b.

Pode-se observar na figura 20 que a ENCE geral atribuída é para o projeto do edifício, considerando os três sistemas e as possíveis bonificações que esse projeto pode apresentar, aumentando a classificação geral do edifício. Já a figura 21 mostra a ENCE geral atribuída a um edifício construído. Essa ENCE pode ser atribuída a uma edificação que foi construída anteriormente a existência do processo de etiquetagem ou para um edifício executado a partir de um projeto que já foi avaliado e recebeu a ENCE.

Já a ENCE Parcial é oferecida à edificação quando é realizada a avaliação de um ou dois dos sistemas que compõe os critérios para obtenção da ENCE. A etiqueta que será obtida pela edificação não corresponderá ao seu desempenho geral, e sim pelo sistema individualmente avaliado. Para obter a ENCE Parcial, um edifício pode ser avaliado por três combinações diferentes de critérios:

- envoltória;
- envoltória e sistema de iluminação;
- envoltória e condicionamento de ar.

Nas figuras 22, 23 e 24 são vistos os modelos das ENCEs possíveis numa avaliação parcial:



Figura 22 - ENCE parcial - envoltória

Fonte: PROCEL, 2010 b.

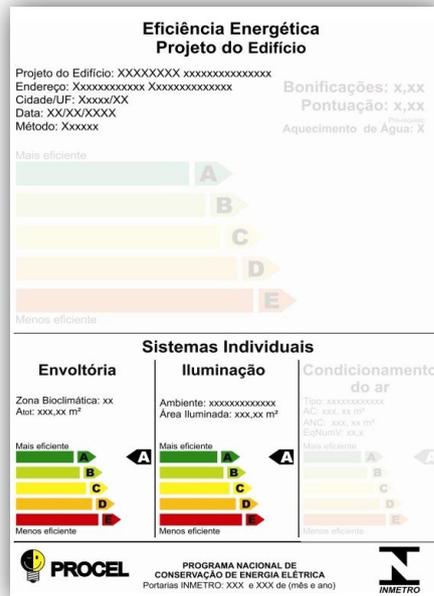


Figura 23 - ENCE parcial - envoltória e iluminação

Fonte: PROCEL, 2010 b.



Figura 24 - ENCE parcial - envoltória e condicionamento de ar

Fonte: PROCEL, 2010 b.

Nas figuras 22, 23 e 24 apresentam-se as ENCEs atribuídas quando realizada a avaliação parcial da edificação. Na atribuição da ENCE parcial, a avaliação da envoltória sempre deve ser realizada, sendo essa avaliação sozinha ou acompanhada da avaliação do sistema de iluminação ou do sistema de condicionamento de ar.

3.4 PRÉ-REQUISITOS GERAIS DE AVALIAÇÃO DO RTQ-C

3.4.1 Envoltória

Os pré-requisitos para etiquetagem do item envoltória dependem do nível pretendido. Os critérios de avaliação são transmitância térmica, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital.

3.4.1.1 Envoltória Eficiente

A envoltória eficiente é um conjunto de elementos que separam o ambiente interno do ambiente externo de uma edificação de modo que sejam utilizados elementos como: posicionamento geográfico da construção, a arquitetura inteligente e propriedades térmicas dos materiais utilizados na construção. A utilização desses materiais permite que o ambiente atinja uma perda mínima de conforto térmico e que ao mesmo tempo seja utilizado o máximo da energia fornecida pela natureza. E ainda, essa energia é aplicada de forma inteligente em prol do conforto térmico.

3.4.1.2 Metodologia do RTQ-C para Envoltória

Para um melhor entendimento algumas definições são necessárias, pois essas serão utilizadas posteriormente como um vocabulário para a explicação do cálculo de eficiência energética da envoltória.

- **Iluminação zenital** – a iluminação zenital é a utilização da luz natural do sol para a iluminação de construções fonte (UFSC, s.d.).
- **Transmitância térmica** – é inverso da resistência térmica total cuja unidade $W/m^2 K$.
- **Auto-sombreamento** – sombra ocasionada pelo próprio edifício.
- **Capacidade térmica** – conforme NBR 15220 - Parte 1 (desempenho térmico de edificações) é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema
- **Resistência térmica total** – conforme NBR 15220 - Parte 1 (desempenho térmico de edificações) Somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais internas e externas.
- **Absortância** – de acordo com a NBR 15220 - Parte 1 (desempenho térmico de edificações) há duas definições de absortância:
 - absortância de radiação solar - quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente;

- absorptância de radiação ondas longas - quociente da taxa de radiação de ondas longas absorvida por uma superfície pela taxa de radiação de ondas longas incidentes;
- **Zonas bioclimáticas** – de acordo com as definições da NBR 15220 – Parte 1 (desempenho térmico de edificações) é a região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. O zoneamento bioclimático do Brasil é dado pela NBR 15220 – Parte 3 Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.
- **PAZ (Percentual de Abertura Zenital)** – de acordo com o manual do RTQ-C é o percentual de área na cobertura. Refere-se exclusivamente à abertura em superfícies com inclinação inferior 60° em relação ao plano horizontal da abertura. Acima desta inclinação, ver o percentual de área de abertura na fachada total.

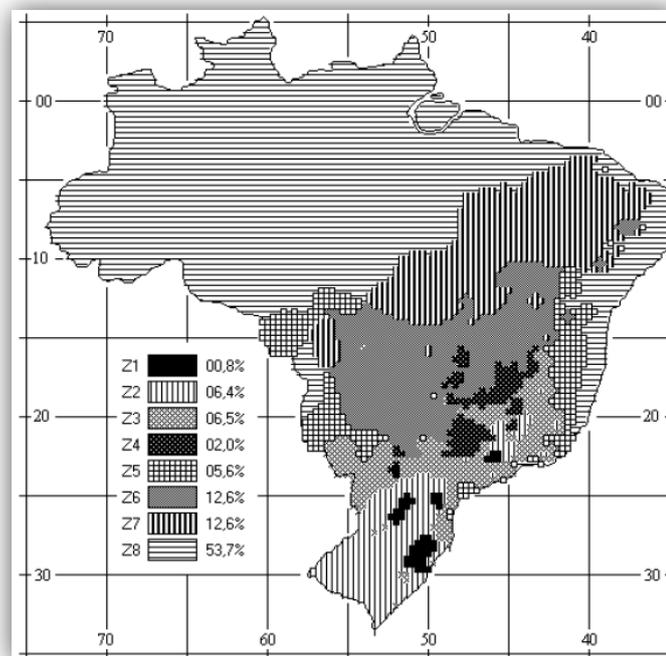


Figura 25 - Mapa do zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: ABNT, 2005.

A figura 25 mostra a divisão do território brasileiro em zonas bioclimáticas. A definição da zona bioclimática é um dos parâmetros para o cálculo de eficiência da envoltória. Curitiba está localizada na zona bioclimática 1.

○ **Níveis de eficiência**

De acordo com o RTQ-C, os pré-requisitos necessários para alcançar um determinado nível de eficiência da envoltória dependem do nível pretendido. Para cada nível de eficiência existem parâmetros a serem seguidos nos itens: transmitância térmica, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital.

Tabela 5 - Quadro de parâmetros mínimos obrigatórios para obtenção do nível

			Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Zona 1	Transmitância térmica cobertura (W/m ² K)	Ambientes condicionados	U < 0,5	U < 1	U < 2	U < 2
		Ambientes não condicionados	U < 1	U < 1,5		
	Transmitância térmica das paredes laterais (W/m ² K)		U < 1	U < 2	U < 3,7	U < 3,7
	Absortância	Revestimentos externos		SN	SN	SN
Revestimento cobertura			SN	SN	SN	SN

*SN: Sem necessidade de parâmetros mínimos

Fonte: PROCEL, 2010 b.

As exceções para transmitância térmica do nível A e B são as superfícies opacas (paredes vazadas, pórticos ou placas perfuradas) à frente de aberturas envidraçadas nas fachadas (paralelas aos planos de vidro), formando elementos de sombreamento. Estas superfícies devem estar conectadas fisicamente ao edifício e a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura de seu maior

vão. Este afastamento deve possuir proteção solar horizontal como beiral ou marquise.

Na tabela 5 apresentaram-se os pré-requisitos para a zona de bioclimática 1, pois as agências em estudo estão situadas na zona bioclimática 1.

- **Iluminação Zenital**

Segundo o RTQ-C, em caso de aberturas zenitais a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura do respectivo PAZ, de acordo com a tabela de limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para cobertura (PROCEL, 2010 b).

Para se obter eficiência A é preciso que seja realizada uma simulação computacional de acordo com o procedimento padrão fornecido pelo do RTQ-C.

- **Procedimentos de cálculo**

- **Transmitância térmica**

Alguns locais não são levados em consideração para o cálculo de transmitância tais como: cobertura de garagens, casas de máquinas e reservatórios de água.

A transmitância avaliada para o pré-requisito da envoltória é média das transmitâncias das paredes ponderada com as suas parcelas de áreas. Pisos de áreas prolongadas externas como varandas, devem atender ao pré-requisito de transmitâncias de coberturas. Coberturas e paredes recobertas com painéis solares não devem possuir transmitância média geral superior da superfície em estudo superior a $1 \text{ W/m}^2\text{K}$, exceto em casos em que os painéis solares possuam isolamento térmico adequado.

- **Cores e absorvância de superfícies**

Assim como o cálculo de transmitância, o critério de pré-requisitos mínimos para a absorvância é a média das absorvâncias das paredes e coberturas ponderada com as devidas parcelas de áreas ocupadas.

Os pisos de áreas externas localizados sobre ambientes de permanência devem ser interpretados como coberturas e atender aos pré-requisitos de coberturas.

Não fazem parte do cálculo de absorvância as fachadas localizadas em divisa de terrenos desde que haja uma edificação construída encostada e áreas recobertas por painéis solares. Superfícies inteiras em que esteja comprovado que passam 100% do tempo sombreadas sem o sombreamento de entorno, também não entram no cálculo de absorvância.

- **Calculo FA (Fator Altura) e de FF (Fator Forma)**

Conforme o RTQ-C o fator altura é a razão entre a área de projeção da cobertura e a total construída. Já o fator forma é a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação.

Por definição, envoltória é a superfície que separa os ambientes internos dos externos.

Tabela 6 - Elementos considerados para o cálculo do Fator Altura e Fator Forma

Considera	Não considera
Bloco de estacionamento no térreo o com ambientes de permanência prolongada;	Bloco de estacionamentos no subsolo ou subsolo semi-enterrado, sem ambiente de permanência prolongada: usar somente a torre;
Subsolos semi-enterrados com ambientes de permanência prolongada devem considerar para o cálculo as paredes que não estão em contato com o solo.	Bloco de estacionamento no térreo ou cobertura sem ambientes de permanência prolongada, e com portaria e hall de entrada /elevadores não condicionados: usar somente torre.

Fonte: PROCEL, 2010 b.

○ **Porcentual de abertura da fachada total (PAF_T)**

O percentual de abertura da fachada total é o valor médio dos percentuais de aberturas de todas as fachadas dos edifícios em estudo. Para a realização do cálculo do PAF é preciso que seja calculado o PAF_o (percentual de abertura de fachada oeste). Se o valor de PAF_o for 20% superior ao PAF_T , deve-se adotar o PAF_o na equação.

Aberturas para ambientes externos como varandas são contabilizadas desde que a comprimento da varanda não ultrapasse a duas vezes a altura do pé direito da construção.

Sistemas de proteção solar também são contabilizados para o PAF_T , desde que o sistema de sombreamento seja menor que uma vez a altura do pé direito. A superfície de abertura contabilizada é apenas a região ortogonal a vista frontal da fachada em estudo.

○ **Ângulos de sombreamento**

Os ângulos de sombreamento são utilizados para o cálculo do índice de consumo da envoltória (IC_{env}) que é a relação entre do ângulo de sombreamento pelas áreas de aberturas. O ângulo horizontal de sombreamento (AHS) deve ser calculado como a média dos dois ângulos encontrados, um para cada lateral da abertura.

Indicador	Plano de medição	Visto	Tipo de proteção medida
AHS	Plano horizontal	Em planta	Proteções verticais
AVS	Plano vertical	Em corte	Proteções horizontais

Figura 26 - Comparativo entre AVS e AHS

Fonte: PROCEL, 2010 b.

A figura 26 evidencia as diferenças dos ângulos verticais e horizontais de sombreamento. E ainda, na figura 27 apresenta-se a proteção solar e o ângulo horizontal de sombreamento.

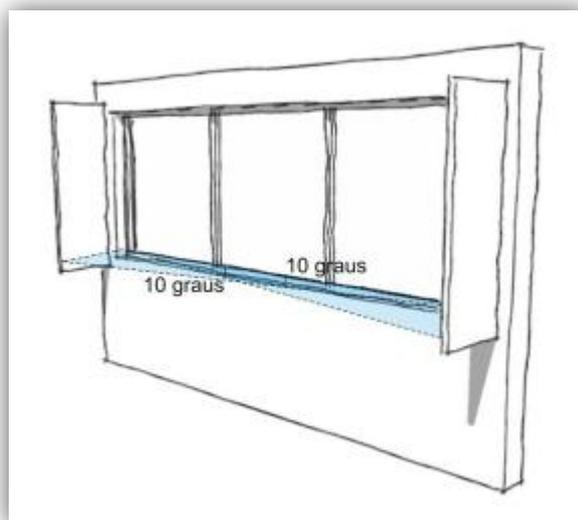


Figura 27 - Proteção solar e ângulo horizontal de sombreamento

Fonte: PROCEL, 2010 a.

A contabilização do percentual de abertura é válida para aberturas em que a proteção superior fechada é inferior a uma vez a altura do pé direito

Autossombreamento deve ser usado para cálculo dos ângulos de sombreamento. Sombras de edifícios vizinhos não são contabilizadas. Recuos de parede que formem ângulos de sombreamento superiores a 10° devem ser contabilizados.

Em sistemas de proteção solar de aletas paralelas ser relacionados altura e profundidade para o as áreas verticais de sombreamento (AVS) e áreas horizontais de sombreamento (AHS).

As figuras 28 e 29 ilustram parâmetros de definição do ângulo de sombreamento vertical.

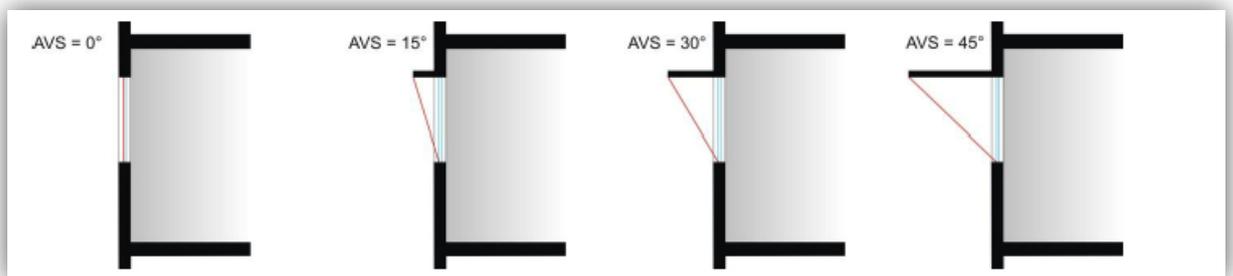


Figura 28 - Ângulo vertical de sombreamento

Fonte: PROCEL, 2010 a.

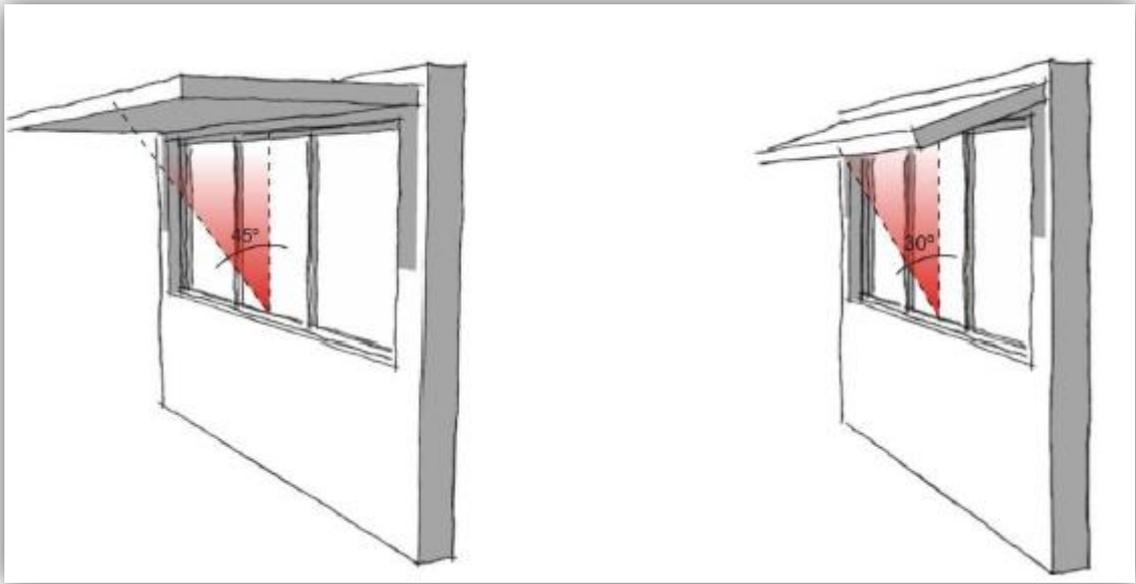


Figura 29 - Proteção solar e ângulo vertical de sombreamento

Fonte: PROCEL, 2010 a.

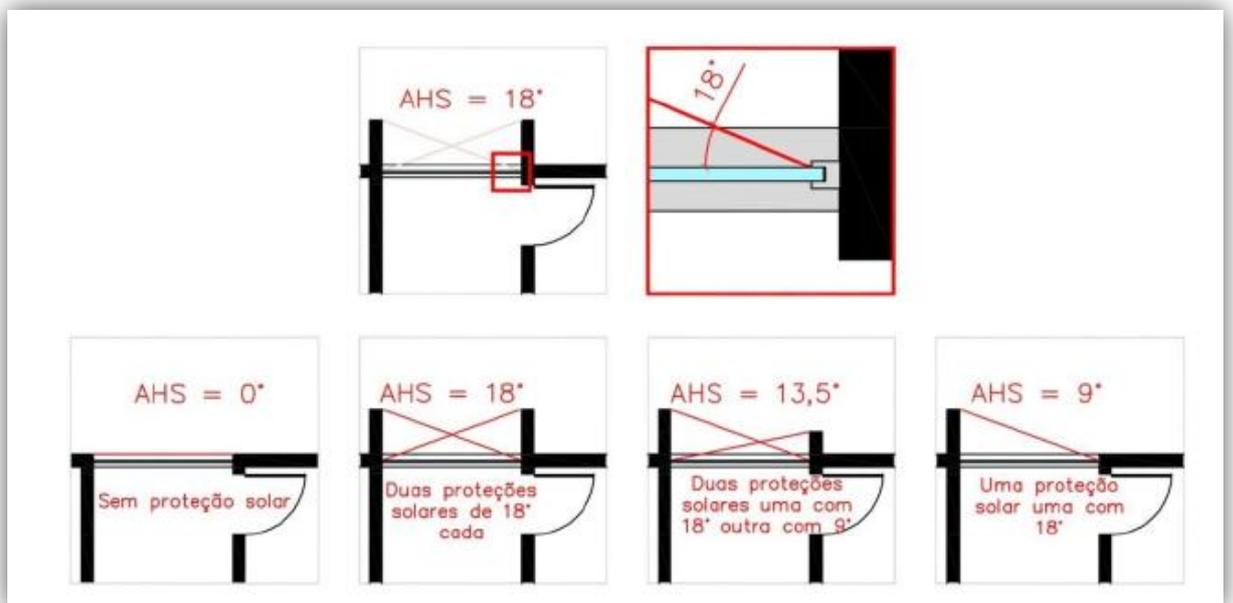


Figura 30 - Ângulo horizontal de sombreamento

Fonte: PROCEL, 2010 a.

A figura 30 ilustra os parâmetros característicos do ângulo de sombreamento horizontal.

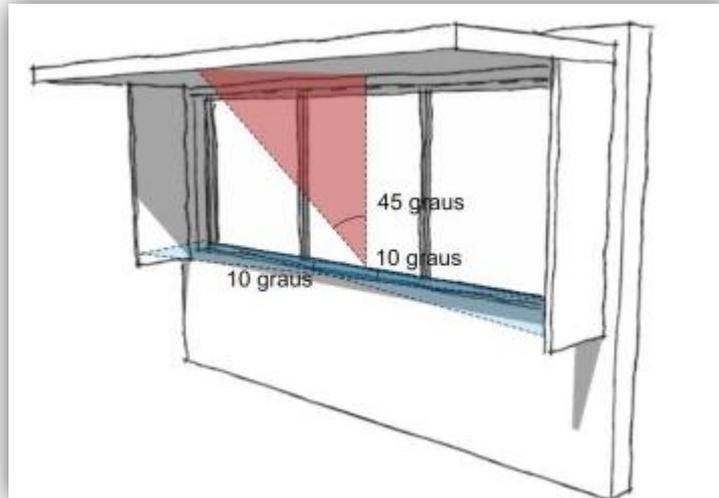


Figura 31 - Proteção solar vertical e horizontal

Fonte: PROCEL, 2010 a.

A figura 31 mostra a proteção solar horizontal e vertical em que é possível visualizar os ângulos verticais e horizontais de sombreamento.

Elementos de proteção solares móveis também devem ser levados em conta para o cálculo de ângulos de sombreamento. Para serem avaliadas as proteções solares móveis, devem ser consideradas fixas nas situações de sombreamento máximo para inclusão na ponderação dos ângulos de sombreamento.

- **Procedimento de determinação de eficiência**

Após a determinação dos dados do edifício, um equacionamento matemático é feito para que seja determinado o indicador de consumo de envoltória (IC_{env}). O equacionamento IC_{env} é dado das seguintes formas: pela área de projeção do edifício $A_{pe} > 500 \text{ m}^2$, para $A_{pe} < 500 \text{ m}^2$ e pelas zonas bioclimáticas.

Como o foco do trabalho é o estudo em uma agência localizada em Curitiba, zona bioclimática 1, apresenta-se apenas o equacionamento para zona bioclimática 1.

O cálculo de IC_{env} de um edifício de zoneamento bioclimático 1 e $A_{pe} < 500m^2$ é representado pela equação 3.2 (PROCEL, 2010 c):

$$IC_{env} = -43 \cdot FA - 316,62 \cdot FF + 16,38PAF_T + 7,39 \cdot FS - 0,20 \cdot AVS + 0,20 \cdot AHS + 132 \cdot \frac{FA}{FF} - 77 \cdot FA \cdot FF - 0,92 \cdot FF \cdot PAF_T \cdot AHS + 182,66 \quad (3.2)$$

O indicador de consumo de envoltória para área de projeção superior a 500 m^2 ($A_{pe} > 500 m^2$) pode ser obtido pela equação 3.3 (PROCEL, 2010 c):

$$IC_{env} = 10,47 \cdot FA + 298,74 \cdot FF + 38,41PAF_T - 1,11 \cdot FS - 0,11 \cdot AVS + 0,24 \cdot AHS - 0,54 \cdot PAF_T \cdot AHS + 47,53 \quad (3.3)$$

onde:

IC_{env} - indicador de consumo da envoltória;

FA - fator de altura;

FF - fator de forma;

PAF_T - percentual de área na abertura na fachada total;

AVS - ângulo vertical de sombreamento;

AHS - ângulo horizontal de sombreamento.

A classificação do nível de eficiência da edificação está diretamente relacionada com os indicadores de consumo. Esta classificação primeiramente

correlaciona os limites máximos e mínimos dos indicadores de consumo de envoltória.

Para determinar os valores, utiliza-se uma das equações (3.2) ou (3.3) em conformidade com perfil da edificação. Utiliza-se na equação escolhida os valores com os parâmetros da edificação e substituem-se os valores sugeridos pela tabela 7 para se encontrar o indicador máximo de consumo de envoltória $IC_{m\acute{a}x}$:

Tabela 7 - Valores para o cálculo de indicador máximo de consumo de envoltória

PAFT	FS	AVS	AHS
0,6	0,61	0	0

Fonte: PROCEL, 2010 c.

Para encontrar indicador de consumo mínimo $IC_{m\acute{i}n}$ de envoltória basta substituir os parâmetros pelos valores da tabela 8 na equação escolhida:

Tabela 8 - Valores para o cálculo de indicador mínimo de consumo de envoltória

PAFT	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: PROCEL, 2010 c.

Utiliza-se, então, os indicadores máximos e mínimos para se calcular um fator (I) que representa o intervalo, a diferença entre o indicador de consumo máximo pelo indicador de consumo mínimo, este intervalo é dividido em 4 partes (PROCEL, 2010 c).

$$i = \frac{(IC_{\text{máx}} - IC_{\text{mín}})}{4} \quad (3.4)$$

Depois de estabelecidos valores de intervalo e os indicadores de consumo de envoltória máximos, é possível classificar a edificação conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Limites de intervalos dos níveis de eficiência energética da envoltória

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim mín	-	$IC_{\text{máx}} - 3i + 0,01$	$IC_{\text{máx}} - 2i + 0,01$	$IC_{\text{máx}} - i + 0,01$	$IC_{\text{máx}} - 0,01$
Lim máx	$IC_{\text{máx}} - 3i$	$IC_{\text{máx}} - 2i$	$IC_{\text{máx}} - i$	$IC_{\text{máx}}$	-

Fonte: PROCEL, 2010 c.

3.4.2 Iluminação

O sistema de iluminação apresenta dois tipos de consumo de energia: o consumo direto, ao utilizar eletricidade para gerar luz, e um consumo indireto, decorrente do calor gerado nesse processo. Esse calor tem de ser retirado dos ambientes obrigando a um maior gasto do sistema de condicionamento de ar, aumentando desta forma o consumo geral de energia do edifício. Assim, um edifício com um sistema eficiente de iluminação fornece os níveis adequados de iluminância para cada tarefa consumindo o mínimo de energia, e também gerando a menor carga térmica possível (PROCEL, 2010 b).

3.4.2.1 Iluminação Eficiente

Os sistemas eficientes são definidos através da densidade de potência instalada do sistema de iluminação. Vários métodos podem ser utilizados para alcançar o objetivo de possuir um sistema de iluminação eficiente. O a metodologia empregada pelo RTQ-C analisa o nível de eficiência energética do sistema de

iluminação, através de pré-requisitos e cálculos envolvendo a eficiência e o projeto luminotécnico. A este método empregado para realizar esta avaliação é dado o nome de método prescritivo (PROCEL, 2010 b).

3.4.2.2 Metodologia do RTQ-C para Iluminação

Para os critérios de avaliação do RTQ-C, além dos limites de potência instalada para cada ambiente, há a necessidade de verificar alguns pré-requisitos. Para a instalação atingir o nível de eficiência desejado é necessário que o sistema de iluminação esteja adequado para atender as características da tabela 10.

Tabela 10 - Pré-requisitos sistema iluminação

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão de Circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da luz natural	Sim	Sim	
Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		

Fonte: PROCEL, 2010 b.

○ **Divisão dos Circuitos**

O item de divisão de circuitos define que cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual, que permita facilmente o acionamento independente da iluminação interna do ambiente (PROCEL, 2010 b).

A divisão dos circuitos para o RTQ-C, deve ser feita da seguinte forma:

- ambientes menores ou iguais a 1000 m²: controle independente de parcelas do ambiente com área máxima de 250 m².
- ambientes com mais de 1000 m²: Controle independente de parcelas do ambiente com área máxima de 1000 m².

A figura 32 mostra um exemplo da divisão de forma correta de um ambiente de 650 m².

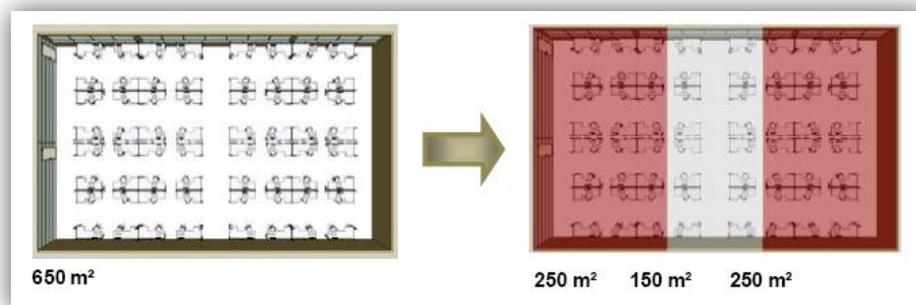


Figura 32 - Divisão dos circuitos de um ambiente de 650 m²

Fonte: PROCEL, 2010 b.

Para um ambiente com 650 m², de acordo com o RTQ-C, este se encaixa na situação de ambientes com área inferior a 1000 m², portanto é necessário que a iluminação do ambiente seja dividida de forma a atender duas parcelas de áreas de 250m² e uma parcela de 150m.

○ **Contribuição da Luz Natural**

Para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial, quando há luz natural suficiente para prover a iluminância adequada no plano de trabalho, o RTQ-C determina que as luminárias próximas às janelas devam possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema (PROCEL, 2010 b).

A figura 33 exemplifica duas situações de ambientes com janelas e ainda, como deve ser feita a seletividade do acionamento das luminárias.

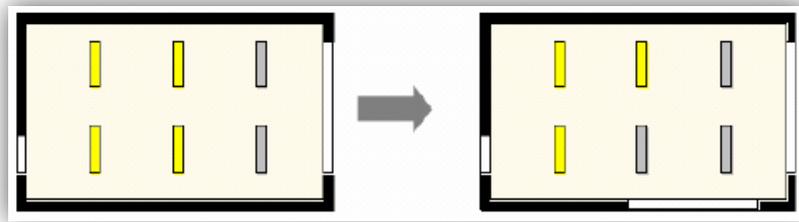


Figura 33 - Seletividade de luminárias em ambientes com contribuição da luz natural

Fonte: PROCEL, 2010 b.

○ **Desligamento automático do sistema de iluminação**

De acordo com o RTQ-C, o sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverão possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m²; ou
- um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou
- um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

○ **Determinação da eficiência de uma edificação segundo o RTQ-C**

Os níveis de eficiência para a potência de iluminação variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). A avaliação do sistema de iluminação deve ser realizada pelo método da área do edifício, ou pelo método das atividades do edifício (PROCEL, 2010 b).

Para o estudo da eficiência para a potência de iluminação da Agência B adota-se o método da área do edifício.

○ **Método da área do edifício**

O método da área do edifício determina limites de densidade de potência em iluminação para a edificação como um todo. Os ambientes só são avaliados separadamente quanto ao atendimento dos pré-requisitos (PROCEL, 2010 b).

De acordo com o RTQ-C do INMETRO, é necessário seguir os seguintes procedimentos:

- Identificar a principal atividade do edifício de acordo com a Tabela 4.1 do Manual do RTQ-C. Caso não encontrada a atividade desejada, é necessário escolher uma equivalente. A Tabela 11 apresenta uma adaptação da tabela 4.1 do RTQ-C, com alguns exemplos das DPILs necessárias para realizar a avaliação de alguns tipos de imóveis;

Tabela 11 - Densidades de potência de iluminação para os níveis de eficiência

Função do edifício	DPIL Nível A (W/m ²)	DPIL Nível B (W/m ²)	DPIL Nível C (W/m ²)	DPIL Nível D (W/m ²)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: (adaptação) PROCEL, 2010 b.

- determinar a área iluminada do edifício;
- multiplicar as DPIL's limites para a atividade do edifício pela área total iluminada, a fim de encontrar a potência máxima instalada para cada nível de eficiência.
- calcular a potência de iluminação instalada no edifício e compará-la com a potência limite do edifício, identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação;
- se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

A seguir é apresentado um exemplo da aplicação da avaliação parcial do sistema de iluminação a partido método da área do edifício segundo o procedimento estabelecido pelo RTQ-C:

- uma edificação cuja principal atividade é de escritórios, composta por um único pavimento, possui as seguintes informações:

Tabela 12 - Lista de ambientes e carga instalada

Atividade	Área (m²)	Potência Instalada (W)
Escritório	600	5500
Banheiro	10	50
Total	610	5550

Fonte: PROCEL, 2010 b.

Deve-se então consultar a Tabela 4.1 do Manual do RTQ-C, ou a Tabela 11 deste trabalho, e encontrar a principal atividade da edificação para verificar as densidades de potência limite para cada nível de eficiência. Neste caso, a edificação encaixa-se como principal atividade: escritórios.

Assim, tem-se:

Tabela 13 - Potências limites para os níveis de eficiência

Função	Área (m²)	Potência Limite - Nível A	Potência Limite - Nível B	Potência Limite - Nível C	Potência Limite - Nível D
Escritório	610	5917	6832	7686	8601

Fonte: PROCEL, 2010 b.

Comparando a Potência total instalada com as potências limites tem-se:

$$5550 < 5917 \text{ (nível A)}$$

O nível de eficiência encontrado para esta instalação é A. Como resultado final, deve-se obter o valor do equivalente numérico para o sistema de iluminação (EqNumDPI), sendo este igual a 5 para o nível A e decrescendo até 1 para o nível E. Assim, o EqNumDPI encontrado é igual a 5.

3.4.3 Condicionamento de Ar

3.4.3.1 Condicionamento de Ar Eficiente

A função principal de um sistema de condicionamento de ar é proporcionar qualidade ao ar interno do ambiente. Um condicionador de ar tem sua eficiência energética definida pela razão entre a sua capacidade de refrigeração e a potência

elétrica consumida por este equipamento (LAMBERTS, 2006). No Brasil, o órgão que regulamenta se um ar condicionado é eficiente é o INMETRO. Para ser considerado eficiente pelo INMETRO, um ar condicionado deve passar por ensaios descritos na norma IEC60335-1/2010 e devem ser realizados pelos seus respectivos fabricantes. Para receber a ENCE referente à eficiência energética do aparelho, esses dados encontrados em ensaio são passados pelo fabricante para o INMETRO, e ele se encarregará de verificar os dados através de um sistema de aferição e medição. Caso o aparelho tenha desempenho dentro do aceitável pelo INMETRO, esse ar condicionado recebe uma ENCE que o caracteriza como eficiente em uma comparação entre todos os outros produtos comercializados de determinada linha (INMETRO, 2009).

O RTQ-C trata de dois modos diferentes os sistemas de condicionadores de ar, levando em conta se os condicionadores de ar foram ou não avaliados e classificados como eficientes segundo o PBE/INMETRO. Os sistemas avaliados são compostos por condicionadores de ar do tipo Janela e condicionadores de ar do tipo Split. Os modelos que já foram avaliados estão presentes no site⁶ do INMETRO em tabelas separadas por classes de eficiência energética e por requisitos mínimos requeridos em cada categoria. Os equipamentos que não foram avaliados pelo PBE/INMETRO e que, portanto, não são etiquetados, terão de atender a exigência mínima para o nível pretendido (de A até E). Sendo assim, sua classificação será definida por parâmetros de eficiência descritos pelas normas do RTQ-C. (PROCEL, 2010 b).

3.4.3.2 Metodologia do RTQ-C para Condicionamento de Ar

Os sistemas já regulamentados pelo INMETRO não necessitam de avaliação, mas há um pré-requisito para o sistema ser considerado nível A. A unidade de condicionamento de janela ou a unidade condensadora do sistema *split* do ambiente deve estar sempre sombreada. Caso não esteja, o sistema é considerado B mesmo que pelo INMETRO ele seja considerado A (PROCEL, 2010 b).

⁶ [<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>]

Caso não seja regulamentado pelo INMETRO, para receber do nível A ao D o sistema deve estar dentro dos limites de eficiência definidos pela tabelas do RTQ-C. Estas tabelas estão disponíveis no capítulo 5 do “Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C”. Se o sistema não se enquadrar em nenhuma das tabelas ele será considerado nível E (PROCEL, 2010 b).

Sobre um sistema com vários componentes diferentes, o RTQ-C diz:

Sistemas de condicionamento central que apresentem componentes de diferentes níveis de eficiência serão classificados pelo menor nível. Por exemplo, uma central de ar condicionado composta por um resfriador de líquido nível C e a torres de arrefecimento nível A, será considerado como tendo eficiência nível C (PROCEL, 2010 b).

A seguir apresenta-se um exemplo de um sistema presente em um edifício de escritórios. Optou-se por esse exemplo, pois suas características são semelhantes às de uma agência bancária.

- Exemplo

O exemplo a seguir foi adaptado do PROCEL, 2010 b.

Para a determinação do nível de eficiência energética de um edifício de escritórios onde a climatização das áreas comuns é feita por um sistema central de condicionamento de ar e os gabinetes são climatizados por unidades de janela e split. O sistema apresenta a seguinte configuração:

- um sistema central de condicionamento composto por: um resfriador de líquido “chiller” (com compressor centrífugo, 20TR de capacidade, COP 5,5 determinado pelo método ARI 550/590) e torre de arrefecimento (com ventiladores axiais e desempenho de 4,6 l/s*kW);
- quatro unidades splits de 24.000 Btu/h cada, Etiquetados pelo INMETRO com eficiência B;
- duas unidades de janela de 12.000 Btu/h cada, sem dados disponíveis de eficiência.

Determinação do nível de eficiência dos componentes do sistema:

- o sistema central de condicionamento tem sua eficiência determinada através das tabelas do item 5.4 do RTQ-C. Segundo a tabela 5.5 do RTQ-C o chiller⁷ está habilitado para os níveis A e B. Já a torre de arrefecimento está habilitada para os níveis A, B e C segundo a tabela 5.6 do RTQ-C. Assim, o sistema está habilitado para os níveis A e B.

- as unidades de janela são consideradas nível E, pois o fabricante não disponibilizou os dados do equipamento e ele não é regulamentado pelo INMETRO.

Considerando que o sistema central de condicionamento tem dois níveis de eficiência possíveis, há duas maneiras de calcular o nível de eficiência do sistema inteiro: no caso do sistema central obedecer aos pré-requisitos necessários ele será considerado nível A, caso não atenda, será considerado nível B.

1º caso – o sistema central atende aos pré-requisitos.

Neste caso o sistema central tem nível A, o split tem nível B e o sistema tipo janela tem nível E.

A equação (3.5) define como é calculado o fator de ponderação:

$$PondEqNUM = \frac{\textit{potência do sistema}}{\textit{soma das potências de todos os sistemas}} \quad (3.5)$$

Já a equação (3.6) apresenta como é calculado o equivalente total para o circuito de condicionamento de ar:

$$EqNumCA = \sum_{n=1}^x \left(EqNumCA_n \frac{Cap_n}{Cap_t} \right) \quad (3.6)$$

⁷ A capacidade de 20TR do chiller é equivalente a 70 kW.

onde:

- EqNumCA - número que representa a eficiência do sistema de condicionamento de ar;
- EqNumCA_n – equivalente numérico de um sistema individual;
- Cap_n – potência do sistema;
- Cap_n – soma das potências de todos os sistemas.

A equação (3.7) mostra o cálculo do equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar:

$$EqNumCA = \left(5 \cdot \frac{240000}{312000} + 4 \cdot \frac{48000}{312000} + 1 \cdot \frac{24000}{312000} \right) \quad (3.7)$$

O quadro 1 mostra o valor da eficiência do sistema nas condições descritas.

Quadro 1 - Cálculo da ponderação por potência, caso os pré-requisitos sejam atendidos

Sistema	Potência total [Btu/h]	Fator de ponderação	EqNumCA _n	EqNumCA _n X Fator de ponderação
Central	240.000 (20TR)	0,77	5	3,85
Split	48.000	0,15	4	0,8
Janela	24.000	0,08	1	0,03
			EqNumCA_t	4,53

Fonte: PROCEL, 2010 b.

O resultado está $4,5 < 4,53 < 5$. Logo, o **nível de eficiência do condicionamento de ar** do edifício tem valor **A**.

2º caso – o sistema central não atende aos pré-requisitos.

Neste caso o sistema central e o split têm nível B e o sistema tipo janela tem nível E.

O quadro 2 mostra o valor da eficiência do sistema nas condições descritas.

Quadro 2 - Valor da eficiência do sistema nas condições descritas

Sistema	Potência total [Btu/h]	Fator de ponderação	EqNumCA _n	EqNumCA _n X Fator de ponderação
Central	240.000 (20TR)	0,77	4	3,08
Split	48.000	0,15	4	0,6
Janela	24.000	0,08	1	0,08
			EqNumCA_t	3,76

Fonte: PROCEL, 2010 b.

O resultado está $3,5 < 3,76 < 4,5$. Logo, o **nível de eficiência do condicionamento de ar** do edifício tem valor **B**.

4 MEDIÇÕES E RESULTADOS

Neste capítulo será realizada a aplicação da metodologia descrita no capítulo 3, visando simular o processo de etiquetagem na agência A, e após isso, será feita uma comparação com a agência B, já etiquetada.

4.1 ETIQUETAGEM DA AGÊNCIA A

Para que a etiquetagem da agência A fosse executada, foi necessário consultar arquivos digitais referentes aos projetos arquitetônicos (realizar os cálculos e medições referentes à envoltória da edificação), aos projetos lumintécnicos (cálculos referentes à iluminação da edificação) e aos projetos de ar condicionado e memoriais descritivos dos equipamentos utilizados no condicionamento de ar (cálculos referentes ao condicionamento de ar).

Todas as medições foram feitas com o auxílio do software AutoCAD. A seguir, estão descritos os procedimentos realizados para cada uma das avaliações parciais.

4.1.1 Envoltória

Para a realização dos cálculos necessários para a avaliação parcial da envoltória da Agência A consultaram-se os projetos arquitetônicos com as elevações, vistas de corte e plantas baixas da agência, a fim de obter dos valores de áreas utilizadas nos cálculos.

Primeiramente é necessário determinar a orientação solar de cada uma das fachadas. Para isso, foi utilizado o arquivo digital da planta da agência. É traçada uma linha perpendicular à orientação da fachada, e então é verificada a direção que esta se encontra, dentro de uma tolerância de 45° positivo ou negativo das direções Norte, Sul, Leste e Oeste. A seguir, a figura 34, mostra um desenho esquemático com as orientações de cada fachada da agência.

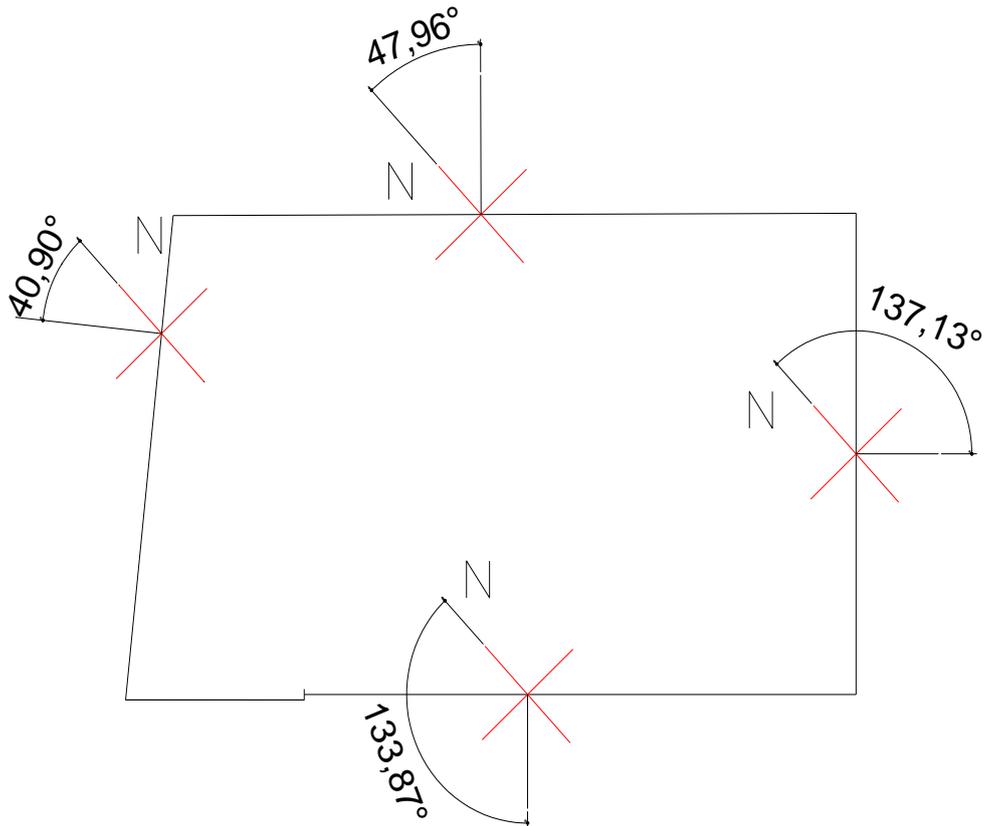


Figura 34 – Orientações das fachadas da Agência A

Fonte: Arquivo dos autores

- Elevação frontal – $319,1^\circ$ (0° a $45,0^\circ$ e $315,1^\circ$ a $360,0^\circ$) → Orientação geográfica Norte;
- elevação lateral direita – $47,96^\circ$ ($45,10^\circ$ a $135,0^\circ$) → Orientação geográfica Leste;
- elevação posterior – $137,13^\circ$ - ($135,10^\circ$ a $225,0^\circ$) → Orientação geográfica Sul;
- elevação lateral esquerda – $226,13^\circ$ ($225,10^\circ$ a $315,0^\circ$) → Orientação geográfica Oeste.

Depois de observadas as orientações de cada fachada, verificaram-se os pré-requisitos para o critério da envoltória. A seguir, estes estão descritos de forma mais clara.

4.1.1.1 Transmitância térmica da cobertura

A transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) foi calculada como inverso da soma das resistências térmicas (R_t) das camadas componentes da cobertura da edificação. Para o projeto em análise, a cobertura é a mesma tanto para os ambientes condicionados quanto para os ambientes não condicionados.

A cobertura com telha metálica é composta pelos seguintes elementos: telha metálica de chapa galvanizada com isolante térmico de poliuretano 5 cm, entreferro e forro de fibra mineral. A figura 35 apresenta uma imagem em corte da telha utilizada na Agência A.



Figura 35 - Telha da Agência A

Fonte: Arquivo dos autores.

A seguir, o Quadro 3 apresenta as informações referentes ao cálculo da transmitância térmica da cobertura para a telha metálica com isolante térmico.

Quadro 3 - Cálculo da transmitância térmica da cobertura da Agência A

Camada	Descrição	Espessura (m)	λ (W/(m.K))	Rt (m ² .K/W)
Rse	Resistência superficial externa – fluxo descendente	-	-	0,040
Rt1	Chapa metálica tipo “galvalume” pré-pintada cor branca	0,0005	38,146	1,31075E-05
Rt2	Isolante térmico tipo poliuretano 30 mm	0,03	0,01725	1,739130435
Rt1	Chapa metálica tipo “galvalume” pré-pintada cor branca	0,0005	38,146	1,31075E-05
Rt3	Câmara de ar, superfície de baixa emissividade	-	-	0,610
Rt4	Forro mineral (ref. Armstrong, fab. Hunter Douglas) 10 mm	0,01	0,072	0,139
Rsi	Resistência superficial interna – fluxo descendente	-	-	0,170
Rtelha	Resistência térmica total da telha metálica	-	-	2,698
Transmitância térmica da telha metálica:			0,3706 W/m².K	

Fonte: Arquivo dos autores

Uma vez que o valor encontrado da transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) para a Agência A foi de 0,3706 W/(m².K), de acordo com a tabela 5 do capítulo 3 deste trabalho, segundo o manual do RTQ-C se a transmitância térmica da cobertura para a Zona Bioclimática 1 (ZB-1), no caso de Curitiba, for menor que 0,5 W/(m².K), a instalação atende este pré-requisito para obter o **Nível A**, tanto para ambientes condicionados como para ambientes não condicionados.

4.1.1.2 Transmitância térmica das paredes externas

O fechamento das paredes externas laterais da Agência B é composto pelas seguintes camadas:

- Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão;
- dimensões do tijolo: 9,0 x 14,0 x 19,0 cm;
- espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm;
- espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm;
- espessura total da parede: 19,0 cm.

De acordo com a tabela D.3 da NBR 15220 (Parte 3), a transmitância térmica desse fechamento é de 1,92 W/m².K. A figura 36 mostra um exemplo de como é a parede da Agência A.

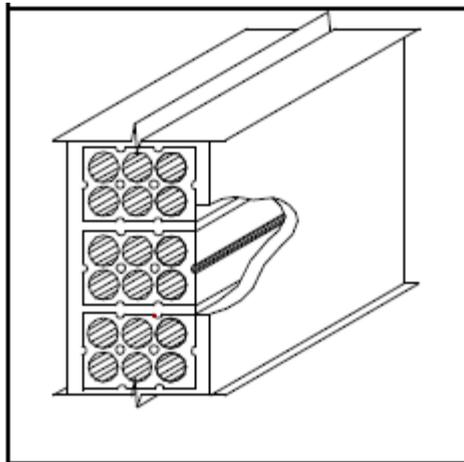


Figura 36 - Parede da Agência A

Fonte: Arquivo dos autores.

A seguir, o quadro 4, apresenta os cálculos realizados nesta etapa.

Quadro 4 - Cálculo da transmitância térmica das paredes da Agência B

LOCAL		TRANSMITÂNCIAS			
Local	Área (m ²)	Espessura da parede (m)	Descrição material	U (W/m ² .K) NBR15220 Tab D.3	área x U
Elevação Norte	143,33	0,20	Parede de tijolos de 6 furos redondos, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	275,19
Elevação Oeste	181,48	0,20	Parede de tijolos de 6 furos redondos, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	348,44
Elevação Leste	214,97	0,20	Parede de tijolos de 6 furos redondos, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	412,74
Elevação Sul	142,03	0,20	Parede de tijolos de 6 furos redondos, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	272,70
	681,81			1,92	1.309,08

Fonte: Arquivo dos autores

O valor de **U_{par} = 1,92 W/(m².K)** que é menor que 2,0 W/(m².K), de acordo com a Tabela 5 do capítulo 3 deste trabalho, atendendo o pré-requisito do RTQ-C para o **Nível B** para a ZB-1.

4.1.1.3 Procedimento de cálculo da classificação da envoltória

Depois de verificados os pré-requisitos, é necessário realizar o cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env}). Primeiramente foram levantadas as áreas internas do edifício. O quadro 5 apresenta estes resultados.

Quadro 5 - Cálculo das áreas internas da Agência A

Andar	Local	Área	AU (m ²) - área interna de paredes, excluindo garagens	AC (m ²) - área de piso dos ambientes condicionados	ANC (m ²) - área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada	APB (m ²) - área de piso dos ambientes não condicionados de permanência breve
Térreo	auto atendimento	52,4	52,4	52,4		
Térreo	manutenção	17,85	17,85	17,85		
Térreo	tesouraria	9,68	9,68	9,68		
Térreo	arquivo	9,75	9,75			9,75
Térreo	retpv	32,98	32,98	32,98		
Térreo	sala técnica	11,61	11,61	11,61		
Térreo	circulação	13,77	13,77			13,77
Térreo	relacionamento	139,9	139,9	139,9		
Térreo	caixas	25	25	25		
Térreo	informações	60,37	60,37	60,37		
Térreo	ante-câmara/hall	39,22	39,22	39,22		
Térreo	banheiros adaptados	7,48	7,48			7,48
Térreo	hall	6,23	6,23			6,23
Térreo	casa de maquinas	17,75	17,75	17,75		
Térreo	sala de segurança	11,47	11,47	11,47		
			455,46	418,23	0	37,23
Superior	banheiros adaptados	7,48	7,48			7,48
Superior	hall	6,23	6,23			6,23
Superior	telefonista e suporte	27,85	27,85	27,85		
Superior	relacionamento	153,69	153,69	153,69		
Superior	reuniões	32,84	32,84	32,84		
Superior	gerente personalizado	27,87	27,87	27,87		
Superior	assist adm	22,56	22,56	22,56		
Superior	gerente empresarial	53,87	53,87	53,87		
Superior	gerente geral	34,27	34,27	34,27		
Superior	Teto da escada	15,56	15,56			15,56
Superior	almoxarifado	10,98	10,98			10,98
Superior	hall	5,64	5,64			5,64
Superior	banheiros	17,36	17,36			17,36
Superior	circulação	10,28	10,28			10,28
Superior	copa	25,1	25,1			25,1
Superior	dml	4,43	4,43			4,43
Superior	casa de maquinas	16,89	16,89			
			472,90	352,95	0,00	103,06
Total			928,36	771,18	0,00	140,29

Fonte: Arquivo dos autores.

Depois de levantados estes dados, foram levantados os dados de aberturas envidraçadas e de Ângulos Horizontais de Sombreamento (AHS) e (AVS). Porém, na Agência A não existem elementos que causem sombreamento nas aberturas envidraçadas, portanto os valores de AHS e AVS são zero.

Com relação às aberturas envidraçadas, os dados foram retirados da tabela de esquadrias do projeto arquitetônico da agência e estão apresentados a seguir no quadro 6.

Quadro 6 - Quadro de parâmetros mínimos obrigatórios para obtenção do nível

Fachada NORTE		Aberturas			
Pavimento	Tipo	Vidro	largura (cm)	altura (cm)	Área (m²)
Térreo e Superior	J1	laminado 8mm	1690	740	125,060
Térreo	PJ1	temperado 10 mm	90	210	1,890
Térreo	PJ2	temperado 10 mm	160	210	3,360
					130,310

Fachada OESTE		Aberturas			
Pavimento	Tipo	Vidro	largura (cm)	altura (cm)	Área (m²)
Térreo	J3	laminado 6mm	1934	125	24,175
Superior	J2	laminado 6mm	1934	125	24,175
					48,350

Fachada SUL		Aberturas			
Pavimento	Tipo	Vidro	largura (cm)	altura (cm)	Área (m²)
Superior	J4	crystal float 4 mm	60	60	0,360
Térreo	J5	crystal float 4 mm	60	60	0,360
					0,720

Fachada LESTE		Aberturas			
Pavimento	Tipo	Vidro	largura (cm)	altura (cm)	Área (m²)
			0	0	0

Fonte: Arquivo dos autores.

Em seguida, realizaram-se a medição das áreas totais de envoltória de cada fachada, bem como das áreas de cobertura, projeção de cobertura e volume total da edificação. Os procedimentos foram todos realizados através da medição das áreas no software AutoCAD.

Realizaram-se também, todos os cálculos a fim de obter os parâmetros a serem utilizados no cálculo do IC_{env} (indicador de consumo da envoltória), seguindo a metodologia apresentado no capítulo 3 deste trabalho. Os valores procurados foram: Percentuais de Abertura da Fachada Total (PAF_T), Percentual de Abertura da Fachada Oeste (PAF_O), Fator Altura (FA), Fator de Forma (FF) e Fator Solar (FS), sendo este último definido no manual do RTQ-C como sendo igual a 0,87. Os resultados estão apresentados no quadro 7 a seguir.

Quadro 7 - Quadros de valores medidos para cálculo do IC_{env}

Área da envoltória	Área (m²)
Norte	148,58
Sul	142,75
Leste	214,97
Oeste	229,83
Cobertura	465,53
	1.201,66

ÁREA DE PROJEÇÃO DA COBERTURA

Local	Área (m²)
Térreo	501,37
Superior	501,37
	501,37

VOLUME TOTAL DA EDIFICAÇÃO

Local	Área da seção (m²)	Comprimento (m)	Volume (m³)
Volume	147,72	28,90	4.423,48
			4.423,48

ÁREAS

Pavimento	Área total(m²) - A tot	Área útil (m²) - AU	Área condicionada (m²) - AC	APB - Área de piso de permanência breve - não condicionados (m²)	ANC - Área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada (m²)
Térreo	501,37	455,46	418,23	37,23	-
Superior	501,37	472,90	352,95	103,06	-
	1002,74	928,36	771,18	140,29	-

ÁREAS DE FACHADAS

Face	Área (m ²)	Área de aberturas envidraçadas (m ²)	PAFT (%)
Norte	148,58	130,31	87,70%
Sul	142,75	0,72	0,50%
Leste	214,97	-	0,00%
Oeste	229,83	48,35	21,04%
TOTAL	736,13	179,38	24,37%

PERCENTUAL DE ABERTURA DAS FACHADAS

PAF _T	24,37%
PAF _O	21,04%
PAF _O /PAF _T	-13,67%
PAF_T a adotar de acordo com o manual	24,37%

FATOR DE FORMA (FF)

Área da envoltória (m ²)	1.201,66
Volume total da edificação (m ³)	4.423,48
FF	0,2717

FATOR ALTURA (FA)

Área da projeção cobertura (m ²)	501,37
Área total (m ²)	1.002,74
FA	0,50

Fonte: Arquivo dos autores.

De posse de todos estes dados, é possível realizar o cálculo do IC_{env} (indicador de consumo da envoltória). Devido aos valores encontrados, a equação a ser adotada é a Eq 3.4 do RTQ-C, considerando a área de projeção do edifício (Ape) maior que 500 m², zona bioclimática ZB-1 e FF maior do que 0,17. A equação 4.1 é apresentada a seguir (PROCEL, 2010 b).

$$IC_{env} = 10,47.FA + 298,74.FF + 38,41.PAF_T - 1,11.FS - 0,11.AVS + 0,24.AHS - 0,54.PAF_T.AHS + 47,53 \quad (4.1)$$

Realizando o cálculo, encontrou-se um valor de IC_{env} é igual a 142,31.

É necessário, também, realizar o cálculo dos limites mínimos e máximos do IC_{env} para cada nível de eficiência. Este cálculo foi realizado de acordo com os procedimentos descritos no capítulo 3, e o resultado está apresentado a seguir no quadro 8.

Quadro 8 - Limites do IC_{env} para a Agência A

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite mínimo	-	140,24	145,59	150,94	156,30
Limite máximo	140,23	145,58	150,93	156,29	-

Fonte: Arquivo dos autores.

Como o $IC_{env} = 142,31$ está abaixo do limite máximo e acima do limite mínimo para o Nível B do quadro 8 e o índice de eficiência para a Agência A, neste caso, atinge **Nível “B”**.

Verificados os pré-requisitos de transmitância térmica da cobertura e das paredes, encontrou-se que a Agência A pode obter no máximo o **Nível B**, dessa forma o equivalente numérico para a envoltória é **EqNumEnv = 4**.

4.1.2 Iluminação

De posse das pranchas do projeto luminotécnico da Agência A, foi possível realizar a avaliação do sistema de iluminação desta agência. Antes de realizar o levantamento dos dados para comparação a Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPIL) para cada nível de eficiência, é necessária realizar a avaliação dos pré-requisitos para o sistema de iluminação. A seguir, estão comentados os resultados para cada um desses requisitos.

- Divisão de circuitos: os circuitos de iluminação não devem ultrapassar parcelas de área de 250 m². Todos os ambientes fechados (paredes ou divisórias até o teto) foram projetados com interruptores. No salão de atendimento, a iluminação é setorizada. Portanto, pré-requisito atendido.
- Contribuição da luz natural: é necessário que as luminárias mais próximas das janelas, em ambientes onde estas existam, possam ser acionadas de forma independente, visando maior aproveitamento da luz natural durante o dia. Porém durante a verificação deste pré-requisito, constatou-se que isso não acontece. Portanto, pré-requisito não atendido. É possível verificar a divisão dos circuitos da agência A na imagem presente no Anexo A.
- Desligamento automático: no ambiente com área maior que 250 m² (salão de atendimento) há um timer no quadro de iluminação, que desliga o sistema automaticamente ao final do horário de expediente, com a possibilidade de acionamento manual, caso algum empregado necessite trabalhar após esse horário. Portanto, pré-requisito atendido.

Os pré-requisitos então podem ser vistos na tabela 14:

Tabela 14 - Pré-requisitos do sistema de iluminação verificados na Agência A

Pré-requisito	Situação
Divisão de Circuitos	Sim
Contribuição da luz natural	Não
Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim

Fonte: Arquivo dos autores.

Portanto, realizando a comparação com a tabela 10 do capítulo 3, a agência pode apresentar no máximo o critério C para iluminação.

Para prosseguir, é necessário realizar, então, a avaliação do sistema de iluminação de acordo com o método da área do edifício. Como na tabela 4.1 do RTQ-C não há a função “agência bancária”, o enquadramento que mais se aproxima é “Prefeitura – Instituições Governamentais”, uma vez que as atividades desenvolvidas na edificação, também, possuem relação com políticas do Governo Federal, tais como FGTS, PIS, Seguro Desemprego, Bolsa Família, Minha Casa Minha Vida, FIES, entre outros. A seguir no quadro 9, estão apresentados os valores de DPIL limite para cada nível de eficiência retirados da Tabela 4.1 do manual do RTQ-C (PROCEL, 2010 b).

Quadro 9 - Valores de DPIL limite para cada nível de eficiência a ser utilizado em agências bancárias

Função do Edifício	DPIL limite para Nível A (W/m²)	DPIL limite para Nível B (W/m²)	DPIL limite para Nível C (W/m²)	DPIL limite para Nível D (W/m²)
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4

Fonte: adaptação de PROCEL, 2010b.

Foi preciso, então, realizar a medição da área iluminada por cada circuito de iluminação, bem como a potência utilizada pela soma das luminárias, reatores e perdas. Ao final, foi preciso somar todas as parcelas de área iluminada e a potência total de iluminação para toda a agência, podendo, assim, encontrar o valor de DPIL médio da agência e então comparar com os valores limites presentes no quadro 9 e encontrar o valor do Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação (EqNumDPI) desejado. O resultado está apresentado no quadro 10:

Quadro 10 - Cálculo das DPIL da Agência A

Pavimento	Setor	Área (m2)	Número de Luminárias	Lâmpadas por Luminária	Potência Lâmpada (W)	Perdas reator (W)	Reatores por luminária	Potência Luminária (W)	Potência Total (W)	
Pavimento Térreo	auto atendimento	24,45	6	4	16	1	2	66	396	
		27,95	6	4	16	1	2	66	396	
	manutenção	17,85	4	4	16	1	2	66	264	
	tesouraria	9,68	3	4	16	1	2	66	198	
	arquivo	9,75	4	4	16	1	2	66	264	
	retpv	14,83	5	4	16	1	2	66	330	
		18,15	8	4	16	1	2	66	528	
	sala técnica	11,61	4	4	16	1	2	66	264	
	circulação	13,77	4	4	16	1	2	66	264	
	relacionamento	24,84	8	4	16	1	2	66	528	
		23,18	7	4	16	1	2	66	462	
		20,85	6	4	16	1	2	66	396	
		25,75	10	4	16	1	2	66	660	
		12,11	4	4	16	1	2	66	264	
		12,69	4	4	16	1	2	66	264	
	caixas	25	8	4	16	1	2	66	528	
	informações	23,18	8	4	16	1	2	66	528	
		18,72	6	4	16	1	2	66	396	
		18,47	6	4	16	1	2	66	396	
	ante-câmara/hall	39,22	8	4	16	1	2	66	528	
	banheiros adaptados	3,74	1	4	16	1	2	66	66	
		3,74	1	4	16	1	2	66	66	
	hall	6,23	2	4	16	1	2	66	132	
	casa de maquinas	17,75	4	1	60	0	0	60	240	
	sala de segurança	11,47	6	4	16	1	2	66	396	
	Pavimento Superior	banheiros adaptados	3,74	1	4	16	1	2	66	66
			3,7	1	4	16	1	2	66	66
hall		6,23	2	4	16	1	2	66	132	
telefonista e		27,85	8	4	16	1	2	66	528	
relacionamento		27,39	8	4	16	1	2	66	528	
		26,65	8	4	16	1	2	66	528	
		41,30	8	4	16	1	2	66	528	
		29,26	6	4	16	1	2	66	396	
		29,09	6	4	16	1	2	66	396	
reuniões		32,84	8	4	16	1	2	66	528	
gerente		27,87	8	4	16	1	2	66	528	
assist adm		22,56	6	4	16	1	2	66	396	
gerente empresarial		26,52	8	4	16	1	2	66	528	
		27,35	8	4	16	1	2	66	528	
gerente geral		34,27	8	4	16	1	2	66	528	
Teto da escada		15,56	2	4	16	1	2	66	132	
almoxarifado		10,98	4	4	16	1	2	66	264	
hall		5,64	2	4	16	1	2	66	132	
banheiros		8,65	2	4	16	1	2	66	132	
		8,71	2	4	16	1	2	66	132	
circulação		10,28	3	4	16	1	2	66	198	
copa		25,10	5	4	16	1	2	66	330	
dml		4,43	1	4	16	1	2	66	66	
casa de maquinas		16,89	4	1	60	0	0	60	240	
Total			928,36							16980

Fonte: Arquivo dos autores

A potência total do sistema de iluminação da Agência A é de 16980 W, com uma área total de 928,36 m². Portanto, a DPIL total é de 18,29 W/ m². Realizando a comparação com os valores apresentados no quadro 10 e os pré-requisitos, o índice de eficiência da iluminação para este prédio atinge o **Nível “E”**, portanto, o equivalente numérico para o sistema de iluminação foi **EqNumDPI = 1**.

4.1.3 Condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar da agência não A está dividido entre os dois pavimentos da edificação. A seguir, serão descritos cada unidade que compõe o sistema de condicionamento de ar da edificação:

- quatro unidades condicionadoras de ar do tipo Self Condensador Incorporado;

Duas dessas unidades são modelos 50BX016226 da Springer Carrier (220V/3Ø+T/60Hz) e fazem parte do circuito SC01 localizado no pavimento superior. Cada unidade tem uma capacidade frigorífica de 15,0 TR (equivalente a 180.000 Btu/h). A potência de cada equipamento é de 19,50 kW. A vazão de ar do equipamento é de 10.200 m³/h.

As duas unidades restantes são modelos 50BX014226 da Springer Carrier (220V/3Ø+T/60Hz) e fazem parte do circuito SC02 localizado no pavimento inferior. Cada unidade tem uma capacidade frigorífica de 150.000 Btu/h (equivalente a 12,5 TR). A potência de cada equipamento é de 17,50 kW. A vazão de ar do equipamento é de 8.300 m³/h.

- quatro unidades evaporadoras de ar do tipo Split;

Duas unidades evaporadoras são modelos 42BQA048510 da Springer Carrier (220V/3Ø+T/60Hz) e fazem parte do circuito UE01 localizado no pavimento inferior. Cada unidade tem uma capacidade frigorífica de 48.000 Btu/h (equivalente a 4,0 TR). A vazão de ar do equipamento é de 2.200 m³/h.

As outras unidades são modelos 42LQB24515 da Springer Carrier (220V/3Ø+T/60Hz) do tipo piso-teto e fazem parte do circuito UE02 localizado no pavimento inferior. Cada unidade tem uma capacidade frigorífica de 24.000 Btu/h (equivalente a 2,0 TR).

- quatro unidades condensadoras de ar do tipo Split;

Dois das unidades condensadoras são modelos 38XQA48515 da Springer Carrier (220V/3Ø+T/60Hz), fazem parte do circuito UC01 localizado no pavimento inferior e são do tipo Axial com descarga horizontal. Cada unidade tem uma capacidade frigorífica de 48.000 Btu/h (equivalente a 4,0 TR). A potência do equipamento é de 5,5 kW.

As outras duas unidades são modelos 38XQA24515 da Springer Carrier (220V/3Ø+T/60Hz), fazem parte do circuito UC02 localizado no pavimento inferior são do tipo Axial com descarga horizontal. Cada unidade tem uma capacidade frigorífica de 24.000 Btu/h (equivalente a 2,0 TR). A potência do equipamento é 3,0 kW.

4.1.3.1 Procedimento de cálculo da classificação do sistema de condicionamento de ar

Para o cálculo da eficiência do sistema, primeiro é levado em conta dados dos equipamentos que o compõe. Tais dados são encontrados nas placas dos materiais ou em manuais dos modelos. Nenhum dos equipamentos obteve seu desempenho avaliado pelo INMETRO, por isso se faz necessária a análise da eficiência de cada um dos modelos.

O primeiro dado necessário para o cálculo da eficiência é o COP (coeficiente de *performance*) dado pela equação (4.2):

$$COP = \frac{\text{calor fornecido ou removido do ambiente}}{\text{energia consumida}} = \frac{\text{capacidade frigorífica}}{\text{energia consumida}} \quad (4.2)$$

A partir da capacidade frigorífica de cada modelo de equipamento, encontra-se o nível de eficiência, segundo o seu COP nas tabelas de eficiência mínima do RTQ-C. Essas tabelas estão no Capítulo 5 do Manual 4 do RTQ-C (PROCEL, 2010 b). O quadro 11 foi adaptada do RTQ-C para as situações encontradas na análise da agência bancária (segundo as características do sistema de condicionamento de ar).

Quadro 11 - COP mínimo para cada nível de eficiência energética

Tabela eficiência mínima - RTQ			
Capacidade frigorífica (faixa)	Cond. de ar - nível A e B (Tab. 5.4)	Cond. de ar - nível C (Tab. 5.7)	Cond. de ar - nível D (Tab. 5.9)
< 19 kW	3,000	2,800	2,600
≥ 19 kW e < 40 kW	3,280	3,020	2,610
≥ 223 kW	2,840	2,700	2,400
≥ 40 kW e < 70 kW	3,220	2,840	2,494
≥ 70 kW e < 223 kW	2,930	2,780	2,490

Fonte: Adaptado de PROCEL, 2010 b.

Encontra-se, assim, o nível de eficiência dos equipamentos e então, cada equipamento recebe um equivalente numérico como:

- Nível A = 5;
- Nível B = 4;
- Nível C = 3;
- Nível D = 2;
- Nível E = 1.

A partir disso, encontra-se o equivalente numérico do sistema $EqNumCA$, pela equação (4.3):

$$EqNumCA = \sum_{n=1}^x \left(EqNumEquipamento \cdot \frac{PotênciaEquipamentoX (Btu/h)}{SomaPotênciaEquipamentos (Btu/h)} \right) \quad (4.3)$$

O valor encontrado pelo $EqNumCA$ (Equivalente numérico de condicionamento de ar) mostra qual o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar da edificação, dependendo do intervalo em que o valor se encontra:

- Nível A – $EqNumCA > 4,5$;
 - Nível B – $4,5 > EqNumCA > 3,5$;
 - Nível C – $3,5 > EqNumCA > 2,5$;
 - Nível D – $2,5 > EqNumCA > 1,5$;
 - Nível E – $EqNumCA < 1,5$.
- Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar da edificação

A partir dos passos descritos no item 4.1.3.1, encontrou-se o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar da agência A. Os valores estão descritos no quadro 12.

Quadro 12 - Cálculo da eficiência do sistema de condicionamento de ar da agência A

Referência no projeto	Equipamento	Dados dos equipamentos de condicionamento de ar							Tabelas eficiência mín. RTQ			Classificação equipamento	Equivalente numérico	EqNumCA	CLASSIFICAÇÃO	
		Modelo	Fabricante	Capacidade frigorífica (BTU/h)	Capacidade frigorífica (TR)	Capacidade frigorífica (kW)	Potência (kW)	COP calculado	Capacidade frigorífica (faixa)	Cond. de ar - nível A e B (Tab. 5.4)	Cond. de ar - nível C (Tab. 5.7)					Cond. de ar - nível D (Tab. 5.9)
UE01+UC01	Condicionador split	42BQA048510+38XQA48515	Carrier	48.000	4,00	14,06	5,50	2,56	< 19 kW	3,000	2,800	2,600	E	1	1,82	D
UE02+UC02	Condicionador split	42LQB24515+38XQA24515	Carrier	24.000	2,00	7,03	3,00	2,34	< 19 kW	3,000	2,800	2,600	E	1		
SC 01	Condicionador tipo self-contained com condensador integrado	50BX016226	Carrier	180.000	15,00	52,74	19,5	2,70	≥ 40 e < 70 kW	3,220	2,840	2,494	D	2		
SC 02	Condicionador tipo self-contained com condensador integrado	50BX014226	Carrier	150.000	12,50	43,95	17,5	2,51	≥ 40 e < 70 kW	3,220	2,840	2,494	D	2		

Fonte: Arquivo dos autores.

A classificação encontrada para o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar da agência A foi **Nível D**. Isso porque a agência não utiliza equipamentos que obtiveram boa avaliação segundo o INMETRO. E ainda, a posição geográfica da agência exige intenso funcionamento do sistema de condicionamento de ar de forma a manter um bom conforto térmico. Dessa forma o equivalente numérico para o sistema de condicionamento de ar para a Agência A foi **EqNumCA = 2**.

4.1.4 Classificação Geral

Neste momento, obtiveram-se todos os valores necessários para o cálculo da Pontuação Total (PT). Assim é possível aplicar a equação 3.1 e determinar o nível de eficiência da Agência A. Vale à pena lembrar que o imóvel não possui bonificações a serem consideradas.

Depois de realizado o cálculo, foi encontrado um valor de PT igual a 1,901. Portanto, de acordo com a tabela 4 deste trabalho, o nível de eficiência da Agência B como um todo é **Nível D**.

4.2. ETIQUETAGEM DA AGÊNCIA B

A agência B já passou pelo processo de etiquetagem em julho de 2009. A agência recebeu o critério A, com uma pontuação total PT de 5,02, sendo 1,0 pontos referentes à bonificação da economia de mais de 40% no consumo de água. Porém o regulamento vigente na época era ligeiramente diferente do que está em vigor atualmente. A seguir, estão comentadas de forma breve cada uma das avaliações parciais da agência.

4.2.1. Envoltória

Da mesma forma que foi realizada os cálculos da envoltória para a Agência A, os mesmos cálculos e pré-requisitos foram também verificados para a Agência B. Porém, no regulamento vigente em 2009, havia algumas pequenas diferenças nos pré-requisitos. Os valores máximos para atingir os pré-requisitos de transmitância térmica das paredes e da cobertura eram menos rigorosos. Atualmente, para atingir o nível A, é necessário que a transmitância térmica da cobertura seja igual a no máximo $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, e na época este valor era igual a $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Da mesma forma ocorre com a transmitância térmica das paredes, que atualmente é necessário para atingir o nível A um valor de no máximo $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, enquanto na época em que a Agência B foi etiquetada este valor era de $3,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Porém, na época foi necessário realizar a avaliação dos pré-requisitos de absorvância térmica das coberturas e da parede, fator que na legislação atual não é necessário obter parâmetros mínimos para a classificação da eficiência.

A seguir, o quadro 13 resume os valores principais utilizados no cálculo da envoltória da Agência B.

Quadro 13 - Valores utilizados no cálculo da envoltória da Agência B

PRÉ-REQUISITOS - NÍVEL A

Zona Bioclimática	valores máximos p/ ZB-1	valores da Agência A
Transmitância térmica da cobertura	$1 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$	$0,448 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$
Transmitância térmica das paredes externas	$3,7 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$	$1,92 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}+\text{D214}$
Absortância térmica da cobertura (α)	0,4	0,25
Absortância térmica das paredes externas (α)	0,4	0,335093

Área da envoltória	Área (m^2)
Norte	209,96
Sul	209,57
Leste	207,13
Oeste	219,35
Cobertura	471,81
	1.317,81

ÁREA DE PROJEÇÃO DA EDIFICAÇÃO (Ape)

Local	Área (m ²)
Total	492,78
	492,78

VOLUME TOTAL DA EDIFICAÇÃO

Local	Volume (m ³)
Térreo	1.771,11
Superior	1.924,74
Telhado parte 1	317,62
Telhado parte 2	15,95
	4.029,42

ÁREAS

Pavimento	Atot (m ²) - área total de piso - medido externamente	AU (m ²) - área útil (interno paredes) - exclui garagens	Área condicionada (m ²) - AC	A pb - Área de piso de permanência breve - não condicionados (m ²)	A nc - Área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada (m ²)
Térreo	472,30	447,82	383,14	64,68	-
Superior	513,27	454,79	370,78	84,01	-
	985,56	902,61	753,92	148,69	-

PERCENTUAL DE ABERTURA DAS FACHADAS

PAF _T	16,33%
PAF _O	12,36%
PAF _O /PAF _T	-24,31%
PAF_T a adotar	16,33%

ZONA BIOCLIMÁTICA

Curitiba	ZB-1
Área de proj da edificação Ape (m ²)	492,78
FF	0,3270
FA	0,5208
PAF _T	16,33%
FS (utilizado o pior caso)	1
Equação do RTQ-C	3.1
AVS	13,215
AHS	4,789

Fonte: Arquivo dos autores

Realizando os procedimentos de cálculo, então, para classificar a envoltória da Agência B, esta obteve **Nível A**. Se o cálculo fosse realizado de acordo com a legislação atual, a Agência B receberia classificação na envoltória como **Nível B**.

4.2.2. Iluminação

Na avaliação parcial do sistema de iluminação da Agência B, esta atingiu o Nível A. Todos os pré-requisitos foram atingidos. A seguir, uma breve descrição de cada um deles para o caso da Agência B.

- Divisão de circuitos: todos os ambientes fechados (paredes ou divisórias até o teto) foram projetados com interruptores, nos ambientes menores que 250 m². Nos ambientes de atendimento, a iluminação é setorizada (caixas, FGTS, informações, etc.), com comando por meio de Quadro de Iluminação com contadores e botoeiras.
- Contribuição da luz natural: todas as luminárias localizadas junto às janelas, inclusive nos grandes salões, foram projetadas com interruptores independentes do salão, para aproveitamento da luz natural (iluminação perimetral). Portanto, pré-requisito atendido. A seguir a Figura 37 apresenta o detalhe da iluminação perimetral para contribuição da luz natural na Agência B.



Figura 37 - Iluminação perimetral para aproveitamento da luz natural

Fonte: Arquivo dos autores

- **Desligamento automático:** o único ambiente maior que 250 m² é o salão de atendimento do pavimento superior. Foram utilizados circuitos setorizando em ambientes menores, acionados manualmente por botoeiras e contadores do Quadro de Iluminação, com visualização do ambiente. Para o desligamento automático da iluminação do salão, está previsto um timer com programação para desligamento dos circuitos de iluminação, após o expediente da agência. Somente os circuitos de iluminação de emergência e de segurança não são conectados ao timer. Em caso de necessidade de utilização do ambiente após o horário normal, há a opção de chave manual/automática para o comando do sistema de iluminação. Portanto, pré-requisito atendido.

Na época em que foi realizada a etiquetagem da Agência B, foi utilizado outro método para o cálculo da eficiência da instalação. Porém, mesmo realizando os cálculos segundo o atual regulamento, a instalação atingiria o nível máximo. A instalação ao todo, incluindo o pavimento subsolo, possui uma área total de 1568,60 m², e uma potência total no sistema de iluminação de 14520 W. Isso resulta em uma DPIL média total de 9,26 W/m². Comparando com os limites estabelecidos para cada nível de eficiência, a instalação atinge o **Nível A**.

4.2.3. Condicionamento de ar

Assim, como nas outras duas avaliações parciais de eficiência, no ano de 2009 o regulamento para avaliação do sistema de ar condicionado possuía algumas diferenças do regulamento atual. Na etiquetagem da Agência B, esta atingiu um critério de eficiência Nível C, com um EqNumCA igual a 2,98. Refazendo a avaliação da Agência B de acordo com a legislação vigente atualmente, os resultados estão expressos no quadro 14 a seguir.

Quadro 14 - Avaliação da Agência B de acordo com a legislação vigente

Referência no projeto	Dados dos equipamentos de condicionamento de ar								Tabelas eficiência mín. RTQ			Classificação equipamento	Equivalente numérico	EqNumCA	CLASSIFICAÇÃO	
	Equipamento	Modelo	Fabricante	Capacidade frigorífica (BTU/h)	Capacidade frigorífica (TR)	Capacidade frigorífica (kW)	Potência (kW)	COP calculado	Capacidade frigorífica (faixa)	Cond. de ar - nível A e B (Tab. 5.4)	Cond. de ar - nível C (Tab. 5.7)					Cond. de ar - nível D (Tab. 5.9)
UE01+UC01	self-contained	40BXA 16226S	Carrier	180.000	15,00	52,79	19,54	2,70	≥ 40 kW e < 70 kW	3,22	2,84	2,49	D	2	1,85	D
UE02+UC02	self-contained	40BXA 08226S	Carrier	90.000	7,50	26,39	10,14	2,60	≥ 19 kW e < 40 kW	3,28	3,02	2,61	E	1		
UE05+UC05	minisplit	38XCA 18515MC	Carrier	18.000	1,50	5,28	1,89	2,79	< 19 kW	3,00	2,80	2,60	D	2		
UE06+UC06	minisplit	38XCA 18515MC	Carrier	18.000	1,50	5,28	1,89	2,79	< 19 kW	3,00	2,80	2,60	D	2		
UE03+UC03	self-contained	40BXA 14226S	Carrier	150.000	12,50	43,99	17,15	2,56	≥ 40 kW e < 70 kW	3,22	2,84	2,49	D	2		
UE04+UC04	self-contained	40BXA 14226S	Carrier	150.000	12,50	43,99	17,15	2,56	≥ 40 kW e < 70 kW	3,22	2,84	2,49	D	2		

Fonte: Arquivo dos autores

A classificação que seria encontrada na legislação atual para o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar da Agência B seria **Nível D**, com um **EqNumCA = 1,85**.

4.2.4. Classificação Geral

A Agência A obteve uma pontuação geral suficiente para atingir o **Nível A**, somando uma pontuação total PT igual a 5,02 pontos. Realizando uma nova avaliação, a Agência A atingiria o critério **Nível B**, com 1,0 pontos de bonificações pela economia de 40% no consumo de água, atingindo uma pontuação PT igual a 4,12 pontos. Essa bonificação é resultado da instalação de um sistema para aproveitamento da água de chuva, torneiras com temporizadores e a instalação de aeradores nas torneiras, como mostra o detalhe da figura 38.



Figura 38 - Detalhe do aerador na torneira

Fonte: Arquivo dos autores.

4.3. COMPARATIVO ENTRE A AGÊNCIA A E AGÊNCIA B

Com o intuito de fazer uma comparação entre a eficiência energética da Agência A e da Agência B, foi realizado um levantamento do histórico do consumo de energia das duas agências. Os dados foram levantados desde a inauguração das duas agências, e estes dados são apresentados no quadro 15.

Quadro 15 - Comparativo entre agência A e agência B

Agência A - 13 funcionários						
Mês	Demanda Contratada (kW)	Demanda Medida (kW)	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora de Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Total Fatura (R\$)
jan/09						
fev/09						
mar/09						
abr/09						
mai/09						
jun/09						
jul/09						
ago/09						
set/09						
out/09	90	52	459	3481	3940	1.752,35
nov/09	90	62	619	8745	9364	3.218,84
dez/09	90	84	753	13250	14003	4.296,57
jan/10	90	85	640	13055	13695	4.091,87
fev/10	90	76	694	12782	13476	4.086,62
mar/10	90	87	646	11141	11787	3.786,65
abr/10	90	79	769	11280	12049	3.951,58
mai/10	90	62	613	8824	9437	3.438,76
jun/10	90	30	587	7702	8289	3.095,00
jul/10	90	30	590	7948	8538	3.327,88
ago/10	90	66	646	8076	8722	3.873,65
set/10	90	64	626	8246	8872	3.879,42
out/10	90	64	656	8334	8990	3.943,89
nov/10	90	59	663	8640	9303	4.001,01
dez/10	90	69	496	8310	8806	3.542,98
jan/11	90	80	723	11222	11945	4.508,99
fev/11	90	77	740	12903	13643	4864,26
mar/11	90	92	720	11077	11797	4543,93
abr/11	90	59	701	9213	9914	3999,72
mai/11	90	60	727	10528	11255	4531,91
jun/11	90	44	748	9060	9808	4187,54
jul/11	73	34	575	7375	7950	3403,67
ago/11						

Agência B - 13 funcionários						
Mês	Demanda Contratada (kW)	Demanda Medida (kW)	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora de Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Total Fatura (R\$)
jan/09	75	59	864	13655	14519	4.279,72
fev/09	75	54	714	11695	12409	3.484,43
mar/09	75	71	1132	11040	12172	4.116,59
abr/09	75	60	961	10546	11507	3.901,29
mai/09	75	55	735	7946	8681	3.315,47
jun/09	75	33	583	5916	6499	2.650,08
jul/09	75	22	554	5934	6488	2.573,38
ago/09	75	22	556	5508	6064	2.497,70
set/09	75	44	683	6322	7005	2.911,40
out/09	75	21	403	4711	5114	2.136,18
nov/09	75	75	554	9862	10416	3.514,58
dez/09	75	74	506	11995	12501	3.605,44
jan/10	75	59	458	12713	13171	3.615,15
fev/10	75	78	555	13215	13770	3.919,26
mar/10	75	74	808	11082	11890	3.875,51
abr/10	75	72	615	9001	9616	3.236,92
mai/10	75	61	451	5874	6325	2.547,83
jun/10	75	37	390	4637	5027	2.148,97
jul/10	75	40	457	5577	6034	2.727,33
ago/10	75	28	405	4829	5234	2.496,99
set/10	75	46	532	6236	6768	3.074,49
out/10	75	40	419	5240	5659	2.659,14
nov/10	75	42	397	6551	6948	2.921,75
dez/10	75	74	438	8216	8654	3.324,04
jan/11	78	78	487	13109	13596	4.441,23
fev/11	75	79	570	11355	11925	4977,89
mar/11	75	76	584	10585	11169	4049,07
abr/11	75	73	667	8856	9523	3808,45
mai/11	75	75	760	7913	8673	3943,32
jun/11	75	33	668	6834	7502	3386
jul/11	71	45	583	6310	6893	3232,33
ago/11						

Fonte: Arquivo dos autores

Para a realização do comparativo entre o consumo das duas agências, foi utilizado o período que vai de janeiro de 2010 até dezembro de 2010. Os dois primeiros meses da Agência A são passíveis de serem desconsiderados, uma vez que em um primeiro momento os consumos registrados não representam o comportamento normal da agência, pois a mesma estava em processo de adaptação, adquirindo clientes, para posteriormente, manter o mesmo ritmo de funcionamento e, conseqüentemente, de consumo de energia.

Realizando um comparativo para o ano de 2010 entre as duas agências, obtemos os resultados apresentados no quadro 16 a seguir.

Quadro 16 - Comparação Agência A x Agência B

Comparação Agência A x Agência B					
Mês	Diferença Demanda Medida (%)	Diferença Consumo Ponta (%)	Diferença Consumo Fora Ponta (%)	Consumo Total (%)	Diferença Total Fatura (%)
jan/10	44,07%	39,74%	2,69%	3,98%	13,19%
fev/10	-2,56%	25,05%	-3,28%	-2,14%	4,27%
mar/10	17,57%	-20,05%	0,53%	-0,87%	-2,29%
abr/10	9,72%	25,04%	25,32%	25,30%	22,08%
mai/10	1,64%	35,92%	50,22%	49,20%	34,97%
jun/10	-18,92%	50,51%	66,10%	64,89%	44,02%
jul/10	-25,00%	29,10%	42,51%	41,50%	22,02%
ago/10	135,71%	59,51%	67,24%	66,64%	55,13%
set/10	39,13%	17,67%	32,23%	31,09%	26,18%
out/10	60,00%	56,56%	59,05%	58,86%	48,31%
nov/10	40,48%	67,00%	31,89%	33,89%	36,94%
dez/10	-6,76%	13,24%	1,14%	1,76%	6,59%

LEGENDA:
GASTO A MENOS QUE A AGÊNCIA B
GASTO A MAIS QUE A AGÊNCIA B

Fonte: Arquivo dos autores.

Como já era esperado, a Agência B apresentou uma eficiência energética significativamente maior do que a Agência A, tanto nos critérios Consumo e Demanda. Em algumas exceções a Agência A apresentou uma menor Demanda Medida, nos meses de inverno. Possivelmente, isso é resultado do sistema de

condicionamento de ar não ter sido utilizado, enquanto pode ter sido utilizado em algum dia atípico na Agência B.

Ainda é possível notar que nos meses mais frios, estação inverno no Hemisfério Sul, a diferença no consumo total entre as duas agências chega a valores em torno de 50%. Enquanto nos meses de verão, a diferença no consumo entre as duas agências é quase inexistente.

Para realizar uma análise mais precisa e traçar o perfil de consumo de energia da agência, realizaram-se medições *in loco*, verificando os valores referentes a cada parcela de consumo: condicionamento de ar, iluminação e outros; representam quantitativamente no consumo total de energia.

Com o auxílio de um equipamento Alicates Amperímetro, foi realizada a medição da corrente consumida por cada circuito diretamente no quadro de distribuição de energia da Agência B. A figura 39 e a figura 40 a seguir ilustram o procedimento utilizado para realizar esta medição.



Figura 39 - Medição in loco

Fonte: Arquivo dos autores.



Figura 40 - Detalhe do alicate amperímetro durante o processo de medição

Fonte – Arquivo dos autores.

A seguir, o quadro 17 apresenta os resultados desse procedimento.

Quadro 17- Medições na Agência B

	Fase	Corrente (A)	Tensão da Fase (V)	Potência Instantânea (W)
QDIL-T	R	14,9	127	1892,3
	S	14	127	1778
	T	6,3	127	800,1
QDIL-S	R	12,36	127	1569,72
	S	8,9	127	1130,3
	T	0	127	0
QDNB	R	10,12	127	1285,24
	S	10,7	127	1358,9
	T	10,3	127	1308,1
QSNB	R	0,3	127	38,1
	S	0,7	127	88,9
	T	2	127	254
QDEC-T	R	2,1	127	266,7
	S	0,7	127	88,9
	T	0,2	127	25,4
QDEC-S	R	0,16	127	20,32
	S	1,5	127	190,5
	T	0,2	127	25,4
QDAR-S	R	9,4	127	1193,8
	S	9,1	127	1155,7
	T	9	127	1143
QDAR-T	R	24,3	127	3086,1
	S	0	127	0
	T	16,9	127	2146,3

Fonte – Arquivo dos autores.

Analisando o comportamento de cada parcela de consumo de energia da agência, foi obtido o seguinte resultado apresentado no quadro 18.

Quadro 18 - Estimativas de consumo de energia da Agência B

	Iluminação	Outros	Ar Condicionado
Pot. Instantânea (W)	7170,42	4950,46	8724,9
Horas por dia	11	11	
Dias por mês	24	24	
Consumo Total (kWh)	1892,99088	1306,921	0
%	34%	24%	42%
Total Iluminação + Outros	3199,91232		

Fonte – Arquivo dos autores.

Independente do período do ano, as parcelas de consumo de Iluminação e Outros serão sempre as mesmas, pois durante todo o ano não há variação na utilização dessas cargas. O que varia é o consumo de ar condicionado. Realizando uma estimativa simples, observamos que o consumo de Iluminação e Outros é de aproximadamente 3200 kWh por mês. Portanto, toda a diferença de consumo de energia durante os meses do ano, é referente ao consumo de ar condicionado.

O mesmo procedimento foi utilizado na medição da Agência B. O quadro 19 a seguir mostra os resultados obtidos.

Quadro 19 - Medições da Agência A

	Fase	Corrente (A)	Tensão da Fase (V)	Potência Instantânea (W)
QDG	R	141	127	17907
	S	126	127	16002
	T	154	127	19558
QD IL T	R	18,3	127	2324,1
	S	17	127	2159
	T	18,8	127	2387,6
QD IL S	-	-	127	0
	S	26,5	127	3365,5
	T	14	127	1778
QD AR T	R	24	127	3048
	S	20,3	127	2578,1
	T	17,7	127	2247,9
QD AR M	R	78	127	9906
	S	79	127	10033
	T	81	127	10287
QD NB	R	15,3	127	1943,1
	S	9,7	127	1231,9
	T	14,6	127	1854,2
QS NB	R	0,6	127	76,2
	S	2,1	127	266,7
	T	0,6	127	76,2

Fonte – Arquivo dos autores.

Realizando a mesma análise feita para a Agência B, o comportamento de cada parcela de consumo de energia da Agência A, foi obtido o seguinte resultado apresentado no quadro 20.

Quadro 20 - Estimativas de consumo de energia da Agência A

	Iluminação	Outros	Ar Condicionado
Pot. Instantânea (W)	12014,2	5448,3	38100
Horas por dia	11	11	
Dias por mês	24	24	
Consumo Total (kWh)	3171,7488	1438,351	0
%	22%	10%	69%
Total Iluminação + Outros	4610,1		

Fonte – Arquivo dos autores.

Comparando as duas agências, observa-se um aumento de cerca de 600 kWh referente às parcelas de Iluminação e Outros. Em verificação do projeto luminotécnico da Agência A foi observado um número excessivo de luminárias instaladas na unidade. Este fato comprova-se pelo fato da carga instalada para iluminação na Agência A ser quase o dobro da carga instalada para iluminação na Agência B.

As duas agências possuem perfis diferenciados, uma vez que nota-se que o ar condicionado quando ligado nas duas agências apresenta uma diferença significativa no consumo de energia da agência, em especial na Agência A, onde a potência do ar condicionado foi estimada em 30.000 W a mais que o sistema de ar condicionado da Agência B. Na Agência B, a potência instantânea utilizada pelo sistema de ar condicionado representa cerca de 40% da carga total, enquanto este valor é de 70% para a Agência A.

4.4. IMPLEMENTAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AGÊNCIA A

Para realizar uma melhoria na eficiência energética da Agência A, a principal e única modificação viável de ser tomada é a melhoria no que diz respeito à parte de Iluminação. Quanto à Envoltória, esta já apresenta um critério elevado, e a instalação de brises nas fachadas envidraçadas não acarretaria em uma melhora significativa. O mesmo ocorre com o sistema de condicionamento de ar. Para que este sistema eficiente fosse implementado seria necessário trocar todos os equipamentos, e feitas uma série de alterações estruturais visando atingir o critério máximo de eficiência. Por estes motivos, será realizada uma análise apenas no sistema de iluminação da Agência A.

O sistema de iluminação da Agência A está superdimensionado. Há um número excessivo na quantidade de luminárias na agência, o que faz com que a DPIL seja muito elevada. O projeto luminotécnico foi realizado visando que toda a agência tivesse uma iluminância de 500 lux por toda a sua área, o que não é necessário. Essa iluminância de 500 lux deve ser apenas em ambientes onde existam estações de trabalho, tais como caixas e mesas de funcionários. Em áreas

de circulação de público, essa iluminância poderia ser reduzida para 300 lux, o que provavelmente reduziria significativamente a DPIL total da agência. Realizando a retirada de algumas luminárias, visando adaptar a Agência A para esta configuração de 500 lux em estações de trabalho e 300 lux para áreas de circulação de público, com o auxílio do software Lumisoft, é possível realizar a seguinte distribuição apresentada no quadro 21 a seguir.

Quadro 21 - Nova configuração da Iluminação da Agência A

Cálculo Iluminação									
Pavimento	Setor	Área (m2)	Quantidade de Luminárias	Quantidade de lâmpadas por Luminária	Potência Lâmpada (W)	Perdas reator (W)	Qtde reatores por luminária	Potência Luminária (W)	Potência por ambiente (W)
Pavimento Térreo	auto atendimento	24,45	3	4	16	1	2	66	198
		27,95	3	4	16	1	2	66	198
	manutenção	17,85	3	4	16	1	2	66	198
	tesouraria	9,68	1	4	16	1	2	66	66
	arquivo	9,75	1	4	16	1	2	66	66
	retpv	14,83	3	4	16	1	2	66	198
		18,15	4	4	16	1	2	66	264
	sala técnica	11,61	2	4	16	1	2	66	132
	circulação	13,77	2	4	16	1	2	66	132
	relacionamento	24,84	4	4	16	1	2	66	264
		23,18	3	4	16	1	2	66	198
		20,85	3	4	16	1	2	66	198
		25,75	4	4	16	1	2	66	264
		12,11	2	4	16	1	2	66	132
		12,69	2	4	16	1	2	66	132
	caixas	20,48	3	4	16	1	2	66	198
	informações	25	6	4	16	1	2	66	396
		23,18	4	4	16	1	2	66	264
		18,72	3	4	16	1	2	66	198
	ante-câmara/hall	18,47	3	4	16	1	2	66	198
		39,22	3	4	16	1	2	66	198
	banheiros adaptados	3,74	1	4	16	1	2	66	66
		3,74	1	4	16	1	2	66	66
hall	6,23	1	4	16	1	2	66	66	
casa de maquinas	17,75	1	4	16	1	2	66	66	
sala de segurança	11,47	4	4	16	1	2	66	264	
Pavimento Superior	banheiros adaptados	3,74	1	4	16	1	2	66	66
		3,7	1	4	16	1	2	66	66
	hall	6,23	1	4	16	1	2	66	66
	telefonista e suporte	27,85	5	4	16	1	2	66	330
	relacionamento	27,39	3	4	16	1	2	66	198
		26,65	4	4	16	1	2	66	264
		41,30	3	4	16	1	2	66	198
		29,26	3	4	16	1	2	66	198
	reuniões	29,09	3	4	16	1	2	66	198
		32,84	5	4	16	1	2	66	330
	gerente personalizado	27,87	5	4	16	1	2	66	330
	assist adm	22,56	5	4	16	1	2	66	330
		26,52	5	4	16	1	2	66	330
	gerente empresarial	27,35	5	4	16	1	2	66	330
		34,27	5	4	16	1	2	66	330
	Teto da escada	15,56	2	4	16	1	2	66	132
	almoxarifado	10,98	1	4	16	1	2	66	66
	hall	5,64	1	4	16	1	2	66	66
	banheiros	8,65	1	4	16	1	2	66	66
		8,71	1	4	16	1	2	66	66
	circulação	10,28	2	4	16	1	2	66	132
	copa	25,10	4	4	16	1	2	66	264
	dml	4,43	1	4	16	1	2	66	66
casa de maquinas	16,89	1	4	16	1	2	66	66	
Total		928,36							9108

Fonte: Arquivo dos autores.

A potência total instalada para o sistema de iluminação da Agência A que atualmente é de 16980 W, pode ser reduzida para 9108 W, com a redução no número excessivo de luminárias, principalmente em áreas de circulação de público. Outra medida é a substituição das 4 lâmpadas incandescentes de 60 W instaladas em cada uma das casas de máquinas, por lâmpadas fluorescentes.

Com isso, a DPIL total para a Agência A que era de 18,29 W/m², passa a ser agora 9,81 W/m². Porém, apenas essa redução de luminárias não é a única medida necessária a ser tomada na Agência A. É necessário, também, realizar uma nova divisão nos circuitos de iluminação, visando atingir o pré-requisito de aproveitamento da luz natural. Para que isso se torne possível, apenas é necessário dividir os circuitos responsáveis pela iluminação nos ambientes onde existam janelas. Para isso é necessário instalar um sistema que acione a primeira fileira de luminárias próximas à fachada frontal da agência, que é toda envidraçada. No piso térreo, essa área corresponde à uma parte do Auto Atendimento, e no piso superior, a mesa de reuniões, uma mesa de um gerente, e a copa.

Os outros pré-requisitos para esta agência já foram atendidos. Se o processo de etiquetagem parcial para o sistema de iluminação da Agência A fosse então refeito com essas novas mudanças na agência, esta atingiria o Nível A, com um EqNumDPI = 5.

A nova pontuação geral da agência, então, fica com 3,01 pontos, sendo uma etiqueta geral de Nível C. Esta medida já é suficiente para reduzir significativamente o consumo de energia da agência. Porém, ainda outra medida que é passível de ser executada é a instalação de um sistema que reduza o consumo de água da Agência A em até 40%, o que garantiria uma bonificação de 1,0 ponto, elevando assim o conceito geral da agência para Nível B. Na Agência B está instalado um sistema desse tipo, com um sistema de captação de água de chuvas e também torneiras com aeradores e temporizadores nos banheiros e copa.

5. CONCLUSÃO

Após a execução do processo de etiquetagem na Agência A, foi atingido o objetivo esperado, que era o de encontrar um resultado baixo de acordo com a avaliação da eficiência energética da agência segundo os critérios do RTQ-C. Foi necessário que existisse esse contraste entre as duas agências, que foram comparadas para poder avaliar se os critérios estabelecidos pelo RTQ-C realmente indicam uma eficiência real no consumo de energia da instalação.

Apesar da avaliação proposta pelo INMETRO com o RTQ-C não ser ainda de caráter compulsório, é provável que isso mude nos próximos anos, pois o nível de eficiência energético sugerido por esta legislação apesar de não ser tão rigoroso quanto em outros países, realmente indica uma redução significativa no consumo de energia. Para o caso estudado, em alguns meses a Agência B que possui o critério Nível A apresentou um consumo em até 60% menor de energia do que a Agência A que possui classificação Nível D.

O grande diferencial das análises feitas consiste na verificação dos valores da eficiência mensurados na avaliação de acordo com o sistema RTQ-C com dados obtidos através de medições *in loco*. O sistema do INMETRO já foi utilizado em diversas edificações, e algumas delas obtiveram o selo que comprova que a edificação é eficiente, porém não existe nenhum estudo no país que comprove esta real eficiência após a edificação entrar em funcionamento. Nenhum estudo conseguiu avaliar se a presença do selo realmente garante que a edificação se comportará de maneira mais eficiente. Após a realização do trabalho, foi verificado que realmente isso acontece.

As comparações realizadas através de medições diretamente nos quadros de energia são confiáveis, uma vez que retratam com precisão o consumo de energia de cada uma das parcelas consideradas na avaliação da eficiência de forma instantânea, podendo realizar uma estimativa coerente com a realidade da edificação. A Agência B, detentora do Nível A de eficiência energética de acordo com os parâmetros do RTQ-C, realmente é um modelo a ser seguido durante o processo de planejamento de novas agências. Os detalhes na instalação mostram que é possível reduzir significativamente os gastos com energia elétrica a partir de ações

tomadas de forma cautelosa. Estudar as necessidades dos ambientes e dos usuários com certeza garante um dimensionamento e planejamento adequado dos equipamentos a serem utilizados, proporcionando assim um maior conforto aos usuários e benefícios tanto quanto financeiros quanto ao meio ambiente.

Essa avaliação foi realizada para edificações com o perfil de consumo típico de escritórios, podendo ser mais ou menos significativa no caso da comparação de outros tipos de imóveis. Como sugestão para trabalhos futuros, pode ser feita a comparação de outros imóveis com perfis de consumo de energia diferentes do apresentado neste trabalho, ou a realização do processo de etiquetagem através do método de simulação, uma vez que o método utilizado neste trabalho foi o método prescritivo.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220 Parte 1: desempenho térmico de edificações**. [Brasil], [2005]. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em: 10 de maio de 2011, 10h32m.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220 Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, de 29 de abril de 2005**. [Brasil], [2005]. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em: 10 de maio de 2011, 10h51m.

Arquitetura e Sustentabilidade. **Selo de Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://karlacunha.com.br/selo-de-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 10 de maio de 2011, 12h40m.

Arquitetura, Urbanismo e Design. **As Envolvórias (Fachadas e Coberturas) são Decisivas para a Economia de Energia em Edifícios**. Disponível em: <<http://rededeconteudounicid.com.br/arquitetura/blog/2010/09/19/as-envoltorias-fachadas-e-coberturas-sao-decisiva-para-a-economia-de-energia-em-edificios/>>. Acesso em: 23 de setembro de 2010, 14h53m.

ASHRAE. **Handbook**. [2011] Disponível em: <<http://www.ashrae.org/publications/page/158>>. Acesso em: 10 de maio de 2011, 2h54m.

ASPE. **Conceituação Básica - Estrutura do Balanço Energético - fontes de energia primária**. Vitória, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.aspe.es.gov.br/crea-es/1/1243.htm>>. Acesso em: 31 de março de 2011, 16h35m.

BEN 2010 – Balanço Energético Nacional. [Brasil], [s.d.]. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf >. Acesso em: 10 de abril de 2011, 3h54m.

CEOTTO, Luiz H. **A Sustentabilidade como Valor Estratégico para a Tishman Speyer**. In: Encontro Internacional sobre Sustentabilidade na Construção. 6, 2008, São Paulo. Disponível em: <<http://www.cte.com.br/eventos/eventos2008/sustentabilidade/docs/palestras/ceotto.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2011, 4h4m.

China Environment Law. **A Discussion of China's Environmental and Energy Laws, Regulations and Policies**. Disponível em: <<http://www.chinaenvironmentallaw.com/wp-content/uploads/2009/01/energy-efficiency.jpg> />. Acesso em: 29 de maio de 2011, 20h22m.

Design Mind. **Do You Read the Label?** Disponível em <<http://designmind.frogdesign.com/blog/do-you-read-the-label.html/>>. Acesso em: 29 de maio de 2011, 20h35m.

Green Living. **Energy Efficiency Standards for Appliances**. Disponível em: <<http://lead-green-life.blogspot.com/2009/06/energy-efficiency-standards-for.html/>>. Acesso em: 29 de maio de 2011, 20h28m

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001**. [Brasil], 2001. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>>. Acesso em: 28 de agosto de 2010, 15h26m.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria n.º 215, de 23 de julho de 2009**. [Brasil], 2009. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001476.pdf>>. Acesso em: 24 de abril de 2011, 1h26m.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo, SP: PW, 1997.

LAMBERTS, Roberto; GOULART, Solange; CARLO, Joyce; WESTPHAL, Fernando. **Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos**. In: 11th BRAZILIAN CONGRESS OF THERMAL SCIENCES AND ENGINEERING, 5-8 de dezembro, 2006, Curitiba. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/019/41019113.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2011, 3h4m.

LEDUC, José L. G. M. **Eficiência Energética em Edificações - ações desenvolvidas**. Disponível em: <http://www.metodoeventos.com.br/5eficienciaenergetica/downloads/12-06-08/manha/jose_luis_leduc.pdf>. Acesso em: 3 de outubro de 2010, 17h42m.

MARQUES, Milton; HADDAD, Jamil; MARTINS, Andre R. S. **Conservação de Energia: eficiência energética de instalações e equipamentos**. Itajubá, MG: Editora da EFEI, 2001.

MASCARÓ, Juan L.; MASCARÓ, Lúcia E. R. **Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios**. Porto Alegre: Sagra - DC Luzzatto, 1992. 134p.

O ECO. **Rotulagem Ambiental**. Rio de Janeiro, [s.d]. Disponível em: <http://www.oeco.com.br/ana-claudia-nioac/18305-oeco_25836>. Acesso em: 11 de maio de 2011, 3h8m.

PANESI, André R. Q. **Fundamentos de Eficiência Energética: Industrial, Comercial e Residencial**. São Paulo, SP: Ensino Profissional, 2006.

PEDREIRA, João C. S.; AMORIM, Cláudia N. D. **Eficiência Energética e Conforto Ambiental na Escolha de Edificações para Agências do Banco do Brasil: proposta de critérios para o Distrito Federal**. In: Entac - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2010, Canela, RS.

PROCEL. **PROCEL Edifica – Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. [Brasil], 2010. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/Volume_1_Apresentacao_Etiquetagem.pdf>. Acesso em: 28 de agosto de 2011, 22h40m.

PROCEL. **PROCEL Edifica – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.** [Brasil], 2010 a. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/2_RTQ_C.pdf>. Acesso em: 8 de maio de 2011, 10h56m.

PROCEL. **PROCEL Edifica – Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C.** [Brasil], 2010 b. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/Volume_4_Manual_V2010-2.pdf>. Acesso em: 8 de maio de 2011, 13h43m.

PROCEL. **PROCEL Edifica – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.** [Brasil], 2010 c. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/Volume_2_RTQ_C_portaria_372_2010.zip>. Acesso em: 7 de maio de 2011, 11h50m.

PROCEL. **PROCEL – Edificações.** [Brasil], 2003. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={A8468F2A-5813-4D4B-953A-1F2A5DAC9B55}>>. Acesso em: 9 de maio de 2011, 23h57m.

PROCEL. **PROCEL – Edificações.** [Brasil], 2003 a. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>>. 9 de abril de 2011 - 16h27m.

REIS, Lineu B. dos. **Geração de Energia Elétrica – tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade.** Barueri, SP: Manole, 2003.

ROCHA, Leonardo R. R. **Guia Técnico PROCEL – Gestão Energética.** Rio de Janeiro, RJ: Eletrobrás, 2005.

UFSC. **Iluminação Zenital.** Florianópolis, [s.d]. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/labcon/arq5661/trabalhos_2006-2/zenital/index.php>. Acesso em: 4 de maio de 2011, 16h58m.

United Nations. **Energy efficiency standards and labelling programme.**

Disponível em: < <http://esa.un.org/techcoop/flagship.asp?Code=GLO99095/>>.

Acesso em: 29 de maio de 2011, 20h18m.

ZATEC. **Materiales Higroscopicos.** Zaragoza, 2009. Disponível em:

<<http://www.zatecsa.com/tag/materiales-higroscopicos/>>. Acesso em: 08 de abril de 2011 - 20h50m.

ANEXO A – Divisão dos circuitos de iluminação da agência A



Divisão do circuito de iluminação da agência A – pavimento térreo

Fonte: Arquivo dos autores.



Divisão do circuito de iluminação da agência A – pavimento superior

Fonte: Arquivo dos autores.