

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**ANDRÉ SOARES
FAGNER MARTINS DOS SANTOS**

**ANÁLISE DO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO
INTERNACIONAL AFONSO PENA VISANDO A OBTENÇÃO DA
ETIQUETA NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, NÍVEL
“A”, SEGUNDO O MÉTODO DO PROCEL EDIFICA.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

ANDRÉ SOARES
FAGNER MARTINS DOS SANTOS

**ANÁLISE DO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO
INTERNACIONAL AFONSO PENA VISANDO A OBTENÇÃO DA
ETIQUETA NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, NÍVEL
“A”, SEGUNDO O MÉTODO DO PROCEL EDIFICA.**

Monografia de Especialização apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Eloir
Rocha

CURITIBA

2013

**ANDRÉ SOARES
FAGNER MARTINS DOS SANTOS**

**ANÁLISE DO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO
AEROPORTO INTERNACIONAL AFONSO PENA VISANDO
A OBTENÇÃO DA ETIQUETA NACIONAL DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA, NÍVEL “A”, SEGUNDO O MÉTODO DO
PROCEL EDIFICA.**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Especialista em Eficiência Energética**, do Curso de Especialização em Eficiência Energética do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 26 de Agosto de 2013.

Prof. Luiz Amilton Peplow, M. Eng.
Coordenador de Curso de Especialização em Eficiência Energética
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof^a Rosangela Winter
Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ayres Francisco da Silva Soria, M.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Joaquim Eloir Rocha, Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. Luiz Amilton Peplow, M. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Walter Denis Cruz Sanchez, Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*Dedico esse trabalho aos meus pais,
Vera e Lousvaldo, pela vida que me
deram e pelos conselhos que nunca
me deixaram desanimar. Dedico
também a minha esposa, Simone, que
sempre me deu o apoio necessário
para iniciar e principalmente chegar ao
fim das etapas.*

Fagner Martins dos Santos

*Dedico este trabalho ao meu saudoso
pai, Sidney, que superando todas as
dificuldades imagináveis que a vida lhe
impôs, proporcionou-me uma educação
de ótima qualidade. Além disso, pelos
valores aos quais me transmitiu e
fundamentalmente, por sempre
acreditar em mim.*

André Soares

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, nós gostaríamos de agradecer a Deus, pelas nossas vidas com perfeita saúde e pela oportunidade que nos deu para a realização deste curso.

O desafio era grande, para isso precisávamos de auxílio, o qual ao transcorrer do curso não nos faltou tanto por parte dos nossos familiares, quanto dos colegas de sala e do trabalho. Todos aqueles e aquelas que muito contribuíram conosco ao decorrer deste período, inclusive, quando do surgimento daqueles momentos difíceis, de adversidades, sabendo ser compreensivos. Deixamos aqui registrados os nossos agradecimentos.

Não poderíamos deixar de agradecer a todos os nossos professores do curso, em particular ao ilustre Prof. Dr. Joaquim Eloir Rocha, nosso orientador, pela exemplar dedicação ao transcorrer deste trabalho, sempre disposto a nos ajudar. Enfim, gostaríamos de agradecer a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

Edifícios verdes são uma marca registrada de decisões de negócio economicamente viáveis, decisões ambientais pensativas e uma decisão de impactos humanos inteligentes.

(FEDRIZZI, Rick, 2013)

RESUMO

SOARES, André. DOS SANTOS, Fagner Martins. **Análise do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena visando a obtenção da etiqueta nacional de eficiência energética, Nível “A”, segundo o método do Procel Edifica.** 2013. 89 páginas. Monografia do Curso de Especialização em Eficiência Energética, UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Curitiba, 2013.

No Brasil, as obras públicas são realizadas por meios de leilões onde dentre as propostas se elege aquela que seja a mais vantajosa para a administração pública. Para que isso aconteça de uma forma eficiente e eficaz e o resultado seja atingido, ou seja, o objeto contratado seja exatamente o que se deseja, torna-se estritamente necessária a maior clareza possível por parte do agente licitador quando da elaboração da respectiva especificação técnica. Nesse contexto, esse trabalho vem agregar as já utilizadas especificações, elementos que vinculem características técnicas relacionadas aos sistemas que forneçam a melhor eficiência possível. Os sistemas abordados são: iluminação, condicionamento de ar e o entorno que de acordo com o Procel, agente certificador brasileiro, trata-se dos sistemas mais relevantes do aspecto da eficiência energética. O objeto modelo desse trabalho são os aeroportos e espera-se que com o estudo de caso e a minuta de especificação técnica complementar apresentada, as obras de reforma e ampliação de aeroportos brasileiros possam, após sua conclusão, ser submetidas ao órgão certificador, Procel Edifica, e obter certificação nível A em eficiência energética.

Palavras-chave: Leilões. Especificações Técnicas. Eficiência Energética. Aeroportos. Nível A.

ABSTRACT

SOARES, André. DOS SANTOS, Fagner Martins. **Analysis of Passenger Terminal from Afonso Pena International Airport, in order to obtain National Energy Efficiency Label, Level "A", according to the Procel Edifica method.** 2013. 89 páginas. Monograph of the Specialization Course in Energy Efficiency, UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Curitiba, 2013.

In Brazil, public works are performed by means of public bids where the most economically advantageous tender is chosen for the public management. So that this happens efficiently and effectively and the result is accomplished – the contracted object is exactly as expected – it is strictly necessary the bidder to be as clear as possible when making the respective technical specification. In this context, this essay aggregates the already used specifications, elements which bind technical features related to the most efficient systems. The addressed systems are: lightning, air conditioning and the environment, which according to Procel, a Brazilian certifying agency, is one of the most relevant systems regarding energy efficiency. The model object of this study are the airports; it is expected that not only case study but also the draught technical specification complementary presented and remodeling works or even the enlargement of Brazilian airports may be submitted to the certifying agency, Procel Edifica, after their conclusion and get level A certification in energy efficiency.

Keywords: Public Sale. Technical specifications. Energy Efficiency. Airports. Level A.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena .	16
Figura 2 – Obras do Aeroporto Internacional Afonso Pena visando a realização da Copa do Mundo da FIFA™ 2014.....	18
Figura 3 – Origem do Referencial Técnico - Processo AQUA.....	22
Figura 4 – Relação das 14 categorias da QAE	23
Figura 5 - Perfil Mínimo Processo AQUA – Bom (Legislação), Superior (Boas Práticas) e Excelente (Melhores Práticas)	24
Figura 6 - Método de Classificação do Sistema de Certificação BREEAM	26
Figura 7 – Definição de BEE e o gráfico	28
Figura 8 - Dimensões avaliadas pela Certificação LEED	35
Figura 9 – Registros e Certificações LEED no Brasil	36
Figura 10 – Registros da Certificação LEED no Brasil por Unidade da Federação	36
Figura 11 - Métodos de Avaliação da ENCE regulamentados pelo RTQ-C	42
Figura 12 - Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia	43
Figura 13 – Fluxograma do processo de solicitação da ENCE	44
Figura 14 - Resultado da Simulação para o Sistema de Iluminação uso – Terminal - bilheteria.....	62
Figura 15 - Resultado da Simulação para o Sistema de Iluminação - Uso Aeroporto - Pátio	63
Figura 16 - Resultado da Simulação para o sistema de iluminação – Uso Terminal - bilheteria, lâmpadas de LED	64
Figura 17 – Resumo das Simulações realizadas para o Sistema de Iluminação	64
Figura 18 - Resultado da Simulação para a envoltória – Características existentes	65
Figura 19 – Resultado da Simulação para a envoltória – FS para o vidro (0,82)	66
Figura 20 - Resultado da Simulação para a envoltória – Reduzindo o percentual de aberturas	66
Figura 21 - Resultado da Simulação para a envoltória – Aumentando o ângulo das soleiras	67
Figura 22 - Resultado da Simulação para a envoltória – Aumentando o ângulo das soleiras, Reduzindo o percentual de aberturas e FS para o vidro (0,82)...	67
Figura 23 - Resultado da Simulação para a envoltória – Índices necessários para Nível A.....	68
Figura 24 - Resumo das Simulações realizadas para o Sistema de Envoltória	68
Figura 25 - Tabelas referentes a equipamentos resfriadores de líquidos, as quais devem ser levadas em consideração para determinação do nível de eficiência energética de um sistema de condicionadores de ar.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalente numérico para cada nível de eficiência	47
Tabela 2 – Classificação Geral obtida da Equação 1	48
Tabela 3 - Transmitância máxima em função da Zona Bioclimática	50
Tabela 4 – Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas	51
Tabela 5 – Parâmetros para o $IC_{máxD}$	51
Tabela 6 – Parâmetros para o IC_{min}	51
Tabela 7 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência	52
Tabela 8 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_{RL}) para o nível de eficiência pretendido	54
Tabela 9 – Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B	57
Tabela 10 – Eficiência mínima resfriadores de líquido para classificação nos níveis A e B	58
Tabela 11 – Eficiência mínima de torres de resfriamento e condensadores para classificação nos níveis A e B	58
Tabela 12 – Limites de potência dos ventiladores.....	60
Tabela 13 - Dados dos Pisos do Terminal	62
Tabela 14 – Levantamento das Cargas Térmicas do Terminal de Passageiros do Aeroporto Afonso Pena	70

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

A _{pe}	Áreas de projeção
DPI _{RL}	Densidade de potência de iluminação
IC _{env}	Índice de consumo da envoltória de um edifício
PAft	Percentual de Área de Abertura na Fachada total

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers</i>
ASSOHQE	<i>Association pour la Haute Qualité Environnementale</i>
AT	Alta Tensão
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento
BCA	<i>Building and Construction Authority</i>
BEE	<i>Built Environment Efficiency</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
BRE	<i>Building Research Establishment</i>
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CEF	Caixa Econômica Federal
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency</i>
CGIEE	Comitê Gestor dos Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
DGNB	<i>Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen</i>
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
ENCE	Etiqueta Nacional de Eficiência Energética em Edificações
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FS	Fator Solar

GEA	Global Environmental Alliance
HKBEEM	<i>Hong Kong Building Environmental Assessment Method</i>
HQE	<i>Haute qualité environnementale</i>
IBEC	<i>Institute for Building Environment and Energy Conservation</i>
iiSBE	<i>International Initiative for the Sustainable Built Environment</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional
IPLV	<i>Integrated Part Load Value</i>
JaGBC	<i>Japan GreenBuild Council</i>
JSBC	<i>Japan Sustainable Building Consortium</i>
K	Kelvin
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
lx	lux
m	metro
m ²	metro quadrado
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MME	Ministério de Minas e Energia
PAZ	Plano de Abertura Zenital
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
RAC-C	Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RCB	Relação Custo-Benefício
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
TR	Tonelada de Refrigeração (=3516kW = 3024kcal/h)
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
W	Watt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.2 PROBLEMA	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 JUSTIFICATIVA	17
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM RELACIONADOS PELO MUNDO	20
2.1 PROGRAMA AQUA	21
2.2 PROGRAMA BREEAM	25
2.3 PROGRAMA CASBEE	27
2.4 PROGRAMA DGNB	29
2.5 PROGRAMA ENERGY STAR	29
2.6 PROGRAMA SBTOOL	30
2.7 PROGRAMA GREEN MARK	30
2.8 PROGRAMA HKBEEM	31
2.9 PROGRAMA HQE	32
2.10 PROGRAMA LÍDER A	32
2.11 PROGRAMA GRIHA	33
2.12 PROGRAMA LEED	33
2.13 PROGRAMA PROCEL EDIFICA	37
2.14 PROGRAMA SELO CASA AZUL	38
2.15 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	38
3 PROCESSO DE ETIQUETAGEM APLICADO NO BRASIL	40
3.1 DOCUMENTAÇÃO DE BASE	40
3.2 PROCESSO DE ETIQUETAGEM	40
3.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	45
4 REQUISITOS TÉCNICOS ANALISADOS PARA OBTENÇÃO DA ENCE	46
4.1 PREMISSAS DA ANÁLISE	46
4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO PRESCRITIVO NA EDIFICAÇÃO MODELO	49
4.2.1 Determinação das Eficiências	49
4.2.2 Análise da Envoltória	50
4.2.3 Análise do sistema de iluminação	52
4.2.4 Análise do sistema de condicionamento de ar	56
4.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	60
5 ESTUDO DE CASO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO INTERNACIONAL AFONSO PENA	61

5.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	61
5.2 ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO	65
5.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	69
5.4 NÍVEL DE EFICIÊNCIA GERAL DA EDIFICAÇÃO.....	76
6 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA A SER INCLUSA NOS PROCESSOS LICITATÓRIOS	78
6.1 ESPECIFICAÇÕES GERAIS.....	78
6.2 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ENTORNO DA EDIFICAÇÃO - ENVOLTÓRIA	79
6.3 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	80
6.4 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	80
6.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	81
7 CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES	83
7.1 SUGESTÃO DE TRABALHO FUTURO.....	84

1 INTRODUÇÃO

Aeroportos podem ser resumidos como uma área comercial de atendimento ao público, onde além do exercício das atividades aeroportuárias de embarque e desembarque de passageiros e cargas se têm outras atividades, como por exemplo, assemelhadas a um *shopping center*. Estas atividades, por sua vez, somam-se à função de cartão de boas vindas às pessoas que estão chegando à cidade. Logo, pode-se juntar ao papel de demonstração das qualidades de uma cidade, de um estado, de um país, a preocupação com a sustentabilidade mediante a demonstração de um selo de eficiência energética capaz de demonstrar a preocupação local com o tema.

Em meados de 2001, quando da publicação do Decreto¹ - Lei 4.059/2001, o qual estabeleceu um Comitê Gestor dos Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), de uma forma indireta, teve início no país o processo de etiquetagem de edificações. Esse decreto estabeleceu a necessidade de se tomar conhecimento dos níveis de consumo dos equipamentos consumidores de energia fabricados ou comercializados nacionalmente, bem como das edificações aqui construídas de modo a se poderem fixar os níveis máximos de consumo de energia. O CGIEE, por sua vez, foi constituído pelos seguintes órgãos públicos: Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional do Petróleo (ANP) além de um representante de uma universidade federal brasileira, especialista na área de energia (GOVERNO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 2001).

Passados dois anos, já em 2003, objetivando-se aumentar ainda mais as atividades do segmento no Brasil e através da cooperação direta da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a qual é a responsável por todo embasamento técnico do programa, foi lançado o Procel Edifica. Este

¹ Decreto - Lei 4.059/2001 regulamenta a Lei N°10.295/01, a Lei da Eficiência Energética, a qual trata das políticas de conservação e uso racional da energia.

programa, desde a sua concepção, teve como missão o estabelecimento de critérios de conservação e uso racional de energia nos processos construtivos.

Atualmente, dez anos depois da criação do programa Procel Edifica, a obtenção do selo de eficiência energética no Brasil pode ocorrer de duas maneiras: ou mediante comprovação de cumprimento dos requisitos básicos que contemplam a técnica ou ainda, por intermédio da simulação e comparação de resultados com uma edificação, similar, existente.

A legislação brasileira, em seu inteiro teor, tem como objetivo fazer com que essa certificação aconteça de forma voluntária em edifícios comerciais e públicos (GOULART, 2010).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Uma vez que a matriz energética brasileira enfrenta problemas considerados alarmantes com o fornecimento de energia, tais como sazonalidades e dificuldades de expansão do potencial instalado, somando-se o fato de que os países, em geral, tem se mobilizado cada vez mais em prol das questões ambientais, faz-se necessária igual preocupação em edificações novas ou ainda naquelas que venham a ser reformadas.

Sabe-se que para que se ocorra uma real viabilização de um programa de etiquetagem de edificações, a âmbito nacional, cabe aos poderes públicos a responsabilidade de iniciar a discussão e demonstrar a sua preocupação com tais assuntos, tomando as ações iniciais.

Nesse intuito, os aeroportos, já mencionados anteriormente, até por serem em sua maioria de controle do estado brasileiro, tratam-se de um ótimo ponto de partida para a aplicação dos conceitos de sustentabilidade e da responsabilidade ambiental.

Contextualizando particularmente os aeroportos, o processo de licitação envolvendo esse tipo de edificação será complementado de modo a atender aos requisitos técnicos necessários para que tal edificação possa ser

certificada pelo órgão responsável, a posteriori, como uma construção preocupada com os requisitos da eficiência energética.

1.2 PROBLEMA

Os processos licitatórios visam conseguir uma oferta mais vantajosa para a administração pública, resultando em amplas especificações técnicas, sem obrigar o uso de determinada marca ou fabricante, contudo, ressaltando de maneira oportuna o material que realmente se deseja naquela licitação.

As especificações técnicas são utilizadas para os processos de aquisição de bens e serviços, nesse incluso os projetos das várias especialidades da engenharia. Uma vez que não se podem arbitrar modelos de materiais em específico, resulta-se no fato de que tanto os materiais aplicados quanto os métodos de construção utilizados, por vezes, não são aqueles de melhor qualidade disponíveis no mercado, mas sim os de menor valor monetário.

O Procel Edifica resume-se em um plano de ação que fornece as diretrizes necessárias à racionalização do consumo de energia nas edificações do país e como tal, trata-se de uma importante ferramenta para garantir a qualidade das edificações públicas (LabEEE, Caderno Técnico 1, 2009).

O processo de avaliação se dá em duas etapas: uma no projeto e outra de inspeção do edifício construído. Uma vez que haja conformidade, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) autoriza o uso da etiqueta de eficiência energética.

Neste trabalho será realizada uma análise do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena (figura 1) visando a obtenção do selo de eficiência energética, em seu nível mais eficiente, nível A, na metodologia instituída pelo governo brasileiro através do Procel Edifica.

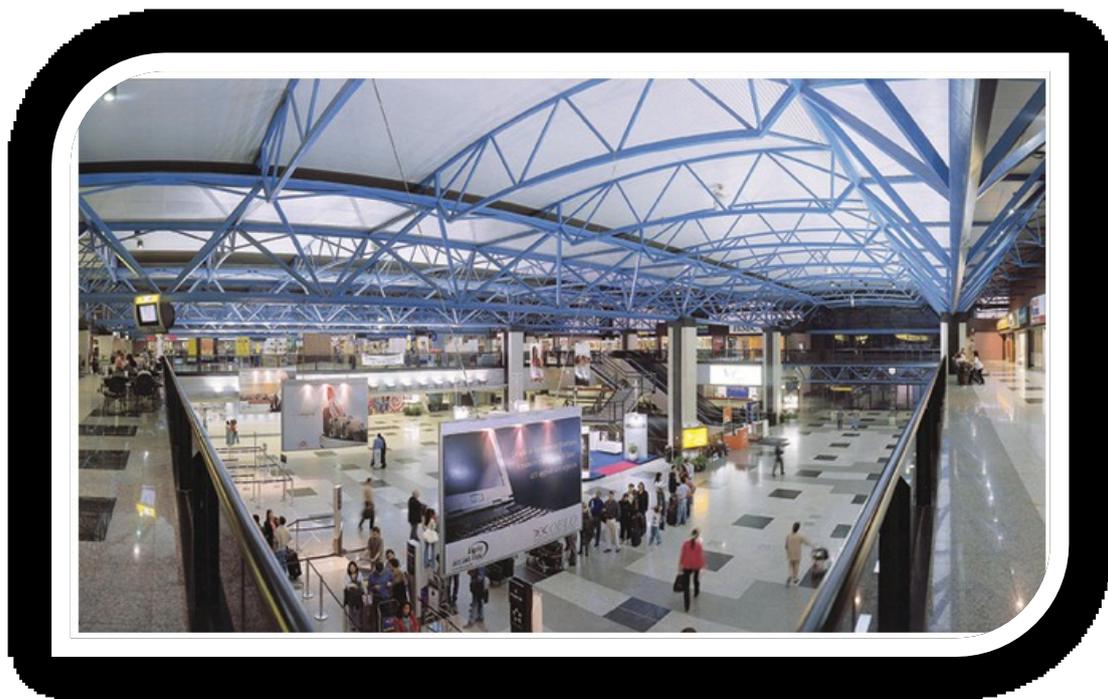


Figura 1 - Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena
Fonte: (INFRAERO, 2013)

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho, tanto os gerais como os específicos, são descritos a seguir.

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar a condição técnica da edificação do Aeroporto Internacional Afonso Pena em seu terminal de passageiros obtendo a provável classificação de eficiência energética pelo método do Procel Edifica, propondo as melhorias necessárias para elevação da classificação, se essa não for de nível máximo.

Adicionalmente, propor uma minuta de especificação técnica complementar para processos licitatórios de aeroportos com a intenção de viabilizar a obtenção da Etiqueta Nacional de Eficiência Energética em Edificações (ENEE) no nível "A".

1.3.2 Objetivos Específicos

Este trabalho deverá atender aos seguintes objetivos específicos, para cumprimento de seu objetivo geral:

- Identificar conceitos mundiais sobre processos de etiquetagem de edificações, destacando os requisitos do padrão brasileiro;
- Avaliar características dos sistemas do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena, apontando possíveis melhorias para elevação do índice de eficiência energética, se necessário;
- Propor uma minuta de características técnicas, de modo que estas possam ser abordadas nos textos dos editais de licitação, visando à observância das melhorias apontadas para obtenção do nível “A” de eficiência energética.

1.4 JUSTIFICATIVA

Os aeroportos brasileiros estão passando por reformas e ampliações devido aos grandes eventos a serem realizados no país nos próximos anos (figura 2) e a grande maioria dessas instalações possui uma idade relativamente alta, imagina-se que os equipamentos em operação não são os mais adequados em termos de eficiência energética.

O avanço tecnológico dos equipamentos, a preocupação crescente com o tema “construções sustentáveis” e a possibilidade de economia financeira, faz com que os custos provenientes do processo de obtenção de uma etiqueta de eficiência energética em nível máximo, sejam justificados.



Figura 2 – Obras do Aeroporto Internacional Afonso Pena visando a realização da Copa do Mundo da FIFA™ 2014

Fonte: (PORTAL DA COPA, 2013)

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente serão identificados os sistemas de etiquetagem existentes mundialmente dando ênfase ao estudo do modelo brasileiro.

Posteriormente será avaliada edificação do aeroporto identificando as características necessárias ao atendimento dos requisitos mínimos para obter o nível energético mais eficiente.

Através da identificação das características será proposta uma minuta de especificação técnica complementar capaz de garantir o sucesso no processo de etiquetagem.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será composto por **sete** capítulos, sendo:

O **Capítulo 1** o introdutório deste estudo. Traz a delimitação do tema, objetivos gerais e específicos do trabalho em questão bem como os procedimentos metodológicos para execução do estudo proposto.

O **Capítulo 2** expõe uma revisão de literatura sobre os processos de etiquetagem em uso no mundo.

O **Capítulo 3** aprofunda os conceitos necessários do Procel Edifica.

O **Capítulo 4** apresenta as características técnicas a serem consideradas para a obtenção da ENCE.

O **Capítulo 5** apresenta o estudo de caso do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena com o nível energético das atuais instalações e a efetividade de aplicação das melhorias apresentadas no decorrer do trabalho para obtenção da etiqueta com o nível máximo de eficiência.

O **Capítulo 6** apresenta a minuta de complementos a especificação técnica adequada para obter a ENCE no nível mais eficiente.

O **Capítulo 7**, por fim, conclui o trabalho apresentando não somente as suas considerações finais, mas também os desdobramentos originados a partir deste trabalho que podem culminar com trabalhos futuros em temas correlatos.

2 PROGRAMAS DE ETIQUETAGEM RELACIONADOS PELO MUNDO

Os impactos ambientais gerados durante a construção de edifícios tem sido um tema muito pesquisado pelo setor privado, por instituições de pesquisa e governamentais. Estudos nessa área vêm sendo realizados no Brasil desde o início da década de 90 e servem como um apoio às metas ambientais que foram estabelecidas a partir da Conferência ECO-92, tomando por base a análise de ciclo de vida mediante a utilização de certas metodologias na avaliação ambiental de edifícios.

Nesse ínterim, verifica-se muitas vezes a função incentivadora da certificação, a qual é estritamente necessária para a implantação de práticas sustentáveis a serem adotadas pelo mercado. Esta certificação é capaz de agregar valor de uma maneira palpável, quantificando e conferindo um reconhecimento formal, através de uma instituição dotada de credibilidade perante o mercado, do valor do investimento realizado em sustentabilidade, tanto ecológica como econômica, do respectivo edifício (ICLEI, 2011).

As certificações disponíveis para edifícios verdes são diversas. Segundo o ponto de vista de especialistas ainda é preferível usar sistemas de certificação locais, uma vez que estes serão adequados a normas de qualidade e legislação locais, além de levar em conta o contexto geográfico e climático. Contudo, ainda é relativamente pequena a quantidade de países com sistemas de certificação próprios.

Embora ainda neste sentido não exista uma classificação formal, os esquemas de avaliação ambiental são geralmente divididos em duas categorias: uma desenvolvida para ser de fácil absorção pelos projetistas e outra onde se encontra os esquemas de avaliação orientados para pesquisa. Enquanto na primeira se segue as necessidades do mercado, aquela a qual é responsável pelo recebimento e divulgação do reconhecimento do mercado pelos esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental de projetos, execução e gerenciamento operacional, na segunda dá uma ênfase ao desenvolvimento de uma metodologia abrangente, com fundamentação científica, a fim de que se possa orientar o desenvolvimento de novos sistemas (SILVA, M. G.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V., 2001).

No Brasil, alguns desses selos de adesão voluntária têm gerado interesse junto às construtoras comerciais, porém, são sistemas da iniciativa privada, pelos quais se paga. Para título de exemplo, em 2010, a instituição financeira Caixa Econômica Federal (CEF) lançou o Selo Azul da CAIXA, um sistema de certificação voluntário criado para nortear os interessados em melhorar o desempenho ambiental das práticas construtivas (ICLEI, 2011).

Na sequência são mostrados os principais programas da área existentes no Brasil e no mundo.

2.1 PROGRAMA AQUA

Em abril de 2008, a Fundação Vanzolini, uma instituição privada, sem fins lucrativos, criada e gerida pelos professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), apresentou o primeiro selo de certificação de construções sustentáveis adaptado à realidade brasileira, o Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental), o qual se trata de um sistema de avaliação que valoriza a coerência das soluções, personalizadas para cada projeto, respeitando suas especificidades, ou seja, é a gestão do projeto que gera a criatividade e os desempenhos.

O Referencial Técnico do Processo AQUA é a adaptação brasileira da “*Démarche HQE*” (*Haute qualité environnementale*), da França (figura 3) e contém os requisitos para o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e os critérios de desempenho nas categorias de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). Enquanto o primeiro exige o comprometimento com o perfil de QAE visado bem como o acompanhamento, a análise e a avaliação da QAE ao longo do empreendimento, entre outros, o segundo aborda a eco construção, a eco gestão e a criação de condições de conforto e saúde para o usuário. (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013).



Figura 3 – Origem do Referencial Técnico - Processo AQUA

Fonte: (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013)

O Referencial Técnico desse processo de certificação de construções sustentáveis foi desenvolvido pelos professores da Escola Politécnica da USP em conjunto com a Fundação Vanzolini e pode ser lido na íntegra no site da Global Environmental Alliance for Construction (GEA Construction), uma associação voltada para o compartilhamento de informações e conhecimento científico entre países que, além do Brasil, inclui países como França, Itália e Líbano, dentre outros (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013).

A ideia de se elaborar um referencial técnico brasileiro é oriunda de um projeto de pós-doutoramento de Ana Rocha Melhado, o qual acabou se tornando um convênio internacional. A escolha brasileira pelo modelo francês, segundo o coordenador executivo do Processo AQUA, Manuel Carlos Martins, emana do fato de que os franceses se encontram num estágio mais avançado em termos de certificação para construções sustentáveis do que os brasileiros. Logo, o Brasil inicia o seu processo aproveitando-se do *know-how* francês, que já têm o seu processo de certificação amadurecido. Ademais, a França tem uma história de parceria com a Politécnica da USP e se dispôs a abrir todo o seu trabalho para os brasileiros de modo que estes pudessem aproveitá-lo. (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2008).

Historicamente, o Processo AQUA é o primeiro selo que levou em conta as especificidades do Brasil para elaborar seus 14 critérios, os quais avaliam a

gestão ambiental das obras e as especificidades técnicas e arquitetônicas destas (CUNHA, K., 2009). Esses 14 critérios da QAE são especificados na figura a seguir:

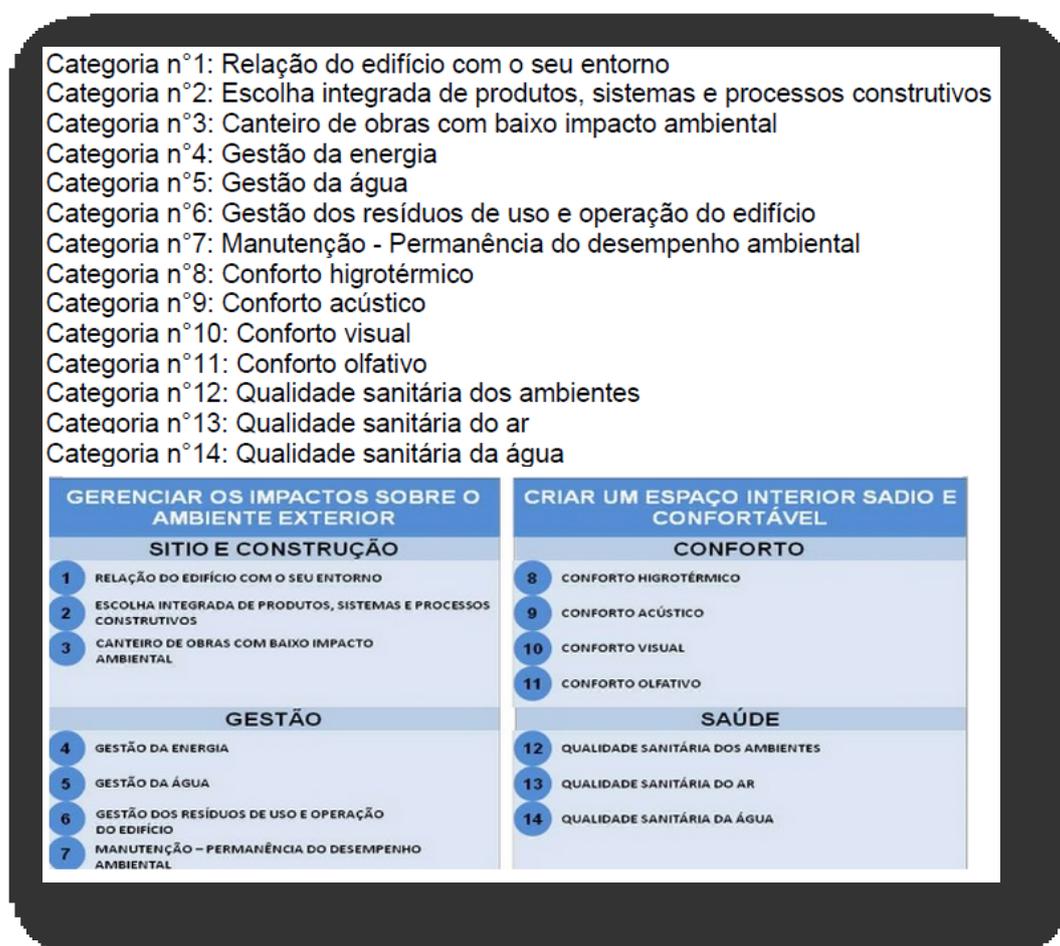


Figura 4 – Relação das 14 categorias da QAE

Fonte: (CUNHA, K., 2009)

O Processo ACQUA requer uma avaliação da obra a ser certificada a partir desses 14 critérios anteriormente apresentados. Não há pontuação, exige-se que o perfil de desempenho nessas 14 categorias seja pelo menos Excelente, Superior e Bom em 3, 4 e 7 categorias, respectivamente, conforme pode ser visto na figura 5:



Figura 5 - Perfil Mínimo Processo AQUA – Bom (Legislação), Superior (Boas Práticas) e Excelente (Melhores Práticas)

Fonte: (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013)

- **Bom:** corresponde ao desempenho mínimo aceitável para um empreendimento de Alta Qualidade Ambiental;
- **Superior:** corresponde a boas práticas de sustentabilidade;
- **Excelente:** corresponde aos desempenhos máximos constatados em empreendimentos de Alta Qualidade Ambiental;

A avaliação do atendimento aos critérios do Referencial Técnico Processo AQUA é feita por meio de auditorias presenciais seguidas de análise técnica. Os certificados são emitidos, caso atendidos os critérios do Referencial Técnico, em até 30 dias, pela Fundação Vanzolini, na conclusão das seguintes etapas do empreendimento: **Fase Programa, Fase Concepção (Projetos) e Fase Realização (Obra)** (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013).

Criado com a missão de promover a sustentabilidade no setor da construção civil, bem como alavancar o desenvolvimento do mercado da construção civil com qualidade e inovação, além de possibilitar a integração em um projeto global, a estética, o conforto e a qualidade de vida, a Certificação de Construção Sustentável Processo AQUA demonstra, de forma inegável e inequívoca, a Alta Qualidade Ambiental do Empreendimento provada por meio de suas auditorias independentes. Além do mais, apresenta grandes benefícios para um empreendimento certificado, tais como (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013):

- Qualidade de vida do usuário;

- Economia de água;
- Energia;
- Disposição de resíduos e manutenção;
- Contribuição para o desenvolvimento sócio-econômico-ambiental da região.

Todos esses benefícios geram uma procura cada vez maior por parte dos empreendedores para a certificação suas obras utilizando o Processo AQUA. Como resultado, a marca atingiu um total de 133 edificações certificadas² em todo o país até julho/2013, mantendo a posição de liderança no mercado brasileiro (CONSTRUIR SUSTENTÁVEL, 2013).

2.2 PROGRAMA BREEAM

O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) trata-se de uma classificação de medida voluntária para edifícios verdes criada no Reino Unido na década de 90, o qual possui a BRE (*Building Research Establishment*) como instituição responsável. Seu nível de abrangência é voltado principalmente ao Reino Unido, porém, adaptável ao mundo todo (ICLEI, 2011).

Após duas décadas da sua criação, a certificação BREEAM já se encontra em vários continentes. Inclusive, foram desenvolvidos manuais distintos para projetos internacionais – tanto na Europa como em países árabes - visando programas das mais variadas áreas, tais como: residências, ambientes comerciais, escritórios, indústrias, dentre outros. Para aqueles locais do globo onde ainda não há um manual definido, utiliza-se o BREEAM BESPOKE, um sistema personalizado e adaptado que incorpora as normas e regulamentos do local a ser certificado (CUNHA, V., 2011).

² Das 133 edificações certificadas pela marca até julho/2013, esse patamar foi alcançado com a certificação de 46 edifícios habitacionais, 14 comerciais, 4 entre indústrias e empresas de logística, 14 em operação e uso, 15 escolas, 25 escritórios, 1 renovação de edifício, 8 entre hotéis e shopping centers e 6 bairros e loteamentos.

BREEAM Outros Edifícios; BREEAM Tribunais; *The Code for Sustainable Homes* (O Código para Casas Sustentáveis); BREEAM *EcohomesXB*; BREEAM Saúde; BREEAM Industrial; BREEAM Internacional (o qual avalia edifícios ou apoia a criação de versões do BREEAM fora do Reino Unido); BREEAM Multi-residencial; BREEAM Prisões; BREEAM Escritórios; BREEAM Varejo; BREEAM Educação; BREEAM Comunidades; BREEAM Em Uso são alguns dos esquemas de avaliações disponíveis/tipos de edifícios avaliados por essa classificação (ICLEI, 2011).

As classificações concedidas são subdivididas em: *UNCLASSIFIED* (não classificável), *ACCEPTABLE* (aceitável), *PASS* (aprovado), *GOOD* (bom), *VERY GOOD* (muito bom), *EXCELLENT* (excelente) e *OUTSTANDING* (excepcional), conforme mostrado na figura abaixo (CEADA, 2013):



Figura 6 - Método de Classificação do Sistema de Certificação BREEAM

Fonte: (CEADA, 2013)

Os critérios avaliados para a certificação variam de acordo com o sistema (seja este um empreendimento novo, ou uma reforma, ou uma ampliação, um invólucro, os interiores dos edifícios ou até *master plans* para diversos programas). Até o início de 2010 teve-se mais de 200.000 edifícios certificados por esta classificação e mais de um milhão de edifícios registrados (ICLEI, 2011).

2.3 PROGRAMA CASBEE

O consórcio de edifícios sustentáveis japoneses JSBC (*Japan Sustainable Building Consortium*), composto pelas entidades industriais, acadêmicas e governamentais, colaborou com o desenvolvimento do sistema de avaliação de edifícios CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), que pode ser definido como uma ferramenta voluntária de avaliação e assessoramento, que qualifica o desempenho ambiental de edifícios e construções. Sendo projetado especialmente para as condições culturais e sociais do Japão (ICLEI, 2011).

Em 2001, no Japão, um trabalho articulado e desenvolvido pela indústria, em conjunto com o governo e com a academia, contando com o apoio da Secretaria da Habitação, do Ministério da Terra, Infraestruturas, dos Transportes e do Turismo culminou na criação do Conselho de Construções Verdes, JaGBC (*Japan GreenBuild Council*) e o JSBC, que é administrada pelo IBEC (*Institute for Building Environment and Energy Conservation* ou Instituto para a Construção do Ambiente e Conservação de Energia). O CASBEE surgiu exatamente a partir do JSBC e do IBEC. Porém, apenas quatro anos após, em 2005, que iniciou o processo de certificação CASBEE (JAGGER, M., 2011).

O CASBEE possui 9 tipos de programas: CASBEE Pre-design (CASBEE-PD), CASBEE New Construction (CASBEE-NC), CASBEE Existing Buildings (CASBEE-EB), CASBEE Renovation (CASBEE-RN), CASBEE Heat Island (CASBEE-HI), CASBEE Urban Development (CASBEE-UD), CASBEE Urban Areas + Buildings (CASBEE-UD+), CASBEE Home - Detached House (CASBEE-DH) e CASBEE Temporary Construction (ICLEI, 2011).

O CASBEE possui quatro categorias de avaliação: Eficiência Energética, Eficiência em Recursos, Qualidade do Ambiente Local e Qualidade do Ambiente Interno. Após análise dessas quatro categorias em uma construção, elas são reorganizadas e categorizadas em (JAGGER, M., 2011):

- **Q** (*Building Environmental Quality & Performance*): avalia a qualidade do conforto doméstico num espaço hipoteticamente fechado = propriedade privada) e;

- **L** (*Building Environmental Loadings*): aspectos negativos do impacto ambiental que vão além do espaço hipotético fechado = exterior);

Cada letra é dividida em 3 pontos de avaliação (JAGGER, M., 2011):

- **Q**: Ambiente Interno + qualidade dos serviços + ambiente do exterior da edificação no próprio terreno de implantação;
- **L**: Energia + recursos e materiais + *Off-site Environment* (local distante do terreno);

A razão entre Q e L divulga o resultado do desempenho ambiental da edificação, denominado **BEE** (Building Environmental Efficiency). Quanto maior o Q e menor o L, mais sustentável é considerada a construção. Após receberem um número de pontos BEE, as construções são avaliadas em 5 possíveis notas abaixo dispostas, em ordem crescente (figura 7): **Classe C** (< 0.5), **Classe B-** (0.5-1.0), **Classe B+** (1.0-1.5), **Classe A** (1.5-3.0) e **Classe S** (≥ 3.0). Já foram certificados desde o ano de 2009, 80 edifícios pelo CASBEE (IBEC, 2013).

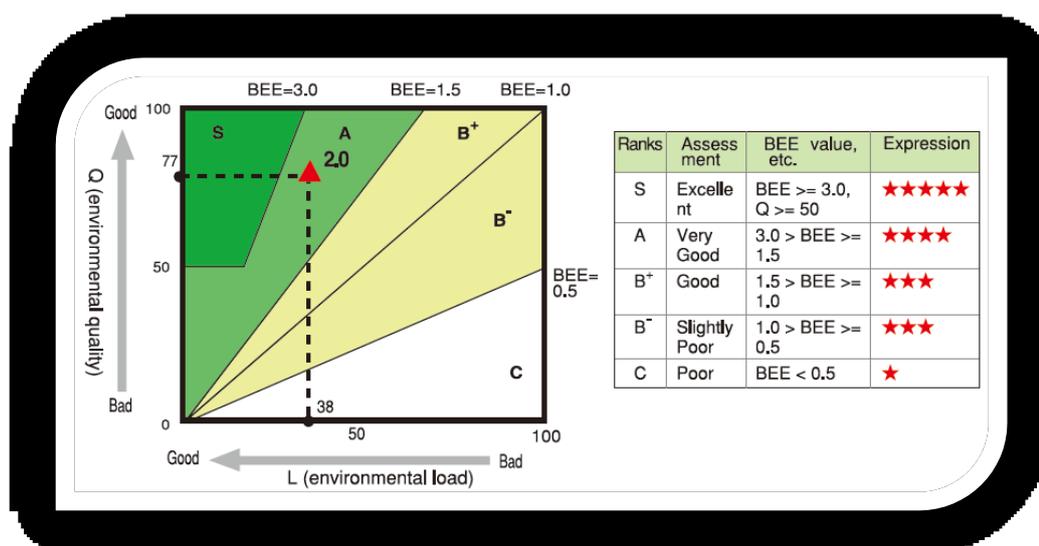


Figura 7 – Definição de BEE e o gráfico

Fonte: (IBEC, 2013)

2.4 PROGRAMA DGNB

O DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*) trata-se do sistema de gerenciamento de construção verde utilizado na Alemanha. Tem a *German Sustainable Building Council* como sua instituição responsável.

O sistema é flexível, avaliando diversos tipos de edifício. As classificações concedidas são subdivididas em: ouro, prata e bronze. Os critérios avaliados para certificação são os seguintes: aspectos ecológicos, econômicos, socioculturais e funcionais, tecnologia, processos, e local. Cada campo é avaliado com critérios específicos que podem ser desenhados e pesados de maneira distinta a depender do perfil de ocupação. Cada campo é avaliado durante todo ciclo de vida do edifício. A avaliação é focada em metas, e não em ações individuais. Até o início de 2010 teve-se 153 empreendimentos certificados com esta classificação (ICLEI, 2011).

2.5 PROGRAMA ENERGY STAR

Introduzido em 1992, o Energy Star é um programa de ordem federal administrado pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA, EPA (*Environmental Protection Agency*) em conjunto com o Departamento de Energia dos EUA. No início do ano de 2009, a agência governamental canadense *Natural Resources Canada*, licenciou a divulgação do programa Energy Star no país. Primeiramente sendo aplicado em residências, aparelhos e demais produtos. Os edifícios que possuem este selo estão entre os 25% dos que maior alcançaram a eficiência energética do mundo. De acordo com o EPA, eles podem chegar a reduzir em 40% a utilização de energia (JAGGER, M., 2011).

Os tipos de edifícios que possuem maior número de selo Energy Star são os escritórios, seguido de supermercado e escolas. No total são 6523 edificações certificadas entre 15 tipologias, tais como: hotéis, hospitais, bancos e residências (ENERGY STAR, 2008).

A partir do ano de 2004, o Energy Star ganhou bastante popularidade, tendo 75% da população americana com conhecimento sobre o mesmo. Muitos edifícios possuem ambas as certificações, LEED e ENERGY STAR, pois desta maneira é possível obter maior valorização do imóvel (JAGGER, M., 2011).

Até o início de 2010 cerca de 12900 empreendimentos já haviam sido certificados por este padrão (ICLEI, 2011).

2.6 PROGRAMA SBTOOL

O SBTool é um sistema internacional, voluntário, de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade de edifícios que tendo sido desenvolvido pela associação sem fins lucrativos iiSBE (*International Initiative for the Sustainable Built Environment*). Esse sistema é o resultado da colaboração em consórcio de equipes de mais de 20 países dentre países europeus, asiáticos e americanos (iiSBE, 2013).

As classificações concedidas variam entre notas que vão desde -2 até +5. Os critérios avaliados para certificação são os seguintes: avaliam-se 4 fases da Construção (Pré-Projeto, Projeto, Construção, e Operação) e mais 7 categorias (Seleção do Local, Planejamento de Projeto e Desenho Urbano, Consumo de Energia e Recursos, Carga Ambiental, Qualidade Ambiental Interna, Qualidade de Serviço, Aspectos Econômicos e Sociais, Aspectos Culturais e de Percepção) (iiSBE, 2013).

2.7 PROGRAMA GREEN MARK

O esquema BCA *Green Mark* foi lançado em janeiro de 2005 como uma iniciativa para conduzir a indústria de construção de Cingapura para edifícios mais amigáveis ambientalmente falando, destinando-se a promover a sustentabilidade no ambiente construído e uma conscientização ambiental entre os desenvolvedores, designers e construtores quando estes começam a conceituação do projeto e do design, bem como durante a construção.

Existem duas avaliações disponíveis: *Green Mark* Edifícios (aplicável a diversos tipos de edificações) e o *Green Mark* Certificação (aplicável para os profissionais); existem quatro classificações concedidas: *Green Mark Certified* (Certificado), *Green Mark Gold* (Ouro), *Green Mark Gold Plus* (Ouro Mais), *Green Mark Platinum* (Platina). Os critérios avaliados para certificação são o Sistema de *benchmarking* em Eficiência Energética, Eficiência Hídrica, Proteção Ambiental, Qualidade do Ambiente Interno e outras características verdes e inovadoras que contribuam para melhor desempenho do edifício. Até o início de 2010 aproximadamente já haviam sido certificados 351 empreendimentos por este esquema (ICLEI, 2011).

2.8 PROGRAMA HKBEEM

O HKBEEM (*Hong Kong Building Environmental Assessment Method* ou Método de Avaliação Ambiental de Edifícios em Hong Kong) é um programa cuja instituição responsável é o *The BEAM Society*. Sua abrangência é principalmente no território de Hong Kong e os esquemas de avaliações disponíveis é o BEAM, tanto para novas edificações quanto para aquelas já existentes (BEAM, 2013).

As classificações concedidas são: *Platinum* (Platina/Excelente), *Gold* (Ouro/ Muito Bom), *Silver* (Prata/Bom) e Bronze (Bronze - Acima da Média). Os critérios avaliados para certificação refere-se a uma avaliação baseada em créditos para *benchmark* da *performance* ambiental dos edifícios ao longo do ciclo de vida sobre o local, uso de materiais, aspectos energéticos, consumo de água, qualidade ambiental do ambiente interno, e inovações. Até outubro de 2009, cerca de 200 empreendimentos já haviam sido certificados por este programa (BEAM, 2013).

2.9 PROGRAMA HQE

O HQE é um programa cuja instituição responsável é a *Association pour la Haute Qualité Environnementale* (ASSOHQE). Sua abrangência é principalmente no território francês, porém, atende também países como a Bélgica, Luxemburgo, Tunísia e Argélia. Os esquemas de avaliações disponíveis são tanto para edifícios novos como para os edifícios existentes nas modalidades comercial, residencial individual e coletivo (ICLEI, 2011).

As classificações concedidas são: Base (de acordo com regulamento), Eficiente (boa prática) e Muito eficiente (melhor prática). Os critérios avaliados para certificação referem-se ao manejo de impactos ao ambiente exterior (relação harmônica com o ambiente imediato, escolha integrada dos métodos de construção e materiais, evitar incômodo aos arredores, minimização do uso de energia, minimização do uso de água, minimização de resíduos em operações, minimização da necessidade de manutenção e reparos) e a criação de um ambiente interno agradável (medidas de controle hidrotermal, medidas de controle acústico, atratividade visual, medidas de controle de odores, higiene e limpeza dos espaços internos, controle da qualidade do ar, controle da qualidade da água) (ICLEI, 2011).

2.10 PROGRAMA LÍDER A

A Líder A é um programa cuja instituição responsável é a Líder A Sistema de Avaliação da Sustentabilidade. Sua área de abrangência é no território português, o seu esquema de avaliação abrange diferentes tipologias e usos em ambientes construídos em diferentes fases, desde a fase de plano ou projeto a construção, operação e reabilitação, também trabalha desde a escala da comunidade, até empreendimentos e edifícios (LÍDER A, 2013).

As classificações concedidas são: G (menos eficiente), F, E (prática usual ou de referência), D, C (cerca de 25% superior ao nível E), B, A (desempenho cerca de 50% superior ao nível E), A+ (75% superior ao nível E), A++ (90% superior ao nível E). O sistema trabalha com um conjunto de seis

princípios de bom desempenho ambiental (integração local, recursos, cargas ambientais, conforto ambiental, vivência socioeconômica e uso sustentável), traduzidos em 22 áreas e 43 critérios (LIDER A, 2013).

Até o início de 2010 cerca de 18 empreendimentos já haviam sido certificados por este programa (ICLEI, 2011).

2.11 PROGRAMA GRIHA

O GRIHA é um programa cuja instituição responsável é o TERI/Governo da Índia. Sua área de abrangência é no território indiano, o seu esquema de avaliação abrange instituições comerciais e residenciais. As classificações concedidas são: Uma Estrela (50–60 pontos), Duas Estrelas (61-70), Três Estrelas (71-80), Quatro Estrelas (81-90 pontos) e Cinco Estrelas (91-100). Os edifícios são classificados com base na previsão de seu desempenho ao longo de todo seu ciclo de vida. São avaliados os estágios de Pré-construção, Planejamento e Construção, Operação e Manutenção do Edifício. (ICLEI, 2011).

O sistema possui 34 critérios de avaliação nas categorias: Seleção e Planejamento do Local, Planejamento e Construção, Operação/Manutenção do Edifício, e Inovação. Até o início de 2010 apenas 3 empreendimentos haviam sido certificados por este programa (JAGGER, M., 2011).

2.12 PROGRAMA LEED

A Certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado atualmente em 143 países e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. Seus benefícios podem ser vistos em diferentes pontos de vista, tais como: econômico, social e ambiental (LEED, 2013).

Benefícios da Certificação LEED – Ponto de Vista Econômico:

- Diminuição dos custos operacionais;
- Diminuição dos riscos regulatórios;
- Valorização do imóvel para revenda ou arrendamento;
- Aumento na velocidade de ocupação;
- Aumento da retenção;
- Modernização e menor obsolescência da edificação;

Benefícios da Certificação LEED – Ponto de Vista Social:

- Melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes;
- Inclusão social e aumento do senso de comunidade;
- Capacitação profissional;
- Conscientização de trabalhadores e usuários;
- Aumento da produtividade do funcionário; melhora na recuperação de pacientes (em hospitais); melhora no desempenho de alunos (em escolas); aumento no ímpeto de compra de consumidores (em comércios);
- Incentivo aos fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais;
- Aumento da satisfação e bem estar dos usuários;
- Estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável;

Benefícios da Certificação LEED – Ponto de Vista Ambiental:

- Uso racional e redução da extração dos recursos naturais;
- Redução do consumo de água e energia;
- Implantação consciente e ordenada;
- Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas;
- Uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental;
- Redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

A Certificação LEED funciona da seguinte forma: esta certificação possui sete dimensões a serem avaliadas nas edificações (figura 8). Todas elas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos, recomendações que quando atendidas garantem pontos a edificação. O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos (nível certificado) a 110 pontos (nível platina) (LEED, 2013).

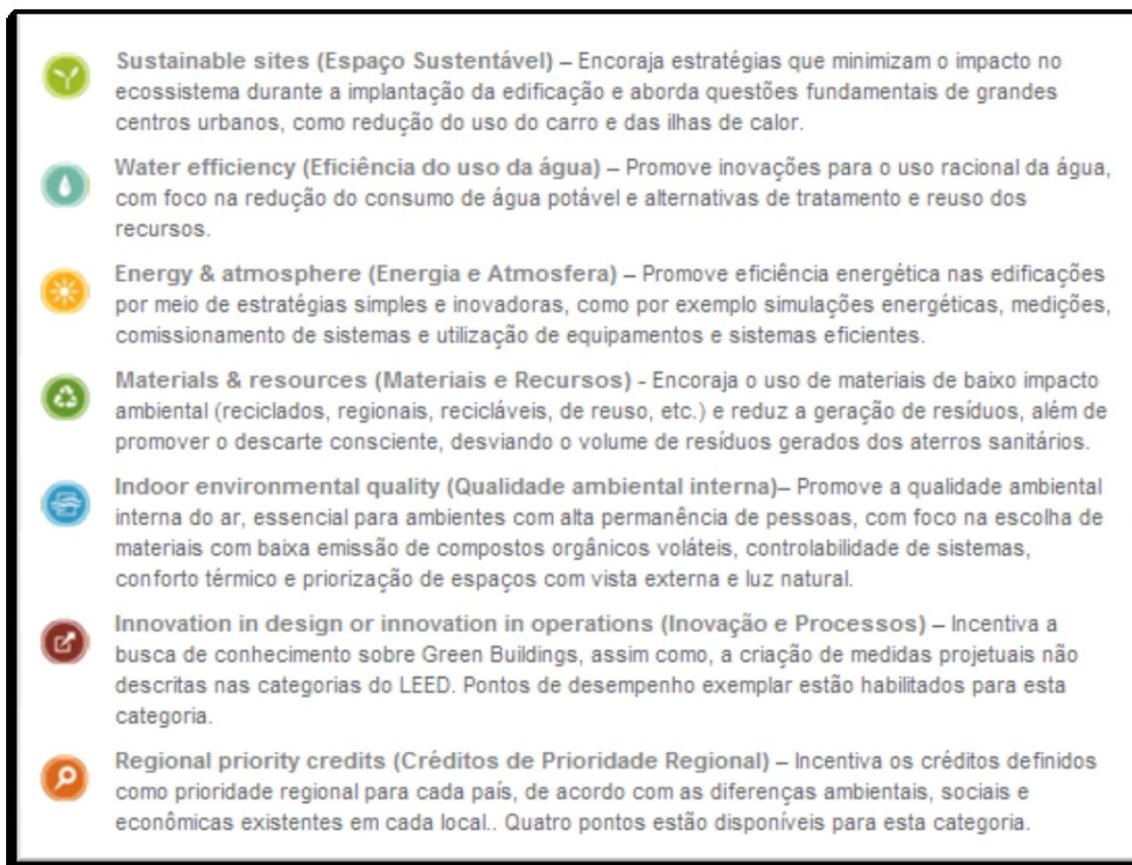


Figura 8 - Dimensões avaliadas pela Certificação LEED
Fonte: (LEED, 2013)

As figuras 9 e 10 a seguir representam o avanço da Certificação LEED no Brasil, com o crescimento do número de registros e certificações LEED no Brasil no período compreendido entre os anos de 2004 a 2013 e o número de registros por unidade da federação, respectivamente:

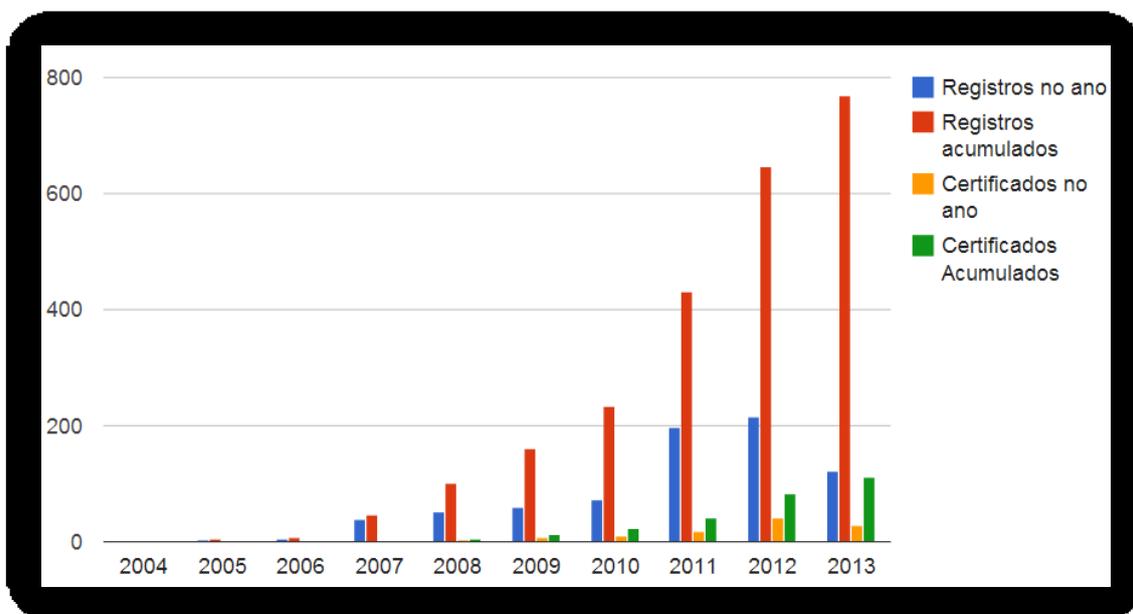


Figura 9 – Registros e Certificações LEED no Brasil

Fonte: (LEED, 2013)

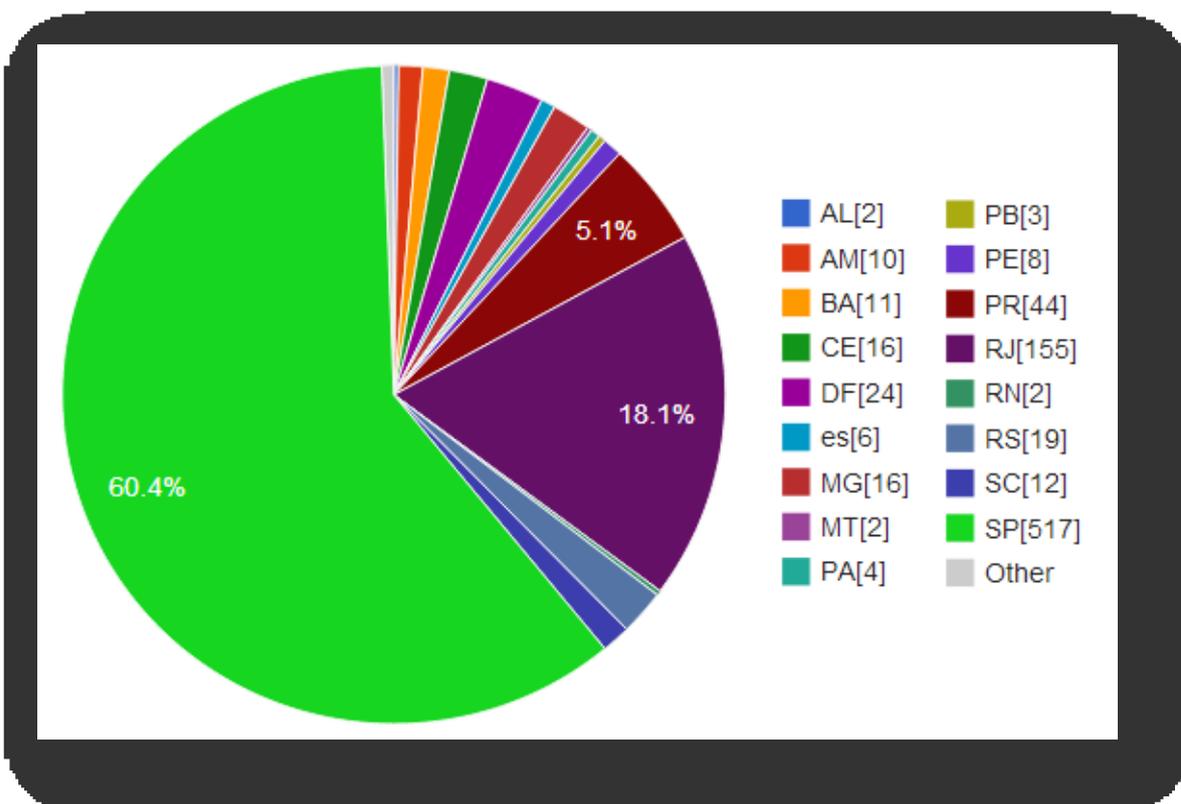


Figura 10 – Registros da Certificação LEED no Brasil por Unidade da Federação

Fonte: (LEED, 2013)

2.13 PROGRAMA PROCEL EDIFICA

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL (instituição responsável pelo programa) atuando de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia (MME), o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento além do setor da construção civil.

O PROCEL promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, sendo que, com a criação do PROCEL EDIFICA, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (como a água, a luz, a ventilação, etc) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente (ICLEI, 2011).

O consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se um potencial de redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações (PROCEL INFO, 2006).

De forma a buscar o desenvolvimento e a difusão desses conceitos, o Procel Edifica vem trabalhando através de seis diferentes vertentes de atuação: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento.

O processo de etiquetagem de edificações no Brasil ocorre de forma distinta para edifícios comerciais, de serviços e públicos e para edifícios residenciais. A metodologia para a classificação do nível de eficiência energética dos primeiros foi publicada em 2009 e revisada em 2010, ano em que também foi publicada a metodologia para classificação dos edifícios residenciais. A etiqueta é concedida em dois momentos: na fase de projeto e após a construção do edifício. Um projeto pode ser avaliado pelo método prescritivo ou pelo método da simulação, enquanto o edifício construído deve ser avaliado através de inspeção in loco. As etiquetas devem ser emitidas pelo Certi, organismo de inspeção acreditado pelo Inmetro. As classificações

concedidas por esse programa são notas que vão desde A até E (A, B, C, D e E) (PROCEL INFO, 2006).

2.14 PROGRAMA SELO CASA AZUL

O Programa SELO CASA AZUL da Caixa Econômica Federal tem uma abrangência nacional, contempla as unidades habitacionais com valor até R\$130 mil e se trata do primeiro sistema de classificação da sustentabilidade de projetos desenvolvido para a realidade da construção habitacional brasileira.

As classificações concedidas são as seguintes: bronze (19 critérios obrigatórios), prata (25 critérios sendo seis de livre escolha) e ouro (25 critérios sendo seis de livre escolha).

O programa tem como objetivo o reconhecimento e incentivo de projetos que demonstrem suas contribuições para a redução de impactos ambientais, considerando 53 critérios em relação aos temas qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais (ICLEI, 2011).

Através da criação de um manual, “Selo Casa Azul: Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável”, o qual foi produzido com uma equipe de especialistas da USP, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e UFSC como apoio ao Selo Casa Azul da CAIXA, objetiva-se a criação de um suporte aos projetistas e empreendedores com estratégias adaptadas para a realidade habitacional do país e na incorporação da “agenda do empreendimento” como forma de escolha para a adoção de ações que sejam mais relevantes desde o ponto de vista socioambiental (LabEEE, 2013).

2.15 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

As ideias de construções energeticamente eficientes e certificadas não provêm dos dias atuais. Um dos principais focos da eficiência energética em edifícios é a economia a ser gerada no uso de energia sem o comprometimento

dos níveis de saúde, conforto e produtividade, ou seja, utilizar menos energia no uso diário da edificação, no entanto, tendo construções de igual ou ainda melhor qualidade.

A revisão bibliográfica realizada neste capítulo permitiu uma maior compreensão a respeito da importância das Certificações de Sustentabilidade no cenário mundial, tornando-se possível evidenciar que a introdução destas ferramentas não só auxilia como também incentiva na busca pela melhor qualidade e desempenho sustentável do edifício, através de intervenções conscientes e planejadas.

Os programas de certificação analisados possuem um sistema de avaliação e assessoramento do projeto, cada um com seu(s) método(s) e peculiaridade(s), permitindo muitos benefícios, como por exemplo:

- o reconhecimento público;
- melhoria do projeto e das práticas construtivas;
- custo da vida útil da construção;
- diminuição das perdas e resíduos;
- eficiência dos recursos naturais;
- redução dos incidentes ambientais;
- criação de espaços mais confortáveis em relação à qualidade do ar, temperatura e acústica, dentre outros.

Segundo a pesquisa de McGraw Hiss foi concluído que “*green buildings on average enjoy a 3.5 percent increase in occupancy rates, 3 percent increase in rental rates and a 7.5 percent increase in sale value*”, ou seja, “edifícios sustentáveis se beneficiam em média de um aumento de 3.5% na taxa de ocupação, 3% no valor dos aluguéis e 7.5% no seu valor de venda” (HINES, 2013).

Sendo assim, pode-se concluir que estas ferramentas de auxílio e avaliação do desempenho sustentável de uma construção desenvolvem um conjunto de fatores que vêm redefinindo uma nova engenharia e uma nova arquitetura, ou seja, construções ambientais, econômica e socialmente sustentáveis.

3 PROCESSO DE ETIQUETAGEM APLICADO NO BRASIL

Neste capítulo será apresentado o processo de etiquetagem proposto pelo governo brasileiro, bem como os requisitos básicos necessários para obtenção da ENCE. Uma vez conhecidos os requisitos necessários e o processo de avaliação é possível trabalhar em especificações técnicas para garantir que após a execução, os indicadores avaliados estejam de acordo para obtenção da ENCE.

3.1 DOCUMENTAÇÃO DE BASE

O processo de etiquetagem é descrito e abordado no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e nos documentos complementares que são o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C) e o Manual de Aplicação do RTQ-C. Estes documentos são a base para a análise técnica a ser feita pelo laboratório (LabEEE, Caderno Técnico 1, 2009).

O RTQ-C é o documento que contém os quesitos necessários para classificação do nível de eficiência energética do edifício, enquanto que o RAC-C apresenta o processo de avaliação das características do edifício, ou seja, características técnicas e que serão avaliadas por um laboratório acreditado junto ao INMETRO. Complementando estes documentos tem-se ainda um Manual, no qual contém o detalhamento e as interpretações tanto do RTQ-C como do RAC-C (LabEEE, Caderno Técnico 1, 2009).

3.2 PROCESSO DE ETIQUETAGEM

A ENCE é obtida por meio da avaliação dos requisitos contidos no RTQ-C conforme o método apresentado no RAC-C. São avaliados três sistemas, os

quais serão detalhados na sequência. Tratam-se da envoltória, da iluminação e do condicionamento de ar.

A submissão à avaliação é voluntária e a edificação pretendente deve atender primordialmente aos seguintes requisitos: uma área útil superior a 500m², o atendimento elétrico em nível de tensão primária, ou seja alta tensão (AT), grupo tarifário A (INMETRO, 2013).

A etiqueta pode ser fornecida parcialmente para a edificação, ou seja, não é necessário solicitar e adequar o edifício inteiro para a obtenção da ENCE, nesse caso esta etiqueta deve levar em consideração a envoltória ou a combinação da envoltória com o sistema de iluminação ou de condicionamento de ar.

A classificação da edificação é feita por meio de uma equação que pondera os sistemas e que pode ser bonificada por itens como inovações tecnológicas utilizadas.

A definição do nível de eficiência pode ser realizada de duas maneiras distintas: ou pelo **MÉTODO PRESCRITIVO** ou pela **SIMULAÇÃO**. O primeiro deles utiliza um procedimento analítico, onde são aplicadas equações que recebem como entrada informações relativas às características da envoltória (arquitetônicas/construtivas), iluminação e condicionamento de ar. A pontuação obtida determina a classificação de eficiência da edificação (A, B, C, D ou E). Já o segundo, consiste em comparar o desempenho termoenergético da edificação real com edificações de referência (A, B, C e D). Para tanto é necessário realizar a simulação dos modelos (real e de referência) por meio de um software especializado.

Os fluxogramas descritos na figura mostrada na sequência explicam de forma procedimental, cada um dos dois métodos de etiquetagem enunciados anteriormente:

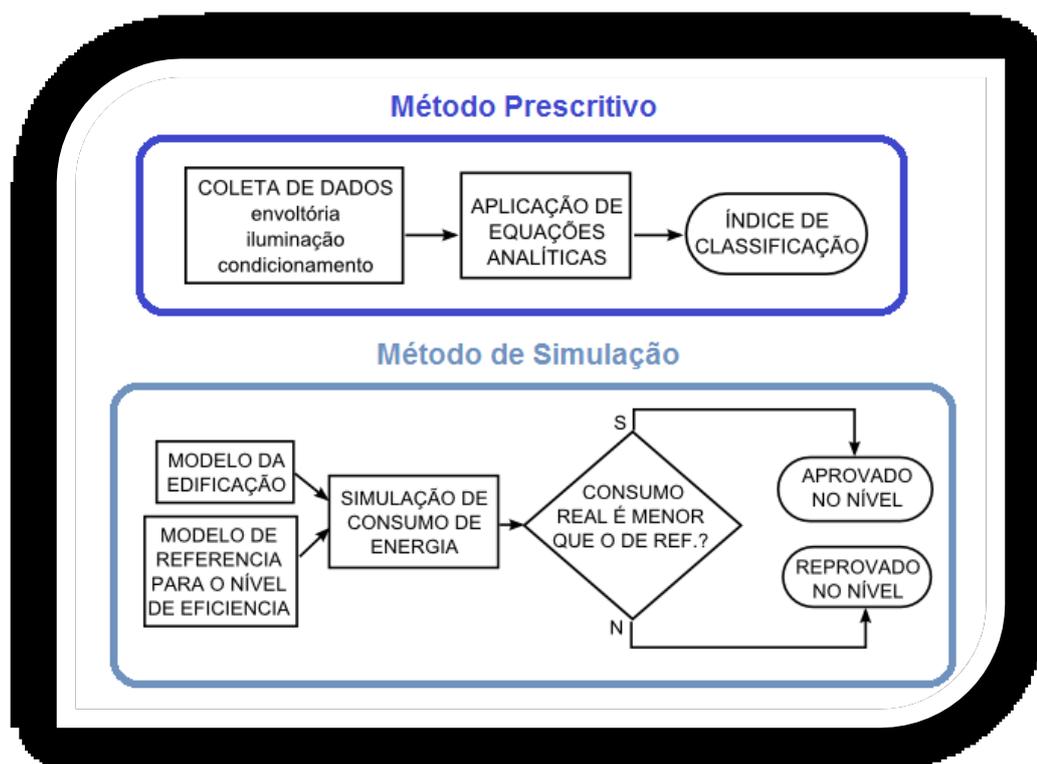


Figura 11 - Métodos de Avaliação da ENCE regulamentados pelo RTQ-C

Fonte: (LabEEE, 2013)

A metodologia utilizada para as avaliações dos edifícios foi elaborada pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da UFSC. Este realizou as primeiras avaliações até que outros laboratórios fossem homologados para tal. O edifício, após avaliação, recebe uma etiqueta como as já conhecidas etiquetas de eficiência energética dos aparelhos eletrodomésticos, a qual é mostrada na figura a seguir:

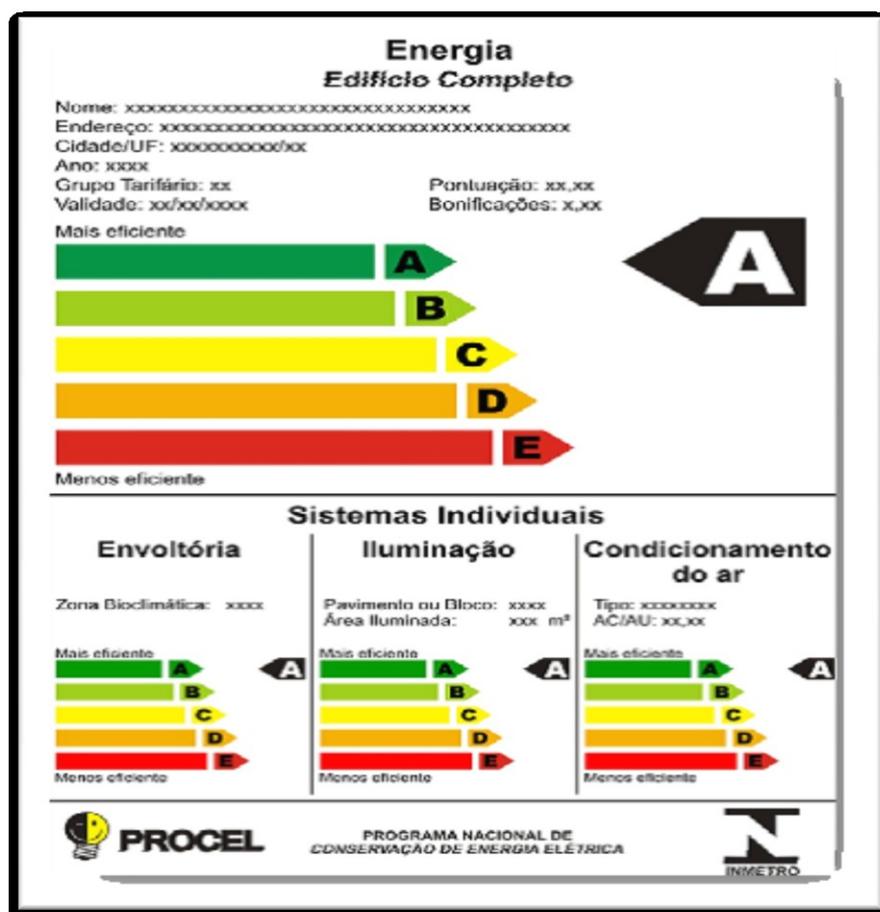


Figura 12 - Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 1, 2009)

O procedimento para obtenção da etiqueta é o seguinte (LabEEE, Caderno Técnico 1, 2009):

- a) Encaminhamento do pedido de avaliação juntamente com a documentação exigida (Memoriais e Projetos) para o laboratório de inspeção. **Nota:** *nessa etapa, se atendidos os requisitos, é emitida a autorização para uso da ENCE relacionada ao projeto;*
- b) Após a construção e emissão do alvará de ocupação é solicitada a inspeção do edifício para constatar que o projetado foi realmente executado. **Nota:** *nessa fase, são realizadas amostragem com medições e análises das condições encontradas;*
- c) Em caso de divergências os documentos devem ser atualizados e, se necessário, uma nova inspeção realizada;

O fluxograma da figura mostrada abaixo esclarece como se dá o processo de solicitação da ENCE:

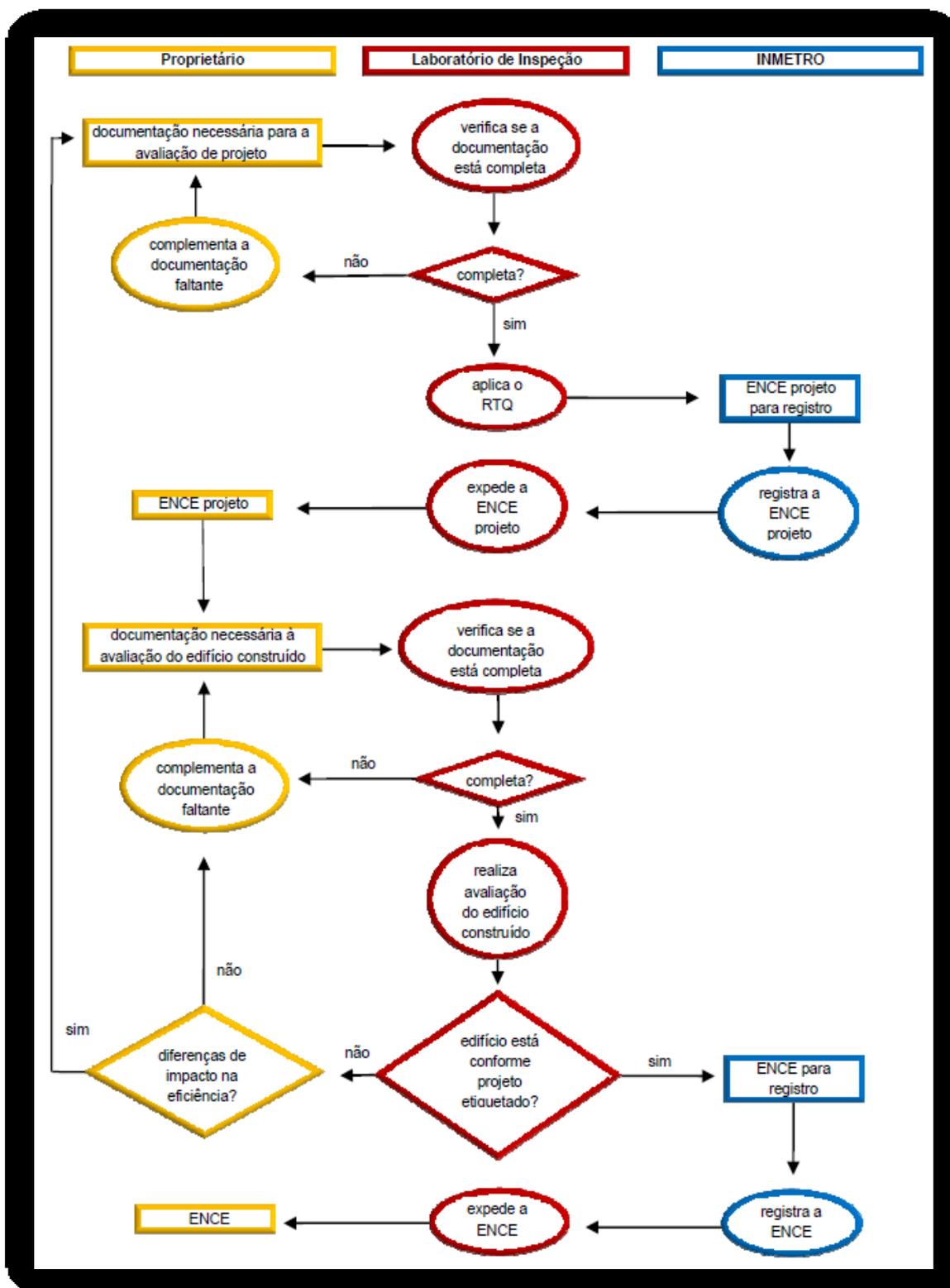


Figura 13 – Fluxograma do processo de solicitação da ENCE

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 1, 2009)

3.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

O processo de etiquetagem de edificações vem de encontro com o interesse em se racionalizar a utilização de meios energéticos e multiplicar o conhecimento no assunto, fazendo com que o processo de uso consciente de energia deixe de ser função essencialmente de fabricantes de produtos, mas que passe a ser também uma preocupação de consultores, projetistas e construtores da área civil (LabEEE, Caderno Técnico 1, 2009).

O processo mostrado nesse capítulo vale para as duas possibilidades de análise da edificação, tanto pela simulação como pela medição.

Cada um dos componentes da edificação a serem analisados será apresentado nos próximos capítulos com a intenção de pontuar os pontos essenciais a serem considerados em uma especificação técnica.

4 REQUISITOS TÉCNICOS ANALISADOS PARA OBTENÇÃO DA ENCE

Neste capítulo são apresentados os requisitos técnicos a serem considerados na elaboração das especificações técnicas, com o objetivo de executar uma obra que ao seu final possa ser facilmente submetida ao processo de etiquetagem, sob o ponto de vista da eficiência energética. Ademais, serão expostos os conceitos gerais de cada aspecto, definindo quais os requisitos mínimos para obtenção da etiqueta de eficiência energética.

4.1 PREMISSAS DA ANÁLISE

O RTQ-C classifica a eficiência da edificação a partir da análise de três sistemas: a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar. Esses itens mais as bonificações são reunidos em uma equação para obtenção do nível de eficiência do edifício (LabEEE, Caderno Técnico 4, 2009).

Os edifícios são classificados por meio de letras que variam de **A (mais eficiente)** a **E (menos eficientes)**. O mesmo processo é válido para a hipótese de classificação parcial da edificação. Neste caso, a classificação geral do edifício será obtida por meio das classificações dos requisitos (as parciais). No caso de classificação parcial, as parcelas a serem consideradas são: envoltória da edificação completa, sistema de iluminação e condicionamento por pavimento ou conjunto de salas.

Os pesos de cada classificação são distribuídos da seguinte maneira: os sistemas de iluminação e envoltório correspondem a 30% da análise cada um e os 40% restantes correspondem ao sistema de condicionamento de ar (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009).

O nível de classificação possui um equivalente numérico de pontos de acordo com a tabela 1 mostrada na sequência (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009):

Tabela 1 - Equivalente numérico para cada nível de eficiência

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

Aspectos referentes a **ÁREAS NÃO CONDICIONADAS** não serão abordados uma vez que o modelo, aeroporto, trata-se de uma área com sistema de condicionamento de ar. A classificação geral do edifício se dá por meio da equação mostrada na sequência:

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

Equação 1 - Cálculo da pontuação total (PT) obtida

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 2, 2009)

Sendo:

- ✓ **EqNumEnv:** o equivalente numérico da envoltória;
- ✓ **EqNumDPI:** o equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela Densidade de Potência de Iluminação (DPI);
- ✓ **EqNumCA:** o equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- ✓ **EqNumV:** o equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
- ✓ **APT:** a área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
- ✓ **ANC:** a área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;
- ✓ **AC:** a área de piso dos ambientes condicionados;
- ✓ **AU:** a área útil;

- ✓ **B:** a pontuação obtida pelas bonificações, que varia de 0 a 1.

As iniciativas para aumento da eficiência energética da edificação podem receber uma bonificação de até um ponto. Tais iniciativas, no entanto, devem ser justificadas e a economia gerada deve ser comprovada.

Como exemplo de iniciativas com bonificação pode-se citar: **o reuso de água, aplicação de fontes renováveis de energia, sistema de cogeração e outras inovações tecnológicas que proporcionem um mínimo de economia de 30% do consumo anual de energia elétrica.**

A Tabela 2 fornece a classificação geral da edificação em função da quantidade de pontos obtidos na Equação 1.

Tabela 2 – Classificação Geral obtida da Equação 1

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

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 2, 2009)

Além dos requisitos constantes no item 0, a edificação deve atender outros requisitos mínimos gerais. A lista a seguir enumera os itens constantes no item 2.4 do RTQ-C aplicáveis ao aeroporto que servirá de modelo:

- a. Possuir circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final (iluminação, condicionamento de ar e demais). Neste caso, o aeroporto pode se enquadrar dentro das exceções, uma vez que este possui múltiplas unidades autônomas de consumo;

- b. Possuindo mais de um elevador deve ser equipado, obrigatoriamente, com controle inteligente de tráfego para equipamentos com a mesma finalidade no mesmo *hall*;
- c. Não há demanda para uso de água quente.

4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO PRESCRITIVO NA EDIFICAÇÃO MODELO

Neste item iniciar-se-á a aplicação de um método de avaliação da ENCE na edificação modelo do trabalho (Aeroporto Internacional Afonso Pena).

De acordo com a Portaria INMETRO nº 372/2010, em edificações onde o PAft (Percentual de Área de Abertura na Fachada total) é elevado, os vidros possuem alto desempenho e/ou os elementos de sombreamento são diferenciados por orientação, recomenda-se utilizar o método de simulação ou ferramentas de simulação simplificadas. Para demais casos, fica a critério dos profissionais técnicos envolvidos no processo a escolha pelo método de avaliação da ENCE a ser utilizado, ou prescritivo ou simulação.

Neste trabalho arbitrou-se pela utilização do método prescritivo, o qual se baseia na análise de simulações de um número limitado de casos através de regressão.

4.2.1 Determinação das Eficiências

Primeiramente deve-se ressaltar que o modelo é composto por vários ambientes, tais como: saguão principal, sala de embarque, área de *check in*, salas de empresas aéreas, órgãos públicos, concessionários, segurança operacional além das lojas comerciais. Assim sendo serão ponderadas algumas áreas nas quais a administração não terá controle geral do ambiente e que resultará num espaço total, o qual será considerado como o aeroporto.

De acordo com o exposto acima serão retiradas da análise as áreas dos concessionários e lojas comerciais e outros escritórios de serviços constantes dentro da instalação. Isso será feito uma vez que não se pode ter controle de tais áreas, já que estas são normalmente locadas ou concedidas e que o

ocupante em questão pode alterar suas características tanto no que diz respeito à climatização quanto ao sistema de iluminação.

4.2.2 Análise da Envoltória

Para a obtenção de classificação de nível A tem-se que a transmitância térmica da cobertura não poderá ultrapassar o valor de $1,0\text{W/m}^2\text{K}$ uma vez que a área em estudo é, em sua totalidade, condicionada artificialmente. Uma questão a ser relevada nesse caso é que as áreas não condicionadas serão tratadas como áreas de permanência não prolongada. Será considerada como valor final a média ponderada das transmitâncias com relação à área ocupada. A transmitância das paredes externas tem limites diferenciados conforme tabela 3:

Tabela 3 - Transmitância máxima em função da Zona Bioclimática

Zona Bioclimática	Capacidade Térmica máx.	Transmitância Térmica máx.
1 a 6	--	< $3,7\text{ W/m}^2\text{K}$
7 e 8	< $80\text{ kJ/m}^2\text{K}$	< $2,5\text{ W/m}^2\text{K}$
7 e 8	> $80\text{ kJ/m}^2\text{K}$	< $3,7\text{ W/m}^2\text{K}$

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 2, 2009)

Para as paredes a transmitância a ser considerada também é a média ponderada das transmitâncias de cada parcela de parede externa em função da área ocupada.

Outra característica a ser considerada são as cores e absortâncias³. De um modo geral, deve-se optar pelas cores claras ($\alpha < 4$) para as paredes externas e coberturas não aparentes. O valor considerado também é obtido por meio da média ponderada em função das áreas.

A iluminação zenital deve atender ao fator solar máximo do vidro, conforme a tabela 4:

³ Absortância (α) – Fração de radiação absorvida quando esta incide sobre uma superfície.

Tabela 4 – Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 2, 2009)

A determinação da eficiência da envoltória da edificação é calculada levando-se em conta a zona bioclimática e apresentadas em duas equações, uma para áreas de projeção (A_{pe}) menor que $500m^2$ e outra para áreas de projeção maior que $500m^2$, e que agrupam as condições do bioclima. As zonas 2, 3, 4 e 5 estão representadas em uma equação e as zonas 6 e 8 em outra.

A aplicação das equações depende da relação entre as áreas da envoltória e o volume total da edificação, de modo que as equações para $A_{pe} > 500m^2$ são válidas para um fator de forma mínimo permitido e $A_{pe} < 500m^2$ são válidas para um fator de forma máximo permitido, fora desses fatores utiliza-se os valores limites. Ângulos de sombreamento não devem ser maiores que 45° ainda que o edifício possua proteções solares superiores a esse limite.

As equações apresentadas no RTQ-C totalizam dez, variando conforme a região bioclimática. Essas equações representam um índice de consumo (IC_{env}) e neste caso se referem a envoltória do edifício.

Posteriormente, se calcula os mesmos índices utilizando os parâmetros das tabelas 5 e 6 mostradas a seguir:

Tabela 5 – Parâmetros para o $IC_{máxD}$

PAFT	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

Tabela 6 – Parâmetros para o IC_{min}

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

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

Com os valores de $IC_{máxD}$ e IC_{min} , obtém-se o indicador i pela Equação 2:

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{min})}{4}$$

Equação 2 - Subdivisão de intervalo

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 2, 2009)

O valor de i será utilizado para formar a escala de eficiência e definir qual a eficiência máxima do projeto em questão, os quais podem ser evidenciados na tabela 7 mostrada na sequência:

Tabela 7 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 2, 2009)

Assim, define-se a eficiência máxima e qual a categoria que o projeto pode ter no quesito referente à envoltória do edifício.

O sistema a ser avaliado na sequência será o sistema de iluminação.

4.2.3 Análise do sistema de iluminação

Para obtenção de nível A o sistema de iluminação deve atender a três requisitos essenciais.

Primeiramente cada ambiente deverá possuir comando manual para acionamento permitindo que o operador visualize toda a área atendida.

No caso de áreas maiores que $250m^2$, os comandos devem ser fracionados e cada comando não deve atender a áreas maiores que $250m^2$ no caso de áreas de até $1000m^2$ e no máximo $1000m^2$ para áreas maiores que $1000m^2$.

Outra questão é o aproveitamento da luz natural que deve ser feito por meio de controle, seja automático ou manual, das filas de iluminação

localizadas próximas as janelas que estejam voltadas para átrios não abertos ou locais cobertos por telhas translúcidas.

Por fim, deve existir um sistema automático de desligamento para ambientes maiores que 250m². Esse sistema de desligamento pode ser com horário pré-determinado, limitado a áreas de até 2500m², e sensor de presença que indique que o ambiente está desocupado ou um sistema sonoro que indique que a área está desocupada.

A determinação matemática do índice inicia-se com o cálculo da densidade de potência de iluminação para cada ambiente separadamente utilizando uma das três equações mostradas a seguir:

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_p}$$

Equação 3 – Índice de Ambiente para áreas gerais
Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2,2009)

$$K = \frac{C \cdot L}{h \cdot (C + L)}$$

Equação 4 – Índice de Ambiente para áreas retangulares
Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

$$K = \frac{3 \cdot C \cdot L}{2 \cdot h' \cdot (C + L)}$$

Equação 5 – Índice de Ambiente para áreas com iluminação indireta
Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

Sendo:

- **K**: índice de ambiente (adimensional);
- **A_t**: Área de teto (m²);
- **A_{pt}**: Área do plano de trabalho (m²);
- **A_p**: Área de parede entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m²);
- **C**: Comprimento total do ambiente (m);
- **L**: Largura total do ambiente (m);
- **h**: altura média entre a superfície de trabalho e o plano das luminárias no teto;
- **h'**: altura média entre a superfície de trabalho e o teto.

De posse do índice K obtém-se da Tabela 8 a densidade de potência de iluminação (DPI_{RL}) em função do nível de eficiência desejado. Nesse caso, se não existir correspondente exato, este deve ser calculado por interpolação.

Tabela 8 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_{RL}) para o nível de eficiência pretendido

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de Iluminação relativa ($W/m^2/100lux$)			
	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
0,60	2,84	4,77	5,37	6,92
0,80	2,50	3,86	4,32	5,57
1,00	2,27	3,38	3,77	4,86
1,25	2,12	3,00	3,34	4,31
1,50	1,95	2,75	3,00	3,90
2,00	1,88	2,53	2,77	3,57
2,50	1,83	2,38	2,57	3,31
3,00	1,76	2,27	2,46	3,17
4,00	1,73	2,16	2,33	3,00
5,00	1,71	2,09	2,24	2,89

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

No projeto, a iluminância deve ser identificada conforme consta na NBR5413, em função da idade, velocidade e precisão e refletância do fundo da tarefa. No projeto luminotécnico deve ser identificado o número de conjuntos de iluminação (lâmpada, luminária e reator) e a iluminância no final da vida útil (24 meses) considerando um fator de manutenção de 0,80.

Com os dados de projeto calcula-se a DPI_{RF} em W/m^2 por 100lux no final da vida útil do sistema. Cada ambiente deve ser classificado de acordo com a Tabela 8, sendo que o valor de DPI_{RF} deve ser menor que DPI_{RL} .

Compõem as exceções para o cálculo da densidade de potência de iluminação os seguintes casos:

- ✓ Iluminação de destaque;
- ✓ Iluminação integrante de equipamentos;
- ✓ Iluminação projetada para procedimentos médicos;
- ✓ Iluminação com função de aquecimento ou preparo de alimentos;
- ✓ Iluminação voltada ao crescimento ou manutenção de plantas;
- ✓ Iluminação projetada para uso de deficientes visuais;
- ✓ Iluminação de vitrines desde que a área ocupada seja totalmente fechada (até o forro);
- ✓ Iluminação de ambientes internos que sejam considerados bens culturais tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional (IPHAN);
- ✓ Iluminação totalmente voltada à propaganda;
- ✓ Sinais indicando saída e luzes de emergência;
- ✓ Sistemas de iluminação de demonstração para a venda ou propósitos educacionais;
- ✓ Iluminação Cênica (teatral);
- ✓ Áreas de jogos ou atletismo com estrutura permanente para transmissão televisiva.

4.2.4 Análise do sistema de condicionamento de ar

Os sistemas devem proporcionar qualidade de ar em concordância com a ABNT NBR 16401 e com cargas térmicas calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de comprovada aceitação nacional e/ou internacional.

Para a obtenção de Nível “A”, as edificações que contiverem condicionadores de ar do tipo janela ou do tipo Split, precisam garantir sombreamento permanente no aparelho de janela e nas unidades condensadoras que existirem, como premissa básica. Tal análise deve ser feita em cada ambiente separadamente.

Outra consideração essencial é que todos os equipamentos tenham a sua eficiência conhecida por meio da avaliação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)/Inmetro e de acordo com as normas brasileiras e/ou normas internacionais (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009), os sistema de condicionamento de ar que não atenderem tal condição devem respeitar as eficiências mínimas conforme as tabelas mostradas na sequência, para poderem obter o Nível “A” de eficiência.

Tabela 9 – Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B

Tipo de Equipamento	Capacidade	Tipo de Aquecimento	Subcategoria ou condição de classificação	Eficiência Mínima	Procedimento de teste
Condicionadores de ar resfriados a ar	<19 kW	Todos	Split	3,52 SCOP	ARI 210/240
			Unitário	3,52 SCOP	
	≥19 kW e <40 kW	Resistência Elétrica	Split e unitário	3,02 COP	ARI 340/360
		Outros	Split e unitário	2,96 COP	
	≥40 kW e <70 kW	Resistência Elétrica	Split e unitário	2,84 COP	
		Outros	Split e unitário	2,78 COP	
	≥70 kW e <223 kW	Resistência Elétrica	Split e unitário	2,78 COP 2,84 IPVL	
		Outros	Split e unitário	2,72 COP 2,78 IPVL	
	>223 kW	Resistência Elétrica	Split e unitário	2,70 COP 2,75 IPVL	
		Outros	Split e unitário	2,64 COP 2,69 IPVL	
Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Split e unitário	3,35 COP	ARI 210/240
	≥19 kW e <40 kW	Resistência Elétrica	Split e unitário	3,37 COP	ARI 340/360
		Outros	Split e unitário	3,31 COP	
	≥40 kW e <70 kW	Resistência Elétrica	Split e unitário	3,22 COP	
		Outros	Split e unitário	3,16 COP	
	>70 kW	Resistência Elétrica	Split e unitário	2,70 COP 3,02 IPVL	
Outros		Split e unitário	2,64 COP 2,96 IPVL		

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

Tabela 10 – Eficiência mínima resfriadores de líquido para classificação nos níveis A e B

Condensação a ar com condensador	Todas	2,80 COP 3,05 IPVL	ARI 550/590
	Todas	3,10 COP 3,45 IPVL	
Condensação a água (compressor alternativo)	Todas	4,20 COP 5,05 IPVL	
	<528 kW	4,45 COP 5,20 IPVL	
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	≥528 kW e <1055kW	4,90 COP 5,60 IPVL	
	≥1055 kW	5,50 COP 6,45 IPVL	
	<528 kW	5,00 COP 5,25 IPVL	
Condensação a água (compressor centrífugo)	≥528 kW e <1055kW	5,55 COP 5,90 IPVL	
	≥1055 kW	6,10 COP 6,40 IPVL	

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

Tabela 11 – Eficiência mínima de torres de resfriamento e condensadores para classificação nos níveis A e B

Tipo de Equipamento	Subcategoria ou condição de classificação	Desempenho requerido	Procedimento de teste
Torres de resfriamento com ventiladores helicoidais ou axiais	Temperatura da água na entrada = 35°C	≥ 3,23 l/s.kW	CTI ATC-105
	Temperatura da água na saída = 29°C		
	TBU do ar externo = 24°C		
Torres de resfriamento com ventiladores centrífugos	Temperatura da água na entrada = 35°C	≥ 1,7 l/s.kW	CTI ATC-105
	Temperatura da água na saída = 29°C		
	TBU do ar externo = 24°C		
Condensadores resfriados a ar	Temperatura de condensação = 52°C Fluído de teste R-22 Temperatura de entrada do gás = 88°C sub-resfriamento= 8°C TBS na entrada = 35°C	≥ 69 COP	ARI 460

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

Edificações com múltiplos sistemas, esses devem ser analisados em separado e um equivalente numérico (ver tabela 1) deve ser obtido ponderando-se as áreas dos ambientes atendidos.

Os sistemas devem conter memorial de cálculo contendo os dados de cargas térmicas consideradas e seus métodos de obtenção. O método deve estar de acordo com a prática de engenharia de comprovada aceitação nacional e/ou internacional, como por exemplo, o *ASHRAE Handbook of Fundamentals*.

Sistemas onde a carga térmica exceda os 350kW devem ser dotados de centrais de condicionamento de ar ou, de justificativa, apresentar que os sistemas individuais são mais eficientes que o central. As tabelas que contem as referências de eficiência para tal comparação são encontradas no seguinte endereço eletrônico: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

Os sistemas de aquecimento ou resfriamento deve possuir controle individual de temperatura por zona térmica, essas definidas por termostatos.

Os termostatos devem ser preferencialmente eletrônicos ou digitais com capacidade para desligamentos automáticos e acionamento de equipamentos suplementares como bombas de calor.

Áreas que tenham equipamentos distintos para o aquecimento e resfriamento deve possuir um sistema de intertravamento que não permita o funcionamento simultâneo dos dois sistemas.

O sistema de controle deve conter no mínimo um dos sistemas abaixo:

- Memória programável para múltiplas programações (no mínimo uma para cada dia da semana), com retenção da programação e proteção contra perda de memória no caso de falta de energia (até 10h);
- Sensores de ocupação para desligamento automático;
- Temporizado manual para operação de até 2h;
- Integração com sistemas de alarme/segurança;

Sistemas de ventilação com potência total superior a 4,4kW devem atender aos limites apresentados na Tabela 12 mostrada na sequência:

Tabela 12 – Limites de potência dos ventiladores

Volume de insuflamento de ar	Potência nominal (de placa) aceitável dos ventiladores	
	Volume Constante	Volume Variável
<9.400l/s	1,9 kW/1000 l/s	2,7kW/1000 l/s
≥9.400l/s	1,7 kW/1000 l/s	2,4kW/1000 l/s

Fonte: (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009)

O sistema de ventilação deve possuir automatismo para reduzir a vazão de ar em ambientes que estejam parcialmente ocupados, bem como para acionamento otimizado dos ventiladores. Estes, por sua vez, devem ser dotados de controladores de velocidade para variação da vazão.

Sempre que a relação custo benefício for favorável ($RCB \leq 80\%$) utilizar ciclo economizador, apresentando o estudo e justificativa para a solução adotada.

Em sistemas de vazão de líquidos os conjuntos de bombas e válvulas devem prever a modulação de vazão, seja pela variação de velocidade da bomba ou pela abertura das válvulas ou ambos. O sistema de bombeamento deve estar coordenado com o de aquecimento e resfriamento permitindo a modulação de acordo com a operação simultânea dos sistemas.

4.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo teve com função dar uma ideia geral dos requisitos para edificações que constam do Caderno Técnico 2 (LabEEE, Caderno Técnico 2, 2009) e que devem ser observados na maioria dos projetos das edificações em estudo, aeroportos.

O Caderno 2, denominado Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), abrange uma série muito maior de exigências que deve ou não ser considerada, de acordo com a edificação em análise.

5 ESTUDO DE CASO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO INTERNACIONAL AFONSO PENA

O objeto motivacional do trabalho foi o terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena situado em São José dos Pinhais, região metropolitana da cidade de Curitiba, capital paranaense. Esse terminal passará por reforma e ampliação em função de grandes eventos na capital do Paraná e pode servir como base para a iniciação do processo de etiquetagem de edificações públicas.

Esse capítulo traz um panorama acerca da etiqueta de nível de eficiência energética que o terminal conseguiria com as atuais instalações e a efetividade de aplicação das melhorias apresentadas no decorrer do trabalho para obtenção da etiqueta com o nível máximo de eficiência.

Para essa análise foi utilizada a ferramenta disponibilizada pelo LabEEE em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>, por meio da qual é possível fazer a simulação da etiqueta de eficiência energética.

A etiqueta de eficiência para os sistemas de iluminação e envoltória da instalação foram simuladas no aplicativo WebPrescritivo. Diferentemente destes, o sistema de condicionamento de ar foi analisado de uma maneira qualitativa, uma vez que o simulador não permite a entrada dos dados dos equipamentos existentes atualmente na instalação.

5.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para análise do sistema de iluminação o simulador permite duas alternativas: por áreas do edifício ou por atividades do edifício. A opção foi pelo método de atividades do edifício, uma vez que na área em análise a atividade desenvolvida é a mesma.

A atividade escolhida foi Transportes com uso tipo Terminal – bilheteria. Segundo o levantamento feito por Jarder Junckes em seu estudo de viabilidade econômica financeira para substituição dos sistemas convencionais por LED no Aeroporto Afonso Pena a potência total instalada de iluminação no terminal é de 280kW (JUNCKES, J. H., 2012). Desse total 22% diz respeito à iluminação

decorativa ou de publicidade e não devem ser considerados nos cálculos de eficiência, ou seja, foi considerada a potência total de 216kW para o sistema de iluminação para o terminal que tem uma área de 17914m² (vale aqui ressaltar que para o cálculo dessa área foram utilizadas as considerações do capítulo 1).

O simulador pede ainda o limite do ambiente dado pelo índice k obtido conforme Equação 4 (Índice de Ambiente para áreas retangulares) para os três pisos e, posteriormente utilizado o valor médio uma vez que as potências de iluminação não estão subdivididas nos respectivos pisos.

As dimensões consideradas constam na tabela abaixo:

Tabela 13 - Dados dos Pisos do Terminal

C (m)	L (m)	H (m)	Área (m ²)		
88	68	5	5984	k1	7,67
90	97	5	8730	k2	9,34
40	80	5	3200	k3	5,33
Área Total			17914		7,45 k médio

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

Com esses dados no simulador, tem-se que atualmente a eficiência para o sistema de iluminação seria de nível B, conforme mostrado na figura a seguir:

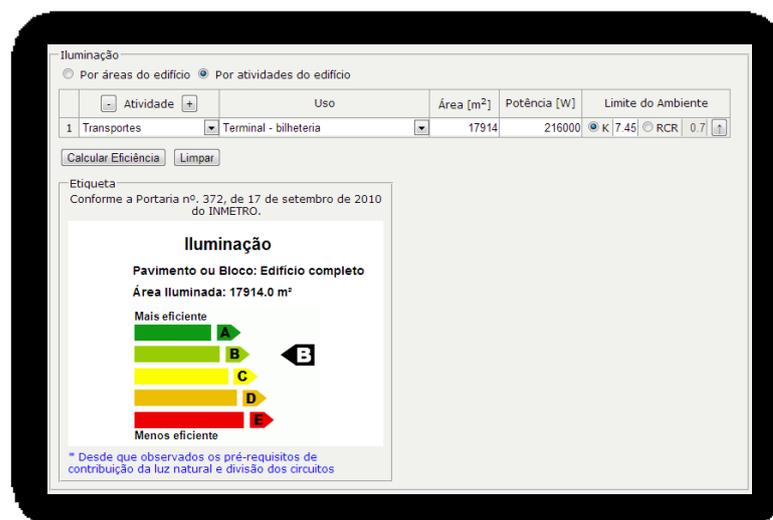


Figura 14 - Resultado da Simulação para o Sistema de Iluminação uso – Terminal - bilheteria

Fonte: Autoria Própria, (2013)

Deve-se atentar para o fato da escolha do uso da área estar coerente com a realidade de modo que a escolha incorreta acaba por fornecer índices não condizentes com a eficiência real, por exemplo, se a escolha da atividade fosse outras e o uso fosse Aeroporto – Pátio os mesmos dados resultariam em uma etiqueta de eficiência nível E, ou seja, o menos eficiente, conforme pode ser visto na figura a seguir:

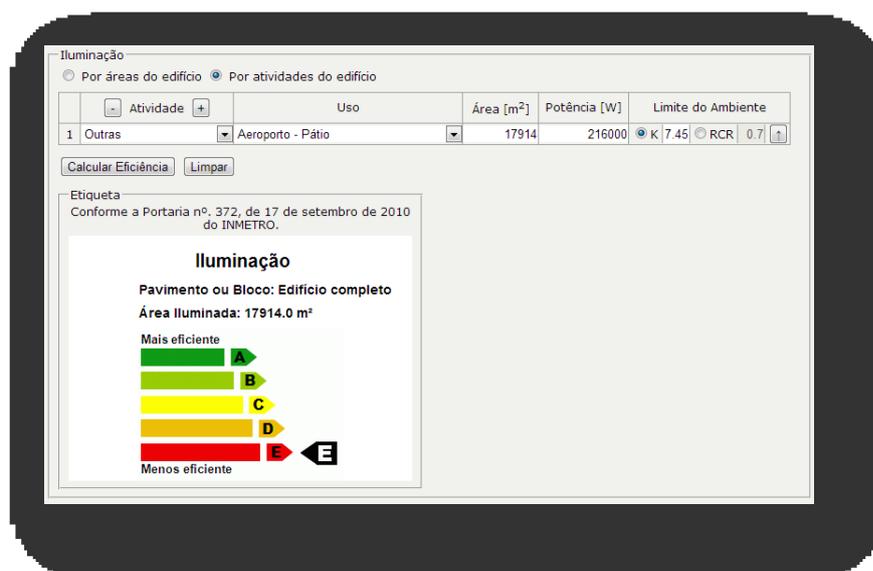


Figura 15 - Resultado da Simulação para o Sistema de Iluminação - Uso Aeroporto - Pátio
Fonte: Autoria Própria, (2013)

Sobre os comandos do sistema de iluminação cabe dizer que existe o comando horário automatizado, no entanto, as luminárias próximas ao sistema de iluminação natural não possuem controle individualizado e otimizado dessas luminárias. Outra questão é o nível de iluminamento que aparentemente não atende a NBR 5413 fornecendo a intensidade luminosa mínima necessária para a área, a qual se situa em torno de 500lux.

Junckes em seu trabalho propõe a substituição das lâmpadas existentes por modelos de tecnologia LED, as quais reduziram a potência atual de 216kW para 103kW mantendo-se o mesmo nível de iluminamento. Além disso, é fundamental lembrar que o nível existente, aparentemente não atende o recomendado, e essa simples substituição já elevaria a etiqueta de eficiência para nível A (vide figura 16).

Todas essas análises dependem ainda da observância dos requisitos de desligamento automático (que para o caso é existente, logo não seria um problema) e da contribuição da iluminação natural devidamente analisada na questão da envoltória.

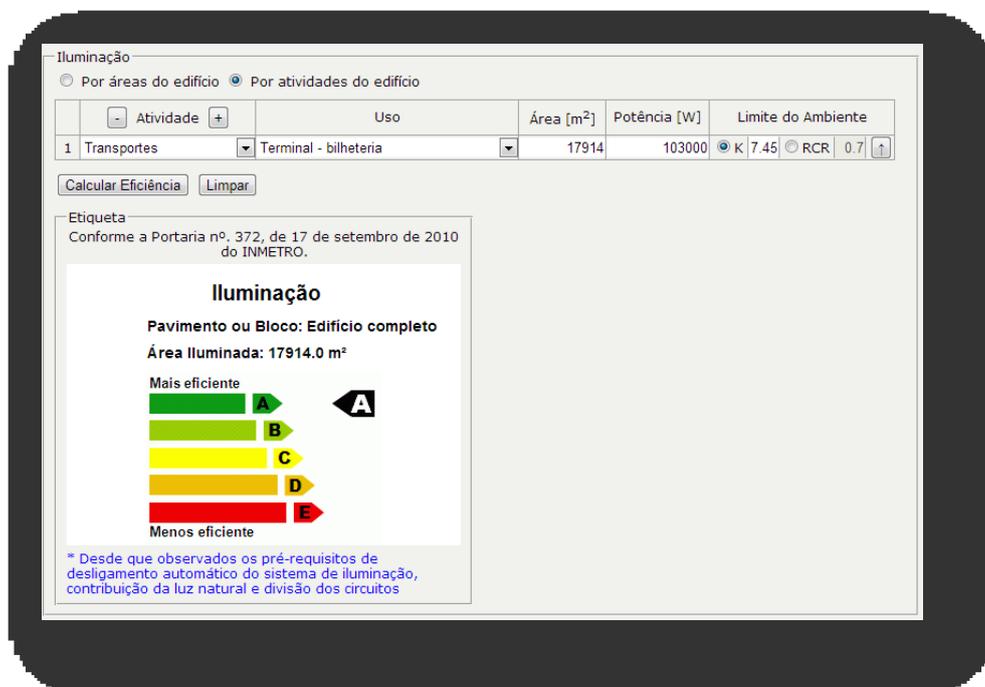


Figura 16 - Resultado da Simulação para o sistema de iluminação – Uso Terminal - bilheteria, lâmpadas de LED

Fonte: Autoria Própria, (2013)

Tabulando-se os dados mediante as simulações realizadas para o sistema de iluminação, obtêm-se os seguintes resultados:

	Atividade	Uso	Área [m ²]	Potência [W]	Limite do Ambiente		Nível de Eficiência
					K	RCR	
Figura 14	Transportes	Terminal - Bilheteria	17914	216000	7,45	0,7	B
Figura 15	Outras	Aeroporto - Pátio	17914	216000	7,45	0,7	E
Figura 16	Transportes	Terminal - Bilheteria	17914	103000	7,45	0,7	A

Figura 17 – Resumo das Simulações realizadas para o sistema de iluminação

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

5.2 ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO

Para análise da envoltória da edificação são necessários os dados geométricos da edificação e as suas informações construtivas. De posse dos dados do terminal de passageiros do aeroporto preencheu-se o campo da planilha referente à envoltória, obtendo-se um índice de eficiência nível C.

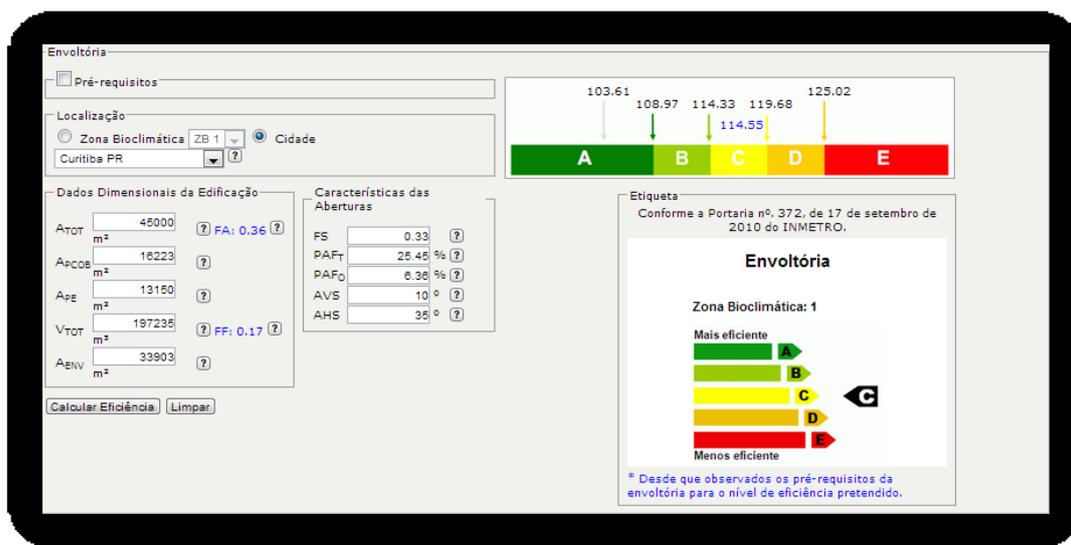


Figura 18 - Resultado da Simulação para a envoltória – Características existentes

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

Observa-se que o FS (Fator Solar) de uma abertura com telha de policarbonato é de aproximadamente 0,33, ao passo que se o material fosse o vidro tipo incolor de 6mm o FS já passaria para 82% e o nível de eficiência subiria para B (vide figura 19).

Uma outra medida que eleva facilmente o nível de eficiência de C para B é a redução da área envidraçada (aberturas) em pouco mais de 1% (figura 20). O mesmo ocorre se houver aumento do ângulo vertical de sombreamento, ou seja, se existirem as chamadas soleiras mais extensas de modo a formarem com a base das janelas um ângulo de no mínimo 38° (figura 21). No entanto, não há um ganho significativo se as três ações forem realizadas simultaneamente nessa mesma proporção (figura 22).

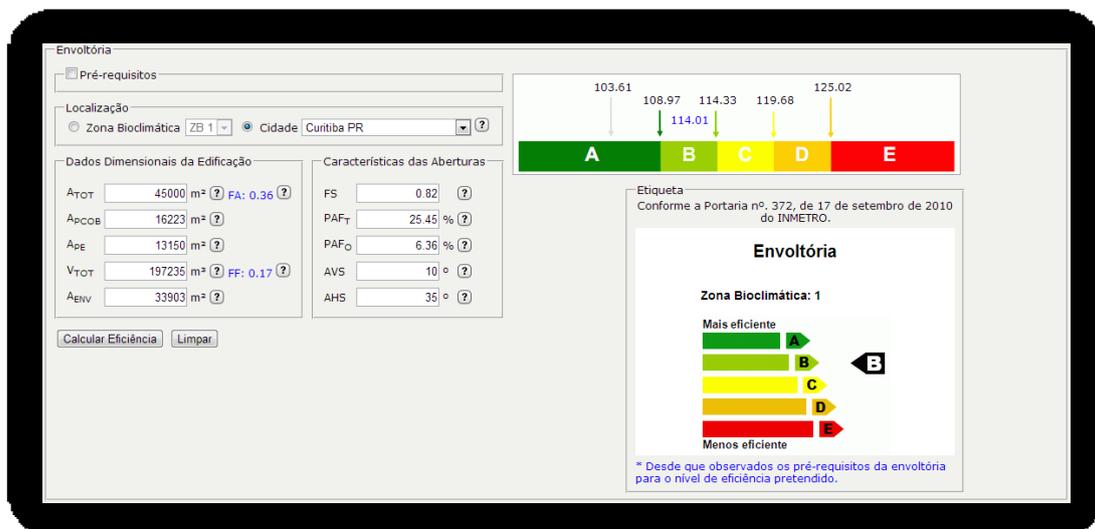


Figura 19 – Resultado da Simulação para a envoltória – FS para o vidro (0,82)

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

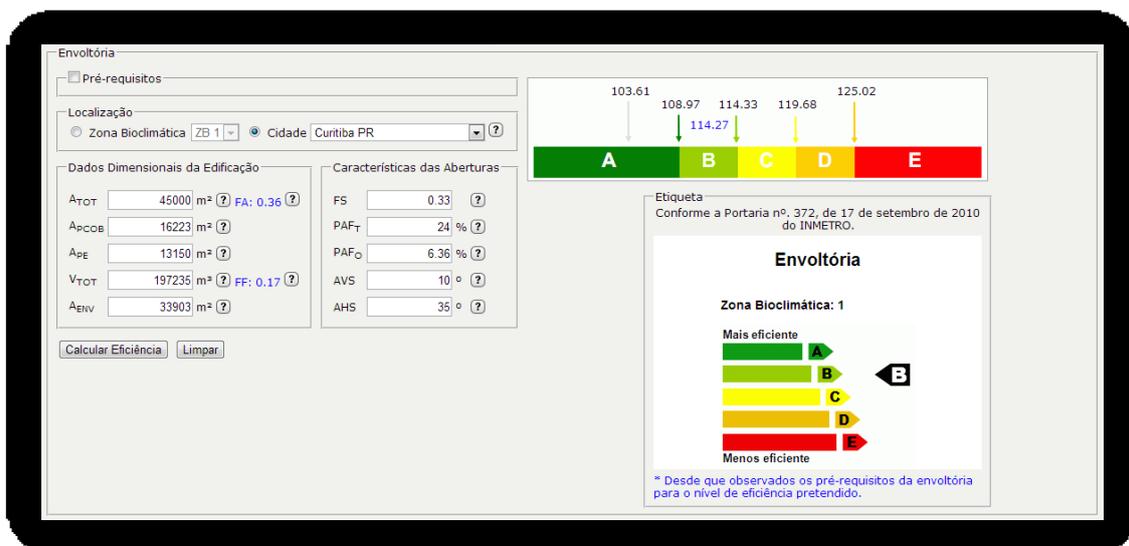


Figura 20 - Resultado da Simulação para a envoltória – Reduzindo o percentual de aberturas

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

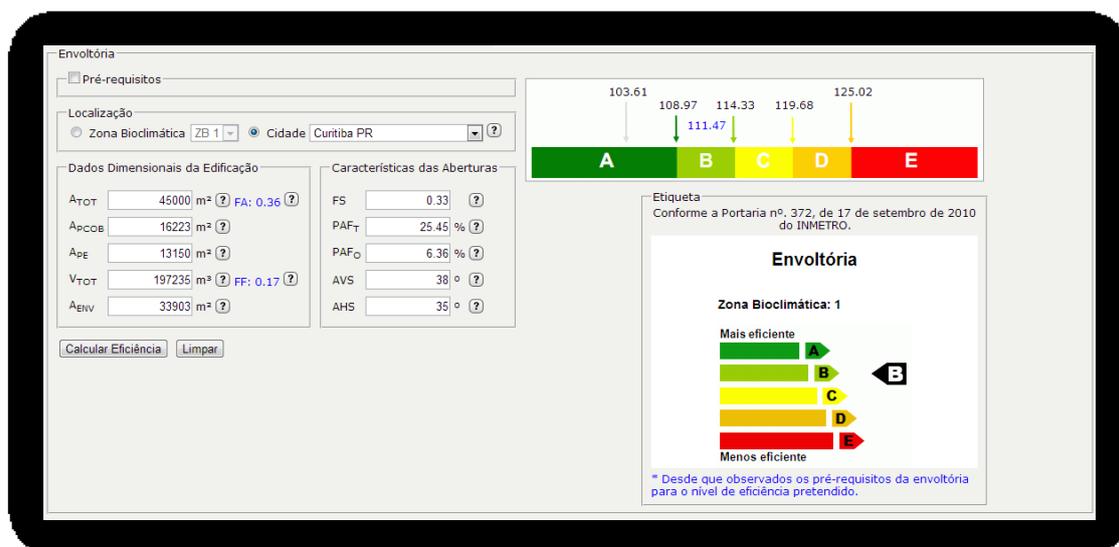


Figura 21 - Resultado da Simulação para a envoltória – Aumentando o ângulo das soleiras

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

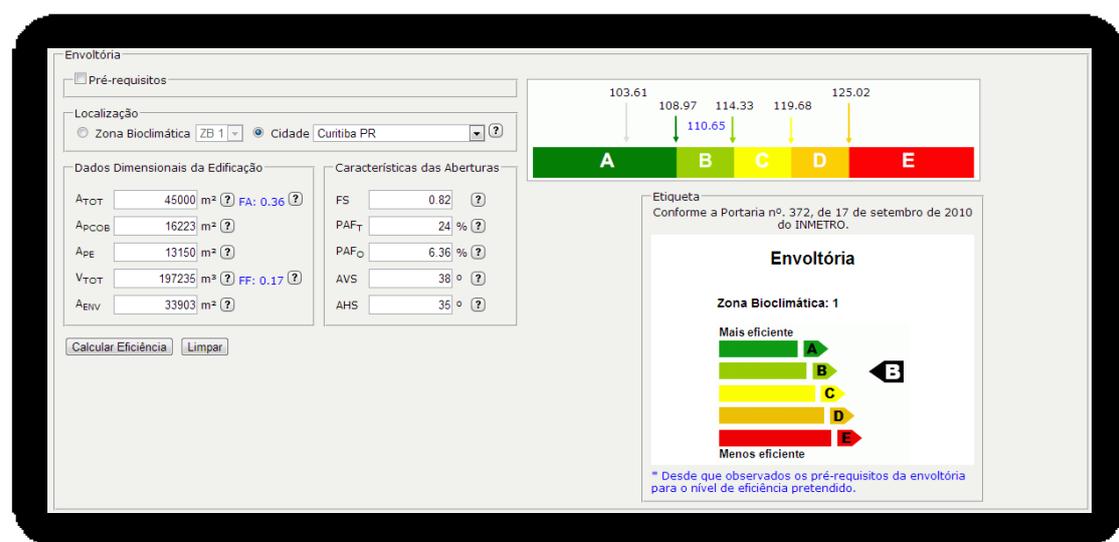


Figura 22 - Resultado da Simulação para a envoltória – Aumentando o ângulo das soleiras, Reduzindo o percentual de aberturas e FS para o vidro (0,82)

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

Nota-se que obtenção de nível A nesse caso só seria possível se simultaneamente as aberturas superiores fossem de vidro ($FS \geq 0,82$), o percentual de aberturas (janelas e vidraças) fosse reduzido para cerca de 10% do total da área das fachadas e houvesse soleiras com ângulos de no mínimo 29°.

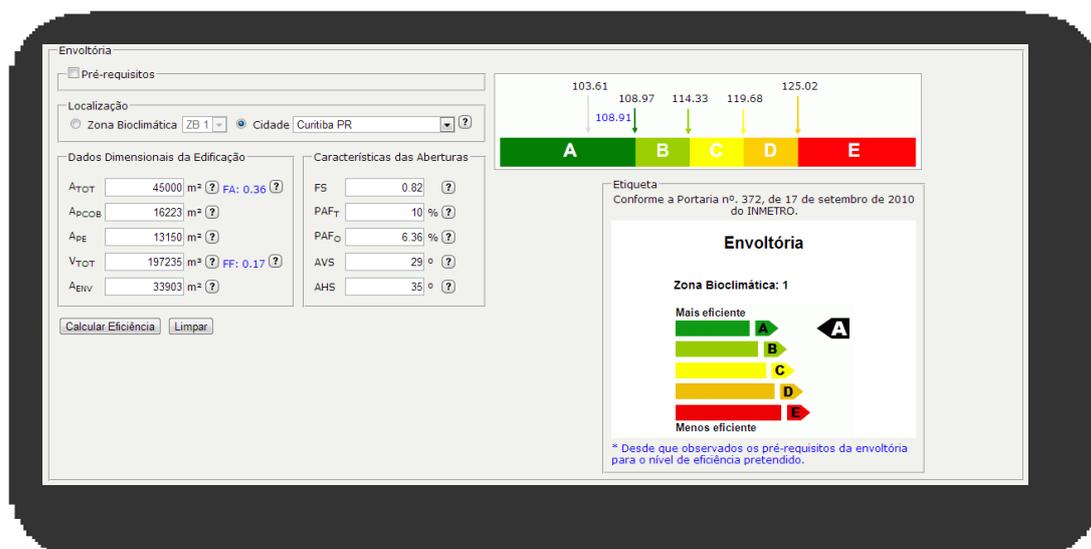


Figura 23 - Resultado da Simulação para a envoltória – Índices necessários para Nível A
Fonte: (Autoria Própria, 2013)

De acordo com o proposto no capítulo anterior na especificação da envoltória da edificação fica claro o atendimento do solicitado na tabela 4 (Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas), uma vez que o percentual de abertura zenital no terminal existente é de 2% (ou $\pm 330\text{m}^2$) que requer um material com fator solar de valor mínimo igual a 0,87. Para a análise aqui realizada, fica evidente que um material de FS menor já sanaria o problema. Enquanto os demais valores solicitados na especificação fazem parte do complemento da análise da envoltória que não entram diretamente no cálculo do índice de eficiência, mas que são essenciais se a simulação for requerida.

Tabulando-se os dados mediante as simulações realizadas para o sistema de envoltória, obtêm-se os seguintes resultados:

	Zona Bioclimática	Dados Dimensionais da Edificação					Características das Aberturas					Nível de Eficiência
		ATOTAL [m ²]	APCOB [m ²]	APB [m ²]	VTOTAL [m ²]	AENV [m ²]	FS	PAFT [%]	PAFO [%]	AVS [%]	AHS [%]	
Figura 18	ZB1 (Curitiba)	45000	16223	13150	197235	33903	0,33	25,45	6,36	10	35	C
Figura 19	ZB1 (Curitiba)	45000	16223	13150	197235	33903	0,82	25,45	6,36	10	35	B
Figura 20	ZB1 (Curitiba)	45000	16223	13150	197235	33903	0,33	24	6,36	10	35	B
Figura 21	ZB1 (Curitiba)	45000	16223	13150	197235	33903	0,33	25,45	6,36	38	35	B
Figura 22	ZB1 (Curitiba)	45000	16223	13150	197235	33903	0,82	24	6,36	38	35	B
Figura 23	ZB1 (Curitiba)	45000	16223	13150	197235	33903	0,82	10	6,36	29	35	A
Figura 24	ZB1 (Curitiba)	42000	15532	13120	181532	33003	0,85	10	6,36	30	32	F
Figura 25	ZB1 (Curitiba)	42000	15532	13120	181532	33003	0,85	34	6,36	32	32	B

Figura 24 - Resumo das Simulações realizadas para o Sistema de Envoltória

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

É importante ressaltar que as características aqui simuladas seriam válidas em sua essência, somente para uma nova construção. Provavelmente, não seria viável, as implementações aqui sugeridas em um processo de reforma.

5.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Os sistemas de condicionamento de ar são tratados de dois modos distintos no RTQ-C, dependendo se os condicionadores são avaliados pelo PBE/INMETRO ou não. A instalação de estudo deste trabalho compreende aqueles sistemas compostos por condicionadores que não estão abrangidos por nenhuma norma de eficiência do INMETRO. Para estes casos, os sistemas são avaliados através do seu desempenho em relação a certos níveis fornecidos pelo RTQ-C.

A determinação do nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar depende além do nível de eficiência do equipamento, também do cumprimento do pré-requisito. Os sistemas compostos por condicionadores não avaliados pelo INMETRO, e que pretendem obter etiqueta A, além de possuir o desempenho desejado, também devem atender a uma série de requisitos como, por exemplo: *cálculo detalhado de carga térmica; controle de temperatura por zona térmica; controles e dimensionamento do sistema de ventilação; controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos; equipamentos de rejeição de calor; automação; isolamento de zonas.*

Primeiramente é fundamental a identificação dos equipamentos que compõe o sistema de condicionamento de ar do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena. Isso será realizado através do processo de levantamento da carga térmica da instalação, conforme mostrado na sequência:

Tabela 14 – Levantamento das Cargas Térmicas do Terminal de Passageiros do Aeroporto Afonso Pena

Aparelho	Capacidade	Potência	Vazão	Quant	Pot Total	
Chiller	270	TR	949536,00 W	2	1899072,00 W	
Chiller	200	TR	703360,00 W	2	1406720,00 W	
Bomba Ref	10	CV	11500 W	4	46000,00 W	
Bomba Ref	50	CV	57500 W	4	230000,00 W	
Bomba Ref	5	CV	5750 W	5	28750,00 W	
Bomba Ref	25	CV	28750 W	3	86250,00 W	
Fancoil	7,5	CV	8625 W	14000 m³/h	2	17250,00 W
Fancoil	10	CV	11500 W		7	80500,00 W
Fancoil	7	CV	8050 W		1	8050,00 W
Fancoil	6,5	CV	7475 W		1	7475,00 W
Fancoil	15	CV	17250 W		3	51750,00 W
Fancoil	5	CV	5750 W		13	74750,00 W
Fancoil	3	CV	3450 W		1	3450,00 W
Fancoil	12,5	CV	14375 W		7	100625,00 W
Fancoil	6	CV	6900 W		3	20700,00 W
Fancoil	2	CV	2300 W		3	6900,00 W
Fancoil	4	CV	4600 W		3	13800,00 W
Fancoil	20	CV	23000 W		1	23000,00 W
Ventilação	4	CV	4600 W		3	13800,00 W
Ventilação	3	CV	3450 W		1	3450,00 W
Ventilação	6	CV	6900 W		1	6900,00 W
Ventilação	5	CV	5750 W		1	5750,00 W
Ventilação	7,5	CV	8625 W		3	25875,00 W
Exaustão	1,5	CV	1725 W		2	3450,00 W
Exaustão	2	CV	2300 W		3	6900,00 W
Exaustão	3	CV	3450 W		5	17250,00 W
Exaustão	7,5	CV	8625 W		1	8625,00 W
Caldeira	300000	kcal/h	0 gás	5	0,00 gás	

Fonte: (Autoria Própria, 2013)

Da tabela 14 obtêm-se as seguintes informações:

- **Potência Total Sistema de Condicionamento de Ar**

Potência Total		
Bombas	391,00	kW
Chiller	3305,79	kW
Fancoil	408,25	kW
Ventilação	55,78	kW
Exaustão	36,23	kW
TOTAL	4197,04	kW

- **EER** (*Energy efficiency ratio*): a razão entre a capacidade total de resfriamento [Btu/h] e a energia consumida [W] sob as condições operacionais estabelecidas. Pelo *datasheet* do fabricante:
 - Modelo de 200TR: EER= **9,6** (100% Carga)
 - Modelo de 275TR⁴: EER= **9,7** (100% Carga)
 - Média Aritmética: EER = 9,65 (100% Carga)

- **COP (Coeficiente de Performance)**: a razão entre o calor removido ou fornecido ao ambiente e a energia consumida (W/W) pelo sistema ou equipamento. Sabe-se que: **COP = EER / 3.412**
Logo:
COP = Pot. Refrig./ (Pot. Bombas + Fancoil + Vent + Exaustão)
 - Modelo de 200TR: COP = **2,814** (100% Carga)
 - Modelo de 275TR: COP = **2,843** (100% Carga)
 - Média Aritmética: COP = 2,829 (100% Carga)

- **IPLV** (*Integrated Part Load Value*): expressa a eficiência em carga parcial, usando pesos ponderados pelas capacidades do sistema ou equipamento, em kW/t.

IPLV (or NPLV) = **0.01A+0.42B+0.45C+0.12D** onde:

A = COP ou EER @ 100% Carga

B = COP ou EER @ 75% Carga

C = COP ou EER @ 50% Carga

D = COP ou EER @ 25% Carga

Pelo *datasheet* do fabricante:

⁴ Lembrando que o modelo de 270TR não é mais fabricado pela Trane. Tomamos como base para a realização dos cálculos o modelo de 275TR (o valor comercial mais próximo disponível atualmente no mercado).

- Modelo de 200TR: IPLV= **12,7**
- Modelo de 275TR: IPLV= **13,3**
- Média Aritmética: IPLV = 13 (100% Carga)

***Observação:** Os *Chillers* mencionados anteriormente no levantamento das cargas térmicas da instalação, referem-se a dois equipamentos resfriadores de líquido tipo parafuso com condensação a ar (Fabricante: Trane, Série R).

Prosseguindo-se com a análise, convém lembrar que a instalação não apresenta um sistema de condicionamento de ar central. Contudo, isso não se trata de um problema propriamente visto que mediante o resultado obtido pelo levantamento da carga térmica comprova-se que não há a necessidade de adotar um sistema de condicionamento de ar central, uma vez que a área condicionada apresenta uma carga térmica inferior a 350kW.

O sistema de condicionamento de ar do aeroporto Afonso Pena também está condizente com as normas NBR16401 e NBR7256, visto que o sistema proporciona adequada qualidade do ar interno (NBR 16401) e os ambientes destinados a estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) atendem as condições de qualidade do ar interno (NBR7256).

Com isso, somando-se os resultados obtidos pelas especificações técnicas dos equipamentos utilizados no sistema de condicionamento de ar do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena atualmente e observando-se a figura 26 na sequência, resulta-se em um **nível de eficiência B** para atual sistema de condicionamento de ar.

Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação no nível D						
Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência mínima	Procedimento de teste			
Condensação a ar, com condensador	< 528 kW	2,70 COP 2,80 IPLV	AHRI 550/590			
	≥ 528 kW	2,50 COP 2,50 IPLV				
Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação no nível C						
Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência mínima	Procedimento de teste			
Condensação a ar, com condensador	Todas	2,80 COP 3,05 IPLV	AHRI 550/590			
Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação nos níveis A e B						
Tipo de equipamento	Capacidade	Caminho A		Caminho B		Procedimento de teste
		Carga Total	IPLV	Carga Total	IPLV	
Condensação a ar, com condensador	< 528 kW	≥2,802	≥3,664	-	-	AHRI 550/590
	≥ 528 kW	≥2,802	≥3,737	-	-	

Figura 25 - Tabelas referentes a equipamentos resfriadores de líquidos, as quais devem ser levadas em consideração para determinação do nível de eficiência energética de um sistema de condicionadores de ar.

Fonte: (LabEEE Caderno Técnico 2, 2009)

Nota-se que obtenção de nível A nesse caso só seria possível se além do cumprimento aos índices mencionados na tabela 5.5 do Manual do RTQ-C, a instalação cumprisse a todos os requisitos descritos abaixo:

Cálculo da Carga Térmica (requisito já atendido atualmente): As cargas térmicas de projeto do sistema de aquecimento e resfriamento de ar devem ser calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de aceitação geral pelos profissionais da área, como por exemplo, a última versão do *ASHRAE Handbook of Fundamentals* e a norma NBR 16401.

Controle de temperatura por zona

- **Geral** (requisito não atendido atualmente): O aquecimento ou resfriamento de ar de cada zona térmica deverá ser individualmente controlado por termostatos respondendo a temperatura do ar da referida zona.

- **Faixa de temperatura de controle** (requisito não atendido atualmente): Quando usados para atuar sobre o aquecimento e o resfriamento, os termostatos de controle devem ser capazes de prover uma faixa de temperatura do ar de pelo menos 3°C (*deadband*), no qual o suprimento da energia para aquecimento e resfriamento seja desligado ou reduzido para o mínimo.
- **Aquecimento suplementar** (não aplicável): Bombas de calor com aquecedor auxiliar através de resistência elétrica devem ser dotadas de sistema de controle que evite a operação do aquecimento suplementar quando a carga de aquecimento possa ser atendida apenas pela bomba de calor. A operação do aquecimento suplementar permitida durante os ciclos de degelo da serpentina externa.
- **Aquecimento e resfriamento simultâneo** (requisito já atendido atualmente): Os controles do sistema de condicionamento de ar devem impedir o reaquecimento ou qualquer outra forma de aquecimento e resfriamento simultâneo para controle de umidade. Nos locais em que ha equipamentos distintos para aquecimento e resfriamento servindo a uma mesma zona, os termostatos devem ser interconectados para impedir o aquecimento e resfriamento simultâneo.
- **Sistema de desligamento automático** (requisito não atendido atualmente): Todo o sistema de condicionamento de ar deve ser equipado com pelo menos um dos tipos abaixo:
 - Controles que podem acionar e desativar o sistema sob diferentes condições de rotina de operação, para sete tipos de dias diferentes por semana; capazes de reter a programação e ajustes durante a falta de energia por pelo menos 10 horas, incluindo um controle manual que permita a operação temporária do sistema por ate duas horas;
 - um sensor de ocupação que seja capaz de desligar o sistema quando nenhum ocupante e detectado por um período de ate 30 minutos;

- um temporizador de acionamento manual capaz de ser ajustado para operar o sistema por até duas horas;
- integração com o sistema de segurança e alarmes da edificação que desligue o sistema de condicionamento de ar quando o sistema de segurança é ativado.

Isolamento de zonas (requisito não atendido atualmente): Sistemas de condicionamento de ar servindo diferentes zonas térmicas destinadas a operação ou ocupação não simultânea devem ser divididos em áreas isoladas. As zonas devem ser agrupadas em áreas isoladas que não ultrapassem 2.300 m² de área condicionada e não incluindo mais do que um pavimento. Cada área isolada deve ser equipada com dispositivos de isolamento capazes de desativar automaticamente o suprimento de ar condicionado e ar externo, além do sistema de exaustão. Cada área isolada deve ser controlada independentemente por um dispositivo que atenda aos requisitos do item Sistema de desligamento automático.

Controles e dimensionamento do sistema de ventilação (requisito não atendido atualmente): Sistemas de condicionamento de ar com potência total de ventilação superior a 4,4kW devem atender a alguns limites de potência dos ventiladores.

Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos (requisito não atendido atualmente): Sistemas de condicionamento de ar com um sistema hidráulico servido por um sistema de bombeamento com potência superior a 7,5kW devem atender a alguns requisitos: *Sistemas de vazão de líquido variável, Isolamento de bombas e Controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente.*

Equipamentos de rejeição de calor

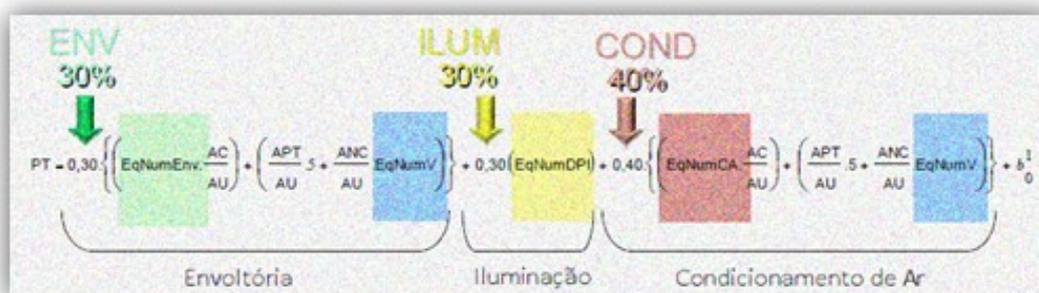
- **Geral** (requisito não atendido atualmente): aplica-se ao equipamento de rejeição de calor usado em sistemas de condicionamento ambiental, tais como condensadores a ar, torres

de resfriamento abertas, torres de resfriamento com circuito fechado e condensadores evaporativos.

- **Controle de velocidade do ventilador** (requisito não atendido atualmente): Cada ventilador acionado por um motor de potência igual ou superior a 5,6 kW deve ter a capacidade de operar a dois terços ou menos da sua velocidade máxima (em carga parcial) e deve possuir controles que mudem automaticamente a velocidade do ventilador para controlar a temperatura de saída do fluido ou temperatura/pressão de condensação do dispositivo de rejeição de calor.

5.4 NÍVEL DE EFICIÊNCIA GERAL DA EDIFICAÇÃO

De acordo com os resultados obtidos para cada um dos três sistemas individuais, são eles: a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar, utilizando-se o **MÉTODO PRESCRITIVO**, pode-se calcular o nível de eficiência global (etiqueta geral) atual do terminal de passageiros do Aeroporto Afonso Pena da seguinte forma:



Onde:

PT	Classificação Final
≥4,5 a 5	A
≥3,5 a <4,5	B
≥2,5 a <3,5	C
≥1,5 a <2,5	D
<1,5	E

✓EqNum → Equivalente numérico
 ✓AC → área condicionada
 ✓AU → área útil
 ✓APT → área de permanência transitória
 ✓ANC → área de permanência prolongada não condicionada (com conforto comprovado)

Nível de Eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Pelos resultados anteriormente, sabe-se que:

- EqNumEnv = Nível de Eficiência C = **3**;
- EqNumDPI = Nível de Eficiência B = **4**;
- EqNumCA = Nível de Eficiência B = **4**;

Substituindo-se os valores EqNum de cada sistema individualmente avaliado na fórmula da pontuação total (PT), obtém um nível de eficiência global igual a **3,7** para a edificação, ou seja, **nível B** atual de eficiência global como pode ser visto no cálculo a seguir:

$$PT = (0,30 \times 3) + (0,30 * 4) + (0,40 * 4) = \mathbf{0,9 + 1,2 + 1,6 = 3,7}$$

O próximo capítulo, traz as especificações técnicas a serem anexadas nos editais de licitação dos processos licitatórios de reforma e/ou ampliação de aeroportos em concordância com os critérios apresentados capítulo 4 (Requisitos Técnicos Analisados para a obenção da ENCE).

6 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA A SER INCLUSA NOS PROCESSOS LICITATÓRIOS

Conforme já mencionado, os processos licitatórios não devem fazer menção a marcas, fabricantes e por muitas vezes nem ao método construtivo que deve ser utilizado em determinados empreendimentos. Tal preceito tem por base a observância ao princípio da isonomia, buscando prevenir atos voltados a beneficiar ou a prejudicar possíveis interessados e a selecionar aqueles que possam vir a oferecer com maior vantagem aquilo que o Estado quer, seja do ponto de vista da economia no valor a ser contratado, da técnica ou, ainda, da qualidade do objeto pretendido na contratação (MEYER, L. L. 2011).

Ainda assim um dos documentos que compõe o processo licitatório é o TERMO DE REFERÊNCIA e a ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA. O primeiro menciona a descrição geral do que se deseja, ou seja, do objeto da licitação, enquanto que o segundo descreve as características técnicas mínimas desse objeto. Neste capítulo será apresentada uma minuta de especificação técnica referente aos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e do entorno da edificação, a serem adicionadas as demais especificações técnicas dos processos licitatórios cujo objeto de contratação inclua a reforma e/ou ampliação de aeroportos da rede pública ou privada que desejem obter a ENCE.

6.1 ESPECIFICAÇÕES GERAIS

A edificação deverá ter seu potencial de eficiência energético analisado de modo que todas as soluções consolidadas não resultem em um equivalente numérico menor que 5 (cinco) pontos.

Deverá ser apresentado para a fiscalização do contrato um memorial técnico contendo as seguintes informações:

- Descrição do método de separação dos circuitos elétricos;

- Tensão nominal de alimentação e grupo tarifário a ser adotado;
- Área útil total;

Os elevadores que estiverem instalados próximos uns dos outros (em um mesmo *hall*) devem ser dotados de comando inteligente de tráfego de maneira que dois equipamentos não sejam acionados simultaneamente sob uma mesma solicitação.

As instalações elétricas deverão ser concebidas de modo que se possa fazer medição centralizada em função do uso final das principais cargas (equipamentos, iluminação e sistema de condicionamento).

A planilha desenvolvida pelo LabEEE da UFSC, ou seja, o aplicativo **WebPrescritivo**, deve estar preenchida e anexada às memórias de cálculo já no projeto básico.

6.2 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ENTORNO DA EDIFICAÇÃO - ENVOLTÓRIA

A cobertura deverá ser de material com transmitância térmica menor ou igual a $1,0\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Paredes deverão ser de material com transmitância térmica não superior a $3,7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, sendo exceção a esse item somente edificações com capacidade térmica menor que $80\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$ nas zonas bioclimáticas 7 e 8 quando a transmitância não poderá ser superior a $2,5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Ainda deverá ser considerado o uso da iluminação natural por meio de aberturas zenitais, sendo que o vidro a ser utilizado deve ter seu fator solar proporcional ao percentual de abertura zenital conforme citado na Tabela 4 (Limites de fator Solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas) no subitem 4.2.2 (Análise da Envoltória).

6.3 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Todo o sistema de iluminação deve atender aos requisitos constantes na norma NBR5413 a serem comprovados por meio de memória técnica de cálculos.

O projeto luminotécnico deve conter a iluminância no final da vida útil dos conjuntos lâmpada, luminária e equipamentos auxiliares. Para tanto considerar vida útil de 24 meses e fator de manutenção de 0,8.

Os ambientes deverão possuir controle manual de acionamento de modo a permitir a checagem manual do acendimento. Esse comando não deve atender a uma área maior que 250m², salvo se a área for maior que 1000m² quando o limite passa para 1000m².

As luminárias localizadas próximas a aberturas de iluminação natural devem ter controle específico que potencialize seu uso em função do iluminamento natural.

Por fim, todas as áreas deverão ser dotadas de controle horário e/ou de fluxo que otimize o funcionamento das luminárias.

6.4 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Todo o sistema de condicionamento de ar e climatização deve proporcionar qualidade do ar conforme requisitos da ABNT NBR 16401 comprovados em memória de cálculos.

Todo o sistema de condicionamento de ar e climatização deve ser concebido de acordo com as técnicas de engenharia de aceitação nacional e/ou internacional, preferencialmente de acordo com o ASHRAE *Handbook of Fundamentals*.

A edificação deverá ser dotada preferencialmente por uma central de condicionamento de ar e obrigatoriamente se a carga térmica exceder a 350kW.

O sistema deve possibilitar o controle individualizado da temperatura das diversas áreas, bem como a automatização em função da ocupação da área com sensores e termostatos.

O sistema deve ser intertravado de modo a não permitir a simultaneidade das funções de aquecimento e resfriamento.

O sistema deve possuir método de programação múltipla com no mínimo sete possibilidades. Essa memória deve permanecer mesmo em estado de falta de energia por um período mínimo de 10h.

Caso não seja viável a utilização de central de condicionamento, a justificativa deve ser apresentada em memória de cálculo.

Caso não seja viável a utilização de central de condicionamento, os equipamentos tipo Janela e Split utilizados deverão ser instalados de modo que o equipamento de janela e/ou as unidades condensadoras estejam em áreas sombreadas permanentemente.

Todas as justificativas consolidadas devem ser acompanhadas de memória técnica de cálculos e estudo financeiro demonstrando a RCB das opções analisadas. Bombas de fluidos que componham o sistema devem possuir controle eletrônico de vazão.

6.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

O capítulo em questão lista de maneira ampla e resumida todos os critérios mínimos, necessários e relevantes para que a execução dos sistemas em questão se dê de modo a permitir a obtenção da ENCE.

Certamente, outras especificações serão adicionadas a estas, em função da especificidade de cada empreendimento.

A minuta de especificação técnica aqui apresentada foi elaborada da maneira mais geral possível, de modo que sirva de subsídio ao projeto básico, que segundo a Lei N° 8.666 de 21/06/1993 trata-se do conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que

assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução e que um dos componentes é necessariamente o desenvolvimento da solução adotada (BRASIL, 1993) sendo que então não se deve, nessa situação, determinar no edital de licitação a solução consolidada e sim estabelecer requisitos que a solução deve contemplar.

O Caderno 2 - Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), possui muitos detalhes adicionais que podem vir a ser utilizados nos projetos em função das características da edificação. Inclusive, eventualmente pode ser que um determinado aeroporto tenha características gerais que impossibilitem o uso dessa minuta de especificação técnica. Nesse caso, o Caderno 2 RTQ-C deve ser consultado, sendo válidas no mínimo as especificações gerais.

7 CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES

A minuta de especificação técnica apresentada por este trabalho serve como um complemento às demais características técnicas do empreendimento.

Pela composição da estrutura do trabalho há a possibilidade de se evidenciar diferentes pontos a serem tratados a respeito deste processo da minuta de especificação técnica criada.

No capítulo 2 foram expostos os pontos relevantes em relação aos processos de etiquetagem de edificações existentes no exterior e aqueles adotados no Brasil. Ao deparar-se com o cenário atual da matriz energética brasileira, objetivando-se um ligeiro aumento no número de construções denominadas de sustentáveis, verifica-se a necessidade imediata da introdução efetiva de uma certificação energética para as novas edificações.

No capítulo 3 detalharam-se os conceitos necessários do processo de etiquetagem brasileiro, pontuando os elementos essenciais para a análise da edificação bem como o seu processo de etiquetagem. Na apresentação desses conceitos pode-se assimilar que o processo de etiquetagem de edificações vem de encontro com o interesse em se racionalizar a utilização de meios energéticos e se multiplicar o conhecimento no assunto, fazendo com que o processo de uso consciente de energia deixe de ser função essencialmente de fabricantes de produtos, mas seja também preocupação de consultores, projetistas e construtores da área civil.

No capítulo 4 relatou-se as principais características técnicas, ou seja, os requisitos necessários para edificações que constam no Caderno Técnico 2 RTQ-C e os quais devem ser observados na maioria dos projetos das edificações em estudo – aeroportos, para a obtenção da ENCE.

No Capítulo 5 foi apresentado um estudo de caso, relatando um panorama acerca da etiqueta de nível de eficiência energética que o terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena conseguiria com as atuais instalações e principalmente, a efetividade de aplicação das melhorias apresentadas no decorrer do trabalho para obtenção da etiqueta com o nível máximo de eficiência.

Por fim, no Capítulo 6 foi mostrada a proposta de complementos à especificação técnica adequada para obter a etiqueta de edificação energeticamente eficiente. Como se pode notar, o Caderno 2 RTQ-C tem muitos detalhes adicionais, os quais podem vir a ser utilizados nos projetos em função das características da edificação. Eventualmente, pode ser que um determinado aeroporto tenha características gerais que impossibilitem o uso dessa especificação. Para este caso, o Caderno 2 deve ser consultado sendo válidas no mínimo, as especificações gerais.

Faz-se fundamental o esclarecimento nesta conclusão que a planilha citada durante o processo de especificação foi elaborada pelo órgão responsável por todo o trabalho técnico de análise dos fatores e indicadores de eficiência e foi utilizada como parte do trabalho uma vez que se deseja preparar a edificação para uma posterior certificação que pode não ocorrer em um curto prazo.

Em suma, o processo de licitação em si não pode dar margem para duplas interpretações sob o risco de obtenção de um objeto não desejado. Isso faz com que as especificações pareçam, por muitas vezes, redundantes quando na verdade são complementares.

7.1 SUGESTÃO DE TRABALHO FUTURO

Para próximos trabalhos sugere-se a elaboração de uma especificação técnica completa para os trabalhos de:

- *Análise do potencial de eficiência energética para edificações em operação;*
- *Consultoria de Medição e Verificação dos Índices de eficiência energética com solução técnica de melhorias dos índices abaixo do nível A;*
- *Consultoria objetivando a certificação em eficiência energética da edificação.*

Essas são as sugestões para possíveis trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220. Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413. Norma Brasileira de Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401. Norma Brasileira de Instalações de Ar-Condicionado**. Rio de Janeiro, 2008.

BEAM. **BEAM**. Disponível em: <http://www.beamsociety.org.hk/en_index.php>. Acesso em: 16 abr. 2013.

BRASIL. Lei 8666 (1993). **Lei de Licitações**. Senado Federal, Brasília: 2003. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2013.

CEADA. **BREEAM In-Use**. Disponível em: < <http://www.ceada.co.uk/our-service/breeam-in-use/>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

CONSTRUIR SUSTENTÁVEL. **Com 133 certificações, Processo Aqua mantém posição líder no Brasil**. Julho, 2013. Disponível em: <<http://www.construirsustentavel.com.br/green-building/1248/com-133-certificacoes-processo-aqua-mantem-posicao-de-lider-no-brasil>>. Acesso em: 31 ago. 2013.

CUNHA, K.. **Curso - AQUA**. Dezembro, 2009. Disponível em: <<http://karlacunha.com.br/curso-aqua/>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

CUNHA, V.. **Certificação BREEAM - Certificação ambiental de edificações: lições aprendidas e visão de futuro (Experiências brasileiras)**. SINDUSCON/SP. 2011. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/eventos/2011/avalicao_ambiental/10_projeto.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2013.

ENERGY STAR. **Energy Star**. Disponível em: <www.energystar.gov>. Acesso em: 10 abr. 2013.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Alta Qualidade Ambiental em seu Empreendimento**. Disponível em:

<http://www.vanzolini.org.br/conteudo_104.asp?cod_site=104&id_menu=758>. Acesso em: 27 ago. 2013.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **PROCESSO AQUA**. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/fullscreen/vanzolini/apresentao-do-processo-aqua-22006675/9>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

GOULART, S.. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - UFSC. **Disciplina Desempenho Térmico de Edificações. Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano**. Florianópolis, 2010.

GOVERNO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Diário Oficial da União - Seção 1 - Página 5 (Publicação Original) 20/12/2001**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2001/decreto-4059-19-dezembro-2001-429009-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 07 jan. 2013

HINES. **Hines' Ducat Place III is the first to earn a BREEAM certificate in Russia**. Disponível em: <<http://www.hines.com/country/ru/en/news/article10.aspx>>. Acesso em: 31 mar. 2013.

IBEC. **CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)**. Disponível em: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/document/CASBEE_brochure.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2013.

ICLEI. Cidades pela Proteção do Clima. **Instrumentos de Classificação e Certificação de Edifícios**. Projeto PoliCS. Disponível em: <http://www.iclei.org.br/polics/CD/P1/4_Lev_Inst_Certificacao/PDF7_Certificacoes_Port_27abr11.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2013.

iiSBE. **iiSBE**. Disponível em: <<http://www.iisbe.org/sbmethod>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

INFRAERO. **Aeroporto Internacional Afonso Pena**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/us/airports/parana/afonso-pena-airport.html>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

INMETRO. **Tabelas de consumo / eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em: 06 mai. 2013.

INMETRO. **Etiqueta de Eficiência Energética para Edificações**. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 10 mai. 2013.

JAGGER, M. **Certificações e Selos Verdes**. PUC/RJ. 2011. Disponível em: < http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2011/Relatorios/CTCH/DAD/DAD-Michelle%20Jagger.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2013.

JUNCKES, J. H.. **Estudo de viabilidade econômica financeira para a substituição dos sistemas convencionais de iluminação por sistemas LED - Estudo de caso do Aeroporto Internacional Afonso Pena**. p. 13. Curitiba, 2012.

LabEEE. Caderno Técnico 1. (s.d.). **Caderno 1 - Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. Florianópolis, 2009.

LabEEE. Caderno Técnico 2. (s.d.). **Caderno 2 - Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Florianópolis, 2009.

LabEEE. Caderno Técnico 3. (s.d.). **Caderno 3 - Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos (RAC-C)**. Florianópolis, 2009.

LabEEE. Caderno Técnico 4. (s.d.). **Caderno 4 - Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C**. Florianópolis, 2009.

LabEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em edificações**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

LIDER A. **Lider A** Sistema de Avaliação da Sustentabilidade. Disponível em: <<http://www.lidera.info/>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

LEED. **Green Building Council Brasil Construindo um Futuro Sustentável**. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/?p=certificacao>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

MECABO, L.. **WebPrescritivo – Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C**.

Universidade Federal de Santa Catarina. **LabEEE**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030 – Eficiência Energética**. Brasília: [s.n.]. 2012.

MEYER, L. L. (2011). **Licitação: noções básicas sobre o processo administrativo que precede a contratação pública de obras, serviços, compras e alienações no Brasil**. Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/18616/licitacao-nocoas-basicas-sobre-o-processo-administrativo-que-precede-a-contratacao-publica-de-obras-servicos-compras-e-alienacoes-no-brasil>>. Acesso em: 08 mai. 2013.

PLANETA SUSTENTÁVEL. **AQUA: primeiro referencial técnico brasileiro para construções sustentáveis**. Abril, 2008. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_275506.shtml?func=1&pag=0&fnt=14px>. Acesso em: 27 ago. 2013.

PORTAL DA COPA. **Site do Governo Brasileiro sobre a Copa do Mundo da FIFA 2014™**. Disponível em: <<http://www.copa2014.gov.br/pt-br/galeria/curitiba-aeroporto-junho2013>>. Acesso em: 13 jun. 2013.

PROCEL INFO. **Procel Edifica – Eficiência Energética nas Edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B623FE2A5-B1B9-4017-918D-B1611B04FA2B%7D&Team=¶ms=itemID=%7BC46E0FFD-BD12-4A01-97D2-587926254722%7D%3BLumisAdmin=1%3B&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 05 abr. 2013.

SANTOS, M. M., HAMADA, L., FARIA, R. W., & NASCIMENTO, P. R.. **Análise da aplicação da etiquetagem de eficiência energética de edificações em empreendimentos hoteleiros**. Revista Brasileira de Energia, 57-72. Brasil, 2010.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V.. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para desenvolvimento no Brasil**. Revista Engenharia, Ciência & Tecnologia, v. 4, n. 3, p. 3-8, 2001.

TRANE. **Datasheet Air-Cooled Series R Rotary Liquid Chiller - 140 to 500Tons (60Hz) - Model RTAC (2003)**. Disponível em: <http://www.trane.com/download/equipmentpdfs/RLCPRC006-EN_1r2.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2013.

TRIANA, M.A; LAMBERTS,R; PEREIRA, F.O.R; CLARO, A; MONTI,R; BITTENCOURT,D; ARANTES, O.K; GOMES, V; GHISI, E; WESTPHAL,F. **Certificação LEED como norteador do processo de projeto para um edifício comercial em Florianópolis, Brasil. [Comunicação Técnica]**. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XI, 2006, Florianópolis. Anais. Comunicação Técnica 1076. Florianópolis: ANTAC, 2006.