

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
NÍVEL MESTRADO PROFISSIONAL

TALITA DE ALBUQUERQUE BARRETO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS
DO AEROPORTO INTERNACIONAL PORTO ALEGRE/SALGADO FILHO PELO
MÉTODO PROCEL EDIFICA**

São Leopoldo

2016

TALITA DE ALBUQUERQUE BARRETO

ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS
DO AEROPORTO INTERNACIONAL PORTO ALEGRE/SALGADO FILHO PELO
MÉTODO PROCEL EDIFICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. Marco A.S. Gonzalez

São Leopoldo

2016

B273e Barreto, Talita de Albuquerque.

Estudo da eficiência energética dos terminais de passageiros do Aeroporto Internacional Porto Alegre/Salgado Filho pelo método Procel Edifica / Talita de Albuquerque Barreto. – 2016.

144 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2016.

“Orientador: Prof. Dr. Marco A. S. Gonzalez.”

1. Arquitetura. 2. Eficiência energética. 3. Aeroportos.
I. Gonzalez, Marco A. S. II. Título.

CDU 725

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Raquel Herbcz França – CRB 10/1795)

TALITA DE ALBUQUERQUE BARRETO

ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS DO
AEROPORTO INTERNACIONAL PORTO ALEGRE/SALGADO FILHO PELO
MÉTODO PROCEL EDIFICA

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre em
Arquitetura e Urbanismo, pelo Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos –
UNISINOS.

Aprovado em 22 de dezembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Roberto Wander – UNISINOS

Prof. Dr. Daniel Reis Medeiros – UNISINOS

Dedico este trabalho aos meus pais e aos queridos
amigos que ajudaram em seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelo apoio, mesmo que a distância, pois são minha força e meu porto seguro.

Aos professores, em especial ao meu orientador, prof. Marco Gonzalez, pela orientação e disponibilidade.

Aos meus colegas da turma 2 do mestrado, Thayza, Clarice, Paula, Tiago, Ertal, Astrit, Claudio e Claudia. Sem vocês as aulas não seriam as mesmas e nem as noites de sexta-feira... muito menos as tardes de sábado.

Agradeço à banca examinadora de qualificação, o professor Bernardo Tutikian e a professora Roberta K. Edelweiss, pelas orientações e conselhos para melhoria deste estudo.

Aos queridos professores Juliana Azevedo Bernardes, Danielle Clerman Bruxel e Alexandre Knop, pela carta de recomendação ao programa do Mestrado.

À Infraero, empresa em que trabalho há dezessete anos, onde tanto aprendi como técnica e profissional, por tudo que tem me proporcionado.

À Superintendência e aos colegas da Gerência de Manutenção do Aeroporto Salgado Filho, pela liberação dos dados.

Ao colega Eduardo Braghirolli pelo apoio e incentivo desde o início deste desafio acadêmico.

A tantas outras pessoas que, de forma direta ou indireta, também compartilharam comigo deste desafio e me ajudaram para que fosse concluído.

Por fim, agradeço a Deus, a quem atribuo todas as minhas conquistas.

Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e, então, com todo o coração, dedicar-se a ele.

Buda

RESUMO

Uma ação importante para a sustentabilidade é a redução do consumo de energia, buscando atingir a eficiência energética dos edifícios. Os aeroportos têm incorporado progressivamente operações comerciais e de lazer que os aproximam de centros comerciais, com um aumento no consumo de energia para iluminação artificial e condicionamento do ambiente considerando a operação 24/7. No entanto, muitas vezes não são desenvolvidos planos de eficiência energética. O Aeroporto Internacional Salgado Filho, localizado em Porto Alegre, sul do Brasil, tem cerca de 100 mil operações de aeronaves, entre pousos e decolagens, por ano, o que representa 4% do movimento nacional. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a eficiência energética do aeroporto mencionado. Este trabalho utiliza como parâmetro a certificação brasileira PROCEL Edifica. Foram coletados dados de consumo de energia de dois anos de operação do aeroporto. A eficiência energética foi avaliada através de condições técnicas de edifícios e sistemas operacionais, seguida por análise e classificação pelo método PROCEL Edifica. Os resultados apontaram para classificação geral da edificação como C no terminal 1 e classificação A no terminal 2. Os sistemas de iluminação e condicionamento de ar tiveram classificação abaixo do nível A e a partir da identificação de itens não atendidos do método, foram propostas ações para a redução do consumo de energia no aeroporto com a análise da viabilidade econômica dessas propostas.

Palavras-chave: Eficiência energética, Aeroportos, PROCEL Edifica.

ABSTRACT

An important action for sustainability is the reduction of energy consumption, seeking to achieve the energy efficiency of buildings. Airports have progressively incorporated commercial and leisure operations that bring them closer to shopping centers, with an increase in energy consumption for artificial lighting and environmental conditioning considering the operation 24/7. However, energy efficiency plans are often not developed. Salgado Filho International Airport, located in Porto Alegre, southern Brazil, has about 100,000 aircraft operations, between landings and takeoffs, per year, which represents 4% of the national movement. In this context, this study aims to evaluate the energy efficiency of the mentioned airport. This work uses as a parameter the Brazilian certification PROCEL Edifica. Energy consumption data from two years of airport operation were collected. Energy efficiency was evaluated through technical conditions of buildings and operating systems, followed by analysis and classification by PROCEL Constructs method. The results pointed to the overall classification of the building as C at terminal 1 and classification A at terminal 2. Lighting and air conditioning systems were rated below level A and from the identification of unmet items of the method, actions were proposed to reduce energy consumption at the airport with the analysis of the economic viability of these proposals.

Keywords: Energy efficiency, Airports, PROCEL Edifica

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projeção de oferta interna de energia (em milhares de tep).....	33
Tabela 2 – Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)	43
Tabela 3 - Classificação geral	44
Tabela 4 – Projetos certificados PROCEL	46
Tabela 5 – Tabela resumo dos pré-requisitos da envoltória.....	54
Tabela 6 – Transmitância térmica da cobertura	55
Tabela 7 – Resumo das exigências para transmitância térmica máxima das paredes exteriores.....	56
Tabela 8 - Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas	57
Tabela 9 – Requisitos para nível de eficiência A - Sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo Inmetro.....	61
Tabela 10 – Espessuras dos componentes da parede	68
Tabela 11 – Propriedades termofísicas dos materiais usados na envoltória - Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais.....	69
Tabela 12 - Características construtivas (transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico) adotadas para as paredes.....	69
Tabela 13 - Espessura dos componentes construtivos da cobertura	73
Tabela 14 - Resistência térmica da câmara de ar não ventilada.....	74
Tabela 15 – Resistência térmica superficial interna e externa	74
Tabela 16 – Comparação entre os dados da edificação e os limites de transmitância e absorvância térmica – Zona Bioclimática 3.....	81
Tabela 17 – Espessuras dos componentes da parede	82
Tabela 18 – Propriedades termofísicas dos materiais usados na envoltória - Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais.....	82
Tabela 19 - Características construtivas (transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico) adotadas para as paredes.....	83
Tabela 20 - Espessura dos componentes construtivos da cobertura	85
Tabela 21 – Resistência térmica superficial interna e externa	86
Tabela 22 - Resistência térmica da câmara de ar não ventilada.....	86

Tabela 23 – Comparação entre os dados da edificação e os limites de transmitância e absorvância térmica – Zona Bioclimática 3.....	91
Tabela 24 - Limites máximos aceitáveis de densidades de potência de iluminação (DPI _L).....	92
Tabela 25 - Cálculo da potência limite do edifício e determinação do nível de eficiência TPS1	94
Tabela 26 - Pré-requisitos específicos de iluminação	94
Tabela 27 – Dados do índice de ambiente – TPS1	95
Tabela 28 - Cálculo da potência limite do edifício e determinação do nível de eficiência TPS2	96
Tabela 29 - Pré-requisitos específicos de iluminação	97
Tabela 30 – Dados índice de ambiente – TPS2.....	97
Tabela 31 - Verificação dos pré-requisitos RTQ-C – TPS1	107
Tabela 32 - Verificação dos pré-requisitos RTQ-C – TPS2.....	109
Tabela 33 - Dados econômicos e energéticos TPS1, apurados em 2013.....	111
Tabela 34 - Dados econômicos e energéticos TPS2, apurados em 2013.....	112
Tabela 35 – Atualização financeira dos investimentos.....	113
Tabela 36 – Tarifas de energia elétrica aplicáveis ao grupo A4.....	113
Tabela 37 - Dados econômicos e energéticos TPS1 – IGP-M	114
Tabela 38 - Dados econômicos e energéticos TPS2 – IGP-M	114
Tabela 39 - Dados econômicos e energéticos TPS1 – INPC	115
Tabela 40 - Dados econômicos e energéticos TPS2 – INPC	115
Tabela 41 - Dados econômicos e energéticos TPS1 – IPCA	116
Tabela 42 - Dados econômicos e energéticos TPS2 - IPCA.....	116
Tabela 43 - Tempos de retorno, em meses –.....	117
Tabela 44 - Tempos de retorno, em meses –.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais sistemas de certificação ambiental	31
Quadro 2 – Demanda contratada.....	50
Quadro 3 – Indicador de Performance - <i>Operating Cost per WLU</i>	52
Quadro 4 - Indicadores de Performance - <i>Utilities/Energy Usage per Square Meter of Terminal— Environmental</i>	52
Quadro 5 - Dados correspondentes ao TPS1	71
Quadro 6 – Dados correspondentes à envoltória e áreas de aberturas	75
Quadro 7 – Percentuais de Aberturas das fachadas.....	76
Quadro 8 - Dados correspondentes ao TPS2	84
Quadro 9 – Dados correspondentes à envoltória e áreas de aberturas	87
Quadro 10 – Percentuais de Aberturas das fachadas.....	88
Quadro 11 - Análise da potência instalada total e área do TPS1	93
Quadro 12 - Análise da potência instalada total e área do TPS2.....	96
Quadro 13 – Relação de equipamentos do sistema de ar condicionado - TPS1	100
Quadro 14 – Ponderação da capacidade total e equivalente numérico - ar condicionado de janela e <i>split</i> – TPS1	102
Quadro 15 – Classificação final do sistema de condicionamento de ar	103
Quadro 16 – Informações do fabricante – modelo VRF – TPS2	103
Quadro 17 – Ponderação da capacidade total e equivalente numérico – ar condicionado de janela e <i>split</i> – TPS2	104
Quadro 18 – Classificação final do sistema de condicionamento de ar	105
Quadro 19 – Ponderação da capacidade total e equivalente numérico – ar condicionado de janela e <i>split</i> com melhorias– TPS2	105
Quadro 20 – Classificação final do sistema de condicionamento de ar	106
Quadro 21 – Classificação final – TPS 1.....	108
Quadro 22 - Classificação final – TPS 2.....	110
Quadro 23 – Dados de substituição de aparelhos individuais.....	112
Quadro 24 – Percentuais de redução anual.....	118
Quadro 25 – Relação consumo por movimento de passageiros.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do número de passageiros: 1980-2015 - Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho	19
Figura 2 – Primeiras arquiteturas aeroportuárias	24
Figura 3 – Evolução do projeto arquitetônico no SBPA.....	25
Figura 4 – Desenho esquemático mostrando os setores de embarque e desembarque para voos domésticos e internacionais.....	26
Figura 5 – Zonas Bioclimáticas brasileiras	29
Figura 6 – Selo PROCEL de equipamentos.....	37
Figura 7 – Plano Estratégico	39
Figura 8 - Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.....	40
Figura 9 – Equação geral do RTQ-C para cálculo da pontuação total do edifício	43
Figura 10 - Condicionantes para evolução do padrão construtivo de edificações.....	45
Figura 11 – Localização dos terminais de passageiros.....	50
Figura 12 - Histórico do consumo de eletricidade (kWh) – TPS1.....	51
Figura 13 - Histórico do consumo de eletricidade (kWh) – TPS2.....	51
Figura 14 – Fluxograma das etapas do projeto de pesquisa.....	53
Figura 15 – <i>Checklist</i> de pré-requisitos para nível de eficiência A	59
Figura 16 – Imagens do Terminal 1.....	70
Figura 17 – Corte esquemático transversal ao TPS1.....	72
Figura 18 – Corte esquemático longitudinal ao TPS 1	72
Figura 19 – Planta de cobertura do TPS1	73
Figura 20 – Fachada Norte – TPS1.....	77
Figura 21 – Fachada Sul – TPS1	78
Figura 22 – Fachada Leste – TPS1.....	79
Figura 23 – Fachada Oeste – TPS1.....	79
Figura 24 - Resultado da simulação para a envoltória – Características existentes .	80
Figura 25 – Imagens do Terminal 2.....	83
Figura 26 – Corte esquemático transversal ao TPS2.....	84
Figura 27 – Planta de cobertura do TPS2	87
Figura 28 – Fachada Norte - TPS2	88
Figura 29 – Fachada Sul - TPS2	89
Figura 30 – Fachada Leste - TPS2	89

Figura 31 – Fachada Oeste – TPS2.....	90
Figura 32 - Resultado da simulação para a envoltória – características existentes ..	91
Figura 33 – Resultado da simulação para sistema de iluminação TPS1.....	95
Figura 34 - Resultado da simulação para sistema de iluminação TPS2	98
Figura 35 – Resultado da simulação – sistema de iluminação TPS1	98
Figura 36 - Resultado da simulação – sistema de iluminação TPS2.....	99

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHS	Ângulo horizontal de sombreamento
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
AVS	Ângulo vertical de sombreamento
BCB	Banco Central do Brasil
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology</i>
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency</i>
CFC	Clorofluorcarbonetos
COP	Coeficiente de Performance
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
DOU	Diário Oficial da União
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
DPI _L	Densidade de Potência de Iluminação Limite
Eletrobrás	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ENCE	Etiqueta Nacional de Eficiência Energética em Edificações
EqNum	Equivalente Numérico
FGV	Fundação Getulio Vargas
FT	Lâmpada fluorescente tubular
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICOP	Coeficiente Integrado de Performance
IGP-M	Índice Geral de Preços do Mercado

Infraero	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INPC	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPLV	<i>Integrated part-load value</i>
HO	Lâmpada “High Output”
LDO	Lei de Diretrizes Orçamentárias
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PAZ	Percentual de Abertura Zenital
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PL	Lâmpada fluorescente compacta
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PVB	Polivinil butiral
RAC-C	Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RCR	<i>Room Cavity Ratio</i>
RTQ-C	Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais
RTQ-R	Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais
SBPA	Aeroporto Internacional de Porto Alegre
tep	Tonelada equivalente de petróleo
TPS	Terminal de Passageiros
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

Vmet	Lâmpada Vapor metálico
VRF	<i>Variable refrigerant flow</i>
Vsod	Lâmpada Vapor sódio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA	18
1.2 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	20
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo geral	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 JUSTIFICATIVA	21
1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 ARQUITETURA: CARACTERIZAÇÃO DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS	24
2.2 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	26
2.2.1 Arquitetura Bioclimática	28
2.2.1.1 O clima no Brasil	29
2.3 CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL: SISTEMAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS	30
2.4 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	32
2.4.1 Eficiência energética	35
2.4.2 Programa de Eficientização Energética	36
2.4.3 Programa de Eficientização Energética em Aeroportos	37
2.5 REGULAMENTAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES	39
2.5.1 PROCEL Edifica	39
2.5.2 Requisitos para obtenção da ENCE	41
2.6 FUTURO DAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS E IMPACTO NO CONSUMO DE ENERGIA	44
2.7 SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR	47
2.7.1 Sistema de Fluxo de Refrigerante Variável (VRF)	47
2.7.2 Sistema de refrigeração por expansão indireta	47
2.7.3 Eficiência de sistema de condicionamento de ar	47
2.8 ÍNDICES DE PREÇOS NO BRASIL	48
3 METODOLOGIA	49
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	49
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	49

3.2.1 Técnicas e instrumentos de coleta de dados	49
3.2.1.1 Situação atual.....	50
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS	53
3.3.1 Descrição dos edifícios analisados	53
3.3.1.1 Envoltória	54
3.3.1.2 Iluminação	58
3.3.1.3 Condicionamento de ar	59
3.4 ANÁLISE ECONÔMICA	64
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
4.1 AVALIAÇÕES DOS EDIFÍCIOS	66
4.2 CÁLCULO DAS EFICIÊNCIAS.....	67
4.2.1 Determinação do nível de eficiência da envoltória	67
4.2.1.1 Análise dos pré-requisitos da envoltória – TPS1	68
4.2.1.1.1 <i>Área Construída</i>	71
4.2.1.1.2 <i>Transmitância térmica da cobertura (Ucob)</i>	73
4.2.1.1.3 <i>Abertura zenital</i>	75
4.2.1.2 Análise dos pré-requisitos da envoltória – TPS2.....	81
4.2.1.2.1 <i>Área construída</i>	84
4.2.1.2.2 <i>Transmitância térmica da cobertura (Ucob)</i>	85
4.2.1.2.3 <i>Abertura Zenital</i>	87
4.2.2 Determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação	92
4.2.2.1 – Análise do Sistema de Iluminação – TPS1.....	93
4.2.2.2 Análise do Sistema de Iluminação – TPS2.....	96
4.2.2.3 Propostas de melhorias necessárias para elevação da classificação	98
4.2.3 Análise do sistema de condicionamento de ar	99
4.2.3.1 Sistema de condicionamento de ar – TPS1	99
4.2.3.2 Sistema de condicionamento de ar – TPS2	103
4.3 ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS - NÍVEL DE EFICIÊNCIA GERAL DA EDIFICAÇÃO	106
4.3.1 Cálculo da Eficiência Geral – TPS1	107
4.3.2 Cálculo da Eficiência Geral – TPS2	108
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

ANEXO A – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE CONDICIONADORES DE AR PARA CLASSIFICAÇÃO NOS NÍVEIS A E B.....	127
ANEXO B – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE CONDICIONADORES DE AR DO TIPO VRF QUE OPERAM EM REFRIGERAÇÃO E AQUECIMENTO (CICLO REVERSO) PARA CLASSIFICAÇÃO NO NÍVEL A	128
ANEXO C – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE RESFRIADORES DE LÍQUIDO PARA CLASSIFICAÇÃO NOS NÍVEIS A E B.....	129
ANEXO D – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE RESFRIADORES DE LÍQUIDO PARA CLASSIFICAÇÃO NO NÍVEL C	130
ANEXO E – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE RESFRIADORES DE LÍQUIDO PARA CLASSIFICAÇÃO NO NÍVEL D	131
ANEXO F – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE TORRES DE RESFRIAMENTO E CONDENSADORES PARA CLASSIFICAÇÃO NOS NÍVEIS A E B E C.....	132
ANEXO H – MANUAL DO FABRICANTE DO SISTEMA VRF.....	135
ANEXO I – TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA GRUPO A	137
ANEXO J – POTÊNCIA INSTALADA TOTAL E ÁREA DO TPS1.....	138
ANEXO L – POTÊNCIA INSTALADA TOTAL E ÁREA DO TPS2.....	139
ANEXO M – RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO – TPS1	140
ANEXO N – RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO – TPS2.....	141
ANEXO O – CATÁLOGO FORRO MINERAL – TPS2	143

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, planejar um aeroporto não se resume mais a projetar uma estação de transportes, na qual os espaços são ocupados apenas por pessoas em trânsito por alguns momentos. O terminal de passageiros passou a ter também múltiplas funções, nele inseridas de acordo com as necessidades locais e regionais, servindo não mais somente aos passageiros e operadores (ANDRADE, 2007).

Dentro do âmbito da engenharia que estuda, entre outras áreas, o uso consciente da energia, surge o conceito de eficiência energética, aplicado a tudo que se relaciona com geração, transmissão, distribuição e uso de energia, pois, como qualquer atividade em uma sociedade moderna, somente tem viabilidade com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. O consumo de energia é necessário para todas as atividades, sejam elas residenciais, comerciais ou industriais (DIAS; SILVA, 2010).

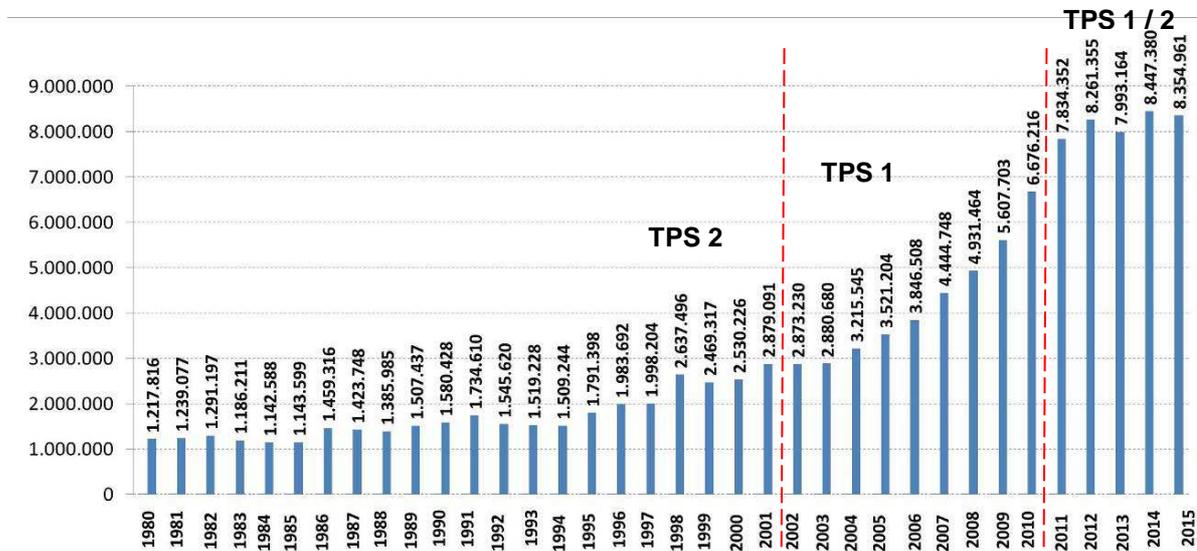
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA

No Brasil, no período entre 2004 e 2014, a demanda no setor do transporte aéreo brasileiro apresentou crescimento médio de 13,1% ao ano (ANAC, 2014). No mesmo período, o crescimento médio da economia brasileira foi de 3,5% ao ano e o da população foi de 1% ao ano. Apesar de haver desacelerado em 2013, a demanda de voos nacionais atingiu o seu maior nível nos últimos dez anos.

No período analisado, entre empresas nacionais e estrangeiras foram realizados mais de 1,09 milhões de voos no Brasil, considerando voos nacionais e internacionais, o que representou um aumento total de 81% na última década – sendo 83% no mercado nacional e 68% no mercado internacional. No entanto, a quantidade de voos domésticos caiu 4,5% em 2013 em comparação com o ano anterior. No mercado internacional, houve crescimento de 1,4% na quantidade de voos (ANAC, 2014).

Em relação ao foco desta pesquisa, o Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho (SBPA), o crescimento, nas últimas três décadas, esteve especificamente relacionado ao movimento dos seus terminais de passageiros. Tal histórico é demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Evolução do número de passageiros: 1980-2015 - Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho



Fonte: Infraero, 2015.

O terminal de passageiros antigo do aeroporto de Porto Alegre, atualmente designado de TPS2, operou de 1950 até setembro de 2001, quando entrou em operação o novo terminal de passageiros, este atualmente designado como TPS1. Em função do crescimento, em dezembro de 2010 os dois terminais passaram a operar simultaneamente para atender à demanda de passageiros.

No ano de 2015, no Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho, o movimento operacional de aeronaves foi de aproximadamente 88.300 pousos e decolagens, representando 4,86% do movimento nacional relativo às operações de pouso e decolagem (INFRAERO, 2015).

Para atender ao aumento da demanda, grande parte dos aeroportos brasileiros passaram e/ou estão passando por reformas e ampliações. Hoje, tem-se também como objetivo modernizar e ampliar os centros de compras dos aeroportos e transformar o terminal em um centro de negócios, não apenas de operações.

Segundo Gadelha e Cerqueira (2013), com esse crescimento das infraestruturas, faz-se necessário que o cenário energético seja dimensionado para comportar tais demandas, ou então o setor de energia tornar-se-á um impeditivo no desenvolvimento de todos os outros setores.

A matriz energética brasileira enfrenta problemas avaliados como críticos em relação ao fornecimento de energia, tais como as sazonalidades. O modelo brasileiro tem as usinas hidrelétricas como “usina de base” (condições normais de

uso) e as térmicas como “usina de ponta” (condições complementares de uso), o que nos remete à condição cativa da hidráulidade dos reservatórios das usinas, ou seja, a escassez de água nos reservatórios nos leva ao cenário atual: adicional tarifário por uso das térmicas, Bandeira Vermelha¹ e dificuldades de expansão do potencial instalado. Considerando-se que os países, em geral, têm se mobilizado cada vez mais em favor das questões ambientais, faz-se necessária a preocupação com edificações novas, ou ainda com aquelas que venham a ser reformadas.

A energia é um fator que está ligado diretamente ao desenvolvimento econômico, tecnológico e social de um país, juntamente com o saneamento básico, os transportes e as telecomunicações (ANEEL, 2008). Independente do programa ou da ação que seja realizada, o intuito é sempre o mesmo: promover o uso adequado de energia, que não seja impactante ao meio ambiente e que favoreça o desenvolvimento econômico e sustentável. Diante disso, o conceito de Eficiência Energética vem sendo bastante difundido entre os especialistas da área, e se pretende que toda a comunidade seja adepta dele.

Baseado nesse cenário, neste trabalho abordou-se, como objeto de estudo, o entendimento de como os critérios estabelecidos pelo processo de Etiquetagem PROCEL Edifica influenciam a concepção arquitetônica dos terminais de passageiros e qual o retorno econômico com edifícios mais eficientes.

1.2 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Para realização deste trabalho, não foi considerada a simulação por software para análise do sistema de condicionamento de ar, conforme previsto nos requisitos do PROCEL Edifica quando a abertura zenital ultrapassa 5%.

Foram considerados os anos de 2014 e 2015 para elaboração e análise dos consumos e custos com energia elétrica. Para o ano de 2015 cabe registrar que houve um aumento significativo no valor da tarifa de energia, autorizado pelo governo e acréscimo do adicional de bandeiras tarifárias. Para não ocorrer distorções nas análises, este trabalho trata somente de consumo e não valores monetários.

¹ Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$0,045 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

No presente trabalho, tem-se como objetivo principal avaliar a eficiência energética dos terminais de passageiros do Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho, em Porto Alegre, Brasil.

1.3.2 Objetivos específicos

A avaliação de eficiência energética dos terminais de passageiros foi alcançada por meio dos seguintes objetivos específicos:

- a) avaliar a condição técnica e as características das edificações e dos sistemas dos terminais de passageiros do Aeroporto Internacional Salgado Filho;
- b) simular a classificação de eficiência energética dos terminais pelo método do PROCEL Edifica;
- c) analisar os resultados obtidos a partir dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e propor as melhorias necessárias para elevação da classificação, se esta não for de nível máximo;
- d) realizar a análise econômica das propostas.

1.4 JUSTIFICATIVA

Nos dias atuais, o tema da sustentabilidade tem sido amplamente discutido por representantes de diversas áreas de atuação e pesquisa, bem como por governantes e líderes políticos, no intuito de minimizar os impactos gerados pela vida moderna ao ambiente (CARVALHO; CURI; LIRA, 2013). As primeiras e mais genéricas definições de desenvolvimento sustentável tornaram-se mundialmente conhecidas em 1987, por meio do Relatório Brundtland, intitulado “Nosso Futuro Comum”, publicado durante o encontro da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas (ONU).

Segundo o mesmo relatório: “Desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p.9).

Desde então o conceito de desenvolvimento sustentável vem sendo divulgado e cada vez mais aplicado na prática. Essencialmente, baseia-se em quatro pilares principais: ambiental, econômico, social e cultural, ou seja, a sustentabilidade deve considerar ao mesmo tempo ações que sejam ambientalmente corretas, economicamente viáveis, socialmente justas e culturalmente diversas.

A construção de edifícios eficientes é uma tendência vinda dessa necessidade em se poupar recursos e reduzir os impactos da ocupação urbana no meio ambiente. Em vista disso, os selos de certificações ambientais são apresentados como uma proposta de que um empreendimento foi idealizado e construído por meio de princípios que reduzirão impactos sobre o meio ambiente durante sua vida útil.

Em junho de 2014, foi publicada no Diário Oficial da União (DOU) uma normativa que estende a obrigatoriedade da obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edifícios públicos federais. De acordo com o texto normativo, todas as edificações novas ou em processo de reformas deverão ser contratadas e desenvolvidas visando à obtenção da ENCE classe "A".

Para que aconteça uma real viabilização de um programa de etiquetagem de edificações, os poderes públicos têm grande responsabilidade de fomentar a discussão e demonstrar a sua preocupação, tomando as ações iniciais.

Considerando que o Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho é administrado por uma empresa pública federal, justifica-se o referido estudo da efficientização energética dos terminais de passageiros. Quando se adota uma certificação de operações de empreendimentos existentes, esta se torna uma boa ferramenta para promover reduções de custos operacionais e aumentos de eficiência, trazendo benefícios aos processos de gestão e à qualidade dos ambientes e, além disto, valorizando o empreendimento e a imagem dos seus proprietários.

Os sistemas de certificação fornecem um mapa compreensível de variadas oportunidades de melhorias e aperfeiçoamentos, muitas das quais de

implementação simples e fácil para qualquer edifício em que se esteja procurando reduzir as despesas operacionais e melhorar a performance (FILHO, 2015).

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

1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho desenvolve-se em cinco capítulos. Neste primeiro é descrita a introdução de temas referentes ao presente trabalho, com apresentação da justificativa, os objetivos geral e específicos.

No segundo capítulo, há a revisão bibliográfica que embasa a pesquisa e a proposta de trabalho, sendo apresentados os seguintes assuntos: caracterização dos terminais de passageiros, arquitetura sustentável e bioclimática, certificação ambiental, matriz energética brasileira, regulamentação de eficiência energética de edificações e sistemas de condicionamento de ar.

A metodologia de pesquisa é apresentada no terceiro capítulo, no qual são descritos os critérios e requisitos do programa PROCEL Edifica, bases para o desenvolvimento do trabalho.

No quarto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio das simulações. E, por fim, no último capítulo, são apresentadas as conclusões do estudo realizado.

As referências bibliográficas e os anexos são apresentados na sequência do término do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica desta dissertação apresenta um levantamento de informações relacionadas à eficiência energética e às certificações ambientais.

Este capítulo inicia com uma breve introdução sobre caracterização dos terminais de passageiros aeroportuários e descrição dos tipos de certificações. Os itens seguintes abrangem descrições da matriz energética brasileira e regulamentação de eficiência energética em edificações.

2.1 ARQUITETURA: CARACTERIZAÇÃO DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS

As primeiras estruturas arquitetônicas ligadas à aviação foram os hangares, ilustrados na figura 2. Eles aparecem antes mesmo dos primeiros aeródromos (ou pistas de pouso), uma vez que foram construídos para abrigar os balões ou dirigíveis (SALGUEIRO, 2006).

Figura 2 – Primeiras arquiteturas aeroportuárias



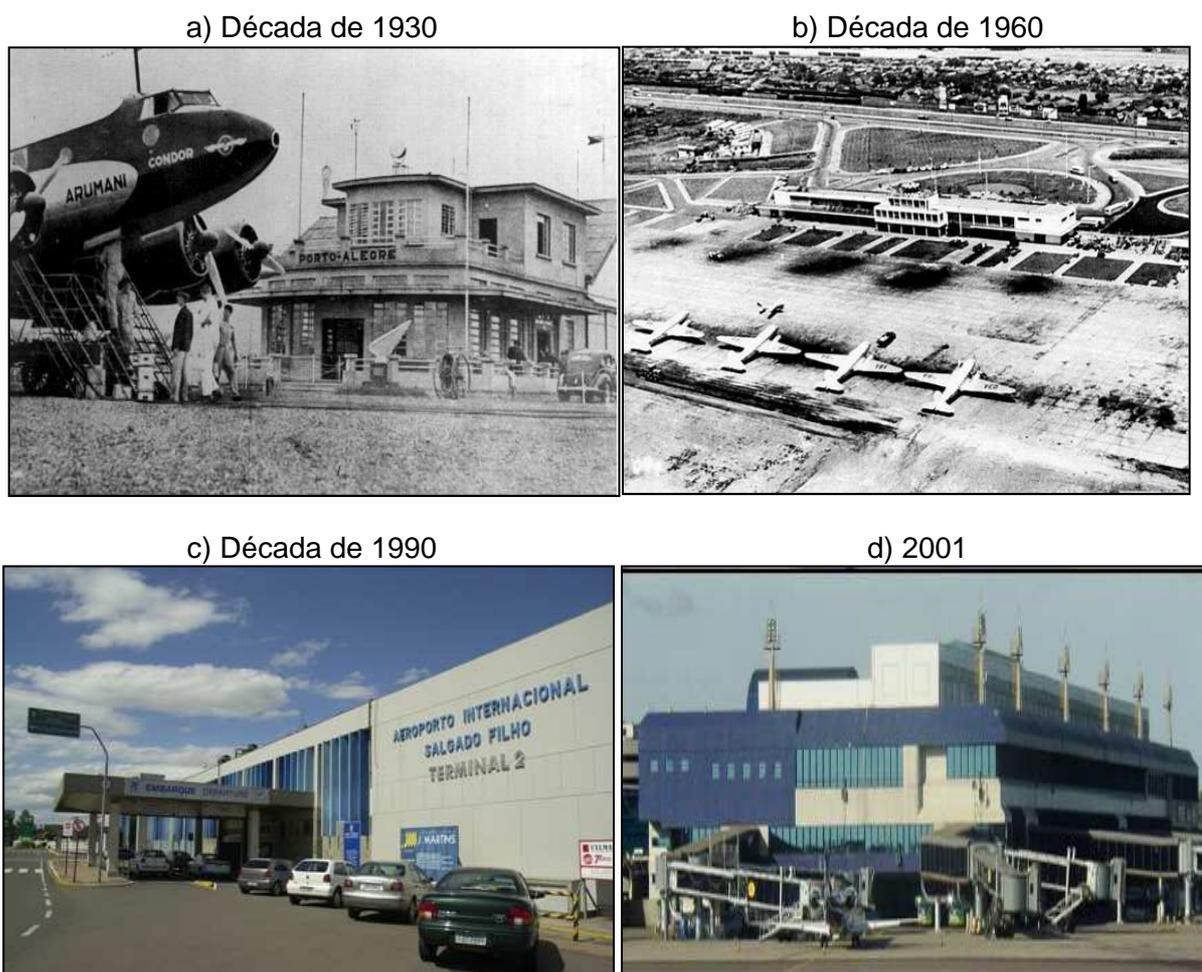
Fonte: Salgueiro, 2006.

Segundo Andrade (2007), a função do terminal de passageiros não se limita somente à transferência de passageiros entre dois sistemas de transportes, pois, com o desenvolvimento do transporte aéreo e o crescimento do número de passageiros que se utilizam desse meio de transporte, outras funções foram se diversificando e assumindo importância, tanto pelo que significam à conveniência dos passageiros quanto pelo que representam para a economia dos aeroportos.

As alterações pelas quais os terminais de passageiros passaram podem ser medidas se comparados os terminais construídos até meados do século passado com vários dos terminais atuais. Estes não são apenas muito maiores e diferentes

do que os primeiros, mas também diferentes uns dos outros, ainda que desempenhando a mesma função principal de transitar passageiros entre os meios de transporte terrestre e aéreo (ANDRADE, 2007), conforme pode ser visto na figura 3, que mostra a evolução do projeto arquitetônico do Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho.

Figura 3 – Evolução do projeto arquitetônico no SBPA



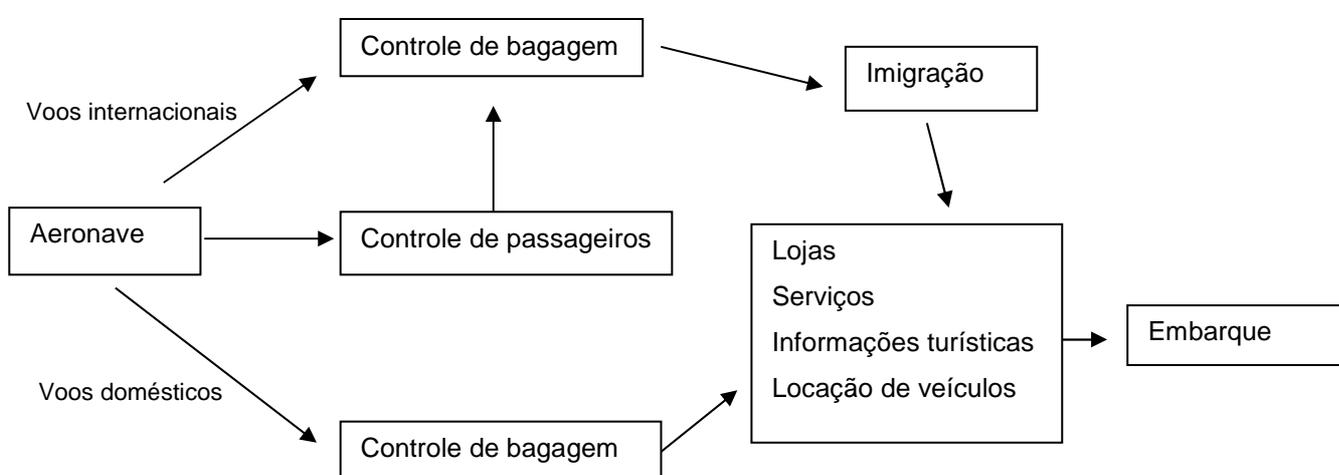
Fonte: Infraero, 2015.

Segundo Teixeira (2007), os aeroportos passaram por diversas transformações formais e conceituais, tornando-se quase irreconhecíveis com relação ao que eram no início do século XX.

Conforme Edwards (1998 apud RIBEIRO, 2009), as instalações do terminal de passageiros devem operar de forma tranquila durante o tempo útil estimado do terminal, que gira em torno de cinquenta anos. Assim, além da durabilidade inerente

ao ambiente construído, o projeto do terminal, por seu prazo extenso, deve ter também flexibilidade, permitindo adaptações, pois, à medida que ocorrem mudanças nas funções, altera-se também o uso do espaço no terminal. A figura 4 ilustra as áreas previstas para um terminal de passageiros; e, conforme a necessidade, tais espaços sofrem alterações. As áreas em amarelo são partes de um terminal de passageiros onde, de acordo com a demanda e o fluxo, as áreas são redistribuídas.

Figura 4 – Desenho esquemático mostrando os setores de embarque e desembarque para voos domésticos e internacionais.



Fonte: Adaptado de Teixeira, 2007

2.2 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

Até a década de 70, o desempenho ambiental dos edifícios não era uma preocupação, seja em relação à concepção e construção, seja em relação à operação (VIEIRA, 2014). Estimavam, nessa época, que o planeta possuía recursos infinitos e tinha uma capacidade infinita de absorver nossos rejeitos e emissões. Nessa mesma década de 70, o Clube de Roma², principalmente por meio do livro *Os limites do crescimento*, avaliou as consequências do rápido crescimento da população mundial sobre os recursos naturais finitos, sinalizando que, para atingir a estabilidade econômica e respeitar a finitude dos recursos naturais seria necessário congelar o crescimento da população global e do capital industrial. Como havia sido

² Grupo de pessoas ilustres que se reúnem para discutir política, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, fundado em 1968.

feito em 1798, por Thomas Malthus, em relação à produção de alimentos (GOLDEMBERG, 2010). O argumento era que a população mundial, a industrialização, a poluição e o esgotamento dos recursos naturais aumentavam exponencialmente, enquanto a disponibilidade dos recursos aumentava linearmente. Ali tratava-se de problemas cruciais para o futuro desenvolvimento da humanidade, tais como energia, poluição, saneamento, saúde, ambiente, tecnologia e crescimento populacional.

As previsões do Clube de Roma pareciam se confirmar com a “crise do petróleo de 1973”, em que o custo do produto cresceu cinco vezes, lançando o mundo em uma enorme crise financeira. Só mudanças drásticas no estilo de vida da população permitiriam evitar um colapso da civilização, segundo essas previsões (GOLDEMBERG, 2010).

A palavra sustentabilidade refere-se mais a integração, eficiência, alto desempenho e resiliência. A integração do objeto construído considera o ciclo de vida da edificação em todos os níveis, do início até o fim (manejo dos resíduos gerados na construção pelos seus usuários durante sua vida útil, bem como de tudo que for gerado com uma possível demolição).

Na linha do tempo dos movimentos ambientalistas mais importantes, temos: a Conferência de Estocolmo, em 1972, que resultou na preocupação com o meio ambiente em escala global e é considerada um divisor de águas em termos de conscientização pública; a Conferência de Genebra, em 1984, na qual sua presidente, Gro Harlem Brundtland, recebeu a incumbência de produzir um relatório, publicado em 1987 e conhecido como o Relatório de Brundtland, *Our Common Future*, que colocou o conceito de “desenvolvimento sustentável” pela primeira vez em discussão e na agenda política; o Protocolo de Montreal, em 1987, no qual o foco principal foi a destruição da camada de ozônio, com dados alarmantes sobre os efeitos do gás CFC e propondo alternativas, que, no entanto, mais tarde foram comprovadamente consideradas como potenciais geradoras do aquecimento global; a Cúpula da Terra, no Rio de Janeiro, em 1992, que resultou em cinco relatórios que influenciaram as posteriores conferências das Nações Unidas, dentre eles a Agenda 21, que indicou diretrizes detalhadas visando a sustentabilidade; o Protocolo de Quioto, em 1997, exigiu comprometimento dos países envolvidos acerca da emissão de gases de efeito estufa; a Cúpula da Terra, em 2002, cuja temática eram as questões sociais, tais como habitação, saúde e erradicação da pobreza; e a

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em 2007, com o objetivo de reduzir emissões de carbono, de acordo com o protocolo de Quioto (GOLDEMBERG, 2010).

Na legislação brasileira vigente, a Lei Federal n.º 9.795, de 27 de abril de 1999, em seu artigo 4º, determina que um dos princípios básicos da educação ambiental é o da “concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade”. Na Constituição Federal de 1988, no artigo 225, está estabelecido que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

2.2.1 Arquitetura Bioclimática

A prática da arquitetura vernácula tradicional aponta os condicionantes locais, no seu mais amplo sentido: tipo de edificação e construção, resposta ao ambiente natural, cultura e materiais. E, principalmente, promove, com baixo recurso energético, o nível de conforto dos ocupantes apropriado ao clima local (SILVA; KINSEL, 2006).

Olgyay³, na década de 1960, foi um dos primeiros estudiosos a pensar em uma forma de adaptar a edificação às condições climáticas de inserção, propondo, para este fim, um diagrama climático, considerando as condições de temperatura e umidade para o conforto do homem em um determinado clima. A proposição é de que são aceitáveis para o conforto humano variações de temperatura associada à umidade (PERROTTA, 2011).

Considerando que a bioclimatologia estuda as relações entre o clima e o ser humano, Olgyay criou a expressão “projeto bioclimático” - que visa à adequação do projeto ao clima local - como forma de tirar partido das condições climáticas para criar uma arquitetura com desempenho térmico adequado (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013).

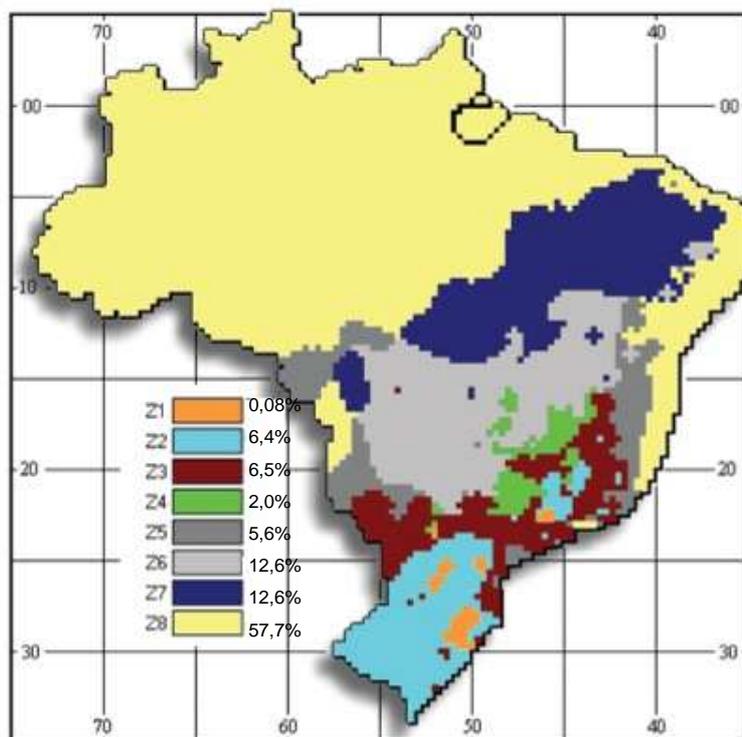
³ Victor Olgyay foi arquiteto, desenvolvedor e pioneiro da bioclimática, na pesquisa sobre a relação entre arquitetura e energia (fonte: Wikipedia).

O zoneamento bioclimático brasileiro está estabelecido na NBR 15220 – Parte 3. Para cada uma das zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.

2.2.1.1 O clima no Brasil

Devido a sua vasta área territorial, o Brasil apresenta uma grande diversidade de climas, razão pela qual os projetos devem responder de maneira diferente em cada local do país. A partir dessa característica, foi desenvolvida a Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações – NBR 15.220, publicada em maio de 2005, pela ABNT, e que estabelece o Zoneamento Bioclimático brasileiro, dividindo-o em 8 zonas, representadas na figura 5, a seguir.

Figura 5 – Zonas Bioclimáticas brasileiras



Fonte: Lamberts e Triana, 2007.

Para a formulação deste zoneamento, foram consideradas as temperaturas médias máximas, médias mínimas e a média da umidade relativa do ar. O estudo deste zoneamento tem por finalidade adequar as edificações ao clima, melhorando,

assim, seu desempenho térmico. As especificidades do local de implantação do empreendimento podem modificar a intensidade e a perenidade de algumas decisões, bem como gerar novas relações de projeto, sendo elas: direção dos ventos, ocupação e características topográficas.

2.3 CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL: SISTEMAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS

Nos EUA e no Canadá, por exemplo, desde a década de 1990, foram desenvolvidas metodologias para a avaliação ambiental de edifícios, pois ainda não há um consenso em torno da sustentabilidade relativo aos indicadores, que seriam ferramentas que permitem mensurar e avaliar a sustentabilidade dos diversos sistemas (SILVA, 2007).

O conceito de sustentabilidade passou a ser divulgado e avaliado de forma mais integralizada, abrangendo temas como: energia, água, extração de matéria-prima, resíduos sólidos e líquidos, poluição atmosférica, saúde e segurança, fauna, flora, entre outros. Foi também na década de 1990 que surgiu o primeiro sistema de certificação ambiental de edifícios: Sistema BREEAM, *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (Reino Unido), o pioneiro e que lançou bases para a fundamentação dos demais sistemas voltados para o mercado (OLIVEIRA. Viviane, 2014).

O sistema de certificação ambiental de edifícios LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design* – foi criado nos EUA, em 1998 (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014). Desenvolvido pelo *United States Green Building Council*, o LEED apresentava uma inovação à questão da certificação ambiental de edifícios: pré-requisitos nas áreas de impacto ambiental, cuja finalidade era com que o edifício tivesse um desempenho mínimo e equilibrado nas várias áreas de impacto ambiental, antes de permitir que ele obtivesse uma certificação ambiental (SILVA, 2007).

O quadro 1, a seguir, apresenta os principais sistemas de avaliação ambiental de edifícios:

Quadro 1 – Principais sistemas de certificação ambiental

País	Sistema	Comentário
Brasil	AQUA	Trata-se de um sistema de avaliação que valoriza a coerência das soluções personalizadas para cada projeto, respeitando suas especificidades, ou seja, uma gestão do projeto que gera criatividade e desempenhos. É uma adaptação brasileira da <i>Démarche HQE</i> , da França.
Reino Unido	BREEAM	Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> , para várias tipologias de edifícios. Um terço dos itens avaliados é parte de um bloco opcional de avaliação de gestão e operação de edifícios em uso. Os créditos são ponderados para gerar um índice de desempenho ambiental do edifício.
Japão	CASBEE	O CASBEE possui quatro categorias de avaliação: Eficiência Energética, Eficiência em Recursos, Qualidade do Ambiente Local e Qualidade do Ambiente Interno. Inspirada na <i>GBTtool</i> , a ferramenta de projeto trabalha com um índice de eficiência ambiental do edifício (BEE), e aplica ponderação fixa e em todos os níveis.
Estados Unidos	LEED	Inspirado no BREEAM, é um sistema de certificação e orientação ambiental para edificações, que tem como intuito incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade. E seus benefícios são vistos em diferentes pontos de vista: econômico, social e ambiental.
Brasil	PROCEL Edifica	Tem como objetivo incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (como a água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2014.

As primeiras iniciativas para a avaliação e certificação de empreendimentos no Brasil se deram a partir das iniciativas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), mas essas propostas se limitam a uma análise dos aspectos voltados para a eficiência energética, a exemplo dos Regulamentos Técnicos para Eficiência de Edificações Comerciais e Residenciais (RTQ-C e RTQ-R). Esse regulamento está orientado por meio de dispositivos e tecnologias cujos critérios estão vinculados a uma avaliação de desempenho.

2.4 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Em 2007 foi lançado o Plano Nacional 2030 (PNE 2030), uma importante contribuição no âmbito da retomada do planejamento energético nacional, sendo o primeiro estudo na esfera de governo com a visão de planejamento integrado de energia. Desde sua publicação, tem sido usado como referência de cenário econômico-energético de longo prazo do governo federal e para estudo sobre energia pelos interessados no setor energético. Após essa publicação, foi lançado o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), que é o segundo estudo de longo prazo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia (EPE/MME).

No PNE 2030, previa-se um crescimento econômico médio anual de 4,1%. Em razão de um maior crescimento de setores intensivos em energia nos primeiros anos da série projetada, o crescimento da Oferta Interna de Energia não é linear.

Assim, até 2010 considerou-se uma taxa média de crescimento de 4,99% aa, para um PIB de 3,6% aa e, a partir de 2010 até 2020, um crescimento da oferta de 3,6% aa, reduzindo a taxa de crescimento para 3,4% aa na última década, 2020 a 2030, também como decorrência das hipóteses de maior eficiência energética, tanto do lado da demanda, quanto do lado da oferta (BRASIL, 2007).

As projeções previstas no PNE 2030 são apresentadas na tabela 1, adiante.

Tabela 1 – Projeção de oferta interna de energia (em milhares de tep⁴)

	2005	2010	2020	2030
Energia Não renovável	121.349	159.009	216.007	297.786
Petróleo e derivados	84.553	97.025	119.136	155.907
Gás Natural	20.526	37.335	56.693	86.531
Carvão Mineral e derivados	13.721	20.014	30.202	38.404
Urânio e derivados	2.549	4.635	9.976	16.944
Energia renovável	97.314	119.999	182.430	259.347
Hidráulica e eletricidade	32.379	37.800	54.551	75.067
Lenha e carvão vegetal	28.468	28.151	28.069	30.693
Cana de açúcar e derivados	30.147	39.330	69.475	103.026
Outras fontes primárias renováveis	6.320	14.718	30.335	50.561
TOTAL	218.663	279.008	398.437	557.133

Fonte: Brasil, 2007.

Em resposta aos novos eventos que ocorreram após 2006 e impactaram o setor energético, foi lançado o PNE 2050. Nesse estudo foram considerados diversos impactos, como, por exemplo, a dificuldade crescente de aproveitamento hidrelétrico na matriz nacional, o forte ganho de competitividade obtido pela energia eólica no Brasil, o surgimento da oferta de petróleo e gás natural do pré-sal, o evento de Fukushima e seu impacto no setor nuclear, a transformação da indústria de gás natural devido à oferta de gás não convencional nos EUA, o prolongamento da crise econômica mundial de 2008, a crescente preocupação com as mudanças climáticas, entre outros (EPE, 2016).

Referente à eletricidade, o Brasil faz parte do grupo de países em que a produção é quase que exclusivamente proveniente de usinas hidrelétricas. Essas usinas correspondem a 75% da potência instalada no país e geraram, em 2005, 93% da energia elétrica requerida no Sistema Interligado Nacional (SIN) (BRASIL, 2007).

⁴ Tonelada equivalente de petróleo (tep): unidade de energia. A tep é utilizada na comparação do poder calorífero de diferentes formas de energia com o petróleo. Uma tep corresponde à energia que se pode obter a partir de uma tonelada de petróleo padrão. Para a oferta e demanda de hidráulica e eletricidade é utilizado o fator de 0,29 tep/MWh, resultado da razão entre o consumo médio de óleo combustível em kcal/kWh nas termelétricas brasileiras e o poder calorífico superior do petróleo (3132/10800).

Entre 1940 e 1950, para uma população de cerca de 41 milhões de habitantes, dos quais 69% se concentravam no meio rural, a demanda total de energia primária era de apenas 24 milhões de tep. Trinta anos depois, em 1970, para uma população de mais de 93 milhões de habitantes, a demanda já alcançava cerca de 70 milhões de tep, 2,8 vezes mais. Outros trinta anos transcorreram: no ano 2000, a população quase dobrou, alcançando a marca dos 171 milhões, enquanto a demanda de energia se elevou a 200 milhões de tep, ou seja, um crescimento de cerca de 2,9 vezes (BRASIL, 2007).

Entre 1970 e 1980, a demanda total de energia aumentou 71,5%; entre 1980 e 1990, 23,7%; entre 1990 e 2000, 34,3%; e, entre 2000 e 2005, 14,8%. Essa demanda passou de 66,9 milhões de tep, em 1970, para 218,7 milhões de tep, em 2005, tendo como destaque uma participação expressiva das fontes renováveis de energia que se mantêm acima dos 40% ao longo do horizonte dos estudos (BRASIL, 2007). Na matriz de consumo de energia nos setores comercial e público, a eletricidade respondeu por 83,3% em 2005, aumentando a participação em longo prazo.

Os ganhos de eficiência elétrica possibilitarão ao país economizar o equivalente a 4,4% da demanda final de eletricidade até 2020. Tal ganho equivale a uma usina hidrelétrica com capacidade em torno de 7GW, o que significa aproximadamente a potência instalada das hidrelétricas do Rio Madeira (Jirau e Santo Antônio), ou seja, evitaria a geração estimada de 34TWh (TOLMASQUIM, 2012).

Segundo Arini (2011), o relatório chamado *A grande transformação tecnológica verde*, publicado em julho de 2011, pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU, aponta que a redução do consumo de energia para equipamentos é tão importante quanto o avanço na participação das fontes limpas na matriz energética:

Considera-se que as melhorias na eficiência dos recursos de um produto, como a redução na economia de energia industrial e na emissão de poluentes, tem sido frequentemente prejudicada por efeitos de ricochete decorrentes do aumento nos níveis de consumo (OLIVEIRA, Veronica, 2014, p.54).

O estudo apresentado no relatório também aborda o efeito ricochete (ou rebote), ou seja, o aumento no consumo em função do dinheiro economizado com o aumento na eficiência energética. Aponta que é necessário que os países, inclusive aqueles em desenvolvimento, tomem medidas que previnam o efeito rebote (ARINI, 2011).

2.4.1 Eficiência energética

A eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação e representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico com baixo consumo de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013).

Os aeroportos são grandes consumidores de energia: ar-condicionado, iluminação do terminal, equipamentos para bagagens, esteiras e escadas rolantes, indicadores dos voos e ainda toda a área externa, consideradas suas 24 horas de utilização. Com base nisso, a arquitetura da nova geração dos terminais tem na utilização de iluminação natural seu principal foco, sobretudo no saguão de embarque, onde a estrutura metálica permite grandes vãos, fazendo desse espaço um local amplo e bem iluminado, o que garante maior eficiência através da menor utilização da iluminação artificial. A iluminação natural está sempre vinculada ao problema de aquecimento, pois exige um maior trabalho do ar-condicionado; ela demanda, assim, um cuidado na especificação dos vidros que tenham propriedades de filtrar o raio ultravioleta e controlar a entrada de luz (FLEMMING; QUALHARINI, 2010).

Estudos mostram que o setor da construção civil, no Brasil, é o maior responsável pelo consumo nacional de energia, depois do setor industrial (LAMBERTS; TRIANA, 2007). Por isso, os projetos carecem de colaborar com a redução nesse consumo e com o aumento da utilização de fontes renováveis de energia como alternativa às anteriores, não renováveis. Torna-se visível, então, a importância da consideração da eficiência energética como um dos critérios principais para o desenvolvimento dos projetos de edificações.

É aceitável que a eficiência energética seja enquadrada como requisito na etapa de projeto, uma vez que acrescenta qualidade e valor ao produto, não somente sob o ponto de vista ambiental, mas também do cliente final. O uso racional

de energia da edificação acaba sendo traduzido em economia monetária para o usuário (SCHEIDT; HIROTA, 2010).

A eficiência energética consiste em alcançar o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor consumo de energia. Como exemplo de ação, está a modernização de equipamentos e processos que visam a reduzir o consumo. Os programas voltados para o consumo consciente também contribuem para a economia.

Grande parte da energia é aplicada na fabricação de produtos que usamos, especialmente os feitos de materiais como papel, alumínio, vidro e aço. Portanto, ações de reuso e reciclagem também economizam energia. A energia também é utilizada no bombeamento da água, a qual, dessa forma, se poupada, reduz o consumo energético.

Para incentivar a eliminação de desperdícios, assim como reduzir os custos e os investimentos setoriais, foi criado em 1985 o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Dentro dessa iniciativa do Governo Federal, foi elaborado o Selo PROCEL, que norteia o consumidor na compra de produtos, sinalizando aqueles com melhores níveis de eficiência energética. Também estimula o desenvolvimento tecnológico de produtos mais eficientes e, como consequência, a preservação ambiental.

Os contratos de concessão firmados pelas empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelecem obrigações e encargos perante o poder concedente. Uma dessas obrigações consiste em aplicar anualmente o montante de, no mínimo, 0,5% de sua receita operacional líquida em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica, o que consiste no Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição (PEE).

As diretrizes para elaboração dos programas são aquelas definidas na Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, bem como aquelas contidas nas resoluções da ANEEL, específicas para eficiência energética.

2.4.2 Programa de Eficientização Energética

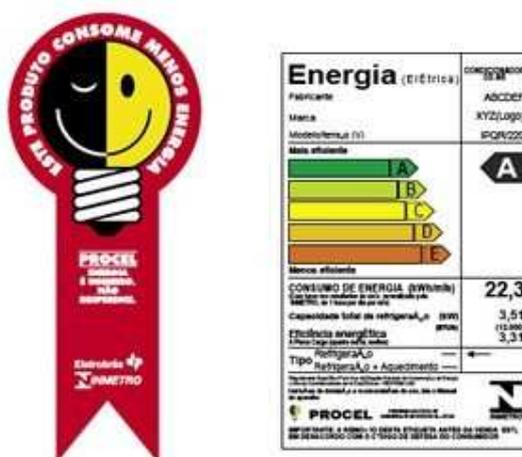
O Selo PROCEL de Economia de Energia tem como finalidade ser uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os

equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia. Criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, programa do Governo Federal executado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), o Selo PROCEL foi instituído por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993.

A partir de sua criação, foram firmadas parcerias junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), com agentes, como associações de fabricantes, pesquisadores de universidades e laboratórios, com o objetivo de estimular a disponibilidade, no mercado brasileiro, de equipamentos cada vez mais eficientes.

Para isso, são estabelecidos índices de consumo e desempenho para cada categoria de equipamento. Cada equipamento candidato ao selo deve ser submetido a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobrás e apenas os produtos que atingem os índices determinados são contemplados com o Selo PROCEL, conforme modelo da figura 6.

Figura 6 – Selo PROCEL de equipamentos



Fonte: PROCEL, 2015.

2.4.3 Programa de Eficientização Energética em Aeroportos

Entre os trabalhos desenvolvidos no campo da eficiência energética em aeroportos, no Brasil, encontram-se aqueles realizados por pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa

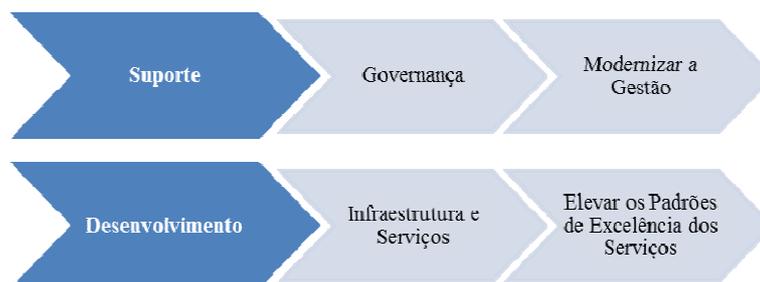
Catarina (UFSC), sobre o potencial da geração fotovoltaica integrada a complexos aeroportuários, o que viabilizou a celebração de um Termo de Cooperação Técnica entre a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) e a UFSC, visando a integrar aos aeroportos a utilização da energia solar como fonte de energia alternativa (BRAUN; JARDIM; RÜTHER, 2007). Este estudo visava determinar o percentual de redução de consumo de energia elétrica no Aeroporto Internacional de Florianópolis com a utilização de sistemas fotovoltaicos integrados à edificação. Os resultados obtidos demonstraram que a integração dos sistemas fotovoltaicos em aeroportos poderia suprir em 100% o consumo de energia elétrica da edificação.

O Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE), da Universidade Federal do Pará (UFPA), também desenvolveu um trabalho nessa mesma linha, utilizando o Aeroporto Internacional de Val-de-Cans, em Belém (PA), como objeto de estudo (SANTOS; PINHO; MACÊDO, 2008). Neste trabalho avalia-se o potencial de utilização de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) elétrica convencional no complexo aeroportuário de Belém (Pará/Brasil). Após o levantamento das curvas de carga e utilizando um software para dimensionamento de sistemas FV, simulou-se, para uma potência fotovoltaica de 1.500 kWp, qual a contribuição energética para o terminal aeroportuário.

Além desse trabalho, Soares e Santos (2013) estudaram e analisaram o terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena, em São José dos Pinhais (PR), visando a obtenção da etiqueta nacional de eficiência energética, nível "A", segundo o método do PROCEL Edifica. Neste estudo, após a determinação das classificações dos itens avaliados no PROCEL Edifica, foi incluída a minuta de especificação técnica complementar para que 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.

A Eficientização Energética é compreendida como um instrumento estratégico de planejamento para a administração e como ferramenta de engenharia para as decisões técnicas, considerando os objetivos e à luz do Mapa Estratégico da empresa, que possui reflexo nas seguintes diretrizes, conforme figura 7:

Figura 7 – Plano Estratégico



Fonte: Infraero, 2016.

Ganhos de eficiência e otimização de recursos na operação aeroportuária ganharam caráter estratégico para a evolução do negócio aeroportuário. Segundo Kardec e Lafraia (2002), esta mudança estratégica da manutenção tem um reflexo direto nos resultados empresariais, tais como:

- aumento do faturamento e do lucro;
- aumento da segurança pessoal e das instalações;
- otimização de custos;
- preservação ambiental, entre outros.

A adoção do método PROCEL para melhor desempenho das edificações e adaptação de ferramentas para a gestão de processos está relacionada ao desenvolvimento de projetos, planejamento e controle da vida útil da edificação.

2.5 REGULAMENTAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

Com a finalidade de adequar as edificações a um nível de eficiência energética, foi desenvolvido um selo de certificação especial para as construções que cumprirem os pré-requisitos estabelecidos pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

2.5.1 PROCEL Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica) foi instituído em 2003 pela parceria ELETROBRAS/PROCEL. A instituição responsável pelo programa atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia (MME), o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa

- a) Abertura: todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, claraboias, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro) e paredes de blocos de vidro. Excluem-se vãos sem fechamentos e elementos vazados, como cobogós;
- b) Envoltória: planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem;
- c) Fachada e orientação: fachadas são superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal. Inclui as superfícies opacas, translúcidas, transparentes e vazadas, como cobogós e vãos de entrada. Fachada oeste: fachada cuja superfície está voltada para a direção de 270° em sentido horário a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variar de +45° ou -45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas oeste para uso neste regulamento;
- d) Transmitância térmica ($W/(m^2K)$): transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzidas pela diferença de temperatura entre dois ambientes;
- e) Iluminação: a iluminação eficiente de um ambiente deve ser baseada, dentre outros requisitos, no desempenho visual requerido para a realização de uma determinada tarefa. No Brasil, os níveis de iluminância recomendados para cada tipo de atividade estão expostos na NBR 5413:1992.

A eficiência dos sistemas de iluminação artificial dos ambientes depende, basicamente, das características técnicas, da eficiência e do rendimento dos conjuntos de elementos, dentre os quais se destacam as lâmpadas, luminárias, reatores, utilização da luz natural, cores das superfícies internas e necessidades de iluminação do ambiente.

2.5.2 Requisitos para obtenção da ENCE

A regulamentação RTQ-C estabelece dois métodos de avaliação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE):

- a) Método prescritivo: procedimento analítico em que 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);
- b) Método de simulação: 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.

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 que serão avaliadas por um laboratório acreditado junto ao Inmetro. Complementando, aplicando-se o procedimento de avaliação descrito pelo Programa de Etiquetagem de Edificações, obtém-se a provável classificação de eficiência energética.

O manual para aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C propõe que seja aplicada uma metodologia específica para cada um dos três critérios – Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar — avaliados no processo de classificação energética e obtenção da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia). A análise da Envoltória se apresenta como a mais importante, pois é a que determina o nível máximo que pode ser obtido pelo edifício analisado.

Para aplicação do método prescritivo, como primeiro passo, deve-se verificar o cumprimento dos pré-requisitos gerais da edificação e específicos de cada sistema a ser avaliado. Seguidamente, aplicam-se os parâmetros definidos nos itens Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar do RTQ-C, determinando-se, assim, o nível de eficiência para cada sistema em questão.

A classificação geral da edificação é calculada de acordo com a ponderação do equivalente numérico para cada um dos seus sistemas avaliados, sendo 30% para a envoltória, 30% para o sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar. Soma-se a esses a pontuação por bonificações alcançadas

pela edificação. Finalmente, com a pontuação total obtida pela edificação, verifica-se o nível de eficiência correspondente à pontuação.

A avaliação de cada sistema individual utiliza equivalentes numéricos, um número de pontos correspondente à determinada eficiência — atribuídos de acordo com a tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

Nível	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: Portaria Inmetro N.372/2010

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

↑ ENVOLTÓRIA
↑ AR-CONDICIONADO

↓ VENTILAÇÃO
↓ ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL
↓ VENTILAÇÃO
↓ BONIFICAÇÃO

Tendo em vista que o objeto avaliado, aeroporto, é uma área com sistema de condicionamento de ar, os aspectos referentes às áreas não condicionadas não serão abordados, pois restringem-se à galeria técnica e que possui baixo consumo de energia. A classificação geral do edifício se dá por meio da equação mostrada na figura 9.

Figura 9 – Equação geral do RTQ-C para cálculo da pontuação total do edifício

Fonte: Galafassi, 2012.

Em que:

- EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;

- EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
- APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
- ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;
- AC: área útil dos ambientes condicionados;
- AU: área útil;
- b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

O número de pontos obtidos na equação irá definir a classificação geral da edificação, de acordo com a tabela 3. As classificações final e parciais são apresentadas na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Tabela 3 - Classificação geral

PT (PONTUAÇÃO)	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

Fonte: Portaria Inmetro N.º 372/2010

2.6 FUTURO DAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS E IMPACTO NO CONSUMO DE ENERGIA

O consumo energético em edificações comerciais, residenciais e públicas é responsável por parcela considerável do consumo de energia no Brasil:

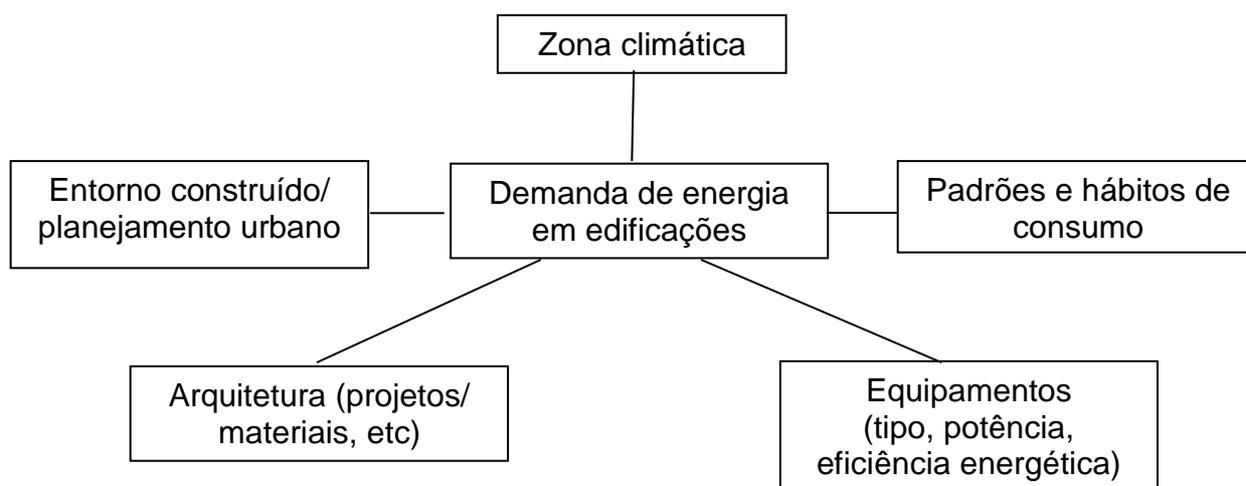
aproximadamente 14% do consumo de energia total e 47% do consumo de eletricidade (EPE, 2016).

Segundo o relatório do Estudo de Demanda Energética para 2050 (EPE, 2016), as transformações esperadas no longo prazo são as mudanças no padrão construtivo das envoltórias e dos equipamentos que farão parte dessas edificações, tanto pela disponibilidade de novas tecnologias quanto pelo padrão de posse de equipamentos.

A atuação do PROCEL Edifica e a certificação de edificações comerciais, de serviços e públicas abrangidas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) são iniciativas adicionais no Brasil nesse sentido. Pelo enfoque da possibilidade de economia de energia, é estimado um percentual de 30% para construções existentes submetidas à *retrofit* e aproximadamente 50% para novas edificações, ao se utilizar tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção do projeto (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2006).

Na figura 10, são apresentados os aspectos de uma estrutura de análise do impacto do futuro energético das edificações no Brasil, em que uma proposta de agrupamento desses aspectos os classifica como condicionantes ligados ao ambiente, ao padrão construtivo ou ao padrão de uso (EPE, 2016).

Figura 10 - Condicionantes para evolução do padrão construtivo de edificações



Fonte: adaptado de Brasil, 2016

É importante destacar que a cada condicionante associa-se uma margem de ação para políticas públicas, tais como a promoção de eficiência energética. Assim,

para os condicionantes ambientais, podem ser associadas políticas de planejamento e ocupação do espaço urbano, que proporcionem redução de área de sombreamento e criação de centros locais com oferta de serviços, reduzindo, desta maneira, a necessidade de grandes deslocamentos dos moradores.

Para os condicionantes construtivos, tanto poderiam ser aplicadas políticas diferenciadas para construções existentes (*retrofit*, por exemplo) e novas construções, com certificações ou incentivo à arquitetura bioclimática. No caso de condicionantes relacionados ao padrão de uso, a margem de ação pode incluir, por exemplo, a oferta de equipamentos mais eficientes ao consumidor final através de estabelecimento de índices mínimos de desempenho regularmente revisados, ou à indução de hábitos de consumo via estrutura tarifária diferenciada (EPE, 2016).

Atualmente, segundo o Inmetro (2016), apenas trinta e oito empreendimentos em todo o país possuem a etiqueta de eficiência energética do programa PROCEL Edifica, distribuídos conforme tabela 4 (abaixo). Um número pequeno comparando com o sistema LEED, que atualmente possui 360 edificações certificadas no Brasil. Porém, acredita-se que a atuação do programa irá crescer consideravelmente com as perspectivas de obrigatoriedade da etiquetagem no país. O Selo PROCEL Edificações é concedido tanto na etapa de projeto, válido até a finalização da obra, quanto na etapa da edificação construída.

Tabela 4 – Projetos certificados PROCEL

	Projeto	Edifício construído
Público	6	2
Privado	4	26
Total	10	28

Fonte: Inmetro, 2016.

As medidas convencionais para melhoria do aproveitamento energético dos edifícios podem ser classificadas como aquelas que estão imediatamente relacionadas com a envoltória do edifício, em função dos seus elementos construtivos, e aquelas que se relacionam com a operação dos sistemas de energia usada para condicionamento de ar, abastecimento de água quente etc. (KOLOKOTSA et. al., 2009 apud ABREU, 2015).

2.7 SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR

Os sistemas de condicionamento de ar são processos de tratamento de ar destinados a controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição de ar de um meio ambiente.

2.7.1 Sistema de Fluxo de Refrigerante Variável (VRF)

O Sistema de Fluxo de Refrigerante Variável (VRF) é um sistema de condicionamento de ar do tipo expansão direta com múltiplas unidades evaporadoras, no qual pelo menos um compressor possui capacidade variável. O sistema distribui gás refrigerante através de uma rede de tubulações para as diversas unidades evaporadoras com capacidade de controlar a temperatura individual da zona térmica através de dispositivos de controle de temperatura e de uma rede de comunicação comum (INMETRO, 2010).

2.7.2 Sistema de refrigeração por expansão indireta

Segundo Dombrosky (2012), um sistema de expansão indireta é caracterizado por usar a água como um meio intermediário para transportar a potência frigorífica entre o evaporador e as serpentinas condicionadoras de ar. Esse sistema é composto por diversas partes, sendo a produção de água gelada realizada por uma unidade resfriadora de líquido (*chiller*), com participação de uma torre de resfriamento para arrefecimento da água de condensação do circuito.

2.7.3 Eficiência de sistema de condicionamento de ar

O Coeficiente de Performance (COP) pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema, sob condições operacionais projetadas (INMETRO, 2010). IPVL (*Integrated part-load value*) é o número de um dígito baseado em COP, ou kW/TR expressando eficiência

em carga parcial para equipamento de condicionamento de ar e bomba de calor na base de pesos ponderados de operação a várias capacidades de carga.

2.8 ÍNDICES DE PREÇOS NO BRASIL

Segundo o Banco Central do Brasil (2016), os índices de preço mais empregados no Brasil são:

- índices de preços ao consumidor produzidos pelo IBGE: Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC);
- índices gerais de preços produzidos pela Fundação Getulio Vargas: IGP-DI, Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M), além de seus componentes - o Índice de Preços ao Produtor Amplo (IPA), o Índice de Preços ao Consumidor (IPC) e o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC);
- índice de preços ao consumidor da Fipe, que é o IPC-Fipe.

O IPCA é o mais relevante dos índices empregados no Brasil no que se refere à política monetária, já que foi escolhido pelo Conselho Monetário Nacional (CMN) como referência para o sistema de metas para a inflação, implementado em junho de 1999. O INPC é muito utilizado em dissídios salariais, pois mede a variação de preços para quem está na faixa salarial de até cinco salários mínimos.

O IGP-M é o índice mais empregado como indexador financeiro, até mesmo para títulos da dívida pública federal (NTN-C2). Também é usado na correção de alguns preços administrados, como o preço de energia elétrica (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2016).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo está detalhado o método utilizado para o alcance dos objetivos desta dissertação.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Tendo em vista os objetivos que se pretendia alcançar por meio do presente trabalho, realizou-se uma pesquisa do tipo descritiva e quantitativa, cujo instrumento de coleta de dados foi o estudo de caso, de forma a atender às expectativas ora propostas.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Para que o estudo de caso se caracterize como um objeto empírico, devem-se cumprir algumas regras básicas:

- a) ser um estudo intensivo;
- b) preservar o caráter único do objeto estudado;
- c) ocorrer no ambiente natural do objeto;
- d) ser limitado quanto a tempo, eventos e processos.

Conforme Robert Yin (2001), o estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode incluir tanto estudos de caso único quanto múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa.

3.2.1 Técnicas e instrumentos de coleta de dados

Na pesquisa bibliográfica buscou-se aprofundar os conhecimentos sobre eficiência energética e sistema de certificação ambiental, e sobre a importância dos mesmos, através de trabalhos técnicos, manuais, normas e especificações técnicas.

A coleta de dados se deu por dois métodos: o primeiro consistiu na análise das plantas civis obtidas junto à administração do Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho; o segundo foi realizado diretamente no local, fazendo-se levantamento de dados técnicos influentes no estudo de caso.

Foram avaliados os terminais de passageiros 1 e 2 do Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho, assim como os custos de energia referentes aos anos de 2014 e 2015. As duas instalações analisadas estão ilustradas na figura 11.

Figura 11 – Localização dos terminais de passageiros



Fonte: GoogleMaps, 2015.

3.2.1.1 Situação atual

Pelo histórico da conta de energia do período entre janeiro de 2014 e dezembro de 2014, constatou-se que, em média, 1.215.467 kWh foram consumidos mensalmente no TPS1 e 262.192 kWh no TPS2, conforme figuras 12 e 13. Em 2015, houve média de consumo de 1.180.615 kWh e 271.427 kWh respectivamente aos TPS1 e TPS2. No quadro 2 estão os valores contratados de demanda para cada terminal de passageiros.

Quadro 2 – Demanda contratada

	Demanda - ponta	Demanda – fora da ponta	Média - leitura
TPS 1	2100	2200	2098
TPS 2	550	650	586

Fonte: Infraero, 2016.

Figura 12 - Histórico do consumo de eletricidade (kWh) – TPS1

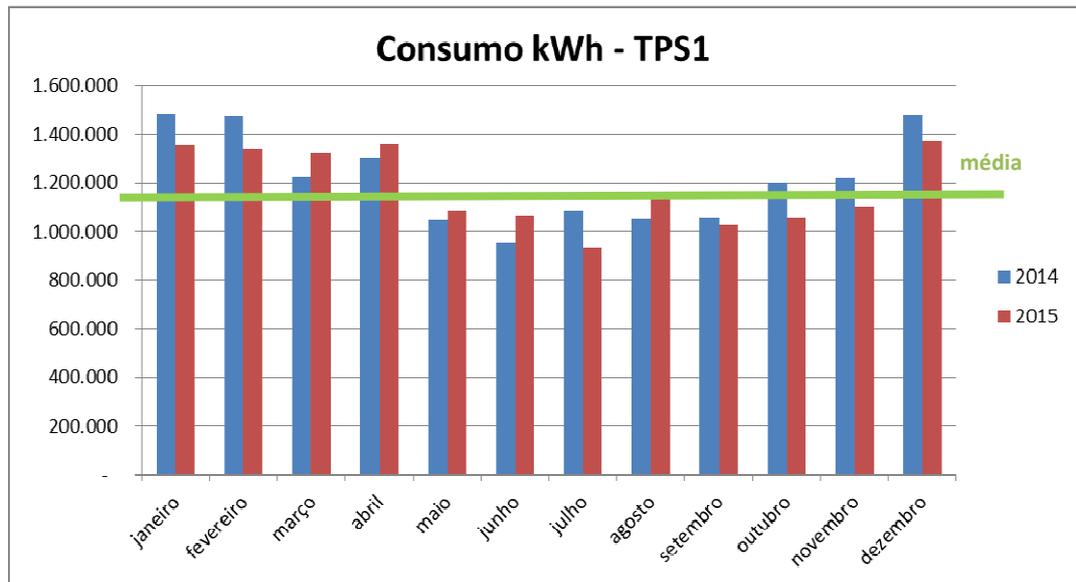
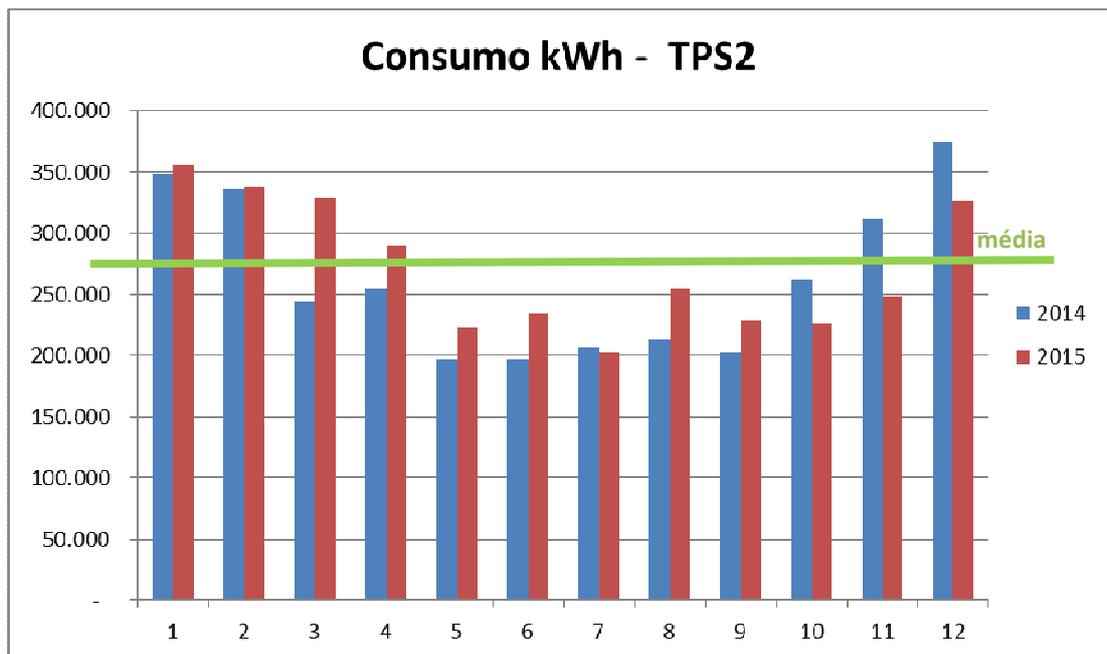


Figura 13 - Histórico do consumo de eletricidade (kWh) – TPS2



Considerando o indicador internacional criado pela ACI (Airports Council International), *Operating Cost per WLU—Productivity/Cost Effectiveness*, onde são considerados os custos operacionais aeroportuários por Unidade de Carga de Trabalho, medidos ao longo de um ano. Com isso, temos a situação exposta no Quadro 3, onde o indicador aponta para uma melhoria na performance comparados os anos de 2014 e 2015:

Quadro 3 – Indicador de Performance - *Operating Cost per WLU*

	2014	2015
kWh	17.731.910	17.422.104
Carga Processada (kg)	4.157.314	3.503.259
Passageiros processados	8.447.380	8.354.961
WLU ⁵	8.488.953	8.389.993
KWh/WLU	2,09	2,08

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O indicador *Utilities/Energy Usage per Square Meter of Terminal—Environmental* – trata sobre energia utilizada por metro quadrado de edifício terminal (Espaço condicionado), medido em quilowatts-hora sobre o período de um ano.

O quadro 4 apresenta a soma das áreas condicionadas dos terminais de passageiros 1 e 2, assim como o consumo de energia também consolidadas.

Quadro 4 - Indicadores de Performance - *Utilities/Energy Usage per Square Meter of Terminal— Environmental*

	2014	2015
kWh	17.731.910	17.422.104
Área condicionada dos terminais	48.464,35	48.464,35
KWh/m²	365,88	359,48

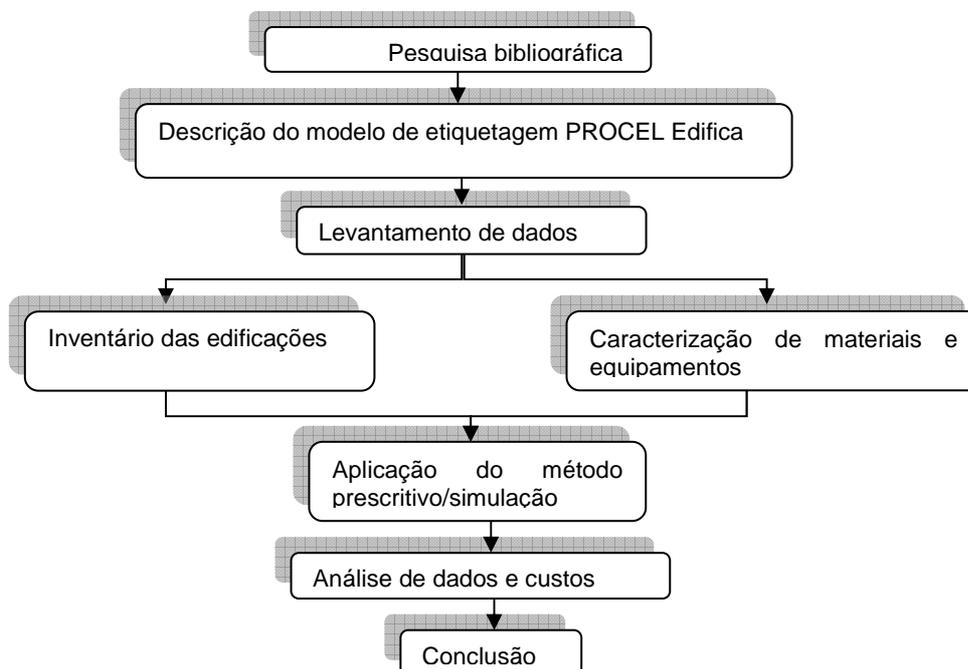
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Conforme informado no item 1.2, não foram considerados os valores monetários dispendidos para pagamento das faturas de energia.

O trabalho foi realizado conforme as etapas apresentadas na figura 14.

⁵ Soma da quantidade de passageiros e carga, considerando que 100kg de carga equivale a 01 passageiro. Fonte: ACI

Figura 14 – Fluxograma das etapas do projeto de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para esta análise, foi utilizada a ferramenta disponibilizada pelo LabEEE⁶, com a qual foi possível realizar as simulações da etiqueta de eficiência energética.

3.3.1 Descrição dos edifícios analisados

O Manual para aplicação do regulamento RTQ-C propõe que seja aplicada uma metodologia específica para cada um dos três critérios – Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar - avaliados no processo de classificação energética e obtenção da ENCE. As metodologias aplicadas a cada critério estão descritas adiante.

⁶ O aplicativo encontra-se disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 10 maio 2016.

3.3.1.1 Envoltória

A envoltória deve estar de acordo com pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência. Quanto mais elevado o nível, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos. A tabela 5 apresenta uma síntese dos pré-requisitos da envoltória exigidos por nível de eficiência.

Tabela 5 – Tabela resumo dos pré-requisitos da envoltória

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

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Ao analisar os pré-requisitos referentes à cobertura, também devem ser analisados os pisos de áreas sem fechamentos laterais localizadas sobre ambientes de permanência prolongada. Deve-se incluir no item: áreas externas sem fechamentos laterais, os pilotis e as varandas cuja área de piso seja superior a 25% de Ape (área de projeção do edifício). Quanto ao pré-requisito referente à transmitância, devem ser consideradas apenas as transmitâncias de superfícies em contato com a área interna; superfícies como platibandas não entram no cálculo da transmitância.

Analisar a transmitância térmica é o primeiro quesito na análise de eficiência da envoltória. Este pré-requisito distingue coberturas e paredes exteriores ao exigir diferentes limites de propriedades térmicas para cada caso. Para cada nível de eficiência (A, B, C ou D), o RTQ-C apresenta duas transmitâncias térmicas máximas para a cobertura, de acordo com o condicionamento dos ambientes do último pavimento ou de uma edificação térrea: a primeira refere-se às coberturas de ambientes condicionados artificialmente e a segunda às coberturas de ambientes não condicionados. Também define que a transmitância térmica considerada seja uma média ponderada das diversas transmitâncias existentes quando a cobertura é composta por diferentes materiais e, portanto, por diferentes transmitâncias para o

mesmo tipo de ambiente: com condicionamento ou sem condicionamento. A tabela 6 resume os níveis de transmitância térmica da cobertura para cada nível de eficiência.

No desenvolvimento das equações do indicador de consumo, algumas zonas bioclimáticas foram agrupadas, sendo representadas pela mesma equação. São elas ZB2 e ZB3; ZB4 e ZB5; ZB6 e ZB8.

Para classificação do nível de eficiência da envoltória, deverão ser atendidos os requisitos de acordo com o nível de eficiência pretendido, sendo:

Tabela 6 – Transmitância térmica da cobertura

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

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Quanto aos limites de desempenho mínimos, os pré-requisitos dos níveis A e B para as paredes exteriores dividem-se em dois agrupamentos de zonas bioclimáticas, ao contrário da cobertura, que varia conforme o condicionamento do ambiente. Para as zonas bioclimáticas 7 e 8, o limite de transmitância térmica varia ainda de acordo com a capacidade térmica do material, visto que a inércia térmica apresenta participação significativa no desempenho térmico de edificações nestas zonas. Para os níveis C e D não há pré-requisitos envolvendo transmitância térmica das paredes. A tabela 7 apresenta o resumo das exigências para transmitância térmica máxima das paredes exteriores.

Tabela 7 – Resumo das exigências para transmitância térmica máxima das paredes exteriores

Zonas Bioclimáticas	Transmitância térmica máxima para os níveis A e B	
	A	B
ZB 1 a 2	1,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K
ZB 3 a 6	3,7 W/m ² K	3,7 W/m ² K
ZB 7 e 8	2,5 W/m ² para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m ² K	3,7 W/m ² para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m ² K

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Cores e absorvância de superfícies são obrigatórios, para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8: a utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar baixa (0,50 do espectro solar); em coberturas, a utilização de cor de absorvância solar baixa (0,50 do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

A transmitância térmica a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das transmitâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam. Da mesma forma, os pisos de áreas externas localizados sobre ambiente(s) de permanência prolongada devem atender aos pré-requisitos de transmitância de coberturas, pilotis e varandas, por exemplo.

A absorvância solar a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das absorvâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam. Os pisos de áreas externas localizados sobre ambiente(s) de permanência prolongada devem atender aos pré-requisitos de absorvância solar de coberturas, pilotis e varandas, os quais são exemplos deste item.

Aberturas zenitais permitem que a luz natural penetre nos ambientes internos, possibilitando a redução no consumo de eletricidade em iluminação. No entanto, à primeira vista, o RTQ-C parece penalizar esta prática ao exigir percentuais reduzidos de aberturas zenitais para o nível A.

No caso de existência de aberturas zenitais, a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos PAZ (Percentual de Abertura Zenital), de acordo com a tabela 8.

Tabela 8 - 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: Portaria Inmetro N.º 372/2010

O Indicador de Consumo da envoltória (IC_{env}) do edifício analisado deve ser calculado de acordo com a cidade e Zona Bioclimática onde o edifício está inserido. As áreas de projeção do edifício maiores que 500m² seguem a seguinte equação:

b. Zona Bioclimática 2 e 3: exemplo: cidade de PORTO ALEGRE

$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma mínimo ($A_{env}/V_{tot} = 0,15$)

$$IC_{env} = -14,14 \cdot FA - 113,94 \cdot FF + 50,82 \cdot PAF_T + 4,86 \cdot FS - 0,32 \cdot AVS + 0,26 \cdot AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54 \cdot PAF_T \cdot AHS + 277,98 \quad (1)$$

Onde as variáveis da Equação são:

- IC_{env} : Indicador de Consumo da envoltória (adimensional);
- A_{pe} : Área de projeção do edifício (m²);
- A_{tot} : Área total construída (m²);
- A_{env} : Área da envoltória (m²);
- A_{pcob} : Área de projeção da cobertura (m²);
- AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento;
- AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento;
- FF: Fator de Forma (A_{env}/V_{tot});
- FA: Fator Altura (A_{pcob}/A_{tot});
- FS: Fator Solar;
- PAF_T : Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação);
- V_{tot} : Volume total da edificação (m³).

A escala numérica da classificação de eficiência é variável e deve ser determinada para cada volumetria de edifício através dos parâmetros Fator Altura e Fator de Forma: razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (A_{pcob}/A_{tot}) e razão entre a área da envoltória e o volume total (A_{env}/V_{tot}).

3.3.1.2 Iluminação

Para classificação do sistema de iluminação deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação, de acordo com o nível de eficiência pretendido. A avaliação do sistema de iluminação deve ser realizada através de um dos seguintes métodos: método da área do edifício ou método das atividades do edifício.

O item de divisão de circuitos define que cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual que permita o acionamento independente da iluminação interna do ambiente com facilidade, localizado de forma que permita a visão clara de todo o ambiente. Este requisito permite que os usuários de cada ambiente controlem o seu uso, ajustando a iluminação às suas necessidades específicas.

O método das atividades do edifício avalia separadamente os ambientes do edifício e deve ser utilizado para edifícios em que o método anterior não é aplicável.

Para avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação, segundo o RTQ-C, deve-se seguir o seguinte roteiro:

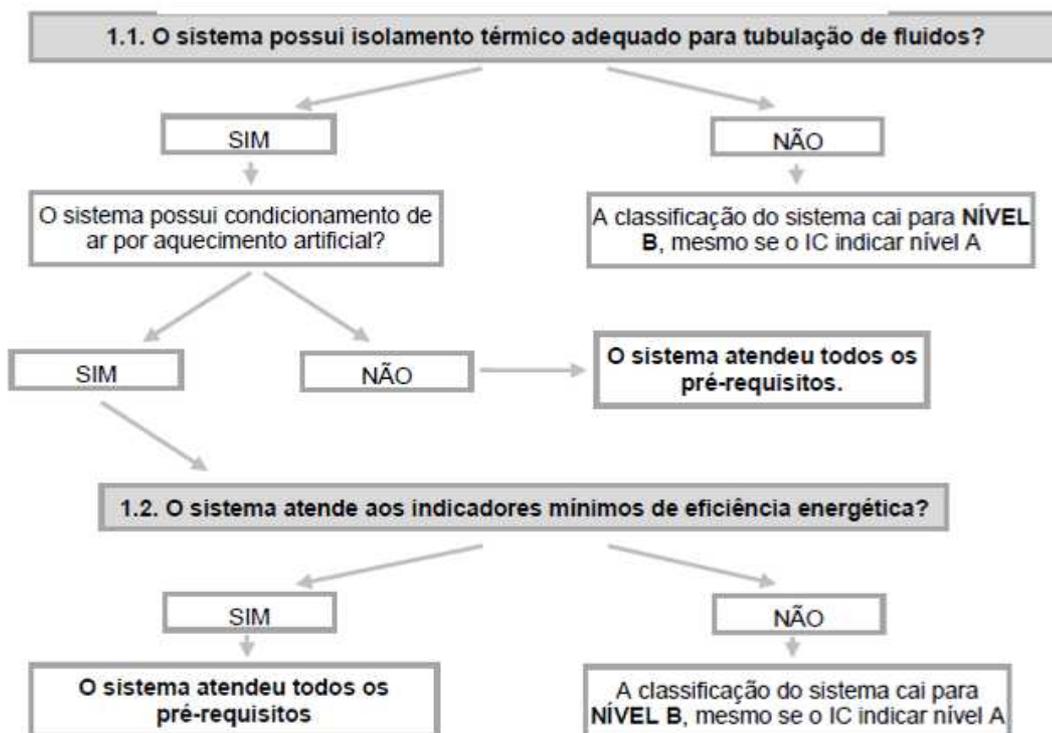
- ✓ 1º Passo: identificar os diferentes sistemas de iluminação adotados. Entende-se por sistema de iluminação o conjunto luminária, lâmpada e reator.
- ✓ 2º Passo: separar os ambientes em zonas de iluminação, de acordo com a densidade de potência e distribuição dos sistemas de iluminação.
- ✓ 3º Passo: calcular o índice de ambiente (K) para cada zona de iluminação identificada, considerando todos os segmentos verticais que compõem a zona (existindo paredes ou não) para identificar a forma do volume.
- ✓ 4º Passo: para cada zona de iluminação, interpolar o DPI_{RL} , de acordo com o K, e calcular o DPI_{RF} .
- ✓ 5º Passo: identificar o nível de eficiência energética para cada zona de iluminação que compõe o ambiente.

- ✓ 6º Passo: ponderar os EqNumDPI em função da área de cada zona de iluminação, de forma a encontrar o EqNumDPI do ambiente.
- ✓ 7º Passo: de acordo com o nível de eficiência identificado por ambiente, verificar o cumprimento dos pré-requisitos.
- ✓ 8º Passo: determinar o EqNumDPI do sistema de iluminação através da ponderação dos equivalentes numéricos dos ambiente em função das suas áreas.

3.3.1.3 Condicionamento de ar

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 comprovada aceitação nacional ou internacional. A determinação do nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar depende, além do nível de eficiência do equipamento, também do cumprimento dos pré-requisitos. A figura 15, a seguir, representa um *check-list* de pré-requisitos para o nível de eficiência A.

Figura 15 – *Checklist* de pré-requisitos para nível de eficiência A



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. Os sistemas compostos por condicionadores de ar de janela e *split* avaliados pelo PBE/Inmetro são classificados por meio do nível de eficiência que o Inmetro atribui a cada modelo. No site do Inmetro, há uma lista dos modelos avaliados. Os sistemas compostos por condicionadores que não estão abrangidos por nenhuma norma de eficiência do Inmetro, por sua vez, são avaliados por meio do seu desempenho em relação a certos níveis fornecidos pelo RTQ-C.

A classificação do sistema de condicionamento de ar permite classificações parciais. Isto significa que se pode certificar somente uma sala, um conjunto de salas, um piso ou parte de um edifício. Nesse aspecto, a classificação do sistema de condicionamento de ar funciona da mesma forma que a classificação da eficiência da iluminação que também permite classificações parciais.

No caso de haver mais de um sistema independente de condicionamento de ar no edifício, os níveis de eficiência de cada sistema independente devem ser encontrados e seus equivalentes numéricos ponderados pela capacidade dos seus respectivos sistemas, a fim de estimar o equivalente numérico final envolvendo todos os sistemas de condicionamento de ar e, portanto, o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar do edifício. O somatório desses coeficientes determinará a eficiência total, como indicado na equação abaixo, em que: “EqNumCA_n” e “Cap_n” são, respectivamente, o equivalente numérico e a capacidade de cada sistema individual, “x” é número de sistemas e Cap_t é a capacidade total instalada em condicionamento de ar.

$$\sum_{n=1}^x (EqNumCA_n \frac{Cap_n}{Cap_t}) \quad (2)$$

Os sistemas de condicionamento de ar compostos por equipamentos do tipo janela ou *split* avaliados pelo Inmetro possuem pré-requisito apenas para nível de eficiência A. 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 descritos na tabela 9.

Tabela 9 – Requisitos para nível de eficiência A - Sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo Inmetro

Cálculo de carga térmica	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 <i>ASHRAE Handbook of Fundamentals</i> e a norma NBR 16401.
Controle de temperatura por zona: GERAL	O aquecimento ou resfriamento de ar de cada zona térmica deverá ser individualmente controlado por termostatos, respondendo à temperatura do ar da referida zona.
Controle de temperatura por zona: faixa de temperatura de controle	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 (<i>deadband</i>), na qual o suprimento da energia para aquecimento e resfriamento seja desligado ou reduzido para o mínimo.
Aquecimento suplementar	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 é permitida durante os ciclos de degelo da serpentina externa.
Aquecimento e resfriamento simultâneo	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.
	Continua

	(Continuação)
Sistema de desligamento automático	<p>Todo o sistema de condicionamento de ar deve ser equipado com pelo menos um dos tipos abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - controles que podem acionar e desativar o sistema sob diferentes condições de rotina de operação; - um sensor de ocupação que seja capaz de desligar o sistema quando nenhum ocupante é detectado por um período de até 30 minutos; - um temporizador de acionamento manual capaz de ser ajustado para operar o sistema por até 2 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	<p>Sistemas de condicionamento de ar servindo diferentes zonas térmicas destinadas à operação ou ocupação não simultânea devem ser divididos em áreas isoladas, devendo ser agrupadas em áreas que não ultrapassem 2.300m² de área condicionada e não incluindo mais do que um pavimento. Cada área isolada deve possuir dispositivos de isolamento capazes de desativar automaticamente o suprimento de ar condicionado e ar externo, além da exaustão.</p>
Controles e dimensionamento do sistema de ventilação	<p>Sistemas de condicionamento de ar com potência total de ventilação superior a 4,4kW devem atender aos limites de potência dos ventiladores.</p>
Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos	<p>Sistemas de condicionamento de ar com um sistema hidráulico servido por um sistema de bombeamento com potência superior a 7,5kW devem atender aos requisitos estabelecidos: sistemas de vazão de líquido variável, isolamento de bombas e controles de reajuste de temperatura de água gelada e quente.</p>
	Continua

	(Continuação)
Equipamentos de rejeição de calor	Este requisito aplica-se ao equipamento de rejeição de calor usado em sistemas de condicionamento ambiental, como condensadores a ar, torres de resfriamento abertas, torres de resfriamento com circuito fechado e condensadores evaporativos.
Controle de velocidade do ventilador	Cada ventilador acionado por um motor de potência igual ou superior a 5,6kW 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 fluído ou temperatura/pressão de condensação do dispositivo de rejeição de calor.

Fonte: Portaria Inmetro nº372/2010.

O RTQ-C estabelece eficiências mínimas conforme os níveis de classificação do sistema. Tal classificação é dada em conjunto aos seguintes equipamentos que compõem o sistema: os resfriadores de líquido e as torres de resfriamento. Os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência, que trata sobre os índices para classificação nos níveis A e B. Os critérios estão apresentados no Anexo A.

Para o sistema de condicionamento, onde são utilizados os condicionadores de ar tipo VRF (Fluxo de Refrigerante Variável), os mesmos devem atender aos requisitos mínimos de eficiência, cujos critérios estão apresentados no Anexo B.

Quanto aos resfriadores de líquido, chamados de *chiller*, a eficiência é dada em função da capacidade medida em kW. As eficiências mínimas para os resfriadores de líquido conforme os níveis de classificação A e B estão descritas no Anexo C e a classificação varia em função do tipo de equipamento e sua capacidade e quanto maior a eficiência, maior será o nível de classificação do Procel. Para as eficiências para classificações C e D, respectivamente estão os critérios no Anexo D. As capacidades e tipos de equipamentos são avaliados nas mesmas faixas, diferenciando as eficiências por tipo de sistema.

As torres de arrefecimento e os condensadores devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados no Anexo E. A avaliação das torres

de arrefecimento é feita em função do tipo de equipamento e desempenho requerido para vazão de água da torre. Outra condição de classificação do item avaliado é a diferença entre a temperatura de entrada e de saída da torre e que, portanto, é o mesmo diferencial térmico do trocador de calor que a torre atende.

Conforme previsto no Manual de aplicação do RTQ-C, sistemas de condicionamento central que apresentem componentes de diferentes níveis de eficiência serão classificados pelo menor nível.

3.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Com a obtenção dos resultados dos ensaios, foram propostas melhorias visando à eficiência energética dos edifícios.

Para o Estudo de Viabilidade Técnica, a primeira etapa foi a identificação de potenciais aperfeiçoamentos e oportunidades, de forma que se possa definir quais seriam as estratégias mais viáveis para serem implementadas. Foram consideradas:

- a) análise das diferenças empregadas nos dois projetos quanto à especificação da iluminação artificial e outros itens relevantes das instalações elétricas;
- b) análise das diferenças empregadas nos dois projetos quanto à especificação do sistema de condicionamento de ar.

Dentre os principais métodos quantitativos de análise de investimentos, foi considerado o método do período de recuperação, conhecido como de *payback*. Segundo Ortiz (2011), o Tempo de Retorno de investimento (TRI) é o mais frequentemente utilizado na análise de investimentos, pois consiste basicamente na obtenção do tempo necessário para recuperar o investimento feito no projeto analisado. Conforme equação 3, abaixo, o TRI consiste basicamente na relação entre o investimento inicial do projeto e os lucros líquidos anuais totais (Ct), até que o TRI se iguale a um.

$$TRI = \frac{I}{Ct} \quad (3)$$

Além disso, foram utilizados os índices econômicos IPCA, INCC e IGP-M. Os índices de preços são números que agregam e representam os preços de determinada cesta de produtos. Sua variação mede, portanto, a variação média dos preços dos produtos dessa cesta. Podem se referir, por exemplo, a preços ao

consumidor, preços ao produtor, custos de produção ou preços de exportação e importação. Os índices mais difundidos são os índices de preços ao consumidor, que medem a variação do custo de vida de segmentos da população (taxa de inflação ou de deflação).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O projeto em si propõe a aplicação da metodologia apresentada pelo programa PROCEL Edifica nas edificações dos terminais de passageiros do Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho. Os resultados obtidos neste estudo foram divididos em 2 etapas, uma técnica e outra econômica.

4.1 AVALIAÇÕES DOS EDIFÍCIOS

A avaliação iniciou-se com o uso do método de avaliação da ENCE nas edificações selecionadas para o trabalho.

Os terminais analisados são de épocas diferentes. Por um lado, verifica-se a existência de formas básicas comuns quando o conceito operacional é o mesmo, e por outro lado, as diferenças arquitetônicas se devem às diferentes épocas em que os terminais foram concebidos e construídos. Independente da questão de época, o que se quer demonstrar é que as diferenças verificadas entre as formas finais têm grande influência do uso de técnicas construtivas e de materiais que impactam nos itens a serem avaliados para um edifício eficiente energeticamente.

O Terminal de Passageiros 1 (TPS1) foi inaugurado em setembro de 2001. O terminal atualmente mede 37.600m² de área construída, distribuídos em quatro pavimentos.

O Terminal de Passageiros 2 (TPS2), voltado para a Avenida dos Estados, começou a funcionar em 1953, e passou por sucessivas reformas ao longo das décadas seguintes, até ser desativado em 2001. Foi reativado em dezembro de 2010 para complementar as atividades do novo aeroporto, voltado à Avenida Severo Dullius. Conhecido anteriormente como Aeroporto São João, o terminal recebeu a denominação oficial atual no início dos anos 1950, em homenagem ao político porto-alegrense Joaquim Pedro Salgado Filho (1888-1950), que foi o primeiro a exercer o cargo de ministro da Aeronáutica, durante o governo de Getúlio Vargas (CHAVES, 2013). A questão da identidade e do lugar é uma das questões principais da arquitetura das áreas e dos terminais de passageiros.

Os edifícios são compostos por vários ambientes: saguão, salas de embarque e desembarque, concessionários comerciais, área administrativa. Como para algumas áreas a administradora do aeroporto não possui controle, tais áreas

serão consideradas como um espaço total. Diante disso, as áreas dos concessionários comerciais e órgãos públicos serão retiradas da análise deste trabalho.

4.2 CÁLCULO DAS EFICIÊNCIAS

As edificações analisadas possuem ambientes diferenciados, sendo eles: saguão público, salas de embarque, área de *check in*, salas de empresas aéreas, órgãos públicos, concessionários, áreas administrativas, além das lojas comerciais. Todas as áreas, cuja administração do aeroporto não possua controle do ambiente, foram consideradas como espaço público.

De acordo com o exposto acima, foram retiradas da análise as áreas dos concessionários e lojas comerciais e outros escritórios de serviços constantes dentro da instalação. Isso foi feito uma vez que não se pode ter controle de tais áreas, já que estas são normalmente alugadas ou possuem contrato de cessão de uso (para os casos dos órgãos públicos) e o ocupante em questão pode alterar suas características tanto no que diz respeito à climatização quanto ao sistema de iluminação.

4.2.1 Determinação do nível de eficiência da envoltória

São avaliados os pré-requisitos: transmitância térmica de paredes e cobertura, cores e absorvância de superfícies e a iluminação zenital do edifício.

O primeiro pré-requisito analisado foi a transmitância térmica das paredes externas e da cobertura. A determinação da transmitância térmica dos materiais utilizados foi feita segundo descrito no projeto de norma da ABNT 02:135.07-001/2 - Desempenho térmico de edificações. Com base nos dados de densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) descritos no projeto de norma, pode-se calcular a transmitância térmica dos materiais e capacidade térmica das paredes.

Para a obtenção de classificação de nível A, conforme exposto no item 3.4.1.1, tem-se que a transmitância térmica da cobertura não poderá ultrapassar o valor de $1,0W/(m^2K)$, uma vez que a área em estudo é, em sua totalidade,

condicionada artificialmente. São necessários os dados geométricos da edificação e as suas informações construtivas.

4.2.1.1 Análise dos pré-requisitos da envoltória – TPS1

Por se localizar na cidade de Porto Alegre, a zona bioclimática (ZB) se caracteriza como Zona 3. O TPS1 é uma edificação configurada por estrutura de concreto armado e alvenarias de vedação. É composta por quatro pavimentos, a saber:

- ✓ Primeiro pavimento: desembarque
- ✓ Segundo pavimento: embarque
- ✓ Terceiro pavimento: lojas, administração e operações da Infraero;
- ✓ Quarto pavimento: galeria eletromecânica.

Nas paredes foram utilizados os seguintes materiais: paredes externas com tijolos de 10cmx20cmx20cm, de furos redondos, assentados com argamassa com espessura de 1,5cm e rebocados interna e externamente com camada de 2,5cm, por conta das vigas de concreto revestido externamente com material cerâmico. A tabela 10 especifica as espessuras dos componentes da parede.

Tabela 10 – Espessuras dos componentes da parede

Componente	Espessura (mm)
Revestimento cerâmico	5,00
Argamassa de assentamento do revestimento	5,00
Reboco externo	25,00
Tijolo cerâmico	200,00
Reboco interno	25,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para caracterizar termicamente os componentes construtivos (paredes e cobertura), foram adotadas as propriedades termofísicas apresentadas na norma brasileira NBR 15220-2, adaptadas na tabela 11, em que estão destacados os componentes utilizados.

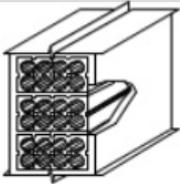
Tabela 11 – Propriedades termofísicas dos materiais usados na envoltória - Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/m ² .K)	c (J/kgK)
Cerâmica	1000-1300	0,7	920
	1300-1600	0,9	920
	1600-1800	1	920
Argamassa comum	1800-2100	1,15	1000
Concreto normal	2200-2400	1,75	1000
Lã de rocha	20-200	0,045	0,75
Alumínio	2700	230	0,88
Membrana betuminosa	1000-1100	0,23	1,46

Fonte: Adaptado de NBR 15.220-2

Considerando as propriedades térmicas das paredes da edificação, foram definidas as transmitâncias térmicas dos fechamentos verticais, como apresentado na tabela 12. A absorvância solar das paredes foi definida como 0,40 em função da cor do revestimento ser em tons de azul.

Tabela 12 - Características construtivas (transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico) adotadas para as paredes

Parede	Descrição	U W/(m ² .K)	C _T kJ/m ² .K	Φ (horas)
	Tijolo de 8 furos, com dimensões de 10x20x20cm. Espessura de reboco: 2,5cm. Espessura total da parede: 25cm	1,61	232	5,9

Fonte: Adaptado de NBR 15220-2.

O vidro utilizado nas fachadas e domos é o laminado, que consiste em duas lâminas de vidro com uma lâmina de PVB - polivinil butiral, conforme ilustrado pela figura 16.

Figura 16 – Imagens do Terminal 1

a) Domos e cobertura de vidros laminados



Fonte: Dombrosky, 2012.

b) Vidros das fachadas



Fonte: Dombrosky, 2012.

c) Cobertura de telha de alumínio



Fonte: Autor, 2016.

4.2.1.1.1 Área Construída

Dos projetos arquitetônicos, obtiveram-se os valores das seguintes variáveis: áreas, volumes e área de cobertura, que estão detalhados no quadro 5.

Quadro 5 - Dados correspondentes ao TPS1

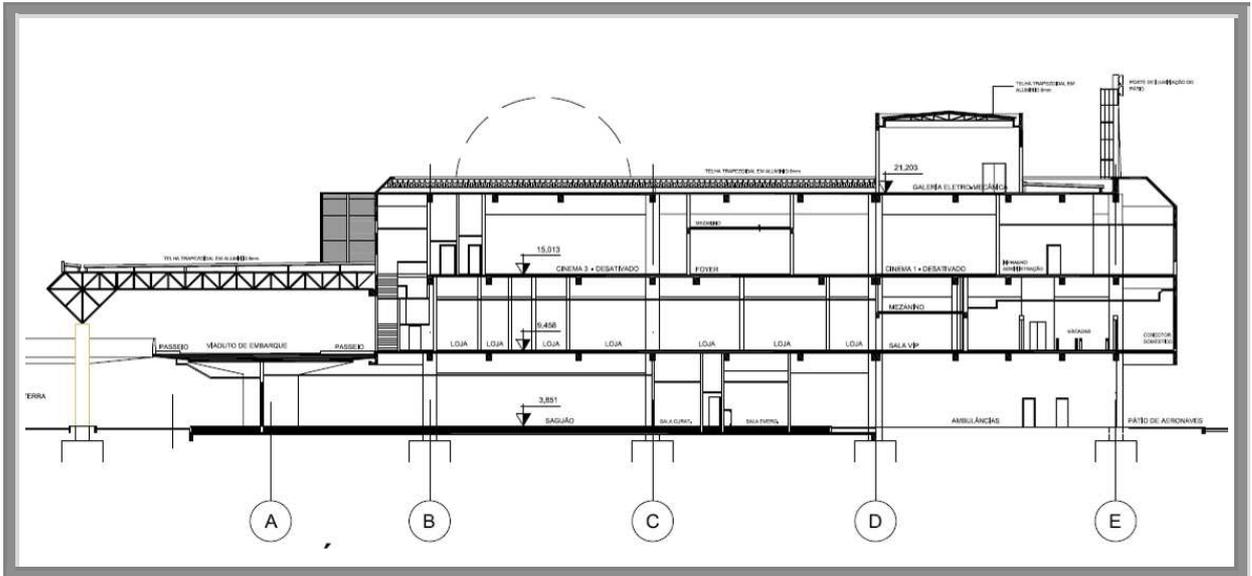
Pavimento	Área (m²)	Volume (m³)
1	10.841,85	60.822,78
2	13.705,69	70.516,58
3	11.016,49	76.893,47 ⁷
4 - Galeria eletromecânica	2.077,03	12.046,77
Total	37.641,06	220.279,60
Área projeção da edificação	12.705,69	
Cobertura	Área computável (m²)	Área cobertura zenital
Total	14.462,70	1.425,14
PAZ (percentual abertura zenital)	-----	9,85%
Área projeção da edificação	12.705,69	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A seguir estão apresentadas as figuras 17, que representa o corte esquemático transversal do terminal de passageiros, e 18, que mostra o corte esquemático longitudinal.

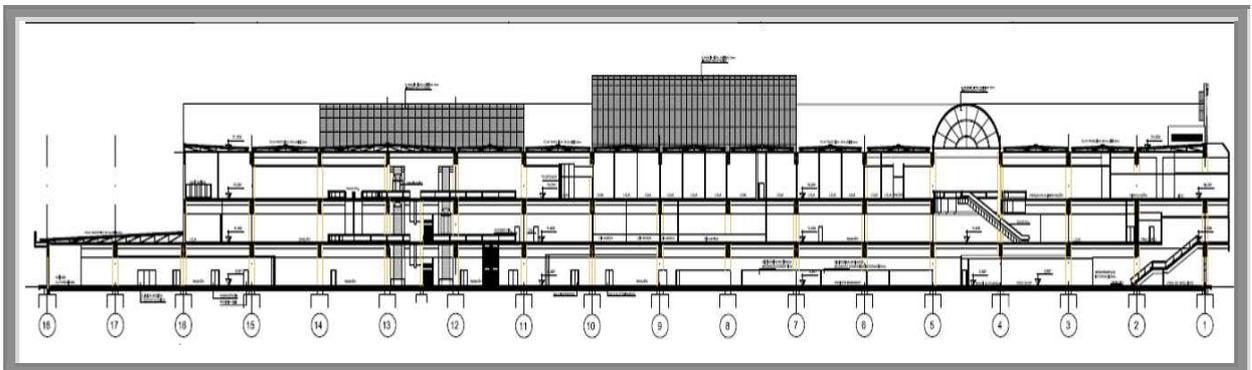
⁷ Incluídos volumes dos domos de cobertura zenital.

Figura 17 – Corte esquemático transversal ao TPS1



Fonte: Infraero, 2016.

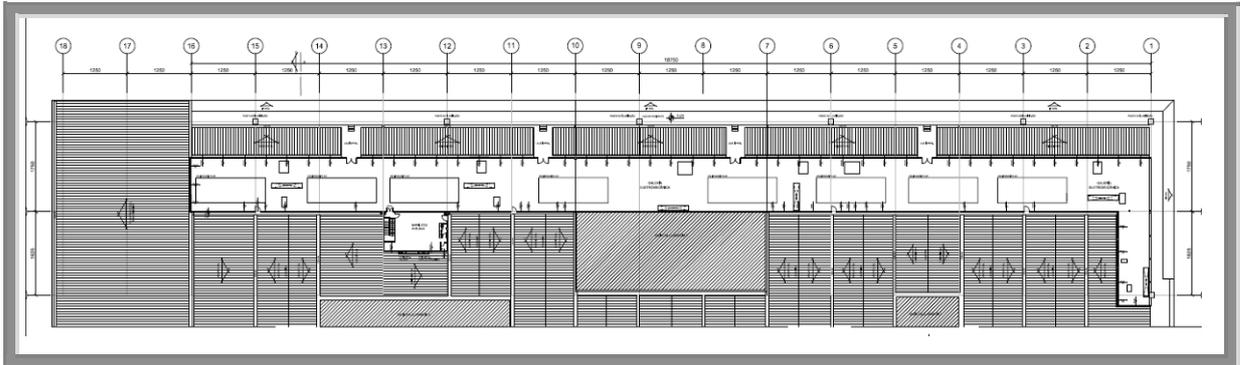
Figura 18 – Corte esquemático longitudinal ao TPS 1



Fonte: Infraero, 2016.

A cobertura do terminal de passageiros é de laje impermeabilizada com manta à base de asfalto e o isolamento térmico feito à base de lã de rocha. Sobre a laje há uma estrutura metálica que suporta as telhas de alumínio trapezoidal simples. A galeria eletromecânica, que não tem laje de cobertura, foi coberta com telha térmica trapezoidal dupla 30mm com pintura eletrostática. A projeção da cobertura está representada na figura 19, adiante.

Figura 19 – Planta de cobertura do TPS1



Fonte: Infraero, 2016.

A tabela 13, abaixo, apresenta os componentes da cobertura, assim como suas espessuras.

Tabela 13 - Espessura dos componentes construtivos da cobertura

Composição	Espessura (mm)
Telha de alumínio	8,00
Câmara de ar	600,00
Manta de lã + regularização	40,00 + 20,00
Impermeabilização	4,00
Laje de concreto	140,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

4.2.1.1.2 Transmissão térmica da cobertura (U_{cob})

O mesmo procedimento se aplica aos componentes da cobertura para o cálculo das resistências. Tais componentes são: concreto (R_{conc}), impermeabilização ($R_{imper.}$), manta de lã de rocha (R_{manta}), alumínio $R_{(alumínio)}$ e a câmara de ar (R_{cam}).

$$R_{cob} = R_{se} + R_{alumínio} + R_{cam} + R_{manta} + R_{imper} + R_{conc} + R_{si} \quad (4)$$

✓ alumínio: $R_{alumínio} = 0,008/230 = 0,00004 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

✓ manta de lã: $R_{manta} = 0,040/0,045 = 0,889 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

- ✓ camada de regularização: $R_{\text{regul.}} = 0,020/1,15 = 0,0174 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$
- ✓ impermeabilização: $R_{\text{imper.}} = 0,004/0,23 = 0,0174 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$
- ✓ concreto: $R_{\text{conc}} = 0,14/1,75 = 0,08 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

Para a câmara de ar é preciso determinar a emissividade da superfície, a espessura e a direção do fluxo de ar de tal componente. A superfície da câmara de ar possui baixa emissividade, a espessura é de 60cm e o fluxo é descendente. Portanto, o valor da resistência da câmara de ar pode ser encontrado na tabela 14.

Tabela 14 - Resistência térmica da câmara de ar não ventilada

	$e_{\text{cam ar}}$ (mm)	$R_{\text{cam ar}}$		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
Superfície de alta emissividade $\epsilon > 0,8$	10<e≤20	0,14	0,13	0,15
	20<e≤50	0,16	0,14	0,18
	e>50	0,17	0,14	0,18
Superfície de baixa emissividade $\epsilon < 0,2$	10<e≤20	0,29	0,23	0,29
	20<e≤50	0,37	0,25	0,43
	e>50	0,34	0,27	0,61

Fonte: Adaptado da tabela B.1 da NBR 15220-2.

Na tabela 15 são apresentados os valores de resistência térmica superficial interna (R_{si}) e externa (R_{se}), que são considerados no cálculo da resistência total da cobertura, em função da direção do fluxo de calor.

Tabela 15 – Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{\text{si}} \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$			$R_{\text{se}} \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: Adaptado da tabela A.1 da NBR 15220-2.

Assim, a absorvância para a cobertura foi considerada 0,15. A resistncia e a transmitncia trmica da cobertura podem ser calculadas como:

$$R_c = 0,17 + 0,00004 + 0,61 + 0,889 + 0,0147 + 0,0174 + 0,08 + 0,04 = 1,804$$

O clculo da transmitncia trmica foi realizado com base no item 4.2 da NBR 15220-2, sendo que a mesma est definida pelo inverso da resistncia trmica:

$$U = 1 / 1,804$$

$$U = 0,55 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Com isso, a transmitncia da cobertura est dentro da faixa do pr-requisito para classificao nvel **A**.

4.2.1.1.3 Abertura zenital

Consideraram-se como abertura todas as reas da envoltria do edifcio, com fechamento translcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, claraboias, portas de vidro (com mais da metade da rea de vidro). Excluem-se vãos sem fechamentos e elementos vazados, como cobogós e caixilhos. Para as reas de envoltria, foi considerada a soma das reas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas, conforme detalhadas no quadro 6.

Quadro 6 – Dados correspondentes à envoltória e áreas de aberturas

Fachada	Área (m ²)	Área de Abertura (m ²)
Norte	3.592,17	1.075,01
Sul	3.592,17	1.499,83
Leste	1.034,45	202,41
Oeste	1.034,45	313,88
Cobertura		
Cobertura	14.462,70	
TOTAL	23.715,94	3.090,24

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (PAF_T) corresponde a um valor representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas, e o

Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (PAF_O), ao índice referente às aberturas da fachada oeste; ambos são apresentados no quadro 7. Para definir o PAF_T, deve-se comparar o PAF_T com o PAF_O. Caso o PAF_O seja maior que o PAF_T em mais de 20%, deve-se utilizar o PAF_O no cálculo do I_{Cenv}. Caso seja menor, utiliza-se o PAF_T normalmente. Portanto, para este caso, adota-se o PAF_T.

Quadro 7 – Percentuais de Aberturas das fachadas

PAF_T (Percentual de Área de Abertura na Fachada total)	
Índice (%)	33,40
PAF_O (Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste)	
Índice (%)	30,34

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

De acordo com o RTQ-C, os ângulos horizontais e verticais de sombreamento possuem um limite máximo de 45° para o uso na equação da Zona Bioclimática 3. Caso o valor de AHS e AVS ponderados for maior que o limite, deve-se usar 45° no cálculo do I_{Cenv}. Os ângulos de sombreamento utilizados no cálculo do I_{Cenv} são resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas.

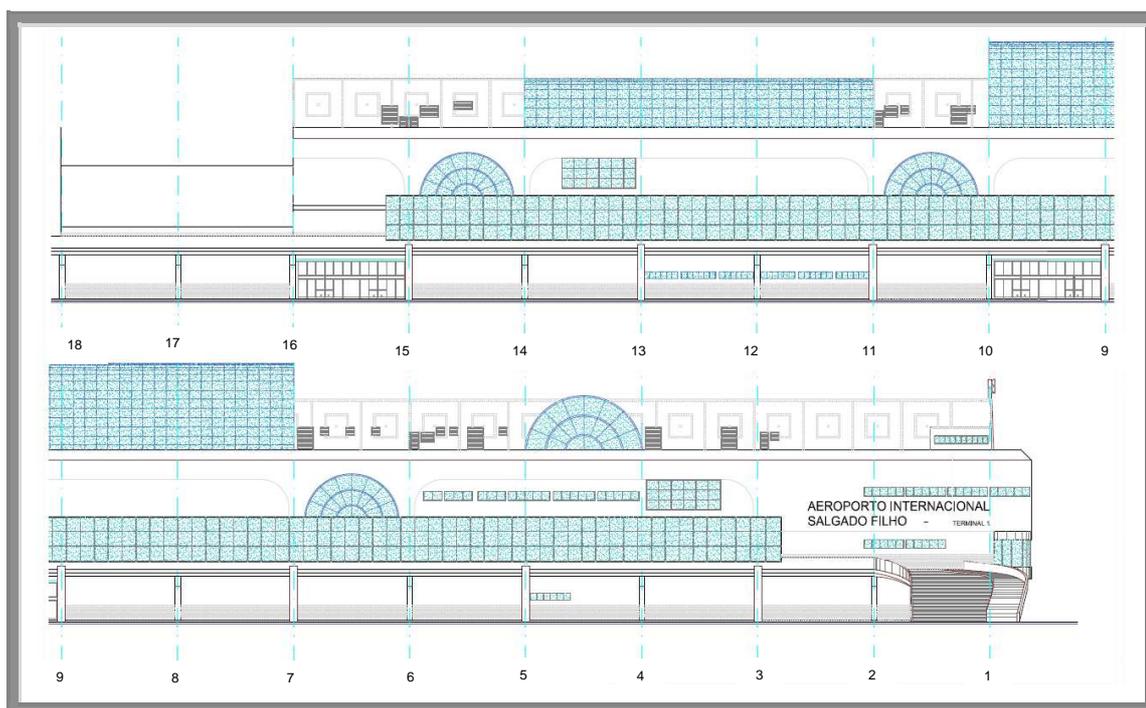
O ângulo de sombreamento é dado pela equação a seguir:

$$AS = \frac{A_{jan1} \cdot \theta_{jan1} + A_{jan2} \cdot \theta_{jan2} + \dots + A_{janN} \cdot \theta_{janN}}{A_{jan1} + A_{jan2} + \dots + A_{janN}} \quad (5)$$

a) Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) - Fachada Norte

A figura 20, a seguir, representa a Fachada Norte do Terminal de Passageiros 1, que, em função de sua extensão, está representada em duas partes, sendo a parte superior do eixo 1 ao 9 e a inferior do eixo 10 ao 18.

Figura 20 – Fachada Norte – TPS1



Fonte: Infraero, 2016.

A cobertura espacial instalada na fachada norte também funciona como brises instalados na parte de cima das aberturas, que são projetados para dar proteção contra ângulos altos do sol (principalmente no verão), sendo especialmente apropriados para uso na fachada norte (no sul do país).

O viaduto de acesso tem, no trecho em frente ao terminal, uma cobertura de aproximadamente 5.000m², em estrutura espacial (treliça tridimensional), sistema MT-150 em aço, coberta com telhas duplas de aço zincado pré-pintado, termicamente isoladas com colchão de poliuretano injetado tipo sanduíche. A testada reta e inclinada desta cobertura, com aproximadamente 1.200m², foi toda envidraçada com caixilharia de alumínio e vidros laminados (6+6) azul não refletivo.

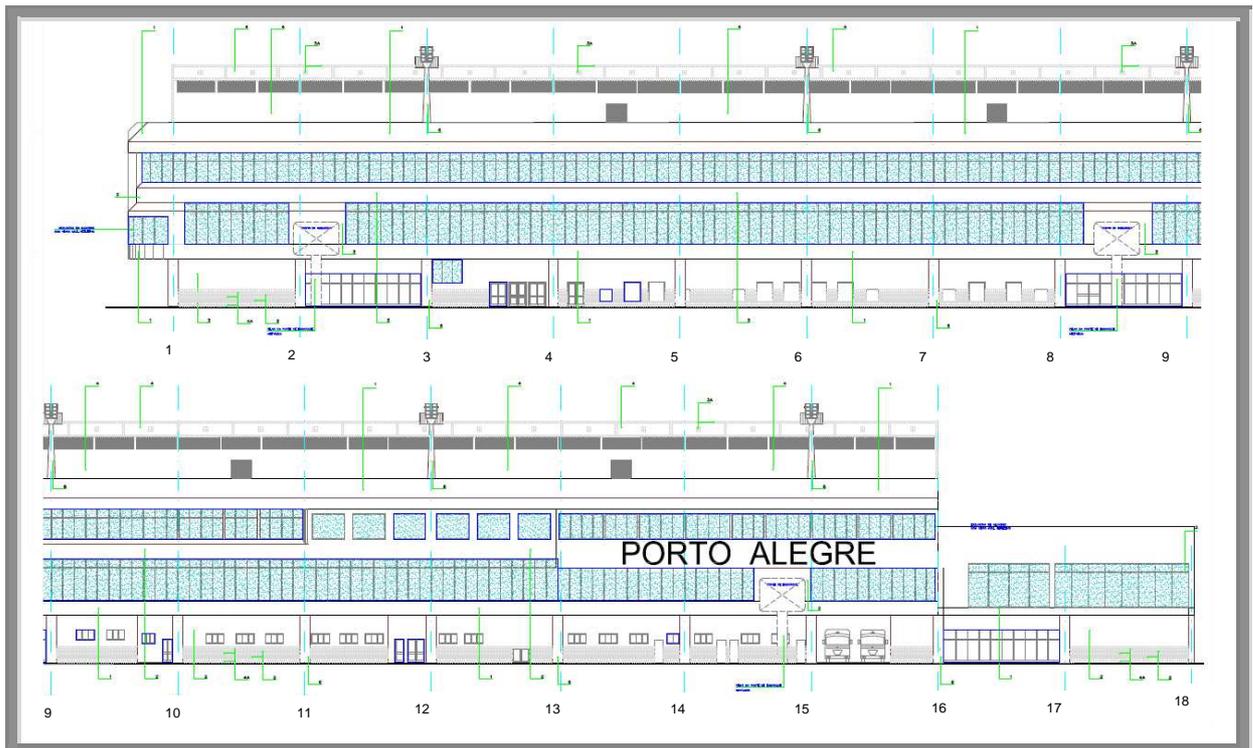
Da figura 20, tem-se:

- Área de abertura: 1.075,01m²
- $AVS_N = (222,62 * 11^\circ) + (131,33 * 33^\circ) + (721,06 * 0) / (1.061,43)$
- $AVS_N = 6,31^\circ$

b) Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) - Fachada Sul

A figura 21 representa a Fachada Sul do Terminal de Passageiros, voltada ao lado ar - posição onde há o estacionamento das aeronaves. Em função de sua extensão, a fachada está representada em duas partes, sendo a parte superior do eixo 1 ao 9 e inferior do eixo 9 ao 18.

Figura 21 – Fachada Sul – TPS1



Fonte: Infraero, 2016.

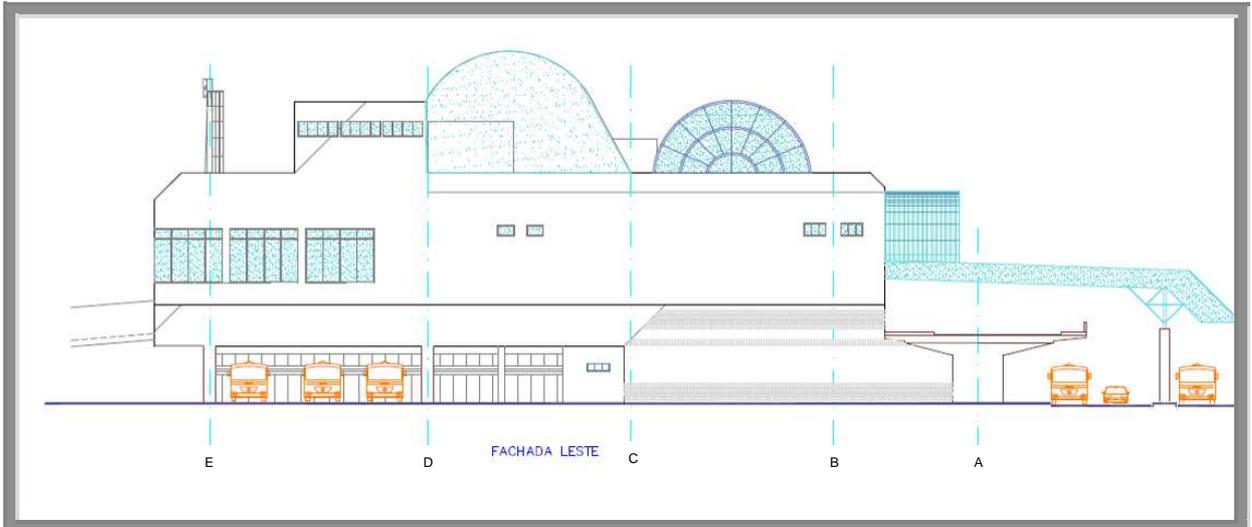
Da figura 21, tem-se:

- Área de abertura: 1.499,83m²
- $AVS_s = (584,57 * 0^\circ) + (711,09 * 66^\circ) + (204,17 * 50^\circ) / 1499,83$
- $AVS_s = 38,1^\circ$

c) Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) - Fachada Leste

A figura 22, a seguir, representa a Fachada Leste do Terminal de Passageiros.

Figura 22 – Fachada Leste – TPS1



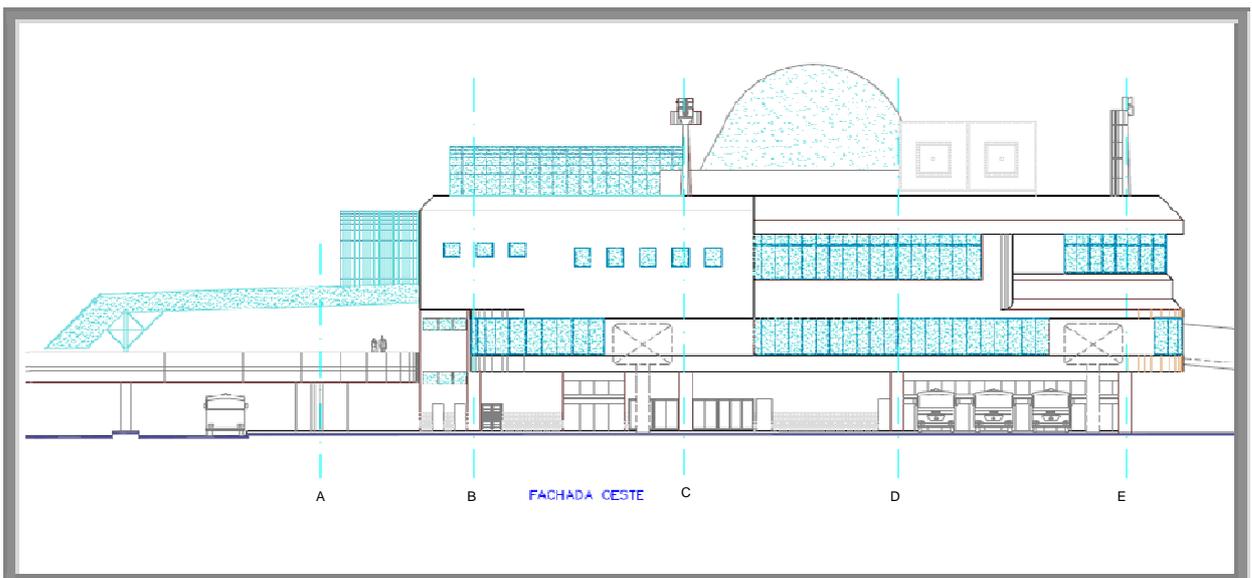
Fonte: Infraero, 2016.

Não há qualquer elemento de proteção para sombreamento da fachada leste. Com isso, não há ângulo de sombreamento para compor o AVS total.

d) Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) - Fachada Oeste

A figura 23 representa a Fachada Oeste do Terminal de Passageiros.

Figura 23 – Fachada Oeste – TPS1



Fonte: Infraero, 2016.

Da figura 23, tem-se:

- Área de abertura: 312,88m²
- AVSo= $(115,66 * 50^\circ) + (99,83 * 0^\circ) + (97,39 * 0^\circ) / 312,88$
- AVSo= 18,48°

Portanto, da equação 3, a seguinte relação é obtida:

$$AVS = \frac{(6,31^\circ * 1075,01) + (38,1^\circ * 1499,83) + (18,48^\circ * 312,88)}{1075,01 + 1499,83 + 312,88}$$

$$1075,01 + 1499,83 + 312,88$$

$$AVS = 24,14^\circ$$

Após o levantamento das referidas informações, preencheu-se os campos do aplicativo referente à envoltória, obtendo-se um índice de eficiência nível A, conforme demonstrado na figura 24.

Figura 24 - Resultado da simulação para a envoltória – Características existentes

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática Cidade

ZB 3 Porto Alegre RS

Pré-requisitos

Dados Dimensionais da Edificação

ATOT	37641.06	m ²	FA: 0.38
APCOB	14462.70	m ²	
APE	12705.69	m ²	
VTOT	220279.60	m ³	FF: 0.11
AENV	23715.94	m ²	

Características das Aberturas

FS	0.48
PAFr	33.40 %
PAFo	30.34 %
AVS	24.14 °
AHS	0 °

* Desde que observados os pré-requisitos da envoltória para o nível de eficiência pretendido.

Calcular Eficiência Limpar

A

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para a classificação final do sistema da envoltória, deve-se observar o atendimento dos pré-requisitos exigidos no RTQ-C. O cálculo do TPS1 alcançou o nível A para envoltória. Mas, é necessário que todos os pré-requisitos específicos sejam atendidos para se manter a classificação A.

A tabela 16, a seguir, apresenta uma comparação entre os limites de transmitância do RTQ-C e os dados da edificação. Neste caso, a transmitância da parede é inferior ao solicitado no RTQ-C, e, portanto, o nível de classificação A mantém-se para este componente. Da mesma forma, a transmitância da cobertura possui um valor inferior ao solicitado para o nível A, assim, por esse pré-requisito, a edificação permanece com a classificação A.

Tabela 16 – Comparação entre os dados da edificação e os limites de transmitância e absortância térmica – Zona Bioclimática 3

Dados	Nível A	Edifício – TPS1
Transmitância parede	$\leq 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	1,61 $\text{W/m}^2\text{K}$
Transmitância cobertura (climatizado)	$\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,55 $\text{W/m}^2\text{K}$
Absortância parede	$< 0,5$	0,40
Absortância cobertura (climatizado)	$< 0,5$	0,15

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Como conclusão, obtém-se a classificação final da envoltória do TPS1 como sendo **nível A**, com equivalente numérico igual a 5.

4.2.1.2 Análise dos pré-requisitos da envoltória – TPS2

O TPS2 é uma edificação configurada por estrutura de concreto armado e alvenarias de vedação. É composta por três pavimentos, a saber:

- ✓ Primeiro pavimento: embarque e desembarque;
- ✓ Segundo pavimento: administração da Infraero, órgãos públicos;
- ✓ Terceiro pavimento: terraço panorâmico.

Apesar da diferença de porte, o projeto parece ter como referência a proposta de autoria dos irmãos Roberto para o aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro, inaugurado em 1936.

Nas paredes foram utilizados os seguintes materiais: paredes externas com tijolos maciços de (10cmx6cmx22cm), assentados com argamassa com espessura de 1,0cm e rebocados interna e externamente com camada de 2,5cm. A tabela 17, adiante, especifica as espessuras dos componentes da parede.

Tabela 17 – Espessuras dos componentes da parede

Componente	Espessura (mm)
Reboco externo	25,00
Tijolo cerâmico	200,00
Reboco interno	25,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para caracterizar termicamente os componentes construtivos (paredes e cobertura), foram adotadas as propriedades termofísicas apresentadas na norma brasileira NBR 15220-2, adaptadas na tabela 18, em que estão destacados os componentes utilizados.

Tabela 18 – Propriedades termofísicas dos materiais usados na envoltória - Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais

Material	ρ (kg/m³)	λ (W/m².K)	c(J/kgK)
Cerâmica	1000-1300	0,7	920
	1300-1600	0,9	920
	1600-1800	1	920
Argamassa comum	1800-2100	1,15	1000
Concreto Normal	2200-2400	1,75	1000
Zinco	7100	112	0,38
Membrana betuminosa	1000-1100	0,23	1,46
Forro mineral ⁸	-	0,055	-

Fonte: Adaptado de NBR 15.220-2.

Considerando as propriedades térmicas das paredes da edificação, foram definidas as transmitâncias térmicas dos fechamentos verticais, como apresentado

⁸ Informação de catálogo, anexo H deste trabalho.

na tabela 19. A absorvância solar das paredes foi definida como 0,20 em função da cor do revestimento ser branco.

Tabela 19 - Características construtivas (transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico) adotadas para as paredes

Parede	Descrição	U W/(m ² .K)	C _T kJ/m ² .K	Φ (horas)
	Tijolo maciço, assentado na maior dimensão, com dimensões de 10x6x22cm. Espessura de reboco: 2,5cm. Espessura total da parede: 27cm.	2,25	445	6,8

Fonte: Adaptado de NBR 15220-2.

Figura 25 – Imagens do Terminal 2

a) Vista da fachada leste



Fonte: Simon, 2014.

b) Vista da fachada frontal



Fonte: Google, 2016.

A cobertura do terminal de passageiros é de laje dupla impermeabilizada com manta asfáltica. Sobre a laje há uma estrutura de madeira que suporta as telhas de zinco simples. A tabela 20 apresenta os componentes da cobertura, assim como suas espessuras.

Tabela 20 - Espessura dos componentes construtivos da cobertura

Composição	Espessura (mm)
Telha de zinco	6,5
Câmara de ar	400,00
Impermeabilização	4,00
Laje de concreto	150,00
Câmara de ar	300,00
Laje de concreto	40,00
Forro mineral	20,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

4.2.1.2.2 Transmissão térmica da cobertura (U_{cob})

O mesmo procedimento se aplica aos componentes da cobertura para o cálculo das resistências. Tais componentes são concreto (R_{conc}), impermeabilização ($R_{imper.}$), telha de zinco $R_{(zinco)}$ e forro mineral $R_{(forro)}$.

$$R_{cob} = R_{se} + R_{zinco} + R_{cam} + R_{imper} + R_{conc} + R_{cam} + R_{conc} + R_{forro} + R_{si}$$

$$\checkmark \text{ zinco: } R_{zinco} = 0,065/112 = 0,000580 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$\checkmark \text{ impermeabilização: } R_{impermeabilização} = 0,004/0,23 = 0,0174 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$\checkmark \text{ concreto: } R_{concreto} = 0,15/1,75 = 0,086 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$\checkmark \text{ concreto: } R_{concreto} = 0,04/1,75 = 0,023 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$\checkmark \text{ forro mineral: } R_{forro} = 0,02/0,055 = 0,3637 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

Na tabela 21, são apresentados os valores de resistência térmica superficial interna (Rsi) e externa (Rse), que são considerados no cálculo da resistência total da cobertura, em função da direção do fluxo de calor.

Tabela 21 – Resistência térmica superficial interna e externa

Rsi (m ² .K)/W			Rse(m ² .K)/W		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: Adaptado da tabela A.1 da NBR 15220-2.

A superfície da câmara de ar possui alta emissividade, a espessura é de 40cm e o fluxo é descendente. Portanto, o valor da resistência da câmara de ar pode ser encontrado na tabela 22.

Tabela 22 - Resistência térmica da câmara de ar não ventilada.

	e _{cam ar} (mm)	R _{cam ar}		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
Superfície de Alta Emissividade $\epsilon > 0,8$	10<e≤20	0,14	0,13	0,15
	20<e≤50	0,16	0,14	0,18
	e>50	0,17	0,14	0,18
Superfície de Baixa Emissividade $\epsilon < 0,2$	10<e≤20	0,29	0,23	0,29
	20<e≤50	0,37	0,25	0,43
	e>50	0,34	0,27	0,61

Fonte: Adaptado da tabela B.1 da NBR 15220-2.

Assim, a absorvância para a cobertura foi considerada 0,15. E a resistência e a transmitância térmica da cobertura podem ser calculadas como:

$$R_c = 0,17 + 0,000580 + 0,18 + 0,0174 + 0,086 + 0,18 + 0,023 + 0,3637 + 0,04 = 1,61$$

O cálculo da transmitância térmica foi realizado com base no item 4.2 da NBR 15220-2, sendo a mesma definida pelo inverso da resistência térmica:

$$U = 1 / 1,61$$

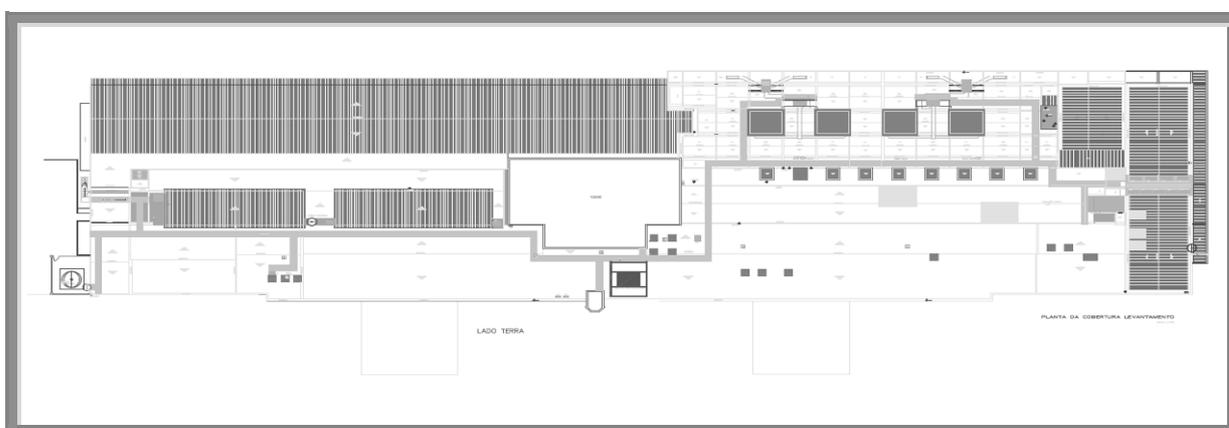
$$U = 0,62 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

A transmitância da cobertura está dentro da faixa do pré-requisito para classificação nível **A**.

4.2.1.2.3 Abertura Zenital

A área de cobertura está representada na figura 27.

Figura 27 – Planta de cobertura do TPS2



Fonte: Infraero, 2016.

Consideraram-se como abertura todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz). Para as áreas de envoltória, foi considerada a soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas, conforme detalhadas no quadro 9.

Quadro 9 – Dados correspondentes à envoltória e áreas de aberturas

Fachada	Área (m ²)	Área de Abertura (m ²)
Norte	392,78	106,38
Sul	354,80	92,38
Leste	1.660,61	487,64
Oeste	1.708,08	476,71
Cobertura	8.060,44	
TOTAL	12.176,71	1.163,11

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (PAF_T) corresponde a um valor representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas, e o Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (PAF_O), ao índice referente às aberturas da fachada oeste; ambos são apresentados no quadro 10. Para definir o PAF_T , deve-se comparar o PAF_T com o PAF_O . Caso o PAF_O seja maior que o PAF_T em mais de 20%, deve-se utilizar o PAF_O no cálculo do I_{Cenv} . Caso seja menor, utiliza-se o PAF_T normalmente. Portanto, para este caso, adota-se o PAF_T .

Quadro 10 – Percentuais de Aberturas das fachadas

PAF_T (Percentual de Área de Abertura na Fachada total)	
Índice (%)	28,26
PAF_O (Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste)	
Índice (%)	27,91

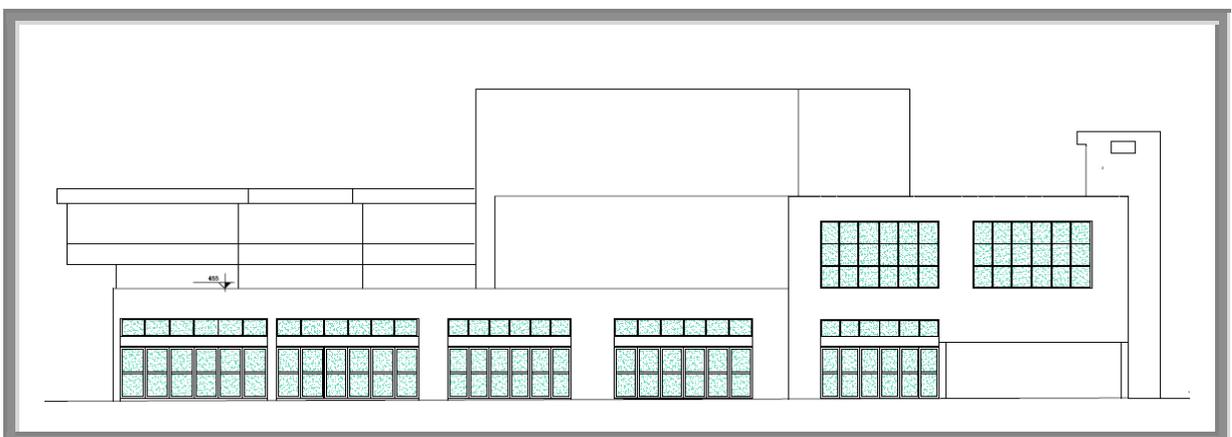
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

No Terminal de Passageiros 2, amplas superfícies envidraçadas garantem boa iluminação natural, filtrada por placas verticais de concreto na fachada de maior dimensão – Oeste. E a fachada Leste, sem elementos de proteção.

a) Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) - Fachada Norte

A figura 28 representa a fachada Norte, para a qual não há elementos de sombreamento.

Figura 28 – Fachada Norte - TPS2



Fonte: Infraero, 2016.

b) Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) - Fachada Sul

Figura 29 – Fachada Sul - TPS2



Fonte: Infraero, 2016.

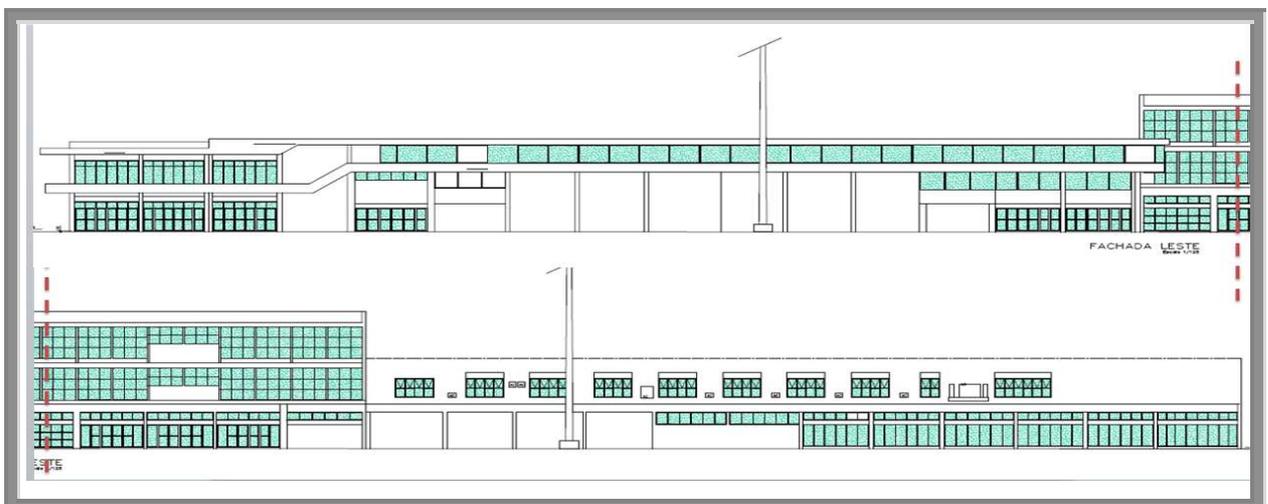
A figura 29, acima, representa a fachada Sul, para a qual tem-se:

- Área de abertura: 92,38m²
- $AVS_S = (38,64 * 51^\circ) + (47,08 * 63^\circ) + (6,66 * 0^\circ) / 92,38$
- $AVS_S = 53,44^\circ$

c) Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) - Fachada Leste

A figura 30, adiante, representa a Fachada Leste do Terminal de Passageiros 2, voltada ao lado ar - posição onde há o estacionamento das aeronaves. Em função de sua extensão, está representada em duas partes.

Figura 30 – Fachada Leste - TPS2



Fonte: Infraero, 2016.

Da figura 30, tem-se:

- Área de abertura: 487,64m²
- $AVS_L = (178,30 * 49^\circ) + (76,31 * 63^\circ) + (233,03 * 0^\circ) / 487,64$
- $AVS_L = 27,77^\circ$

Portanto, da equação 3, a seguinte relação é obtida:

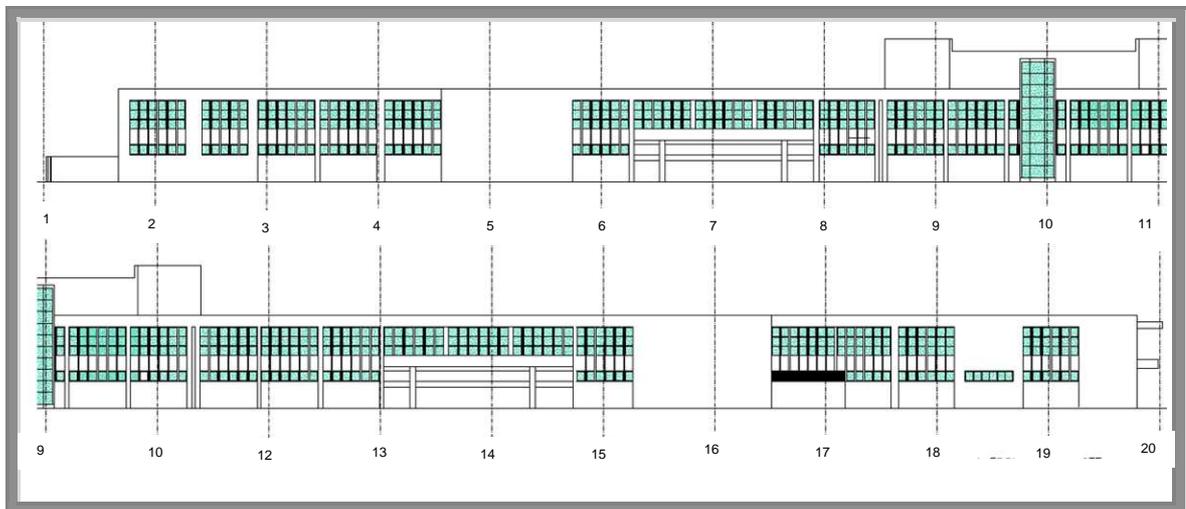
$$AVS = \frac{(27,77^\circ * 487,64) + (53,44^\circ * 92,38)}{487,64 + 92,38}$$

$$AVS = 31,86^\circ$$

d) Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS) - Fachada Oeste

A figura 31, representa a Fachada Oeste, ilustrada em duas partes, sendo a parte superior do eixo 1 ao 10 e a inferior do eixo 10 ao 20. Nesta fachada, há a proteção de fachada com brises verticais.

Figura 31 – Fachada Oeste – TPS2



Fonte: Infraero, 2016.

Da figura 31, tem-se:

- Área de abertura: 476,71m²
- $AHS_o = [476,71 * (54^\circ + 54^\circ) / 2] / 476,71$
- **AHS_o = 54°**

Conforme descrito no RTQ-C, os ângulos de sombreamento devem ser usados com valor máximo de 45°.

Após o levantamento das referidas informações, preencheu-se os campos do aplicativo referente à envoltória, obtendo-se um índice de eficiência nível **A**, conforme demonstrado na figura 32.

Figura 32 - Resultado da simulação para a envoltória – características existentes

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O cálculo da envoltória do TPS2 alcançou o nível A. Neste caso, a transmitância da parede é inferior ao solicitado no RTQ-C, e, portanto, o nível de classificação A mantém-se para este componente. Assim como a transmitância da cobertura possui um valor menor ao solicitado para o nível máximo; dessa forma, por esse pré-requisito, a edificação atinge a classificação A. A tabela 23 resume a comparação entre os limites de transmitância do RTQ-C e os dados da edificação.

Tabela 23 – Comparação entre os dados da edificação e os limites de transmitância e absorvância térmica – Zona Bioclimática 3

Dados	Nível A	Nível B	Edifício – TPS2
Transmitância parede	$\leq 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	2,25 W/m ² K
Transmitância cobertura (climatizado)	$\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,62 W/m ² K
Absortância parede	< 0,5	-	0,20
Absortância cobertura (climatizado)	< 0,5	< 0,5	0,15

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Como conclusão, obtém-se a classificação final da envoltória do TPS2 como sendo **nível A**, com equivalente numérico igual a 5.

4.2.2 Determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação

Para análise do sistema de iluminação, há dois procedimentos de cálculo, sendo estas as 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. Diferentemente da envoltória, os pré-requisitos serão analisados após a determinação da eficiência.

A atividade escolhida foi Transportes, com uso tipo Terminal – bilheteria. Para o método das atividades são necessários os seguintes dados:

- Área dos ambientes;
- Potência instalada;
- Densidades de potência limite segundo o RTQ-C (DPI_L).

A tabela 24, a seguir, apresenta os limites máximos aceitáveis de densidades de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício, conforme o RTQ-C.

Tabela 24 - Limites máximos aceitáveis de densidades de potência de iluminação (DPI_L)

Ambiente	K	RCR	DPI _L –Nível A (W/m ²)	DPI _L –Nível B (W/m ²)	DPI _L –Nível C (W/m ²)	DPI _L –Nível D (W/m ²)
Transportes-Terminal - bilheteria	1,20	4	11,60	13,92	16,24	18,56

Fonte: Inmetro, 2010.

Opcionalmente, também se pode calcular os índices K ou RCR para obter um aumento de 20% na DPI_L.

4.2.2.1 – Análise do Sistema de Iluminação – TPS1

A análise da potência instalada foi feita considerando os quantitativos de luminárias e lâmpadas instaladas por tipo e suas respectivas potências individuais, e potência total instalada por pavimento. Atualmente, há 6 tipos de lâmpadas instaladas, com variadas potências.

A partir do roteiro descrito no item 3.3.1.2 Iluminação, têm-se as seguintes densidades de potência de iluminação limite (DPI_L), conforme o quadro 11, que contém os dados referentes ao primeiro andar do terminal, onde a iluminação é do tipo LED, fluorescentes (FT), Vapor Metálico e Vapor de Sódio. A iluminação do segundo andar é composta por luminárias com lâmpadas do tipo LED, FT, Vapor metálico, vapor de sódio e halógena. No terceiro andar, além das lâmpadas existentes no primeiro e segundo andar, há também lâmpadas do tipo dicrômica. O detalhamento de tais informações também está descrito no anexo D.

O cálculo da potência instalada é feito para avaliar os custos com energia com o propósito de estudar melhoria no requisito eficiência energética da instalação.

Quadro 11 - Análise da potência instalada total e área do TPS1

Local	Potência Instalada	Área Atendida	Indicador (potência x área atendida)
1º pavimento	103.654 W	10.841,85	9,56 W/m ²
2º pavimento	54.214 W	13.705,69	3,96 W/m ²
3º pavimento	119.494 W	11.016,49	10,85 W/m ²
4º pavimento	5.256 W	2.077,03	2,53 W/m ²

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O cálculo da potência limite das atividades é dado pelo produto da área dos ambientes e da DPI_L .

Dados os cálculos demonstrados na tabela 25, observa-se que a potência total instalada é inferior à DPI_L para o nível A, que seria a classificação do sistema sem a análise dos pré-requisitos. Considerando a potência instalada e área atendida tem-se como média o equivalente a 7,5W/m², valor dentro da faixa limite para classificação nível A, que permite um DPI limite de 11,60.

Tabela 25 - Cálculo da potência limite do edifício e determinação do nível de eficiência TPS1

		A	B	C	D
Transportes Terminal- Bilheteria	Total Instalado (W)	282.618			
	Área (m ²)	37.641,06			
	DPI Limite (W/m ²)	11,60	13,92	16,24	18,56
	ÁreaxDPI Limite	436.636,30	523.693,55	611.290,81	698.618,07
Classificação do Ambiente		A			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para a classificação final do sistema de iluminação, deve-se observar o atendimento dos pré-requisitos exigidos no RTQ-C, conforme tabela 26.

Tabela 26 - Pré-requisitos específicos de iluminação

Nível pretendido	Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático
A	X	X	X
B	X	X	
C	X		
D	X		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para as simulações, o RTQ-C, pede que se calcule o limite do ambiente dado pelo índice de ambiente para áreas, chamado índice K. A tabela 27 representa os dados referentes ao Terminal de Passageiros 1, onde o índice médio entre os pisos foi de 6,60 (índice adimensional).

Tabela 27 – Dados do índice de ambiente – TPS1

TPS1				
COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	ÁREA	K
176,00	61,60	5,61	10.841,85	8,13
206,72	66,30	5,55	13.705,69	9,05
178,84	61,60	6,19	11.016,49	7,40
187,36	10,69	5,80	2.077,03	1,81
ÁREA TOTAL			37.641,06	6,60 (média)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Com base nesses dados e com uso do simulador, verificou-se que o nível de eficiência para o sistema de iluminação do Terminal de Passageiros 1 foi B, como representado na figura 33.

Figura 33 – Resultado da simulação para sistema de iluminação TPS1

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-requisitos por ambientes

	- Divisão de circuitos +	Contribuição da luz natural	Desligamento automático	Atividade	Uso	Área [m ²]	Potência [W]	Limite do Ambiente
1	Atende	Atende	Não atende	Transportes	Terminal - bilheteria	37641,06	282618	<input checked="" type="checkbox"/> K 6,6 <input type="checkbox"/> RCR

Calcular Eficiência Limpar

B

* Desde que observados os pré-requisitos de contribuição da luz natural e divisão dos circuitos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Sobre os pré-requisitos, o sistema de iluminação do TPS1 não possui desligamento automático, assim como as luminárias próximas às aberturas que proporcionam contribuição de luz natural não possuem controle individualizado, de forma a otimizar o uso da iluminação artificial.

Como conclusão, após terem sido avaliados os pré-requisitos do ambiente, obtém-se a classificação final da iluminação como sendo **nível B**, com equivalente numérico igual a 4.

4.2.2.2 Análise do Sistema de Iluminação – TPS2

O Quadro 12 apresenta as potências totais instaladas por pavimento. O detalhamento de tais informações também está descrito no anexo E.

Quadro 12 - Análise da potência instalada total e área do TPS2

Local	Potência Instalada	Área Atendida	Indicador (potência x área atendida)
1º pavimento	38.578 W	7.172,66	5,38
2º pavimento	37.316 W	5.727,66	6,51
3º pavimento	2.184 W	2.157,38	1,01

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O cálculo da potência limite das atividades é dado pelo produto da área dos ambientes e da DPI_L. A partir do roteiro descrito no item 3.3.1.2 Iluminação, têm-se as seguintes densidades de potência de iluminação limite (DPI_L), conforme tabela 28.

Tabela 28 - Cálculo da potência limite do edifício e determinação do nível de eficiência TPS2

		A	B	C	D
Transportes: Terminal- Bilheteria	Total Instalado (W)	78.078			
	Área (m ²)	14.057,70			
	DPI Limite (W/m ²)	11,60	13,92	16,24	18,56
	Área x DPI Limite	163.069,32	195.683,18	228.297,05	260.910,61
Classificação do Ambiente		A			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Dados os cálculos demonstrados na tabela 28, percebe-se que a potência total instalada é inferior à DPI_L para o nível A, pois considerando a potência instalada e área atendida tem-se como média o equivalente a $7,5W/m^2$, valor dentro da faixa limite para classificação nível A, que seria a classificação do sistema sem a análise dos pré-requisitos.

Para a classificação final do sistema de iluminação, deve-se observar o atendimento dos pré-requisitos exigidos no RTQ-C, conforme verificado na tabela 29.

Tabela 29 - Pré-requisitos específicos de iluminação

Nível pretendido	Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático
A	X	X	X
B	X	X	
C	X		
D	X		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para as simulações, o RTQ-C, pede que se calcule o limite do ambiente dado pelo índice de ambiente para áreas, chamado índice K. A tabela 30 representa os dados referentes ao Terminal de Passageiros 2, onde o índice médio entre os pisos foi de 8,06.

Tabela 30 – Dados índice de ambiente – TPS2

TPS2				
COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	ÁREA	K
175,58	40,85	4,0	7.172,66	8,28
140,21	40,85	3,55	5.727,66	8,91
28,33	40,85	2,40	1.157,38	6,97
ÁREA TOTAL			14.057,70	8,06 (média)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Sobre os pré-requisitos, o sistema de iluminação do TPS2 não possui desligamento automático, assim como as luminárias próximas às aberturas que proporcionam contribuição de luz natural não possuem controle individualizado de forma a otimizar o uso da iluminação artificial. Na figura 34, é apresentado o resultado da simulação para o sistema de iluminação do TPS-2.

Figura 34 - Resultado da simulação para sistema de iluminação TPS2

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-requisitos por ambientes

	- Divisão de circuitos +	Contribuição da luz natural	Desligamento automático	Atividade	Uso	Área [m ²]	Potência [W]	Limite do Ambiente
1	Atende	Atende	Não atende	Transportes	Terminal - bilheteria	14057.70	78078	<input checked="" type="checkbox"/> K 3.06 <input type="checkbox"/> RCR

Calcular Eficiência Limpar

B

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Como conclusão, após terem sido avaliados os pré-requisitos do ambiente, obtém-se a classificação final da iluminação como sendo **nível B**, com equivalente numérico igual a 4.

4.2.2.3 Propostas de melhorias necessárias para elevação da classificação

Para ambos os terminais, a proposta para elevação da classificação de B para A seria o atendimento do pré-requisito de desligamento automático, conforme verificado na figura 35 e na figura 36, referentes ao TPS1 e TPS2, respectivamente.

Figura 35 – Resultado da simulação – sistema de iluminação TPS1

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-requisitos por ambientes

	- Divisão de circuitos +	Contribuição da luz natural	Desligamento automático	Atividade	Uso	Área [m ²]	Potência [W]	Limite do Ambiente
1	Atende	Atende	Atende	Transportes	Terminal - bilheteria	37641.06	282618	<input checked="" type="checkbox"/> K 6.6 <input type="checkbox"/> RCR

Calcular Eficiência Limpar

A

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Figura 36 - Resultado da simulação – sistema de iluminação TPS2

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-requisitos por ambientes

	- Divisão de circuitos +	Contribuição da luz natural	Desligamento automático	Atividade	Uso	Área [m ²]	Potência [W]	Limite do Ambiente
1	Atende	Atende	Atende	Transportes	Terminal - bilheteria	14057.70	78078	<input checked="" type="checkbox"/> K 3.06 <input type="checkbox"/> RCR

Calcular Eficiência Limpar

A

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Atualmente não há viabilidade de instalação de medição centralizada, pois existem muitas entradas de energia elétrica que dificultam a unificação dos sistemas. Na situação condição de consumo, a Infraero tem 12 faturamentos diretos pela CEEE-D e tem, internamente, mais 14 empresas ou consumidores faturados diretamente pela CEEE com sistemas de média tensão.

Para tal adequação, há necessidade de um projeto de automação, o que requer conhecimentos específicos que ficaram fora do escopo desta pesquisa. Porém, para a proposta de melhoria foi considerado um estudo existente da administradora do aeroporto e que foi descrito no item 4.4.

4.2.3 Análise do sistema de condicionamento de ar

Para a obtenção do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar, fez-se necessário o levantamento dos equipamentos de ar condicionado instalados em cada um dos ambientes.

4.2.3.1 Sistema de condicionamento de ar – TPS1

O sistema de ar condicionado do TPS1 é formado pelos equipamentos constantes do quadro 13. O detalhamento de cada modelo de equipamentos e suas capacidades está no anexo F. O sistema instalado para atender ao TPS1 é

classificado como expansão indireta, compondo o sistema de ar condicionado central, no qual, pelos requisitos do RTQ-C, são avaliados os resfriadores de líquido e as torres de arrefecimento. Os sistemas de *split* e de janela foram agregados ou por expansão de área (*check-in* da TAM) ou por ocupação de espaços que não eram atendidos no projeto.

Quadro 13 – Relação de equipamentos do sistema de ar condicionado - TPS1

Equipamentos	Quantidade	Capacidade Total (kW)
Resfriadores de líquido	03	3.841
Torres de arrefecimento	03	3.841
Ar condicionado de janela	01	6
Multi <i>split</i>	05	88
	01	27
<i>Self a ar</i>	03	53
<i>Split system</i>	35	524

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para classificação conforme o RTQ-C, os componentes do sistema foram classificados de acordo com os requisitos apresentados no item 3.3.1.3 Condicionamento de ar, detalhados anteriormente na tabela 10, tabela 11, tabela 12, tabela 13, tabela 14 e tabela 15.

Os resfriadores de líquido – *chillers* – atualmente instalados e que atendem ao TPS1 são do tipo parafuso com condensação a água. Conforme manual do fabricante do equipamento, temos as seguintes informações:

- COP (Coeficiente de Performance) para o modelo de 375 TR = 4,65 (100% da carga);
- Compressores: tipo parafuso, com condensação a água;

- Potência absorvida: 280 kW;
- Capacidade unitária: 1.302 kW.

O coeficiente de performance é um índice de eficiência associado aos sistemas de refrigeração e ar condicionado, onde valores muito baixos indicam que baixa eficiência.

A classificação dos *chillers*, conforme critérios das tabelas apresentadas no item 3.3.1.3 Condicionamento de ar, temos que é **E**.

As torres de resfriamento são do tipo vertical, com ventilação por tiragem induzida de ar e ventilador axial (modelo aspiração), de pás múltiplas e passo ajustável. Possui vazão unitária de água de 245m³/h (68,06l/s), com temperatura de entrada da água igual a 35,0°C e temperatura de saída da água de 29,5°C. Seu motor do ventilador tem potência de 25,0CV, equivalente a 18,39kW. Com isso, o desempenho é igual a 3,70, resultado da razão entre vazão e potência do motor do ventilador. A classificação das torres de resfriamento, conforme critérios da tabela 15, apresentada no item 3.3.1.3 Condicionamento de ar, temos que é **A**.

Além do sistema de condicionamento central, há equipamentos individuais que atendem a diversas áreas, conforme elencado anteriormente no quadro 9. Como os equipamentos possuem níveis de eficiência distintos, é necessária uma ponderação da classificação dos equipamentos (equivalentes numéricos) pela capacidade dos mesmos, a fim de calcular o equivalente numérico final envolvendo todos os sistemas de condicionamento de ar e, portanto, o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar do edifício.

Por meio do quadro 14 é possível identificar as ponderações de cada um dos níveis. Verificou-se que, somando as ponderações de cada um dos tipos de equipamentos, obteve-se um equivalente numérico igual a 2,96. Pelos valores apresentados na tabela 3, verifica-se que a classificação dos aparelhos de janela e *split* seria **C**.

Quadro 14 – Ponderação da capacidade total e equivalente numérico - ar condicionado de janela e *split* – TPS1

Nível	EqNum	Núm. equip.	Potência unitária (kW)	Potência Total (kW)	Ponderação	Ponderação EqNum
B	4	5	17,6	88	0,12641	0,50564
B	4	1	24,6	24,6	0,03534	0,14136
E	1	3	17,6	52,8	0,07585	0,07585
C	3	20	16,9	338	0,48555	1,45665
C	3	10	14,08	140,8	0,20226	0,60678
D	2	2	10,56	21,12	0,03034	0,06068
D	2	1	7,04	7,04	0,01012	0,02024
D	2	2	8,8	17,6	0,02528	0,05056
A	5	1	6,16	6,16	0,00885	0,04425
			TOTAL	696,12	1	2,96201

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O sistema central de condicionamento de ar teve seu nível de eficiência energética enquadrado no nível E, já que os equipamentos utilizados não atendem aos requisitos mínimos de eficiência indicados pelo RTQ-C, não existe cálculo de carga térmica do sistema atualizado com as mudanças de *layout* e distribuição dos dutos, não há controle de temperatura por zona térmica e os dispositivos de isolamento das diferentes zonas térmicas não foram contemplados.

Para determinar a classificação final do sistema, devemos fazer uma ponderação pela capacidade de cada tipo de equipamento. No quadro 15, o coeficiente de ponderação é dado pela relação entre a capacidade do aparelho e a capacidade total dos dois sistemas, e o resultado ponderado é o produto do equivalente numérico por esse coeficiente de ponderação.

Quadro 15 – Classificação final do sistema de condicionamento de ar

Unidade	Capacidade (kW)	Eficiência (COP)	Classificação	Eq. Numérico	Coefficiente ponderação	Resultado ponderado
<i>Splits</i>	696,12	--	C	2,96	0,15	0,444
<i>Chillers</i>	3.841	4,65	E	1	0,85	0,85
TOTAL	4.537,12					1,294

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Com isso, o nível de classificação final do sistema de condicionamento de ar do TPS1 é **E**.

Observa-se que, ainda que os *chillers* sejam considerados como sistema de alta eficiência, os modelos atualmente instalados no SBPA, quando avaliado pelos requisitos do PROCEL Edifica, apresentou-se como classificação E.

4.2.3.2 Sistema de condicionamento de ar – TPS2

O sistema de ar condicionado do TPS2 é formado por equipamentos tipo: ar condicionado de janela, *self a ar*, *split system* e VRF. O detalhamento de cada modelo de equipamentos e suas capacidades está no anexo G.

Para classificação conforme o RTQ-C, os equipamentos foram analisados de acordo com requisitos apresentados no item 3.3.1.3 Condicionamento de ar, detalhados anteriormente na tabela 9.

Os equipamentos atualmente instalados e que atendem ao TPS2 (áreas de embarque/desembarque e saguão) são do tipo VRF com ciclo reverso. Conforme manual do fabricante do equipamento, temos as seguintes informações, demonstradas no quadro 16:

Quadro 16 – Informações do fabricante – modelo VRF – TPS2

MODELO	COP	KW	QUANTIDADE
MDV-450(16)W/DDN1	3,21	45	06
MDV-400(14)W/DDN1	3,25	40	03
MDV-280(10)W/DDN1	3,89	28	18

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A classificação do sistema VRF, conforme critérios das tabelas apresentadas no Anexo B, temos que é **A**.

No quadro 17, adiante, foram calculadas as ponderações dos equipamentos de ar condicionado, tipo janela e *split*, que são complementares ao sistema VRF.

Quadro 17 – Ponderação da capacidade total e equivalente numérico – ar condicionado de janela e *split* – TPS2

Nível	EqNum	Número equip.	Potência unitária (kW)	Potência Total (kW)	Ponderação	Ponderação EqNum
E	1	4	17,6	70,4	0,252855	0,252855
D	2	2	15,13	30,26	0,108685	0,21737
C	3	8	5,28	42,24	0,15171	0,45513
A	5	5	3,52	17,6	0,06321	0,31605
B	4	2	10,56	21,12	0,07586	0,30344
E	1	4	7,04	28,16	0,10114	0,10114
C	3	2	3,52	7,04	0,02528	0,07584
C	3	1	10,56	10,56	0,03794	0,11379
B	4	1	7,04	7,04	0,02529	0,10112
A	5	3	5,28	15,84	0,05689	0,28445
C	3	1	7,04	7,04	0,02528	0,07584
D	2	2	10,56	21,12	0,07586	0,1517
			TOTAL	278,42	1	2,448725

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para determinar a classificação final do sistema, deve ser feita uma ponderação da capacidade de cada tipo de equipamento. No quadro 18, o coeficiente de ponderação é dado pela relação entre a capacidade do aparelho pela capacidade total dos dois sistemas, e o resultado ponderado é o produto do equivalente numérico por esse coeficiente de ponderação.

Quadro 18 – Classificação final do sistema de condicionamento de ar

Unidade	Capacidade (kW)	Classific.	Eq. Num.	Coefficiente ponderação	Resultado ponderado
<i>Splits</i>	278,42	D	2	0,24	0,48
VRF	894	A	5	0,76	3,8
TOTAL	1.172,42				4,28

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Com isso, o nível de classificação final do sistema de condicionamento de ar do TPS2 é **B**. Como os equipamentos do sistema VRF possuem classificação nível A, as melhorias para elevar a classificação será nos equipamentos individuais, do tipo Split e ar condicionado de janela. Efetuando a substituição dos equipamentos classificados em E, tem-se a nova ponderação da capacidade total e equivalente numérico, conforme quadro 19.

Quadro 19 – Ponderação da capacidade total e equivalente numérico – ar condicionado de janela e *split* com melhorias– TPS2

Nível	EqNum	Número equip.	Potência unitária (kW)	Potência Total (kW)	Ponderação	Ponderação EqNum
A	5	4	17,6	70,4	0,252845	1,264225
D	2	2	15,13	30,26	0,108723	0,217446
C	3	8	5,28	42,24	0,151707	0,45512
A	5	5	3,52	17,6	0,063211	0,316056
B	4	2	10,56	21,12	0,075853	0,303413
A	5	4	7,04	28,16	0,101138	0,50569
C	3	2	3,52	7,04	0,025284	0,075853
C	3	1	10,56	10,56	0,037927	0,11378
B	4	1	7,04	7,04	0,025284	0,101138
A	5	3	5,28	15,84	0,05689	0,28445
C	3	1	7,04	7,04	0,025284	0,075853
D	2	2	10,56	21,12	0,075853	0,15707
			TOTAL	278,42	1	3,87001

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

No quadro 20, o coeficiente de ponderação é dado pela relação entre a capacidade do aparelho pela capacidade total dos dois sistemas instalados. Tem-se que a classificação final sofre alteração, passando de B para A, pois possui pontuação igual a 4,76.

Quadro 20 – Classificação final do sistema de condicionamento de ar

Unidade	Capacidade (kW)	Classific.	Eq. Num.	Coeficiente ponderação	Resultado ponderado
<i>Splits</i>	278,42	B	4	0,24	0,96
VRF	894	A	5	0,76	3,8
TOTAL	1.172,42				4,76

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

No TPS2, o sistema de condicionamento de ar da área de passageiros do terminal é de tecnologia VRF. Observa-se, apenas, que uma tecnologia de ar condicionado central (*chillers* e *fan coils*) opera com COP (coeficiente de performance) praticamente com o dobro de rendimento em relação ao sistema VRF. Porém, considerando a idade da instalação da central do TPS2 e os critérios do PROCEL, observa-se que o sistema VRF foi mais eficiente do que a central de ar condicionado. Enquanto o *chiller* instalado no TPS1 apresenta um COP de 4,65 com classificação E, o sistema VRF apresenta um COP médio de 3,67 que o classifica como nível A.

Nesse ponto, a classificação do PROCEL Edifica se apresenta incompleta, uma vez que não pondera os tipos de sistemas e a vida útil de performance de cada sistema. Um sistema VRF perde sua eficiência mais rápido do que um sistema de ar central, ou seja, para uma tomada de decisão, pelos critérios do PROCEL Edifica pode induzir o projetista a selecionar o sistema VRF e em longo prazo, a alta eficiência não se manter e requerer novos investimentos para manter o sistema na classificação A do Procel Edifica.

4.3 ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS - NÍVEL DE EFICIÊNCIA GERAL DA EDIFICAÇÃO

De acordo com os resultados obtidos para cada um dos três sistemas individuais - 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 geral atual dos terminais de passageiros do Aeroporto Internacional de Porto Alegre. Pelos resultados obtidos anteriormente e aplicando a equação geral do RTQ-C para cálculo da pontuação total do edifício, chega-se aos resultados finais de cada edificação, conforme descritos nas subseções a seguir.

4.3.1 Cálculo da Eficiência Geral – TPS1

A tabela 31 apresenta a verificação dos pré-requisitos gerais e específicos da envoltória, do sistema de iluminação e do condicionamento de ar.

Tabela 31 - Verificação dos pré-requisitos RTQ-C – TPS1

Descrição		Pré-requisito atendido?
GERAL	Circuitos elétricos	Não aplicável
	Aquecimento de água	Não aplicável
	Isolamento de tubulações	Não aplicável
ENVOLTÓRIA	Transmitância térmica da cobertura de ambientes condicionados não deve ultrapassar $ZB3 = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sim
	Transmitância térmica das paredes externas não deve ultrapassar $ZB3 = 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sim
	Cores e absorvância das paredes $ZB3 \alpha < 0,50$	Sim
	Cores e absorvância das coberturas $ZB3 \alpha < 0,50$	Sim
	Iluminação zenital	Sim
ILUMINAÇÃO	Divisão dos circuitos	Sim
	Contribuição da luz natural	Sim
	Desligamento automático do sistema de iluminação	Não
CONDICIONAMENTO DE AR	Isolamento térmico para dutos de ar	Sim
	Condicionamento de ar por aquecimento artificial	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

- EqNumEnv = Nível de Eficiência A = 5;
- EqNumDPI = Nível de Eficiência B = 4;

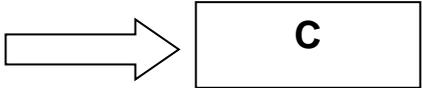
- EqNumCA = Nível de Eficiência E = 1;

Substituindo-se os valores EqNum de cada sistema individualmente avaliado na fórmula da pontuação total (PT), obtém-se um nível de eficiência global igual a 3,19, ou seja, **nível C** atual de eficiência global, como pode ser visto no cálculo, demonstrado no quadro 21:

$$PT = 0,30 \times \left\{ \left(5 \times \frac{35.564,03}{37.641,06} \right) + \left(\frac{2.077,03}{37.641,06} \times 5 \right) \right\} + 0,30 \times (4) \\ + 0,40 \times \left\{ \left(1 \times \frac{35.564,03}{37.641,06} \right) + \left(\frac{2.077,03}{37.641,06} \times 5 \right) \right\} = 1,5 + 1,2 + 0,49 = 3,19$$

Quadro 21 – Classificação final – TPS 1

PT (PONTUAÇÃO)	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



De acordo com os resultados obtidos pelo confronto entre as exigências mínimas para obtenção da referida etiqueta e as características da edificação analisada, a ponderação realizada por características dos sistemas mostra que o sistema que obteve menor nível de eficiência foi o de condicionamento de ar. E é esse sistema que possui maior peso no cálculo de eficiência global.

4.3.2 Cálculo da Eficiência Geral – TPS2

A tabela 32, a seguir, apresenta a verificação dos pré-requisitos gerais e específicos da envoltória, do sistema de iluminação e do condicionamento de ar.

Tabela 32 - Verificação dos pré-requisitos RTQ-C – TPS2

Descrição		Pré-requisito atendido?
GERAL	Circuitos elétricos	Não aplicável
	Aquecimento de água	Não aplicável
	Isolamento de tubulações	Não aplicável
ENVOLTÓRIA	Transmitância térmica da cobertura de ambientes condicionados não deve ultrapassar $ZB3 = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sim
	Transmitância térmica das paredes externas não deve ultrapassar $ZB3 = 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sim
	Coeficiente de absorção das paredes $ZB3 \alpha < 0,50$	Sim
	Coeficiente de absorção das coberturas $ZB3 \alpha < 0,50$	Sim
	Iluminação zenital	Sim
ILUMINAÇÃO	Divisão dos circuitos	Sim
	Contribuição da luz natural	Sim
	Desligamento automático do sistema de iluminação	Não
CONDICIONAMENTO DE AR	Isolamento térmico para dutos de ar	Sim
	Condicionamento de ar por aquecimento artificial	Não aplicável

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

- EqNumEnv = Nível de Eficiência A = 5;
- EqNumDPI = Nível de Eficiência B = 4;
- EqNumCA = Nível de Eficiência A = 5.

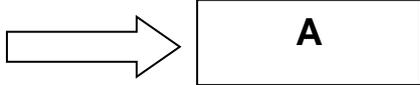
Substituindo-se os valores EqNum de cada sistema individualmente avaliado na fórmula da pontuação total (PT), obtém-se um nível de eficiência global igual a 4,70, ou seja, **nível A** atual de eficiência global, como pode ser visto no cálculo, demonstrado no quadro 22:

$$PT=0,30 \times \left\{ \left(5 \times \frac{12.900,32}{14.057,70} \right) + \left(\frac{1.157,38}{14.057,70} \times 5 \right) \right\} + 0,30 \times (4)$$

$$+ 0,40 \times \left\{ \left(5 \times \frac{12.900,32}{14.057,70} \right) + \left(\frac{1.157,38}{14.057,70} \times 5 \right) \right\} = 1,50 + 1,2 + 2,0 = 4,70$$

Quadro 22 - Classificação final – TPS 2

PT (PONTUAÇÃO)	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



Dentro do programa de etiquetagem, há previsão de bonificações caso a edificação possua: sistema de racionalização do uso da água e aproveitamento da mesma, sistemas ou fontes renováveis de energia, sistema de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas e além desses, os edifícios que possuem elevadores que atinjam nível A pela avaliação da norma VDI4707⁹. Para as duas edificações analisadas, não há sistema para atendimento aos itens de bonificação. Com isso, nas classificações não foram considerados pontos extras por bonificação.

4.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Para a análise econômica, em função da limitação de conhecimentos específicos relacionados ao sistema de condicionamento de ar e iluminação, foram utilizados os dados projetados por meio do estudo de consultoria contratado pela Infraero em 2013. Nesse referido estudo, foi apresentado o potencial de redução de custos com energia e investimentos necessários para a implementação das medidas de eficiência energética, identificadas através de levantamentos e medições realizadas junto às instalações de cada terminal de passageiros. O valor considerado para o referido estudo foi de R\$0,30 o custo médio do kWh.

⁹ A norma VDI 4707-1 refere-se à eficiência energética de elevadores, estabelecida pela Associação de Engenheiros Alemães (VDI), onde as classificações estão entre "A" a "G", sendo "A" a classe mais eficiente. Fonte: <http://www.schindler.com>

Para o sistema de iluminação, tanto do TPS1 quanto do TPS2, foi proposta a implantação do sistema *DALI*, *Digital Addressable Lighting Interface*. É um protocolo de comunicação para o controle de dispositivos de iluminação, e foi especialmente concebido para gestão de iluminação, proporcionando reduzir os custos de integração, as despesas de instalação e os custos de exploração (alterações futuras).

No TPS1, dentre as cargas levantadas, a do sistema de ar condicionado central é a maior carga da edificação. O projeto de ar condicionado central do TPS1, mesmo tendo certo tempo que encontra-se instalado, foi desenvolvido de forma conceitualmente eficiente. Na proposta de melhoria, foi pensado mudar para um sistema com altíssima eficiência, com a implantação do sistema de automação de um ar condicionado central do porte do sistema em questão, que implicaria num ganho maior que 20% em suprimento de energia. Conclui-se ainda que 20% são significativos quando esse sistema representa 48% do total da carga do terminal. Os dados econômicos apurados à época do referido estudo estão detalhados na tabela 33.

Tabela 33 - Dados econômicos e energéticos TPS1, apurados em 2013

Ação	Opção	Economia anual estimada		Investimento	Período de retorno
		kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna e viária cobertura treliças	Substituição por tecn. LED; Implantação do sistema DALI	1.094.188	332.747,63	680.950,00	24,5
Sistema de ar condicionado central	Termo acumulação; Motores alta eficiência; Automação do sistema	2.044.294	621.679,56	1.219.000,00	23,5

Fonte: Infraero, 2013.

Em função disso, o único sistema que requer melhoria para atendimento aos requisitos do PROCEL Edifica é o sistema de iluminação, com os valores da proposta descritos na tabela 34.

Tabela 34 - Dados econômicos e energéticos TPS2, apurados em 2013

Ação	Opção	Economia anual estimada		Investimento	Tempo de retorno
		kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna	Substituição por tecn. LED; Implantação do sistema DALI	435.402	158.506,75	317.013,49	24,0

Fonte: Infraero, 2013.

Outra melhoria prevista é a substituição dos aparelhos individuais que tinham classificação do selo PROCEL E. Com isso, o investimento seria relativamente baixo, conforme demonstrado no quadro 23:

Quadro 23 – Dados de substituição de aparelhos individuais

Modelo	Capacidade (kW)	Quantidade	Valor médio de aquisição (R\$)	Valor total (R\$)
Split	7,04	04	7.138,00	28.552,00
Split	17,60	04	3.542,60	14.170,40

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Com intuito comparativo, para atualização dos valores de investimentos foram consideradas três hipóteses, com índices econômicos, sendo a primeira com o IGP-M (Índice Geral de Preços do Mercado), por tratar-se do índice mais empregado como indexador financeiro. Na segunda hipótese, o INPC (Índice Nacional de Preços ao Consumidor), e como terceira hipótese foi utilizado o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo), apurado pelo período de dezembro de 2013 a agosto de 2016.

Atualizando tais valores para o presente momento, considerando os índices do período de dezembro de 2013 até agosto de 2016, temos as respectivas atualizações, conforme tabela 35.

Tabela 35 – Atualização financeira dos investimentos

	IGP-M	INPC	IPCA
TPS1			
Iluminação interna	833.026,20	857.448,57	849.433,95
Ar condicionado	1.491.238,63	1.534.958,23	1.520.610,90
TPS2			
Iluminação interna	387.811,95	399.181,68	395.450,51

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Os valores do custo médio do kWh considerados para o referido estudo foram baseados, conforme Tarifas de Energia Elétrica aplicáveis ao Grupo A4 (13,8/25kV), em dados publicados pela concessionária de energia CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica), demonstrados na tabela 36, conforme o tipo tarifário de bandeira. Sobre o valor unitário foram acrescidos os impostos, sendo 0,748% - PIS, 3,447% - COFINS e 30% - ICMS – mês de referência: agosto/2016. Tais valores estão detalhados no anexo C.

Tabela 36 – Tarifas de energia elétrica aplicáveis ao grupo A4

	Valor kWh-R\$ Bandeira Verde	Valor kWh-R\$ Bandeira Amarela	Valor kWh-R\$ Bandeira Vermelha – Patamar 1	Valor kWh-R\$ Bandeira Vermelha – Patamar 2
Ponta	0,72652	0,73865	0,75365	0,76865
Fora da ponta	0,50555	0,52055	0,53555	0,55055
Média ponderada	0,53	0,54	0,56	0,57

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Ponderando os valores de consumo entre horário de energia da ponta e fora da ponta, temos uma média em participação do consumo, sendo 9,30% ponta e 90,70% fora da ponta.

Para os dados econômicos atualizados, foram considerados os valores da tarifa Bandeira Verde, na qual se tem o maior tempo de retorno. Caso a realidade apurada quando da realização das melhorias encontrar-se em outra faixa de tarifação, o tempo de retorno seria diminuído.

Na primeira hipótese, na tabela 37, são demonstrados os dados econômicos atualizados pelo índice IGP-M para o TPS1.

Variação do índice IGP-M entre 20/12/2013 e 24/08/2016:

- ✓ Em percentual: 22,3329%;
- ✓ Em fator de multiplicação: 1,223329.

Tabela 37 - Dados econômicos e energéticos TPS1 – IGP-M

Ação	Economia anual estimada		Investimento	Tempo de retorno
	kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna e viária cobertura treliças	1.094.188	579.919,64	833.026,20	17
Sistema de ar condicionado central	2.044.294	1.083.475,82	1.491.238,63	17

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para o TPS2, o tempo de retorno apresenta-se um pouco maior, com previsão de um pouco mais que 20 meses para melhoria do sistema de iluminação, como demonstrado na tabela 38.

Tabela 38 - Dados econômicos e energéticos TPS2 – IGP-M

Ação	Economia anual estimada		Investimento	Tempo de retorno
	kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna	435.402	230.763,06	387.811,95	20

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Na segunda hipótese, foi considerado o índice INPC, como demonstrado na tabela 45. Tal índice tem uma variação um pouco maior comparado com o IGP-M, conforme demonstrado na tabela 29; porém, esta diferença não foi muito significativa e, conseqüentemente, não aumentou o tempo de retorno do investimento para o sistema de condicionamento de ar e teve apenas um leve aumento de um mês para o sistema de iluminação. Essas informações seguem detalhadas na tabela 39 para o TPS1 e na tabela 40 para o sistema de iluminação do TPS2.

Variação do índice INPC entre 20/12/2013 e 24/08/2016:

- ✓ Em percentual: 25,9195%;
- ✓ Em fator de multiplicação: 1,259195.

Tabela 39 - Dados econômicos e energéticos TPS1 – INPC

Ação	Economia anual estimada		Investimento	Tempo de retorno
	kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna e viária cobertura treliças	1.094.188	579.919,64	857.448,57	18
Sistema de ar condicionado central	2.044.294	1.083.475,82	1.534.958,23	17

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 40 - Dados econômicos e energéticos TPS2 – INPC

Ação	Economia anual estimada		Investimento	Tempo de retorno
	kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna	435.402	230.763,06	399.181,68	21

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Na terceira hipótese, utilizou-se o IPCA, que é o índice empregado no Brasil no que se refere à política monetária. A tabela 41, adiante, apresenta os valores e o tempo de retorno para as melhorias do TPS1.

Variação do índice IPCA entre 20/12/2013 e 24/08/2016:

- ✓ Em percentual: 24,7425%;
- ✓ Em fator de multiplicação: 1,247425.

Tabela 41 - Dados econômicos e energéticos TPS1 – IPCA

Ação	Economia anual estimada		Investimento	Tempo de retorno
	kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna e viária cobertura treliças	1.094.188	579.919,64	849.433,95	18
Sistema de ar condicionado central	2.044.294	1.083.475,82	1.520.610,90	17

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A tabela 42 apresenta os dados econômicos e energéticos referentes às melhorias do TPS2, aplicado o índice IPCA.

Tabela 42 - Dados econômicos e energéticos TPS2 - IPCA

Ação	Economia anual estimada		Investimento	Tempo de retorno
	kWh/ano	R\$	R\$	meses
Iluminação interna	435.402	230.763,06	395.450,51	21

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Em resumo, os tempos de retorno não sofreram muita variação, conforme tabela 43.

Tabela 43 - Tempos de retorno, em meses –
Bandeira verde, conforme índice aplicado

	IGP-M	INPC	IPCA
TPS1			
Iluminação	17	18	18
Ar condicionado	17	17	17
TPS2			
Iluminação	20	17	21

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Estima-se um período de menos de dois anos para retorno do investimento, considerando o cenário mais conservador, em que a tarifa de energia estaria sempre em bandeira verde. Caso a situação fosse a vivenciada em 2015, o tempo de retorno seria menor, pois o adicional da bandeira vermelha foi praticado por todo o ano de 2015. Tal simulação pode ser observada na tabela 44, onde os valores de investimentos foram baseados na economia anual estimada multiplicado pelo valor unitário da tarifa de energia elétrica acrescida do adicional de bandeira vermelha.

Tabela 44 - Tempos de retorno, em meses –
Bandeira vermelha, conforme índice aplicado

	IGP-M	INPC	IPCA
TPS1			
Iluminação R\$ 623.687,16	16	16	16
Ar condicionado R\$ 1.165.247,58	15	16	16
TPS2			
Iluminação R\$ 248.179,14	19	19	19

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Em termos financeiros, o adicional de bandeira vermelha representou 7% a mais do valor da bandeira verde. Tal percentual se reflete no tempo de redução do período de retorno do investimento. Com isso, caso as três propostas fossem adotadas pela administradora do aeroporto, haveria uma economia anual de R\$1.894.158,52. Isso representa um percentual de redução de kWh anual, conforme quadro 21, a seguir. As propostas para o TPS1 representariam uma redução de 21,5% no consumo anual de 2014 e de 22,2% no consumo de 2015. Enquanto a proposta de melhoria no sistema de iluminação do TPS2 equivale a 13,8% de economia relativa ao consumo anual de 2014 e 13,4% do consumo de 2015.

Quadro 24 – Percentuais de redução anual

	Consumo anual (kWh) 2014	Redução %	Consumo anual (kWh) 2015	Redução %
TPS1	14.585.609	21,5	14.164.984	22,2
TPS2	3.146.301	13,8	3.257.120	13,4
Total	17.761.910	-	17.422.104	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A proposta ideal de solução ocorre quando não há restrição de recursos financeiros. No entanto, a realidade prática de qualquer empresa, seja pública ou privada, a restrição orçamentária é um ponto fundamental. Além disso, há de se considerar que os recursos quando disponibilizados para investimento, são também destinados a demais áreas e instalações do aeroporto.

Para os cenários simulados de investimentos, não foi considerado nenhum valor médio de correção monetária relativa à inflação anual, de forma que os custos pudessem ser reajustados a cada ano.

Dentre as três propostas de melhorias, o sistema de condicionamento de ar é o que demandaria maior volume de investimento e numa necessidade de priorização, deve-se ser elencado como principal, pois representa 40% do equivalente numérico para a etiquetagem PROCEL, e foi o que obteve pior classificação parcial por sistema avaliado.

A cada valor que se propõe para redução no consumo, implica diretamente no custo por passageiro. Constatou-se que apesar do consumo dos terminais ter reduzido em 2015, conforme visto no Quadro 16, tal dado não refletiu no custo por passageiro em função do adicional de bandeira vermelha aplicado durante o ano de 2015.

Pelo quadro 22, temos a relação do custo por passageiro em função do valor gasto com energia elétrica e o número de passageiros processados nos anos de 2014 e 2015.

Quadro 25 – Relação consumo por movimento de passageiros

	Custo de Energia (2014)	N.º de pax processados/ano	Custo de Energia (2015)	N.º de pax processados / ano
TPS 1 e 2	R\$ 5.906.338,01	8.447.380	R\$ 9.735,767,49	8.354.961
Custo por passageiro	R\$ 0,70		R\$ 1,17	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado utiliza como parâmetro a certificação brasileira PROCEL Edifica. A eficiência energética foi avaliada por meio de condições técnicas de edifícios e sistemas operacionais, seguida por análise e classificação pelo método PROCEL Edifica.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações tem por objetivo promover a eficiência energética de edificações, sejam elas do setor comercial, de serviços, públicas ou do setor residencial.

Este estudo promoveu uma aplicação da metodologia proposta na regulamentação para etiquetagem do nível de eficiência energética de prédios públicos. Durante o desenvolvimento da pesquisa, observou-se que, apesar da existência desses programas, junto aos benefícios que poderiam ser alcançados pela adoção deles, a implantação de medidas de eficiência energética em prédios públicos não é suficiente se não vier acompanhada de um sistema de gestão destas edificações.

Embora o programa exista há seis anos, observou-se que ainda há poucas edificações certificadas pelo PROCEL em comparação com os demais sistemas de certificação existentes, além do desconhecimento dessa certificação pelos profissionais da área de engenharia.

A avaliação de edifícios é uma das iniciativas do compromisso para o cumprimento de metas ambientais, contemplando as várias dimensões da sustentabilidade. Este trabalho avaliou a eficiência energética dos dois terminais de passageiros do Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho, localizados na cidade de Porto Alegre, aplicando o procedimento de avaliação do Programa de Etiquetagem de Edificações.

A classificação do nível de eficiência alcançado pelos terminais avaliados foi realizada por meio da aplicação do RTQ-C, pelo método prescritivo. Em ambos os terminais, a verificação dos pré-requisitos gerais e específicos da edificação foram aplicados de maneira informativa, considerando que as edificações foram construídas antes da publicação do regulamento.

Notou-se uma variedade de sistemas de iluminação existentes nas edificações objeto de estudo, assim como acontece também no sistema de condicionamento do ar. A administração pública deve ter a preocupação com o

acompanhamento da eficiência de tais sistemas, de forma a programar sua substituição quando eles se tornarem ineficientes e/ou obsoletos.

Os profissionais de projetos devem buscar alternativas possíveis para a elaboração de um projeto adequado à região de sua implementação, considerando as singularidades do clima. A respeito das adversidades climáticas, o projeto deverá contemplar alternativas para minimizar seus efeitos sobre os ocupantes da edificação.

A envoltória foi o item melhor avaliado, considerando o tempo de construção. Observa-se que o tempo entre uma edificação e outra são de mais de 50 anos e Os itens referentes aos equipamentos de condicionamento de ar e iluminação apresentam pior eficiência. Considerando

Com o domínio da eficiência energética pode-se esperar que haja tendências do efeito ricochete, em que as melhorias de eficiência energética reduzem os custos dos seus serviços e geram economias de energia. Porém, a redução dos custos provoca aumento na demanda por serviços energéticos, o que acaba compensando alguns benefícios das economias de energia geradas. Para evitar esse efeito ricochete, espera-se que a administração pública também incorpore ações de eficiência e conscientização para conservação de energia, de acordo com o previsto pelo Decreto n.º 99.656, de 26 de outubro de 1990, que trata sobre a criação, nos órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta, da Comissão Interna de Conservação de Energia, que tem como atribuições levantar potencial de redução – consumo/custo, elaborar Programa de Conservação de Energia e de Conscientização, análise permanente do consumo de energia, gestão do consumo de energia – software, programa de Manutenção Preventiva – otimização do consumo e avaliação anual com foco no planejamento do ano seguinte.

Todas essas ações fazem parte da gestão das edificações, que devem ser alinhadas ao planejamento da empresa de otimização de recursos na operação aeroportuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI. Airports Council International. **Guide to Airport Performance Measures**. February 2012.

ANDRADE, Nelson. **Arquitetura dos terminais aeroportuários de passageiros: função, identidade e lugar**. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ABREU, Chrystiane Gerth Silveira. Eficiência energética em edificações: o caso dos prédios públicos existentes. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. **Anais Eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção**. Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_214_267_26720.pdf>. Acesso em: 18 out. 2016.

ARINI, Juliana. O roteiro da eficiência energética. **Revista Página 22**, [S.l.], n. 58, jan. 2011. p. 13. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/pagina22/article/view/29781/28633>>. Acesso em: 18 out. 2016.

ANUÁRIO DO TRANSPORTE AÉREO: Dados Estatísticos e Econômicos de 2013. Volume único. Brasília, DF: ANAC, 2014. Disponível em: <<http://bibspi.planejamento.gov.br/bitstream/handle/iditem/628/Anu%C3%A1rio%20do%20Transporte%20A%C3%A9reo%20de%202013.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 out 15.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, DF: Aneel, 2008. 236p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Índices de Preços no Brasil: Programa de Educação Financeira do Banco Central do Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/gci/port/focus/FAQ%20-%C3%8Dndices%20de%20Pre%C3%A7os%20no%20Brasil.pdf>>._Acesso em: 29 nov. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e energia. **Matriz Energética Nacional 2030**. Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, DF: MME; EPE, 2007. 254p.

_____. Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 out. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 16 ago. 2015.

_____. Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 dez. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm>. Acesso em: 16 ago. 2015.

_____. Lei 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

BRASIL. **Constituição Federal da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao_compilado.html>. Acesso em: 16 ago. 2015.

BRAUN, P.; JARDIM, C. S.; RÜTHER, R. Análise da Contribuição Energética de Sistemas Fotovoltaicos Integrados em Edificações: Aeroporto Internacional de Florianópolis: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL, 9, ENCONTRO LATINO-AMERICANO, DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 2007, Ouro Preto. **Anais do ENCAC 2007**. p. 260-269. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

CARVALHO, José Ribamar Marques de; CURI, Wilson Fadlo; LIRA, Waleska Silveira. Processo participativo na construção de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa** [online]. Campina Grande/PB: EDUEPB, 2013, pp.31-80. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

CHAVES, Ricardo. Voos cada vez mais altos. **Almanaque Gaúcho**. Porto Alegre, 25 jun. 2013. Disponível em: <<http://wp.clicrbs.com.br/almanaquegaucho/2013/06/25/voos-cada-vez-mais-altos/%3Ftopo%3D13,1,1,,77+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em 19 out 15.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONSTRUTORA BETTER S/A. **Projeto executivo de arquitetura do Aeroporto Internacional Salgado Filho**. Porto Alegre, 1996.

DIAS, Deivid dos Santos; SILVA, Pedro Furtado Gonçalves da. **Estudo de viabilidade da aplicação do programa PROCEL Edifica em edifícios comerciais já existentes**: estudo de caso em um edifício comercial de Curitiba. 2010. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

DOMBROSKY, Robson Fernandes. **Eficientização de um sistema de climatização aeroportuário a partir do uso da termoacumulação**. 2012. Dissertação (Mestrado, Engenharia Mecânica) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2015**: Ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015. 292p.

_____. **Nota Técnica Dea 13/15**: Demanda de Energia 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Série Estudos da Demanda de Energia. Disponível em: <<http://www.epe>>.

gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2016.

FILHO, Antonio Macedo. Por que certificar empreendimentos existentes. **Sustentarqui**. Rio de Janeiro, 13 out. 2015. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/dicas/por-que-certificar-empreendimentos-existentis>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

FLEMMING, Liane; QUALHARINI, Eduardo L. Os aeroportos e as condições ambientais. 8º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN - PRODUTOS E MENSAGENS PARA AMBIENTES SUSTENTÁVEIS. São Paulo, 2010. **Anais do NUTAU**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/sem_nutau_2010/metodologias/flemming_liane.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2016.

GADELHA, Sérgio Ricardo de Brito; CERQUEIRA, Renata Miyabara Gagliardi. **Consumo de Eletricidade e Crescimento Econômico no Brasil, 1952-2010: Uma Análise de Causalidade**. Brasília, DF: Tesouro Nacional, 2013. Série de Textos para Discussão do Tesouro Nacional: TD n.º 16. Disponível em: <http://sisweb.tesouro.gov.br/apex/cosis_monografias.obtem_monografia?p_id=286>. Acesso em 17 abr. 2016.

GALAFASSI, Marcelo. **Impacto do método prescritivo do RTQ-C no processo de projeto arquitetônico de edificações: a visão de arquitetos em Florianópolis - SC**. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GOLDEMBERG, José. **Energia e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Blucher, 2010.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificação LEED**. Barueri/SP, 2014. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010. Requisitos técnicos da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro: Inmetro, 2010.

KARDEC, Alan; LAFRAIA, João. **Gestão estratégica e confiabilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark/ABRAMAN, 2002.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3.ed. Brasília, DF: Eletrobrás/PROCEL, 2014.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. **Documento 2.2: levantamento do estado da arte: energia**. São Paulo, 2007. Projeto Finep 2386/04.

OLIVEIRA, Verônica Macário de. **Promoção do consumo sustentável no contexto brasileiro: uma análise dos papéis dos governos, das empresas e da sociedade**

civil. 2014. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

OLIVEIRA, Viviane Moreno. **Sistemas de certificação ambiental e a norma brasileira de desempenho**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2014.

ORTIZ, P. A. S. **Avaliação técnico-econômica de sistemas IGCC utilizando coque de petróleo e carvão mineral como combustível**. 2011. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2011.

PERROTTA, Antonio N. **Conforto térmico em Edificações sustentáveis: Estudo de caso do Prédio Central e Laboratórios da Ampliação do Centro de Pesquisas Leopoldo Americo Miguez de Mello – CENPES/ Petrobras**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Edificações. **Procel Info – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética**. 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BD3C90184-7BCF-454B-A22E-31B8F2E1EE3C%7D&Team=¶ms=itemID=%7BC28C2387-3172-4D9F-B769-EB386F0961E5%7D;LumisAdmin=1;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

RIBEIRO, Lúcia Gomes. **Onde estou? Para onde vou? Ergonomia do ambiente construído: wayfinding e aeroportos**. 2009. Tese (Doutorado em Design) - Departamento de Artes e Design, Centro de Teologia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SALGUEIRO, Francisco Angotti. **Arquitetura dos terminais de passageiros em aeroportos: Panorama histórico, estudo de tipologias e possibilidades de ampliação**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Prebisteriana Mackenzie, São Paulo, 2006.

SANTOS, F. A. V.; PINHO, J. T.; MACÊDO, W. N. Estudo da Inserção de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede no Complexo Aeroportuário de Belém-PA. In: CONGRESO IBÉRICO, 14., CONGRESO IBEROAMERICANO DE ENERGÍA SOLAR, 9, 2008, Vigo. **Anais...** Vigo: Asociación Española de Energía Solar, 2008.

SCHEIDT, Fernanda Selistre da Silva; HIROTA, Ercília Hitomi. Diretrizes para inserção de requisitos de eficiência energética no processo de projeto de aeroportos. **Ambiente Construído**. v.10, n.2, p.71-86, abr./jun. 2010.

SILVA, Heitor da Costa; KINSEL, Luciane. Região climática de Porto Alegre: revisão para um desenho inteligente e uma arquitetura adequada. **Arqtexto**. n.9, p. 124-133, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/22250>>. Acesso em: 08 out. 2016.

SILVA, Vanessa Gomes. **Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica.** São Paulo, 2007. Finep 2386/04.

SIMON, Gilberto. Terminal 2 do Salgado Filho está ganhando sistema Mamuth de embarque. **Porto Imagem Blog.** 28 ago. 2014. Disponível em: <<https://portoimagem.wordpress.com/2014/08/28/terminal-2-do-salgado-filho-esta-ganhando-sistema-mamuth-de-embarque/>> Acesso em: 03 nov. 2016.

SOARES, Andre; SANTOS, Fagner Martins dos. **Análise do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena visando obtenção da etiqueta nacional de eficiência energética, nível “A”, segundo o método do PROCEL Edifica.** 2013. Monografia (Especialização em Eficiência Energética) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

TEIXEIRA, Marília A. **A influência da iluminação natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias.** 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, 2012.p.249-260. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 fev. 2016.

VIEIRA, Jeann. Evolução da sustentabilidade na construção civil e dos sistemas de certificação. **Sustentarqui.** Rio de Janeiro, 25 nov. 2014. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/dicas/evolucao-da-sustentabilidade-na-construcao-civil-e-dos-sistemas-de-certificacao>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

Yin, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**ANEXO A – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE CONDICIONADORES DE AR PARA
CLASSIFICAÇÃO NOS NÍVEIS A E B**

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de Aquecimento	Condição de classific.	Eficiência mínima	Procedim. de teste		
Condicionadores de ar resfriados a ar	≥ 19kW e < 40kW	Resistência elétrica	<i>Split</i> e unitário	3,28 COP 3,34 ICOP	AHRI 340/360		
		Outros	<i>Split</i> e unitário	3,22 COP 3,28 ICOP			
	≥ 40kW e < 70kW	Resistência elétrica	<i>Split</i> e unitário	3,22 COP 3,28 ICOP			
		Outros	<i>Split</i> e unitário	3,16 COP 3,22 ICOP			
	≥ 70kW e < 223kW	Resistência elétrica	<i>Split</i> e unitário	2,93 COP 2,96 ICOP			
		Outros	<i>Split</i> e unitário	2,87 COP 2,90 ICOP			
	≥ 223kW	Resistência elétrica	<i>Split</i> e unitário	2,84 COP 2,87 ICOP			
		Outros	<i>Split</i> e unitário	2,78 COP 2,81 ICOP			
	Condicionadores de ar resfriados a ar	<19kW	Todos	<i>Split</i> e unitário		3,54 COP	AHRI 210/240
		≥ 19kW e < 40kW	Resistência elétrica	<i>Split</i> e unitário		3,37 COP 3,43 ICOP	
Outros			<i>Split</i> e unitário	3,31 COP 3,37 ICOP			
≥ 40kW e < 70kW		Resistência elétrica	<i>Split</i> e unitário	3,22 COP 3,28 ICOP			
		Outros	<i>Split</i> e unitário	3,16 COP 3,22 ICOP			
≥ 70kW		Resistência elétrica	<i>Split</i> e unitário	3,22 COP 3,25 ICOP			
		Outros	<i>Split</i> e unitário	3,16 COP 3,19 ICOP			

Fonte: Portaria Inmetro nº 372 / 2010, adaptado de ASHRAE Standard 90.1-2007.

**ANEXO B – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE CONDICIONADORES DE AR DO TIPO VRF
QUE OPERAM EM REFRIGERAÇÃO E AQUECIMENTO (CICLO REVERSO)
PARA CLASSIFICAÇÃO NO NÍVEL A**

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de aquecimento	Condição de classific.	Eficiência mínima	Procedim. de teste
Condicionadores de ar VRF com condensação a ar	<19kW	Todos	Multi Split VRF	3,81 COP	AHRI1230
	≥19kW e <40kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi Split VRF	3,22 COP 3,78 ICOP	
	≥19kW e <40kW	Ausente ou resistência elétrica	VRF com refrigeração; aquecim. simultâneo	3,16 COP 3,72 ICOP	
	≥40kW e <70kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi Split VRF	3,11 COP 3,60 ICOP	
	≥40kW e <70kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi Split VRF com refrigeração e aquecimento simultâneo	3,05 COP 3,55 ICOP	
	>70kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi Split VRF	2,78 COP 3,22 ICOP	
	>70kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi Split VRF com refrigeração; aquecimento simultâneo	2,73 COP 3,16 ICOP	
Condicionadores de ar VRF com condensação a ar					

Fonte: Portaria Inmetro nº372/2010, adaptado de ASHRAE Standard 90.1-2010.

**ANEXO C – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE RESFRIADORES DE LÍQUIDO PARA
CLASSIFICAÇÃO NOS NÍVEIS A E B**

Tipo de equipamento	Capacidade	Caminho A Carga Total /IPVL		Caminho B Carga Total/ IPVL		Procedim. de teste
Condensação a ar, com condensador	< 528kW ≥528kW	≥2,802	≥3,664	-	-	AHRI 550/590
Condensação a ar, sem condensador	Todas	Devem ser classificados com seus pares correspondentes com condensadores e atender os mesmos requisitos mínimos de eficiência.				
Condensação a água (compressor alternativo)	Todas	Devem atender os requisitos mínimos de eficiência dos resfriadores com condensação a água com compressor do tipo parafuso ou <i>scroll</i> .				
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 264kW	≥4,509	≥5,582	≥4,396	≥5,861	AHRI 550/590
	≥ 264kW e < 528kW	≥4,538	≥5,718	≥4,452	≥6,001	
	≥ 528kW e < 1055kW	≥5,172	≥6,063	≥4,898	≥6,513	
	≥ 1055kW	≥5,672	≥6,513	≥5,504	≥7,177	
Absorção a ar, de simples efeito	Todas	≥0,60	Sem Req.	-	-	AHRI 560
Absorção a água, de simples efeito	Todas	≥0,70	Sem Req.			
Absorção a água, de duplo efeito e acionamento indireto		≥1,00	≥1,05			
Absorção a água, de duplo efeito e acionamento direto	Todas	≥1,00	≥1,00			

Fonte: Portaria Inmetro nº372/2010, adaptado de ASHRAE Standard 90.1-2007.

**ANEXO D – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE RESFRIADORES DE LÍQUIDO PARA
CLASSIFICAÇÃO NO NÍVEL C**

Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência Mínima		Procedim. de teste
Condensação a ar, com condensador	Todas	2,80 COP 3,05 IPLV		AHRI 550/590
Condensação a ar, sem condensador	Todas	3,10 COP 3,45 IPLV		
Condensação a água (compressor alternativo)	Todas	4,20 COP 5,05 IPLV		AHRI 550/590
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 528kW	4,45 COP	5,20 IPLV	
	≥ 528kW e < 1055kW	4,90 COP	5,60 IPLV	
	≥ 1055kW	5,50 COP	6,15 IPLV	
Condensação a água (compressor centrífugo)	< 528Kw	5,00 COP	5,25 IPLV	
	≥ 528kW e < 1.055kW	5,55 COP	5,90 IPLV	
	≥ 1.055kW	6,10 COP	6,40 IPLV	
Absorção a ar, de simples efeito	Todas	0,60 COP	- -	AHRI 560
Absorção a água, de simples efeito	Todas	0,70 COP		
Absorção a água, de duplo efeito e acionamento indireto	Todas	1,0 COP	1,05 IPLV	
Absorção a água, de duplo efeito e acionamento direto	Todas	1,0 COP	1,0 IPLV	

Fonte: Portaria Inmetro nº372/2010, adaptado de ASHRAE Standard 90.1-2004.

**ANEXO E – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE RESFRIADORES DE LÍQUIDO PARA
CLASSIFICAÇÃO NO NÍVEL D**

Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência Mínima		Procedim. de teste
Condensação a ar, com condensador	< 528kW	2,70 COP	2,80 IPLV	AHRI 550/590
	≥528kW	2,50 COP	2,50 IPLV	
Condensação a ar, sem condensador	Todas	3,10 COP	3,20 IPLV	AHRI 550/590
Condensação a água (compressor alternativo)	Todas	3,80 COP	3,90 IPLV	AHRI 550/590
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 528kW	3,80 COP	3,90 IPLV	
	≥ 528kW e < 1055kW	4,20 COP	4,50 IPLV	
	≥ 1055kW	5,20 COP	5,30 IPLV	
Condensação a água (compressor centrífugo)	< 528Kw	5,00 COP 5,25 IPLV	3,90 IPLV	AHRI 550/590
	≥ 528kW e < 1.055kW	3,80 COP 5,55 COP 5,90 IPLV 4,20 COP	4,50 IPLV	
	≥ 1.055kW	5,20 COP 6,10 COP 6,40 IPLV	5,30 IPLV	

Fonte: Portaria Inmetro nº372/2010, adaptado ASHRAE Standard 90.1-1999.

**ANEXO F – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE TORRES DE RESFRIAMENTO E
CONDENSADORES PARA CLASSIFICAÇÃO NOS NÍVEIS A E B E C**

Tipo de equipamento	Condição de classificação	Desempenho requerido	Procedim. de teste
Torres de resfriamento com ventiladores helicoidais ou axiais de Circuito Aberto	Temperatura da água na entrada = 35°C Temperatura da água na saída= 29°C TBU do ar na entrada = 24°C	$\geq 3,23\text{l/s}\cdot\text{kW}$	CTI ATC-105 STD 201
Torres de resfriamento com ventiladores centrífugos de Circuito Aberto	Temperatura da água na entrada = 35°C Temperatura da água na saída= 29°C TBU do na entrada = 24°C	$\geq 1,7\text{l/s}\cdot\text{kW}$	
Torres de resfriamento com ventiladores helicoidais ou axiais de Circuito Fechado	Temperatura da água na entrada = 39°C Temperatura da água na saída= 32°C TBU do ar na entrada = 24°C	$\geq 1,18\text{l/s}\cdot\text{kW}$	CTI ATC-105S STD 201
Torres de resfriamento com ventiladores centrífugos de Circuito Fechado	Temperatura da água na entrada = 39°C Temperatura da água na saída= 32°C TBU do ar na entrada = 24°C	$\geq 0,59\text{l/s}\cdot\text{kW}$	
Condensadores resfriados a ar	Temperatura de condensação = 52°C Fluido de teste R-22 Temperatura de entrada do gás = 88°C Sub-resfriamento = 8°C TBS na entrada = 35°C	$\geq 69\text{COP}$	AHRI 460

Fonte: Portaria Inmetro nº372/2010, adaptado ASHRAE Standard 90.1-2007.

ANEXO G – MANUAL DO FABRICANTE DO CHILLER



PRO-DIALOG

PRODUCT SELECTION DATA

- Quality design and construction
 - Very compact dimensions for easy installation
- Two independent refrigerant circuits
 - Specific options for marine and process applications
 - Simple to service

Water-Cooled Screw-Compressor Liquid Chillers

30HXC



EUROVENT performance program for LFP
Check logo by call 021 51 and 021 51
www.eurovent-certified.com

Original document

Continuação — ANEXO G

Physical data

30HXG			190	200	230	260	285	310	345	375			
Cooling													
Standard unit			C1	Nominal capacity	kW	652	701	814	899	986	1109	1207	1302
Full load performances*			C1	EER	kW/kW	4.72	4.74	4.73	4.46	4.76	4.76	4.65	4.65
			C1	Eurovent class cooling	B	B	B	C	B	B	C	B	B
Full load performances**			C1	Gross nominal capacity	kW	655	704	817	902	991	1113	1212	1308
			C1	Gross EER	kW/kW	4.96	4.96	4.92	4.65	5.01	4.97	4.77	4.90
Seasonal efficiency*			C1	ESEER	kW/kW	4.97	5.08	5.06	5.01	5.11	5.49	5.39	5.34
			C1	Gross ESEER	kW/kW	5.59	5.71	5.54	5.55	5.75	6.19	6.12	6.15
Unit + option 150			C1	Nominal capacity	kW	641	727	800	875	965	1087	1166	1285
Full load performances*			C1	EER	kW/kW	4.08	4.35	4.21	4.03	4.04	4.13	4.03	4.04
Full load performances**			C1	Gross nominal capacity	kW	644	730	803	878	970	1092	1170	1290
			C1	Gross EER	kW/kW	4.29	4.56	4.36	4.16	4.22	4.32	4.21	4.24
Heating													
Unit + option 150			H1	Nominal capacity	kW	773	834	927	1025	1171	1266	1369	1554
Full load performances*			H1	COP	kW/kW	4.18	4.23	4.19	4.07	4.11	4.12	4.09	4.13
Full load performances**			H1	Gross nominal capacity	kW	770	831	925	1022	1167	1261	1363	1546
			H1	Gross COP	kW/kW	4.40	4.52	4.40	4.26	4.34	4.35	4.31	4.37
Sound levels - standard unit													
Sound power level (2)				dB(A)		101	99	101	102	102	103	104	104
Sound pressure level at 1 m (2)				dB(A)		83	80	82	83	83	84	85	85
Operating weight				kg		3179	3673	4602	4656	4776	5477	5553	5721
Compressor size			The compressor size is identified by its nominal cooling capacity in tons of refrigeration (1 ton = 3.517 kW).										
Circuit A						80+	66/66	80/56	80/80	80+80+	80/66	80/80	80+80+
Circuit B						80+	66	80	80	80+	80/66	80/80	80+80+
Refrigerant - standard unit (2)													
Circuit A				kg		56	92	115	117	117	109	104	119
				teqCO ₂		80	132	164	167	167	156	149	170
Circuit B				kg		59	54	63	75	75	106	102	137
				teqCO ₂		84	77	90	107	107	152	146	196
Oil - standard unit (2)			Polyester oil CARRIER SPEC. PP 47-32										
Circuit A/B				l		17/17	30/17	30/17	30/17	30/17	34/34	34/34	34/34
Capacity control													
No. of control steps				%		6	8	8	8	8	10	10	10
Minimum step capacity				%		21	14	14	14	14	10	10	10
Evaporator													
Net water volume				l		88	126	165	170	170	191	208	208
Water connections						Victaulic connections							
Inlet/outlet				in		5	6	6	6	6	8	8	8

ANEXO H – MANUAL DO FABRICANTE DO SISTEMA VRF



Manual de Projeto Unidades Externas VRF

MDV4+



V4 PLUS
DC INVERTER

ESPECIFICAÇÃO & PERFORMANCE – UNIDADES EXTERNAS

1. Especificações

Modelos 220V

Modelo			MDV-08W/DDN1(B)	MDV-10W/DDN1(B)	MDV-12W/DDN1(B)
Alimentação		V-Ph-Hz	220V 3Ph ~ 60Hz	220V 3Ph ~ 60Hz	220V 3Ph ~ 60Hz
Refrigeração (*1)	Capacidade	W	25200	28000	33500
		Btu/h	86000	95500	114300
	Entrada	W	5874	7198	9054
	COP (Plena carga)	WWW	4.29	3.89	3.7
Aquecimento (*2)	Capacidade	W	27000	31500	37500
		Btu/h	92100	107500	128000
	Entrada	W	6150	7608	8992
	COP (Plena carga)	WWW	4.39	4.14	4.17
Consumo máximo		W	12356	12450	12390
Corrente máxima		A	32.2	36.6	38.5
Compressor Inverter	Quantidade		1	1	1
	Tipo		Inversor CC	Inversor C.C	Inversor CC.
	Potência	W	3665	3665	3665
	Alimentação	V-Ph-Hz	220V,3Ph~, 60Hz	220V,3Ph~, 60Hz	220V,3Ph~, 60Hz
	Resistência de carter	W	27.6	27.6	27.6
	Óleo refrigerante	(ml)	FVC68D / (1200)	FVC68D / (1200)	FVC68D / (1200)
	Quantidade		1	1	1
	Tipo		Scroll	Scroll	Scroll
	Potência	W	6180	6180	6180

Modelo			MDV-40Q(14)W/DDN1(B)	MDV-45Q(16)W/DDN1(B)
Alimentação		V-Ph-Hz	220V 3Ph ~ 60Hz	220V 3Ph ~ 60Hz
Refrigeração (*1)	Capacidade	W	40000	45000
		Btu/h	136500	153500
	Entrada	W	12307	14019
	COP (Plena carga)	WWW	3.25	3.21
Aquecimento (*2)	Capacidade	W	45000	50000
		Btu/h	153500	170600
	Entrada	W	11194	12788
	COP (Plena carga)	WWW	4.02	3.91
Consumo máximo		W	19200	19200
Corrente máxima		A	54.1	59
Compressor Inverter	Quantidade		1	1
	Tipo		Inversor CC	Inversor CC
	Potência	W	3665	3665
	Alimentação	V-Ph-Hz	200-220V,3Ph~, 60Hz	200-220V,3Ph~, 60Hz
	Resistência de carter	W	27.6	27.6
	Óleo refrigerante	(ml)	FVC68D / (1200)	FVC68D / (1200)
Compressor fixo	Quantidade		2	2
	Tipo		Scroll fixo	Scroll fixo
	Potência	W	6180x2	6180x2
	Alimentação	V-Ph-Hz	220V, 3Ph~,60Hz	220V, 3Ph~,60Hz
	Corrente (LRA)	A	116	116
	Tipo de protetor térmico		Interno	Interno
	Resistência de carter	W	27.6x2	27.6x2

ANEXO I – TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA GRUPO A

Tabela de Tarifas - Grupo A

Vigentes a partir de 25/10/2015, conforme Resolução Homologatória ANEEL nº 1.971.



Tarifas de Energia Elétrica aplicáveis ao Grupo A - Em R\$ sem impostos

			A1 (230 kV)	A2 (138 kV)	A3 (69 kV)	A4 (13,8/25 kV)	A5 (220/217 V)
Modalidade Tarifária Horária Azul	Demanda Ponta	R\$/kW	1,95	5,38	7,23	23,16	29,76
	Demanda Fora Ponta	R\$/kW	1,98	3,87	3,76	9,15	15,50
	Energia Ponta	R\$/kWh	0,46570	0,47014	0,46909	0,47623	0,50021
	Energia Fora Ponta	R\$/kWh	0,32221	0,32665	0,32560	0,33274	0,35672
			A4 (13,8/25 kV)	A5 (220/217 V)			
Modalidade Tarifária Horária Verde	Demanda	R\$/kW	9,15	15,50			
	Energia Ponta	R\$/kWh	1,03767	1,22149			
	Energia Fora Ponta	R\$/kWh	0,33274	0,35672			
			A4 (13,8/25 kV)	A5 (220/217 V)			
Mod. Convencional Binômia	Demanda	R\$/kW	25,82	36,93			
	Energia	R\$/kWh	0,34469	0,36867			

Adicionais Sistema de Bandeiras Tarifárias

Adicional Bandeira Amarela	0,015 R\$/kWh
Adicional Bandeira Vermelha - Patamar 1	0,030 R\$/kWh
Adicional Bandeira Vermelha - Patamar 2	0,045 R\$/kWh

V _{REFERE} - Valor de referência faturamento da energia reativa excedente em R\$/kWh. Art. 96 e 97 da REN ANEEL 414/2010	0,25634
---	---------

A Resolução Homologatória ANEEL 2015 alterou o sistema de bandeiras, ajustando os preços e implementando o patamar 1 e 2 para Bandeira Vermelha a partir de 01/02/2016.

O acionamento das Bandeiras Tarifárias é realizado dentro do mês civil de acordo com a divulgação da ANEEL a partir de janeiro 2015. O adicional é aplicado a tarifa correspondente sobre o consumo de energia elétrica medido (kWh) nos dias de vigência de cada bandeira tarifária, com base na data de início e fim do ciclo de faturamento.

Os preços dispostos na tabela acima apresentam os valores da TUSD e TE somados.

Eventual ultrapassagem na Demanda Contratada incide em faturamento complementar correspondente ao valor da ultrapassagem, com aplicação de tarifa igual a duas vezes o preço da demanda regular, sem incidência de descontos, conforme Art. 93 da REN ANEEL 414/2010.

Descontos Percentuais Aplicáveis ao Grupo A

Classe	Demanda (kW)	Energia (kWh)
Rural	10%	10%
Serviço Público - Água, Esgoto e Saneamento	15%	15%
Irrigante e Aquicultor em horário especial (art. 107 REN 414/2010)	-	70%

Obs.: Não incidem descontos sobre os adicionais de Bandeiras Tarifárias.

Composição do Preço a ser Aplicado

$$\text{Preço Final} = \frac{\text{Preço Homologado}}{(1 - \text{PIS}(\%) - \text{COFINS}(\%) - \text{ICMS}(\%))}$$

As alíquotas de PIS e COFINS têm variação mensal. Estas podem ser consultadas no site www.ceeec.com.br

Alíquotas de ICMS

30%	Residencial (acima de 50 kWh), Comercial, Poderes Públicos, Serviços Públicos, Rural (sem CPR)
18%	Industrial (reconhecido pela SEFAZ)
12%	Residencial (até 50 kWh) Rural com CPR (sobre 100 kWh - deferimento)

Reajuste de ICMS a partir de 01/01/2016, conforme Lei Estadual Nº 14.743/2015.

ANEXO J – POTÊNCIA INSTALADA TOTAL E ÁREA DO TPS1

Local		Luminárias			Lâmpadas		Reatores
Pavimento	Quant	Lâmpada	Total reator	Total Lâmpada	Tipo	Potência (w)	Perdas (w)
Área atendida 1º pavimento: 10.841,85							
1º	910	2	2	1.820	LED	(12)	(0)
1º	140	1	1	140	FT	32	2
1º	36	1	1	36	FT	16	2
1º	224	4	2	896	FT	32	2
1º	145	1	1	145	Vmet/ Vsod	250	32
1º	14	1	1	14	Vmet/ Vsod	150	32
1º	50	2	1	100	FT	32	2
TOTAL Potência instalada					103.654 W		
Área atendida 2º pavimento: 13.705,69							
2º	840	1	2	840	(LED)	(12)	(0)
2º	260	1	1	260	FT	32	2
2º	25	1	1	25	FT	16	2
2º	96	4	2	384	FT	16	2
2º	170	2	1	340	FT	32	2
2º	12	1	1	12	Vmet/Vsod	400	32
2º	6	1	1	6	Vmet/Vsod	150	32
2º	8	1		8	Halogenas	50	
TOTAL Potência instalada					54.214W		
Área atendida 3º pavimento: 11.016,49 m²							
3º	526	2	1	1052	(LED)	(12)	(0)
3º	140	1	1	140	FT	32	2
3º	60	4	2	240	(LED)	(12)	(0)
3º	114	2	1	228	FT	32	2
3º	18	1	1	18	FT	16	2
3º	146	4	2	584	FT	16	2
3º	8	1	1	8	Vmet/Vsod	150	32
3º	15	1	1	15	Vmet/Vsod	250	32
3º	70	1	1	70	Vmet/ Vsod	400	32
3º	8	1	1	8	Vmet/Vsod	150	32
3º	12	1		12	Halogenas	50	
3º	30	1		30	Dicroica	50	
TOTAL Potência instalada					119.494 W		
Área atendida 4º pavimento: 2.077,03							
4º	74	2	1	148	FT	32	2
4º	4	2	1	8	PL	26	2
TOTAL Potência instalada					5.256W		

ANEXO L – POTÊNCIA INSTALADA TOTAL E ÁREA DO TPS2

Local Pavimento	Luminárias			Lâmpadas		Reatores	
	Quant.	Lâmpada	Total reatores	Total Lâmpadas	Tipo	Potência (w)	Perdas (w)
Área terraço: 1.157,38							
3º	42	2	0	84	PL	26	0
TOTAL Potência instalada				2.184 W			
Área atendida 2º pavimento: 5.727,66							
2º	452	2	1	904	FT	32	2
2º	4	2	1	8	FT	16	2
2º	83	2	1	166	FT	32	2
2º	2	2	0	4	PL	26	0
2º	4	4	2	16	FT	32	2
2º	15	2	0	30	PL	26	0
2º	2	4	2	8	FT	32	2
TOTAL Potência instalada				37.316 W			
Área atendida 1º pavimento: 7.172,66m²							
1º	234	2	1	468	FT	32	2
1º	59	4	2	236	FT	32	2
1º	4	2	1	8	FT	16	2
1º	10	2	-	20	PL	26	-
1º	138	2	1	276	FT	32	2
1º	21	2	1	42	HO	110	5
TOTAL Potência instalada				38.578 W			

**ANEXO M – RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE AR
CONDICIONADO – TPS1**

RESFRIADORES DE LÍQUIDO				
QTD	MODELO	TR	MARCA	Refri
3	30HXC375386S	364	CARRIER	R 134a
TORRES DE ARREFECIMENTO				
QTD	MODELO	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
3	1554SG	364 TR	ALPINA	CUT
AR CONDICIONADO DE JANELA				
QTD	Modelo	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
1	Air Master	21.000 BTU/h	CONSUL	Sala dos Encarregados
MULTI SPLIT				
QTD	MODELO	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
1	38CK060C211	5 TR	CARRIER	SALA 73 e 74
1		5 TR	CARRIER	COE/COA
1	38CKC060C	5 TR	CARRIER	CGA
1	38MSA090226SFR	7,5 TR	CARRIER	SVV
1		5 TR	CARRIER	SEGURANÇA
1	38MSB060226S	5 TR	CARRIER	Auditório Farroupilha
SELF A AR				
QTD	MODELO	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
3	40BZ06386	5 TR	CARRIER	SALA 73 e 74
SPLIT SYSTEM				
QTD	MODELO	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
8	38CQD060235MC	4,8 TR	CARRIER	MOP CHECK IN
12	38CQD060235MC	4,8 TR	CARRIER	MOP EMBARQUE 10
10	KI48F/KE48F	4 TR	ELETROLUX	EMBARQUE ALFA
2	36HP285	3 TR	RHEEM	SALA 73 e 74
1	24HP285	2 TR	RHEEM	Copa
2	38KQB030515MC	2,5 TR	CARRIER	Sala servidores MOP
CALDEIRA				
QTD	MODELO	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
1	MZD6.1 TIPO FTH	1.400.000kcal/h	SERMATEC	CUT

**ANEXO N – RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE AR
CONDICIONADO – TPS2**

AR CONDICIONADO DE JANELA				
QT D	Modelo	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
1	Air Master	18.000	Consul	Receita Estadual
1		30.000	Springer	LCPA-3
2	Air Master	18.000	Consul	RHDL-1
1	Air Master	15.000	Consul	Serviço Social
1	Air Master	21.000	Consul	Serviço Social (des)
1		10.000	Elgin	Copa
1	Inovare	18.000	Springer	ADPA-1
2		7.500	Springer	MNPA
1		18.000	Elgin	MNPA
2		30.000	Springer	PAMN-3
1		21.000	Consul	PAMN-2
1		30.000	Springer	PAMN-2
1		10.300	Sanyo	PAMN-2
SELF A AR				
QT D	MODELO	CAPACIDADE	MARCA	LOCAL
2		15 TR	TROPICAL	Casa de máq. norte
2	YSMX182A60	3,5 TR	YORK	Casa de máq. sul
1	YSMX363AMSV	7,5 TR	YORK	Casa de máq. sul
1	YSMX242A60	5 TR	YORK	Casa de máq. sul
4	40BZ06226TP	5 TR	CARRIER	Casa de máq. rack y
SPLIT SYSTEM				
QT D	MODELO	CAPACIDADE TR	MARCA	LOCAL
2	CASSETE Nº1 YORK - MKH55P17 -	4,3	YORK	Auditório Minuano
1	YJKA18FS-ADA	1,5	YORK	Sala Médica
2	42DQB12226	1	SPRINGER	LCPA
1	MHH35B1751 - 31.000	3	SOURCE 1	Copa CSPA
1	MHH25B16	2	YORK	PAAF
1	MHH25B16	2	YORK	PAAF -1
1	MHH35B1781	3	SOURCE 1	PAFF - 2
1	MHHB16	1	YORK	Sede
1	MHH25B16	2	YORK	Deposito ADPA
1	SRQI-30000-2 -	3	ELGIN	CNPA
2	RB1HW18HP285 -	1,5	RHEEM	MNPA
1	ASBA24	2	FUJITSU	SLC Viagens
1	ASB18R1		FUJITSU	PATI – Coord. TI
1	YKJA18FSADA -	1,5	YORK	PATI – Coord. TI
2	RB1HW18HP285 -	1,5	RHEEM	MNPA
1	MHH12B16	1	YORK	COPA TI
1	YJKA12FS-ADA	1	YORK	Sala Coordenador
1	York	2	YORK	sala tecnicarack K

Continuação — ANEXO N

1		1	TOTALINE	sala tecnicarack K
1	RB1HW30HP285	3	RHEEM	sala tecnicarack K
1	YKJA18FSADA -	1,5	YORK	Mini Auditório
1	YJKA12FS-ADA -	1	YORK	Mini Auditório
1	YJKA18FS-ADA	1,5	YORK	Sala Treinamento TI
1	YJKA12FS-ADA	1	YORK	Sala Treinamento TI
1	RB1HW24HP2BS	2	RHEEM	PAMN-2
1	ASB18R1	1,5	FUJITSU	PAMN-1
1	MKH55P17	4	YORK	Auditório Minuano
1	RB1HW30HP285	3	RHEEM	rack k
1	MHH25B16	2	YORK	rack j
1	SE30R	3	ELETROLUX	Sala Custódia
2	ACST PTE 48 FT EX	4	BOSH	Sala do NO BREAK
1	KOS 18 QC 2HX	1,5	KOMECO	Sala Custódia
1		5	TOTALINE	RACK K
VRF				
QT D	MODELO	CAPACIDADE HP	MARCA	LOCAL
11		2,8	MIDEA	Embarque
1		1,5	MIDEA	WC masc. pç aliment
1		1,5	MIDEA	WC fem. pç aliment.
5		5	MIDEA	Embarque
2		1,5	MIDEA	Sala VIP
2		2,5	MIDEA	Sala VIP
1		1,5	MIDEA	WC Fem.Emb. C2
1		1,5	MIDEA	WC Masc. emb. C3
1		1,5	MIDEA	WC Masc. emb. 1
1		1,5	MIDEA	WC Fem. emb. 1
		5	MIDEA	Embarque
7		2,8	MIDEA	Embarque
6		2,8	MIDEA	Raio X
1		2,5	MIDEA	Sala Facilitação
1		2,5	MIDEA	Portão C2
1		2,5	MIDEA	Portão C3
2		1,5	MIDEA	WC Fem. Desemb.
2		1,5	MIDEA	WC Masc. Desemb.
19		5	MIDEA	Saguão
1		1,5	MIDEA	Balcão de Inform.
1		1,5	MIDEA	Estoque LL Azul
1		5	MIDEA	Sala Facilitação
5		2,5	MIDEA	CHECK IN
6		2,8	MIDEA	Saguão
9		2,5	MIDEA	Saguão
2		2,5	MIDEA	Raio X
15		5	MIDEA	Desembarque

ANEXO O – CATÁLOGO FORRO MINERAL – TPS2



planam
Forros e Divisórias

RH 90%

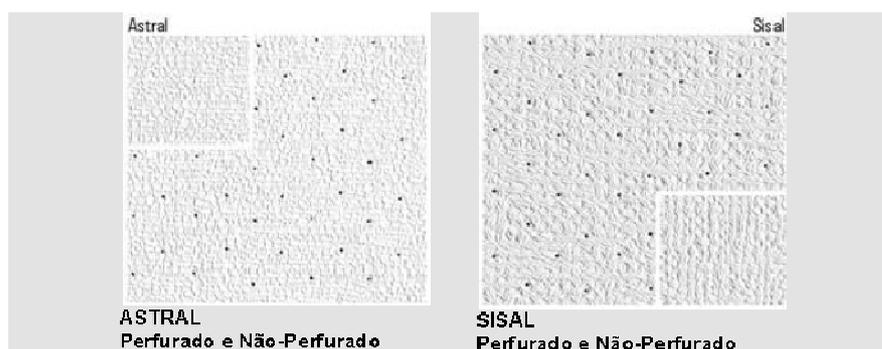
**FORROS
ACÚSTICOS
E PERFIS**

Mineralplus

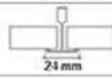
Características

Placa de forro removível, constituída de fibra mineral com superfície acabada em filme vinílico liso ou perfurado.

Textura das Placas



Informações Técnicas	
Refletância de Luz	ASTM E1477 **LR .76
Propagação de Chama/Geração de Fumaça	ASTM E84 Classe A 25 / 25
Peso (Placa + Perfis)	3,90 Kg/m ²
Condutividade térmica	0,055 W/mK - R=1,4
Coefficiente de atenuação sonora	Mínimo 35
Coefficiente de absorção sonora	🔊)NRC < 50
Material	Placa de fibra mineral
Acabamento da superfície	Filme vinílico branco
Espessura	13 mm (1/2")
Resistência a umidade	RH 90% até 40° C
Sistema Recomendado	Perfis PLX Clicado
*U.L. Underwrites Laboratories **LR Reflexão de Luz	

BORDAS	Modulação (eixo a eixo)	Dimensões da placa	Sistemas de Perfis Tipo "T" Clicado
 SQ Reta	1.250 x 625 mm	1.243 x 618 x 13 mm	 24 mm
	625 x 625 mm	618 x 618 x 13 mm	