

Gerusa Gontijo Guimarães

Aplicação do “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” como referência para intervenção no edifício-tipo para duas Varas do Trabalho do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
Junho de 2013

Gerusa Gontijo Guimarães

Aplicação do “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” como referência para intervenção no edifício-tipo para duas Varas do Trabalho do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Especialista.

Orientador:

Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

G963a

Guimarães, Gerusa Gontijo.

Aplicação do “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” como referência para intervenção no edifício para duas Varas do Trabalho do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais [manuscrito] / Gerusa Gontijo Guimarães. - 2013.

90f. : il.

Orientador: Roberta Vieira Gonçalves de Souza.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Arquitetura e conservação de energia. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Edifícios sustentáveis. 4. Edifícios públicos. 5. Brasil – Tribunal Regional do Trabalho (MG). I. Souza, Roberta Vieira Gonçalves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

Aplicação do “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” como referência para intervenção no edifício-tipo para duas Varas do Trabalho do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Especialista.

Aprovado por:

PROF^a. ROBERTA VIEIRA GONÇALVES DE SOUZA (DRA.) – ORIENTADOR

PROF^a. IRACI MIRANDA PEREIRA (DRA)- MEMBRO

Belo Horizonte, MG

Junho de 2013

*Aos meus pais
pelo apoio incondicional.*

RESUMO

O “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”, publicado em 2009, é o primeiro instrumento regulador do consumo de energia elétrica em edifícios do Brasil. O regulamento classifica os edifícios em cinco níveis de eficiência através da avaliação do desempenho da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. O objetivo deste trabalho consiste na avaliação do desempenho energético do Edifício-tipo para Duas Varas do Trabalho do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais através da aplicação do regulamento, para levantar dados para proposição de diretrizes para melhoria do padrão de edifícios adotado pelo órgão. A estratégia de pesquisa adotada nesta monografia é o estudo de caso do edifício implantado no Município de Pedro Leopoldo. A envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar do edifício foram avaliados pelo método prescritivo do regulamento, e obtiveram, respectivamente, as classificações “C”, “C” e “A”, resultando no nível “B” para classificação geral do edifício. A partir dos resultados dos critérios individuais foram propostas alterações para obtenção do nível máximo de classificação na envoltória e sistema de iluminação. Verificou-se que apesar do resultado satisfatório da envoltória o edifício não apresenta boas condições de ventilação natural, por isso foram feitos estudos considerando o aumento do percentual de aberturas nas fachadas, associados à utilização de dispositivos de controle solar, mantendo o nível máximo de classificação de eficiência energética. Por fim, as limitações encontradas para simular a ventilação e iluminação naturais, além da impossibilidade de avaliação dos custos das intervenções propostas sugerem a necessidade de aprofundamento dos estudos, de forma a desenvolver um novo projeto-tipo a ser reavaliado pelo método prescritivo associado à simulação computacional.

Palavras-chave: RTQ-C. Eficiência Energética. Procel Edifica. Envoltória. Sistema de iluminação.

ABSTRACT

The “Technical Quality Legislation of the Level of Energy Efficiency of Commercial, Office and Public Buildings”- RTQ-C, published in 2009, it is the first Brazilian instrument for regulating consumption of electrical energy in buildings. It classifies buildings into five levels of efficiency through the performance evaluation of the envelope, the illumination system and the air conditioning system. The aim of this work is to evaluate the energy performance from the TRT standardized public building through the regulation, to propose guidelines in order to improve the quality of this buildings adopted by the government. The research strategy adopted in this work is the case study of the building deployed in the city of Pedro Leopoldo. The envelope, illumination system and air conditioning system were evaluated through the prescriptive method of RTQ-C, and they were respectively classified as “C”, “C” and “A”, resulting the final classification “B” for the building. From these result, changes in the building were proposed in order it could obtain an “A” classification in envelope and illumination system. Despite the satisfying result of the building envelope, it doesn't present good natural ventilation conditions, therefore studies regarding increase percentage of openings in the façade were tested, and solar shading devices were introduced to keep the best level of energy performance. Finally, the limitations to simulate natural ventilation and illumination, besides the impossibility of calculating the costs of all changes suggest the need for further studies to develop a new project to be reassessed by prescriptive method associated with computer simulations.

Key words: RTQ-C. Energetic efficiency. Procel Edifica. Envelope. Illumination system.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01- LOCALIZAÇÃO DO TERRENO	19
FIGURA 02- MODELO ENCE GERAL DE PROJETO DE EDIFÍCIO CONSTRUÍDO	30
FIGURA 03- MODELO ENCE PARCIAL DE PROJETO	30
FIGURA 4- COMPOSIÇÃO DAS PAREDES	35
FIGURA 5- COMPOSIÇÃO DAS PAREDES	36
FIGURA 06- EFEITO DE PILOTIS NA VENTILAÇÃO NATURAL.....	45
FIGURA 7: MARCAÇÃO DAS FACHADAS.....	61
FIGURA 8: RELAÇÃO DAS ABERTURAS NAS FACHADAS.....	63
FIGURA 9: DETALHAMENTO DA ÁREA DE VENTILAÇÃO	79
FIGURA 10: PLANTA PAVIMENTO TÉRREO	86
FIGURA 11:PLANTA 1º PAVIMENTO	87
FIGURA 12: PLANTA 2º PAVIMENTO	89
FIGURA 13: PLANTA DE COBERTURA	89
FIGURA 14: FACHADAS	90
FIGURA 15:LUMINOTÉCNICO PAVIMENTO TÉRREO	91
FIGURA 16: LUMINOTÉCNICO 1º PAVIMENTO.....	92
FIGURA 17: TABELA DE FATOR DE UTILIZAÇÃO	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 01- EQUIVALENTE NUMÉRICO PARA CADA NÍVEL DE EFICIÊNCIA (EQNUM).....	23
TABELA 02- EQUIVALENTE NUMÉRICO PARA CADA NÍVEL DE EFICIÊNCIA (EQNUM).....	24
TABELA 03- CLASSIFICAÇÃO GERAL	24
TABELA 04- LIMITES DOS INTERVALOS DOS NÍVEIS DE EFICIÊNCIA.....	27
TABELA 5- PARÂMETROS DO IC_{MAXD} E $IC_{MÍN}$	27
TABELA 06- RESULTADOS DOS CÁLCULOS ICENV IMPLANTAÇÃO ORIGINAL	34
TABELA 7: RESULTADOS DOS CÁLCULOS ICENV PIOR HIPÓTESE DE IMPLANTAÇÃO.....	34
TABELA 8- REQUISITOS DE TRANSMITÂNCIA TÉRMICA MÁXIMA	35
TABELA 9- REQUISITOS DE CORES E ABSORTÂNCIA DE SUPERFÍCIES.....	37
TABELA 10- RESULTADOS DOS CÁLCULOS ICENV PIOR HIPÓTESE DE IMPLANTAÇÃO	42
TABELA 11- CÁLCULO DA POTÊNCIA LIMITE PARA CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA.....	46
TABELA 12- DETERMINAÇÃO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ..	49
TABELA 13- RESULTADO DO CÁLCULO DA POTÊNCIA INSTALADA	51
TABELA 14- EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	52
TABELA 15- CLASSIFICAÇÕES PARCIAIS E FINAL DOS NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.	54
TABELA 16: VARIÁVEIS PARA CÁLCULO DO ICENV EDIFÍCIO ORIGINAL	72
TABELA 17: VARIÁVEIS PARA CÁLCULO DO ICENV EDIFÍCIO IMPLANTAÇÃO	75
TABELA 18- VARIÁVEIS PARA CÁLCULO DO PT	85

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: RELAÇÃO ENTRE USO DE SISTEMA EFICIENTE DE AQUECIMENTO DE ÁGUA E NÍVEL DE CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	26
QUADRO 2: DADOS DA EDIFICAÇÃO.....	32
QUADRO 3: EQUAÇÕES DE INDICADOR DE CONSUMO POR ZONAS BIOCLIMÁTICAS.....	33
QUADRO 4: RESULTADOS DE AVALIAÇÃO PARCIAL PRÉ-REQUISITOS ENVOLTÓRIA.....	37
QUADRO 5: RELAÇÃO DE PRÉ-REQUISITOS E NÍVEIS DE EFICIÊNCIA MÁXIMOS.....	47
QUADRO 6: RELAÇÃO ENTRE ÁREA DE AMBIENTES E DISPOSITIVOS DE CONTROLE INDEPENDENTES	48
QUADRO 7: RELAÇÃO DE ESQUADRIAS DO PROJETO	63
QUADRO 8: CÁLCULO DO PERCENTUAL DE ABERTURA IMPLANTAÇÃO ORIGINAL LESTE	64
QUADRO 9: CÁLCULO DO PERCENTUAL DE ABERTURA IMPLANTAÇÃO SUL	64
QUADRO 10: CÁLCULO DO PERCENTUAL DE ABERTURA IMPLANTAÇÃO OESTE	64
QUADRO 11: CÁLCULO DO PERCENTUAL DE ABERTURA IMPLANTAÇÃO NORTE	64
QUADRO 12: CÁLCULO DO ÂNGULO DE SOMBREAMENTO AHS	65
QUADRO 13: CÁLCULO DA ÁREA DE VENTILAÇÃO.....	80
QUADRO 14: CÁLCULO DO NÚMERO DE LUMINÁRIAS.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC-	Área Condicionada (m ²)
Aenv	Área da envoltória (m ²)
AHS	Angulo Horizontal de Sombreamento (°)
ANC	Área Não Condicionada (m ²)
Apcob	Área de projeção da cobertura (m ²)
Ape	Área de projeção do edifício (m ²)
APT	Área de Permanência Transitória (m ²)
Atot	Área total construída (m ²)
AU	Área Útil (m ²)
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento (°)
b	Bonificações
BEN	Balanço Energético Nacional
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
DPIL	Densidade de Potência Limite
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EqNumCA	Equivalente Numérico do Sistema de Ar Condicionado
EqNumDPI	Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação
EqNumEnv	Equivalente Numérico da Envoltória
EqNumV	Equivalente Numérico dos ambientes não condicionados
artificialmenteFA	Fator de Altura (Ape/Atot)
FF	Fator de Forma (Aenv/Vtot)
FS	Fator Solar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
ICenv	Indicador de Consumo da envoltória
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MME	Ministério das Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
PaFo	Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (%)
PAFt	Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (%)
PAZ	Percentual de Abertura Zenital (%)
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem

POC	Percentual de Horas Ocupadas em Conforto (%)
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PT	Pontuação Total
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais
TRT3	Tribunal Regional do Trabalho da 3ª Região
Ucob	Transmitância Térmica da Cobertura [W/(m²K)]
Upar	Transmitância Térmica das Paredes [W/(m²K)]
VT	Varas do Trabalho
Vtot	Volume Total da Edificação (m³)
ZB	Zona Bioclimática

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	14
1.2	Proposta do trabalho	15
1.3	Objetivos	15
1.4	Estrutura	16
2	ESTUDO DE CASO	17
2.1	Objeto de estudo	17
2.2	Caracterização do município	18
2.3	Caracterização da edificação	19
2.3.1	Sistema construtivo	20
2.3.2	Sistema de iluminação	20
2.3.3	Sistema de condicionamento de ar	21
3	REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS	22
3.1	Pré-requisitos gerais	25
3.2	Pré-requisitos específicos	26
3.3	Determinação da eficiência	27
3.4	Bonificação	28
3.5	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)	29
4	APLICAÇÃO DO REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS	31
4.1	Avaliação e classificação da eficiência da envoltória	31
4.1.1	Determinação do nível de eficiência da envoltória	31
4.1.2	Verificação dos pré-requisitos da envoltória	34
4.1.3	Resultado final da envoltória	38
4.1.4	Avaliação da envoltória	38
4.2	Avaliação e classificação da eficiência do sistema de iluminação	45
4.2.1	Determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação	45
4.2.2	Verificação dos pré-requisitos do sistema de iluminação	47
4.2.3	Resultado final do sistema de iluminação	49
4.2.4	Avaliação do sistema de iluminação	50
4.3	Avaliação e classificação da eficiência do sistema de condicionamento de ar	51
4.3.1	Determinação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar	52
4.3.2	Verificação dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar	52
4.3.3	Resultado final do sistema de condicionamento de ar	53
4.4	ENCE final do edifício	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
	REFERÊNCIAS	57

APÊNDICE A :	60
APÊNDICE B:	67
APÊNDICE C	72
APÊNDICE D	79
APÊNDICE E	81
APÊNDICE F	85
ANEXO A	86
ANEXO B	91
ANEXO C	93

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Os impactos ambientais gerados pelo consumo energético são atualmente plenamente reconhecidos no mundo. Os esforços para redução deste consumo são percebidos através de diversas ações propostas com o objetivo de promover a sustentabilidade.

O uso eficiente da energia ganhou destaque mundial a partir dos choques do petróleo ocorridos na década de 70, que trouxeram a percepção do iminente aumento do preço frente a escassez dos recursos energéticos, e dos prejuízos ambientais decorrentes do seu uso (BRASIL, 2007). O grande aumento no consumo energético ocasionado pelo desenvolvimento econômico tornou a gestão da energia um dos principais desafios das últimas décadas.

O parque edificado tem se mostrado como um dos setores de maior consumo energético no mundo. No Brasil o consumo de energia elétrica dos setores residencial, comercial e público representa 47% do consumo nacional de energia elétrica, conforme dados do Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2012). Nos prédios públicos o consumo por uso final está dividido da seguinte forma: 23% iluminação, 48% ar condicionado e 15% equipamentos de escritório e 14% outras cargas (ELETROBRÁS, 2009).

Em 2001 o Brasil sofreu uma crise energética que resultou na publicação da Lei nº 10.295/2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Esta lei, regulamentada pelo Decreto nº 4059/2001, promoveu o fortalecimento do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) existente desde 1985, que então lançou, no ano de 2003, um subprograma direcionado para a eficiência energética em edificações: o Procel Edifica. Por meio deste subprograma a Eletrobrás em parceria com o INMETRO desenvolveu o “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”.

A primeira versão do instrumento foi aprovada através da Portaria INMETRO n° 163, de 08 de junho de 2009, atualmente revogada pela Portaria INMETRO n° 372, de 17 de setembro de 2010, modificada em parte pela Portaria INMETRO n° 17, de 16 de janeiro de 2012. O regulamento tem por objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética dos edifícios, e para tanto avalia a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar, atribuindo níveis de eficiência que variam de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente).

Neste contexto, com a certificação energética de edifícios já adotada em vários países, a busca da eficiência energética nas edificações públicas mostra-se de fundamental importância, não só pelo potencial de economia, mas, e principalmente, pelo efeito indutor nos demais setores da sociedade.

1.2 Proposta do trabalho

Este trabalho propõe a aplicação dos critérios de avaliação de envoltória e sistemas de iluminação e condicionamento de ar pelo método prescritivo do “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” (RTQ-C) em um edifício-tipo para duas Varas do Trabalho (VT) do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais (TRT3), para avaliar o desempenho energético e levantar dados para proposição de intervenções no padrão de edifícios utilizado.

1.3 Objetivos

Geral:

Através da aplicação do RTQ-C em um estudo de caso buscou-se levantar dados para proposição de diretrizes para intervenções no edifício-tipo do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais.

Específicos:

- Avaliar pelo método prescritivo a envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar do edifício;
- Propor diretrizes para aumentar o nível de eficiência energética do edifício, tendo como parâmetro o nível máximo de classificação do RTQ-C.

1.4 Estrutura

A monografia, neste Capítulo 1, contextualiza e apresenta a proposta de trabalho com os seus objetivos. No Capítulo 2 apresenta uma explanação sobre o edifício-tipo do TRT3 e a descrição do edifício escolhido como estudo de caso. O Capítulo 3 traz as explicações sobre o regulamento brasileiro RTQ-C. Em seguida, o Capítulo 4 apresenta a aplicação do método prescritivo do RTQ-C para avaliar o edifício. Já no Capítulo 5 são apresentadas as considerações finais do trabalho, seguidas pelas Referências Bibliográficas, Apêndices e Anexos citados ao longo do texto.

2 ESTUDO DE CASO

2.1 Objeto de estudo

O Conselho Regional do Trabalho foi instalado em Minas Gerais em 1941, e transformado em Tribunal Regional do Trabalho da 3ª Região após vinculação da Justiça do Trabalho ao Poder Judiciário pela Constituição de 1946. O Tribunal Regional do Trabalho da 3ª Região (TRT3) é atualmente composto por 137 Varas do Trabalho sendo 40 na capital e 97 no interior, sendo estas distribuídas em 63 cidades do Estado.

A Diretoria da Secretaria de Engenharia é o setor responsável pelo desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e pela licitação e fiscalização das obras dos edifícios pertencentes à Justiça do Trabalho do Estado de Minas Gerais. Como resposta à necessidade de projetar em prazos curtos e otimizar os processos construtivos a Diretoria optou pela adoção de um padrão arquitetônico a ser implantado nas cidades do interior do Estado. A escolha da padronização concede por um lado identidade aos edifícios, mas por outro lado traz como característica a independência do sítio no qual são implantados os projetos. A concepção construtiva não prevê a acomodação dos edifícios às variações topográficas dos terrenos, o que torna comuns implantações inadequadas, com orientação solar e ventilação impróprias. Não há previsão do uso de protetores para redução da incidência solar desfavorável.

O projeto aparenta ser concebido a partir da funcionalidade dos espaços internos destinados às Varas do Trabalho, percebe-se a existência de um bloco-padrão que acomoda o programa de necessidades da VT e que se interliga a outro bloco-padrão através de um bloco de altimetria diferenciada, destinado à circulação vertical, sanitários para público e área de reserva técnica a ser disponibilizada de acordo com as necessidades de cada município. Esta composição espacial resulta em um volume na forma de “U” com um pátio interno para o qual se volta grande parte das aberturas do edifício. A dimensão do terreno e o número de Varas do Trabalho da cidade podem levar a um outro arranjo dos blocos-tipo que resulta em um volume na

forma de “H”. Os edifícios em “U” constituem a tipologia para duas VT por pavimento, enquanto os edifícios em “H” a tipologia para quatro VT por pavimento. A volumetria em todos os casos é compacta e pesada, com os volumes muito próximos estabelecendo um pátio bastante estreito. As fachadas não apresentam tratamento diferenciado, sendo todas as faces sem ornamentações e com poucas aberturas verticalizadas que variam conforme a exigência legal do município de implantação.

Outra particularidade do projeto-tipo é a previsão de expansão vertical para eventuais ampliações necessárias. Os edifícios são projetados para uma demanda superior à existente no momento do projeto, para construção em etapas. Usualmente os terrenos não comportam ampliações horizontais, por isso o projeto é dimensionado para receber mais pavimentos em uma eventual criação de novas VT.

O projeto escolhido para aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) refere-se a um edifício público pertencente à União, que abriga o Tribunal Regional do Trabalho (TRT3) do município de Pedro Leopoldo-MG.

2.2 Caracterização do município

O Município de Pedro Leopoldo foi emancipado em 07 de setembro 1923 e integra a Microrregião de Belo Horizonte, distante aproximadamente 38Km do centro da Capital. Apresenta área total de 292,56 Km² e faz divisa com Matosinhos, Jaboticatubas, Lagoa Santa, Confins, São José da Lapa, Ribeirão das Neves e Esmeraldas (ASSEMBLEIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, [201-]).

O município está localizado sob coordenadas 19⁰62' de latitude Sul e 44⁰04' de longitude Oeste, a uma altitude média de 710m acima do nível do mar. Está inserido na zona bioclimática ZB2, conforme software ZBBR-Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações-LABEE da Universidade Federal de Santa Catarina. A temperatura média anual é 20,9⁰C, com mínimas de 15,9⁰ C e máximas de 28,2⁰ C.

2.3 Caracterização da edificação

O edifício-tipo para duas VT foi implantado na região central da cidade em um terreno de 1978,49 m² situado na Rua Anélio Caldas nº 500 (FIGURA 01). Apresenta área total construída de 1790,40 m² distribuída em três pavimentos. O pavimento térreo é composto por um estacionamento previsto sob a projeção de um dos blocos-tipo e pelo Foro, unidade responsável pela distribuição dos processos para as VT. O primeiro pavimento destina-se à acomodação de duas VT, nas quais são encontrados os gabinetes, salas de audiências e a secretarias, que contam com copa e sanitários para os funcionários. A circulação vertical é feita por uma rampa situada no volume de ligação entre os blocos-tipo. Este volume de ligação promove a circulação vertical e a circulação horizontal entre os dois blocos-tipo, além de acomodar os sanitários para público e as áreas de reserva técnica e arquivo. O terceiro pavimento é composto apenas pelo volume de ligação, que nesta etapa de construção destina-se à colocação das caixas d'água.

O projeto arquitetônico do edifício é apresentado no Anexo A. As principais características construtivas são descritas a seguir.

Figura 01- Localização do terreno



Fonte: Adaptado GOOGLE EARTH, [201-].

2.3.1 Sistema construtivo

No projeto estrutural foi especificado sistema convencional de concreto armado constituído por pilares, vigas e lajes maciças de 10cm de espessura. As vedações externas e internas são em tijolo furado para vedação 14x19x29cm, revestidas por 35mm de argamassa interna e externamente. As paredes internas recebem pintura na cor pérola, as instalações sanitárias são revestidas em azulejo branco 15x15cm, assim como as paredes das pias de todas as copas. As paredes externas recebem textura na cor pérola em todas as fachadas, exceto na fachada leste (frontal) revestida com granito cinza de 1,5cm de espessura assentado diretamente sobre a argamassa.

O piso é em granito cinza assentado sobre a laje de concreto. O sistema de cobertura é formado por telhado com inclinação de 25 %, embutido em platibanda de 1,6 m de altura. O memorial descritivo prevê a utilização de telha de fibrocimento em espessura de 8 mm, apoiada em estrutura de madeira colocada sobre a laje de concreto criando uma grande camada de ar. O edifício tem forro plano de gesso com 2 cm de espessura em todos os cômodos, exceto no estacionamento. O forro é colocado a uma distância de 20 cm da laje de concreto, criando um segundo colchão de ar no sistema de cobertura.

2.3.2 Sistema de iluminação

No projeto foram especificadas luminárias de sobrepor para duas lâmpadas fluorescentes de 32W/127V, com corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca, refletor em alumínio anodizado de alto brilho. As luminárias são dispostas no sentido longitudinal dos ambientes, com distâncias de linhas e colunas variando de acordo com o número de luminárias de cada ambiente. O projeto não especifica o nível de iluminância pretendido para cada ambiente.

Todos os ambientes apresentam dispositivo de acionamento das luminárias localizados, em geral, próximos às portas de entrada de cada ambiente. Não há acionamento independente para as fileiras de luminárias localizadas próximas às janelas.

2.3.3 Sistema de condicionamento de ar

O projeto prevê a climatização artificial de todos os ambientes de permanência prolongada, feita por aparelhos individuais, split e de janela, com capacidade total de refrigeração respectivamente de 18.000 e 19.000 BTUs. A renovação de ar ocorre com a troca com o ar externo, o acionamento e controle são feitos nos próprios equipamentos instalados em cada ambiente.

3 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) foi criado pelo Governo Federal em 1985 com o objetivo de reduzir o custo dos investimentos no setor de energia a partir da eficiência no uso e do combate ao desperdício de recursos. Em 2003 foi instituído o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (Procel-Edifica) que resultou na publicação, em 2009, do “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” (RTQ-C). Esse regulamento objetiva criar condições para etiquetagem do nível de eficiência energética dos edifícios através da especificação dos requisitos técnicos e dos métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos em cinco níveis de eficiência energética. É aplicável às edificações novas ou existentes com área total útil mínima de 500 m² e/ou com tensão de abastecimento superior a 2,3 kV (subgrupos A1, A2, A3, A3^a, A4 e AS), incluindo edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados.

A classificação do nível de eficiência energética de edifícios se baseia na avaliação de três requisitos: desempenho térmico da envoltória, eficiência e potência instalada do sistema de iluminação e eficiência do sistema de condicionamento de ar. O RTQ-C apresenta dois métodos possíveis para a avaliação de edifícios: o método prescritivo e a simulação computacional, sendo possível avaliar e classificar parcialmente os sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

No método prescritivo calcula-se a eficiência geral do edifício através do uso das equações fornecidas pelo RTQ-C, que variam de acordo com a área de projeção da edificação e com a Zona Bioclimática de implantação. A classificação final do edifício resulta da atribuição de pesos às classificações dos sistemas individuais, sendo envoltória: 30%, iluminação: 30% e condicionamento de ar: 40%. Os sistemas individuais são classificados em níveis que variam de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente), sendo que cada nível de classificação equivale a um número correspondente conforme apresentado na tabela 01.

Tabela 01- Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: BRASIL, 2010

A equação 1 pondera os sistemas individuais através dos pesos estabelecidos, resultando na classificação final da edificação.

$$PT = 0,30 \cdot \{(EqNumEnv \cdot AC/AU) + (APT/AU \cdot 5 + ANC/AU \cdot EqNumV)\} + 0,30(EqNumDPI) + 0,40\{(EqNumCA \cdot AC / AU) + (APT / AU \cdot 5 + ANC / AU \cdot EqNumV)\} + b^1_0$$

Equação 1

Sendo:

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 de simulação;

AC: área útil dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

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

O EqNumV corresponde a pontuação obtida a partir da comprovação de que as áreas de permanência prolongada não condicionadas proporcionam temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual de horas ocupadas. Só é obtido por meio de simulação, sendo de comprovação obrigatória para edifícios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de permanência prolongadas não condicionadas. Os valores deste equivalente numérico para utilização na equação 1 são apresentados na tabela 02.

Tabela 02- Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

Percentual de horas ocupadas em conforto	EqNumV	Classificação final
POC > 80%	5	A
70% < POC < 80%	4	B
60% < POC < 70	3	C
50% < POC < 60	2	D
POC < 50%	1	E

Fonte: BRASIL, 2010

A tabela 03 traz os limites do PT para classificação final da edificação dentro de cada um dos cinco níveis de eficiência energética.

Tabela 03- Classificação Geral

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

Fonte: BRASIL, 2010

No método de simulação o resultado da eficiência decorre da comparação entre o edifício real e quatro modelos de referência com características definidas pelo regulamento, conforme o nível de eficiência “A”, “B”, “C” ou “D”. Os modelos, real e de referência, devem então ser simulados no mesmo programa de simulação, utilizando-se o mesmo arquivo climático, o consumo do edifício real deve ser menor ou igual ao do edifício de referência para que se alcance o nível de eficiência pretendido.

A simulação é utilizada para avaliar como o uso de parâmetros diferentes daqueles determinados no regulamento gera maior economia de energia sem comprometer o conforto dos ambientes. O RTQ-C estabelece pré-requisitos quanto ao programa computacional utilizado para simulação e para o arquivo climático de simulação.

3.1 Pré-requisitos gerais

Para o edifício ser elegível à etiquetagem é necessário que sejam cumpridos alguns requisitos gerais que tratam da separação de circuitos elétricos e da utilização de sistemas eficientes de aquecimento de água. No caso da separação de circuitos, se o nível pretendido for “A” ou “B”, salvo as exceções previstas no regulamento, os circuitos elétricos deverão ser separados por uso final, ou possuir equipamento que possibilite a medição por uso final. Com relação aos edifícios com alta demanda de água quente, quanto maior o nível de classificação pretendido maior será a exigência do uso de sistema eficiente para aquecimento de água, conforme apresentado na quadro 01. Além da comprovação da utilização dos sistemas eficientes, devem ser cumpridas as recomendações específicas previstas no RTQ-C para cada sistema utilizado, e as condições isolamento da tubulação.

Quadro 01- Relação entre uso de sistema eficiente de aquecimento de água e nível de classificação da eficiência energética

Tipo de sistema eficiente	Nível A	Nível B	Nível C
	100% demanda	>= 70% demanda	<70% demanda
Aquecimento solar	X	X	X
Aquecedores a gás do tipo instantâneo	X	X	X
Aquecimento de água por bombas de calor	X	X	
Caldeiras a gás	X		

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

Destaca-se ainda que, para a obtenção da classificação “C” os sistemas elétricos complementares devem atender a uma serie de requisitos previstos no regulamento. Os aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas e os aquecedores elétricos de hidromassagem devem possuir eficiência energética superior a 95%, participar do Programa de Brasileiro de Etiquetagem – PBE/INMETRO e possuir potências respectivamente menores que 4.600W e 5.000W. Já os aquecedores elétricos por acumulação devem possuir etiqueta com classificação “A”, segundo regulamento específico do PBE/INMETRO.

3.2 Pré-requisitos específicos

Pré-requisitos específicos da envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar são exigidos conforme o nível de classificação pretendido.

Para a envoltória são determinados níveis máximos de transmitância térmica, absorvância de cores e superfícies para as paredes externas e coberturas e de fator solar para edificações com abertura zenital. Já o sistema de iluminação exige a divisão de circuitos, a contribuição de luz natural e o desligamento automático do sistema de iluminação. O sistema de condicionamento de ar apresenta pré-requisitos somente para o nível “A” de classificação, e estes se referem ao isolamento térmico dos dutos de ar e ao condicionamento de ar por aquecimento artificial.

3.3 Determinação da eficiência

A classificação da envoltória é feita a partir da utilização da equação de Indicador de Consumo para o cálculo com os dados do edifício. Os níveis de classificação variam de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente) e são obtidos através do preenchimento da tabela 04.

Tabela 04- Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Min	-	$IC_{maxD} - 3i + 0,01$	$IC_{maxD} - 2i + 0,01$	$IC_{maxD} - i + 0,01$	$IC_{maxD} + 0,01$
Lim Max	$IC_{maxD} - 3i$	$IC_{maxD} - 2i$	$IC_{maxD} - i$	IC_{maxD}	-

Fonte: BRASIL, 2010

Os índices de consumo máximo ($IC_{máx}$) e mínimo ($IC_{mín}$) representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir, sendo que para o cálculo utiliza-se a mesma equação, mas alterando os parâmetros de entrada conforme os valores fornecidos na tabela 05. O intervalo é dividido em 4 partes (i) que se referem aos níveis de classificação. Para o cálculo da subdivisão i do intervalo utiliza-se equação 2.

$$I = \frac{IC_{maxD} - IC_{mín}}{4}$$

Equação 2

Tabela 5- Parâmetros do IC_{maxD} e $IC_{mín}$

IC	PAFt	FS	AVS	AHS
IC_{maxD}	0,60	0,61	0	0
$IC_{mín}$	0,05	0,87	0	0

Fonte: BRASIL, 2010

Para determinar a eficiência do sistema de iluminação é necessário conhecer a potência total instalada do ambiente ou edifício para compará-la com a potência limite calculada para cada nível de classificação. A classificação pode ser realizada a partir de dois métodos distintos, o método da área do edifício e o método das atividades do edifício. Na avaliação pelo método da área os ambientes são avaliados de forma conjunta atribuindo-se ao edifício um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. O método das atividades avalia separadamente os ambientes através de limites de densidade de potência em iluminação para cada ambiente considerando as atividades desempenhadas no edifício. O cálculo da potência limite é feito utilizando-se o valor da densidade de potência de iluminação limite previsto no RTQ-C para cada um dos métodos possíveis de avaliação. Estes valores variam em razão da função da edificação e do nível de eficiência pretendido.

O RTQ-C avalia a eficiência do sistema de condicionamento de ar de duas formas distintas, quando o sistema é composto por aparelhos de janela e split avaliados pelo PBE/INMETRO, a classificação acompanha o nível de eficiência atribuído a cada modelo. Já os condicionadores não etiquetados devem atender aos requisitos mínimos de eficiência previstos no regulamento, que se tornam mais exigentes quanto maior o nível de classificação pretendido.

3.4 Bonificação

Por fim, a classificação final da edificação pode ser aumentada em até um ponto em razão de bonificações concedidas pela aplicação de iniciativas de aumento da eficiência energética. Essas iniciativas deverão ser justificadas e comprovadas e referem-se a:

- racionalização do uso da água: desde que proporcione economia mínima de 40%;
- uso de sistemas ou fontes renováveis de energia: desde que proporcione economia mínima de 70% através da utilização de aquecimento solar para edificações em que a parcela de água quente represente mais de 10% do

consumo, ou, economia mínima de 10% através da utilização de painéis fotovoltaicos;

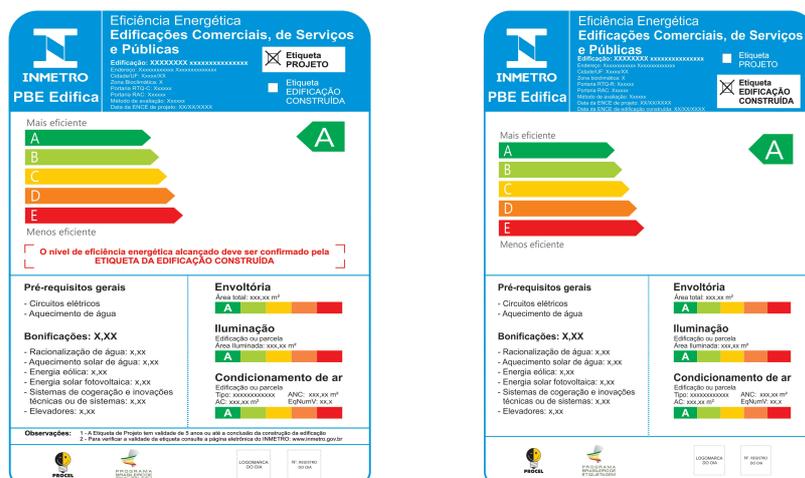
- sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas, tais como iluminação natural: desde que proporcione economia mínima de 30%;
- O uso de elevadores que tenham nível “A” pela avaliação da norma VDI 4707 aumentará a classificação em 0,5 ponto, desde que todos os elevadores do edifício obtenham a classificação “A”.

A comprovação do aumento da eficiência energética através do emprego de inovações tecnológicas pode aumentar em até um ponto a classificação geral do edifício. As estratégias podem ser combinadas para alcançar um ponto de bonificação, assim, os sistemas podem ser utilizados simultaneamente em porcentagens menores que as citadas no RTQ-C. A pontuação de cada sistema será calculada proporcionalmente à economia comprovada e as bonificações de cada sistema serão somadas até o limite de um ponto de bonificação admitido pelo regulamento.

3.5 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)

O nível de classificação obtido é apresentado na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que pode ser geral, quando avaliados os três sistemas individuais, ou parcial, quando são avaliados um ou dois sistemas. A avaliação da envoltória é obrigatória e deve ser avaliado todo o edifício, já os sistemas de iluminação e condicionamento de ar podem ser avaliados em apenas uma parcela do edifício. A etiqueta geral indicará o nível de eficiência energética alcançado pelo conjunto dos sistemas, e pode se referir ao projeto ou ao edifício construído, a figura 02 traz os modelos das etiquetas gerais.

Figura 02- Modelo ENCE Geral de projeto e de edifício construído



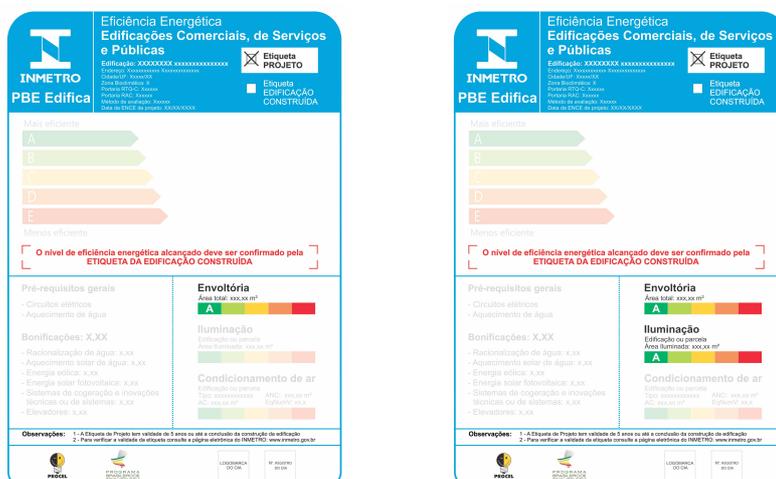
Fonte: PROCEL EDIFICA, 2010a

A etiqueta parcial indica o desempenho de cada sistema avaliado isoladamente e pode apresentar as seguintes combinações:

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

A figura 03 mostra os modelos de etiquetas parciais.

Figura 03- Modelo ENCE Parcial de projeto



Fonte: PROCEL EDIFICA, 2010a

4 APLICAÇÃO DO REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS

4.1 Avaliação e classificação da eficiência da envoltória

Para determinação do nível de eficiência da envoltória será utilizado o método prescritivo previsto no RTQ-C. Este método classifica a eficiência da envoltória a partir de um indicador de consumo obtido através de equações que variam conforme o Zoneamento Bioclimático de implantação da edificação e a área de projeção da mesma. O RTQ-C exige ainda que seja verificado o atendimento dos pré-requisitos específicos do sistema. O não atendimento de nenhum desses pré-requisitos limita a classificação da envoltória ao nível “E”.

4.1.1 Determinação do nível de eficiência da envoltória

As variáveis utilizadas para determinação do nível de eficiência da envoltória foram obtidas no projeto arquitetônico do edifício, apresentado no Anexo I. A orientação das fachadas foi obtida na implantação, conferida no Google Earth, e determinada da seguinte forma:

- De 0° a $45,0^{\circ}$ e de $315,1^{\circ}$ a $360,0^{\circ}$, a orientação geográfica é norte;
- De $45,1^{\circ}$ a $225,0^{\circ}$, a orientação geográfica é Leste;
- De $135,1^{\circ}$ a $225,0^{\circ}$, a orientação geográfica é Sul;
- De $225,1^{\circ}$ a $315,0^{\circ}$, a orientação é Oeste.

O percentual de abertura na fachada total (PAFt) foi calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada de cada fachada e a área total de fachada da edificação, excluídas as áreas correspondentes aos caixilhos. Os dados completos e cálculos são apresentados no Apêndice A. Com relação ao percentual de abertura na fachada oeste (PAFo), menciona-se que no edifício estudado o PAFo

não obteve percentual 20% ou mais superior ao PAFt, todavia, por se tratar de um edifício-tipo, que a rigor pode ser implantado em orientações diversas, optou-se por fazer os cálculos do IC utilizando o PAFt e o PAFo, na sua pior hipótese, conforme dados apresentados no Apêndice A. O edifício não apresenta abertura zenital, por isso não foi realizado o cálculo do percentual de abertura zenital (PAZ).

O Fator Solar dos vidros informa o percentual da radiação solar incidente que atravessa para o interior da edificação. Para o edifício-tipo do TRT3 foi especificado vidro simples de 3mm, cujo FS é 0,87, valor utilizado para a realização dos cálculos.

A edificação não apresenta nenhum tipo de proteção solar nas fachadas, mas em função do seu formato em “U”, com aberturas voltadas para um pátio interno, foi considerado o sombreamento causado pelo próprio edifício. O AHS é calculado pelo ângulo do plano formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro. Para o cálculo foi utilizada a metodologia proposta no manual do RTQ-C na qual considera-se que o sombreamento de uma lateral será (0^0) e de outra (90^0), sendo o AHS a média dos dois ângulos. O AHS utilizado na equação do IC foi calculado pela razão da média ponderada do ângulo de sombreamento para todas as aberturas pela área total de aberturas. A memória dos cálculos pode ser conferida no Apêndice A.

O quadro 02 traz os dados do edifício utilizados para os cálculos do IC da edificação, conforme cálculos apresentados no Apêndice A.

Quadro 02- Dados da edificação

Variável	Abreviação	Valor
Área total	Atot	1789,80 m ²
Área projeção da edificação	Ape	892,00 m ²
Área da envoltória	Aenv	2.523,82 m ²
Área projeção da cobertura	Apcob	892,00 m ²
Volume total	Vtot	7.182,94 m ³
Fator de Forma	FF	0,35
Fator Altura	FA	0,50
Fator Solar	FS	0,87
Ângulo horizontal de sombreamento	AHS	12,56 ⁰
Ângulo vertical de sombreamento	AVS	0

Fonte: Elaborado pela autora

O edifício-tipo do TRT3 apresenta área de projeção maior que 500 m², por essa razão para a determinação do indicador de consumo da envoltória foram utilizadas as equações descritas no RTQ-C, apresentadas no quadro 03.

O Estado de Minas Gerais apresenta municípios em sete zonas bioclimáticas (ZB1 a ZB7), o fator de forma (FF) do edifício estudado atendeu, em todos os zoneamentos bioclimáticos, aos limites determinados no regulamento para utilização das equações.

Quadro 03- Equações de indicador de consumo por zonas bioclimáticas

Zoneamento	FF mínimo	Equação do Índice de Consumo
ZB 1	0,17	$10,47FA + 298,74FF + 38,41PAFt - 1,11FS - 0,11AVS + 0,24AHS - 0,54PAFt.AHS + 47,53$
ZB2 e ZB3	0,15	$- 14,14FA - 113,94FF + 50,82PAFt + 4,86FS - 0,32AVS + 0,26AHS - 35,75/FF - 0,54PAFt.AHS + 277,98$
ZB4 e ZB 5	livre	$511,12 FA + 0,92FF - 95,71PAFt - 99,79FS - 0,52AVS - 0,29AHS - 380,83.FA.FF + 4,27/FF + 729,20.PAFt.FS + 77,15$
ZB6 e ZB8	0,17	$- 160,36 FA + 1277,29FF - 19,21PAFt + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16AHS + 290,25.FF.PAFt + 0,01.PAFt.AVS.AHS - 120,58$
ZB7	0,17	$- 69,48 FA + 1347,78FF + 37,74PAFt + 3,03FS - 0,13AVS - 0,19AHS + 19,25/FF + 0,04AHS/(PAFt.FS) - 306,35$

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

As tabelas 06 e 07 apresentam os valores e as respectivas classificações encontradas a partir dos cálculos das equações de indicador de consumo para cada zona bioclimática presente no Estado de Minas Gerais, considerando-se a implantação original do projeto deste estudo de caso, orientada com a fachada frontal a leste, e a hipótese de implantação do edifício-tipo na pior orientação solar, ou seja, com o maior percentual de aberturas voltadas para a orientação oeste, hipótese em que a fachada frontal encontra-se orientada a sul. O Apêndice C traz os dados e cálculos completos do indicador de consumo para as duas situações.

Tabela 06- Resultados dos cálculos ICenv implantação original

Zona Bioclimática	ICenv	ICenvmáx	ICenvmin	i	Classificação
ZB1	162,76	179,69	158,28	5,35	A
ZB2 e ZB3	141,09	162,34	135,66	6,67	A
ZB4 e ZB5	245,77	427,17	218,70	52,12	A
ZB6	255,66	297,52	252,98	11,13	A
ZB7	195,32	210,12	190,16	4,99	B

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 7: Resultados dos cálculos ICenv pior hipótese de implantação

Zona Bioclimática	ICenv	ICenvmáx	ICenvmin	i	Classificação
ZB1	163,96	179,69	158,28	5,35	B
ZB2 e ZB3	142,77	162,34	135,66	6,67	B
ZB4 e ZB5	266,24	427,17	218,70	52,12	A
ZB6	258,79	297,52	252,98	11,13	A
ZB7	195,34	210,12	190,16	4,99	B

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.2 Verificação dos pré-requisitos da envoltória

a) Transmitância térmica:

De acordo com o RTQ-C este pré-requisito distingue coberturas e paredes exteriores e seus valores variam de acordo com a zona bioclimática de inserção do edifício e com o nível de eficiência, quanto menor a transmitância térmica melhor é o nível de eficiência energética da edificação. Os valores são prescritos no regulamento conforme tabela 08.

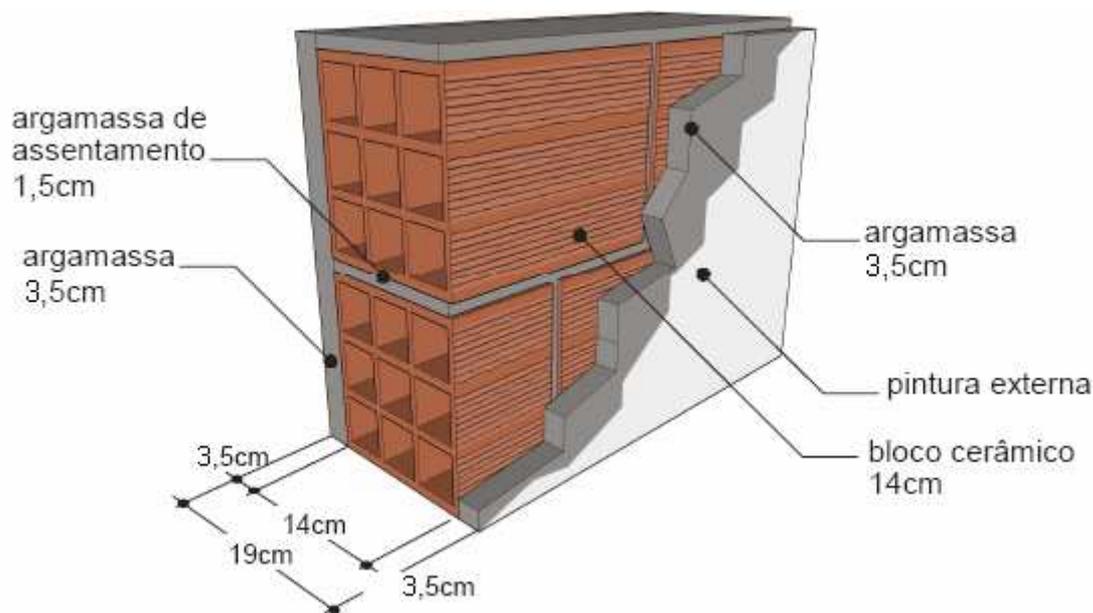
Tabela 8- Requisitos de transmitância térmica máxima

Zona Bioclimática	NIVEL A			NIVEL B			NIVEL C e D		
	Parede W/(m2K)	Cobertura W/(m2K)		Parede W/(m2K)	Cobertura W/(m2K)		Parede W/(m2K)	Cobertura W/(m2K)	
		condicionada			condicionada			condicionada	
		sim	não		sim	não		sim	não
ZB1	1,0	0,5	1,0	2,0	1,0	1,5	3,7	2,0	2,0
ZB 2	1,0	0,5	1,0	2,0	1,0	1,5	3,7	2,0	2,0
ZB 3	3,7	1,0	2,0	3,7	1,5	2,0	3,7	2,0	2,0
ZB 4	3,7	1,0	2,0	3,7	1,5	2,0	3,7	2,0	2,0
ZB 5	3,7	1,0	2,0	3,7	1,5	2,0	3,7	2,0	2,0
ZB 6	3,7	1,0	2,0	3,7	1,5	2,0	3,7	2,0	2,0
ZB 7	2,5 a 3,7	1,0	2,0	2,5 a 3,7	1,5	2,0	2,5 a 3,7	2,0	2,0
ZB 8	2,5 a 3,7	1,0	2,0	2,5 a 3,7	1,5	2,0	2,5 a 3,7	2,0	2,0

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

O edifício-tipo do TRT3 utiliza como vedação a alvenaria de tijolo cerâmico de 14x19x29cm, revestida interna e externamente por argamassa e pintura, apenas a fachada frontal é revestida com granito cinza assentado diretamente sobre a argamassa, conforme figura 04.

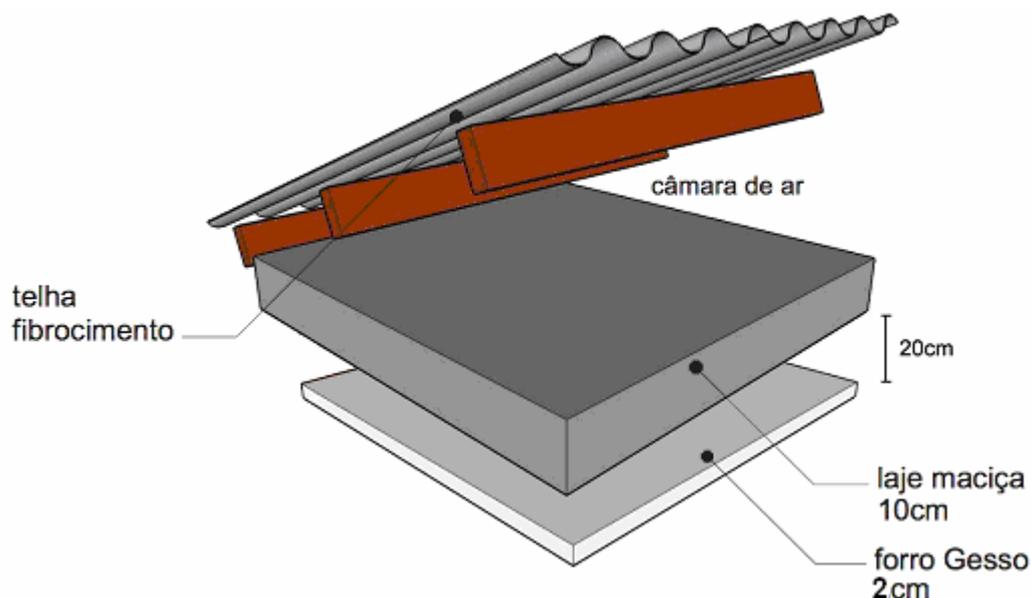
Figura 4- Composição das paredes



Fonte: adaptado de UFSC, 2010

Já a cobertura é constituída por laje maciça de concreto coberta por telha de fibrocimento colocada sobre câmara de ar. Toda a extensão do edifício contém forro de gesso conforme figura 05.

Figura 5- Composição das paredes



Fonte: adaptado de UFSC, 2010

b) Absortância de superfícies

Segundo Mascaró (1991, p.54) o aumento da temperatura do envolvente será menor quanto maior for a parcela de radiação incidente refletida por uma superfície, e quanto maior for a capacidade de se devolver o calor absorvido na forma de radiação térmica, ou seja, o desempenho térmico de um edifício relaciona-se diretamente com a quantidade de calor que chega ao seu interior. O RTQ-C determina valores máximos de absortância de paredes e coberturas para a obtenção dos variados níveis de classificação, conforme dados apresentados no tabela 09.

Tabela 9- Requisitos de cores e absorvância de superfícies

Zona Bioclimática	NIVEL A		NIVEL B	
	Parede	Cobertura	Parede	Cobertura
ZB 2	<0,5	<0,5	-	<0,5
ZB 3	<0,5	<0,5	-	<0,5
ZB 4	<0,5	<0,5	-	<0,5
ZB 5	<0,5	<0,5	-	<0,5
ZB 6	<0,5	<0,5	-	<0,5
ZB 7	<0,5	<0,5	-	<0,5
ZB 8	<0,5	<0,5	-	<0,5

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

O quadro 04 apresenta os valores encontrados para cada parâmetro e as respectivas classificações máximas resultantes para as 7 zonas bioclimáticas presentes no Estado de Minas Gerais, conforme cálculos para avaliação dos pré-requisitos da envoltória apresentados no Apêndice B.

Quadro 4- Resultados de avaliação parcial pré-requisitos envoltória

Pré-requisito	Valores	Classificação máxima						
		ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7
Transmitância parede W/(m2K)	1,89	B	B	A	A	A	A	A
Transmitância térmica cobertura W/(m2K)	1,37	C	C	B	B	B	B	B
Absortância parede	0,36	A	A	A	A	A	A	A
Absortância cobertura	0,82	A	C	C	C	C	C	C
Nível de eficiência limitado pelos pré-requisitos específicos		C	C	C	C	C	C	C

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.3 Resultado final da envoltória

A classificação da envoltória para o edifício-tipo objeto deste estudo, implantado no município de Pedro Leopoldo, alcançou o nível “C”, pois apesar de o cálculo do índice de consumo possibilitar a classificação “A”, o resultado foi limitado devido a inconformidades dos pré-requisitos, conforme apresentado no quadro 04. Desse modo, o nível de eficiência da envoltória corresponde ao equivalente numérico 3 conforme tabela 01.

4.1.4 Avaliação da envoltória

Os resultados do indicador de consumo não são satisfatórios caso os pré-requisitos não sejam atendidos, por isso foram propostas alterações nos componentes da envoltória com o objetivo de obter a classificação “A” em todos os pré-requisitos.

A transmitância térmica das paredes externas apresentou resultados satisfatórios em todos os zoneamentos bioclimáticos, todavia nas zonas bioclimáticas 1 e 2, sendo esta última a do edifício estudado, não foi possível obter a classificação “A” neste pré-requisito. Para aumentar o desempenho termoenergético das paredes externas dos edifícios-tipo implantados nas Zonas Bioclimáticas 1 e 2 propôs-se a utilização de um isolante térmico (poliestireno extrudado) nas paredes externas obtendo-se como novo valor de transmitância: $U = 0,49 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Para a área de cobertura a estratégia adotada foi a substituição da telha de fibrocimento pela telha sanduíche, reduzindo a transmitância térmica do sistema de cobertura de $U = 1,37 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ para $U = 0,57 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Este resultado possibilita a classificação “A” nos Zoneamentos Bioclimáticos 3 a 8, mas é insuficiente para o alcance deste nível nos Zoneamentos Bioclimáticos 1 e 2, caracterizados por temperaturas mais baixas para as quais recomenda-se maior isolamento térmico das edificações. Para as Zonas Bioclimáticas 1 e 2 adotou-se uma nova composição, na qual o forro de gesso foi substituído pelo forro de fibra mineral, gerando o seguinte resultado: $U = 0,49 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Quanto a absorvância de superfícies, em função da dificuldade de obtenção de dados de alguns fabricantes e da impossibilidade de realização de ensaios de laboratório, foram assumidos os valores de absorvância da Tabela B2, Anexo B, da NBR 15520-2 (ABNT,2005a). O resultado obtido para a cobertura foi insatisfatório, mas a substituição das telhas de fibrocimento por telhas metálicas brancas do tipo sanduíche, proposta com o intuito de reduzir a transmitância térmica da cobertura reduzirá o valor da absorvância para $\alpha=0,20$. Não foram necessárias alterações nas cores ou materiais de revestimento das paredes externas do edifício já que o valor encontrado para absorvância foi $\alpha=0,36$, abaixo do limite para obtenção do nível "A" de classificação em qualquer Zoneamento Bioclimático.

Segundo resultados obtidos na aplicação das equações de IC previstas para avaliação pelo método prescritivo do RTQ-C, verificou-se que a classificação máxima do edifício estudado não obteve o nível "A" somente para a Zona Bioclimática ZB-7. Para a hipótese do edifício-tipo ser implantado com a maior parte das aberturas voltadas para a orientação oeste, a envoltória obteve classificação "A" para as Zonas Bioclimáticas ZB-4, ZB-5 e ZB-6 e classificação "B" para Zonas Bioclimáticas ZB-1, ZB-2, ZB-3 e ZB-7. A avaliação dos pré-requisitos resultou em uma classificação máxima para envoltória de "C",desse modo, combinando os resultados obtidos na avaliação pelo cálculo do índice de consumo com a avaliação dos pré-requisitos, a classificação máxima possível para o sistema de envoltória é "C" independentemente da Zona Bioclimática do edifício.

Ao se restringir a análise do envelope ao indicador de consumo percebe-se que a edificação apresenta um bom desempenho térmico tendo como classificação mínima obtida o nível "B". A mudança da orientação solar do edifício alterou a eficiência nas Zonas Bioclimáticas ZB-1 a ZB-3 de "A" para "B", mas não alterou a classificação nos demais zoneamentos. Dentre os fatores que contribuem para o bom desempenho da envoltória está o baixo percentual de aberturas nas fachadas, que diminui o ganho de calor excessivo por radiação solar direta, além disso, a escolha de materiais com baixa absorvância solar para os revestimentos das fachadas colabora com a eficiência do envelope do edifício.

O RTQ-C não estabelece índices mínimos para ventilação natural ideais para cada Zoneamento Bioclimático. A ventilação natural aparece no regulamento como um parâmetro que influencia o desempenho energético da edificação através de um equivalente numérico presente nas parcelas da envoltória e de condicionamento de ar do equacionamento geral da eficiência do edifício. O EqNumV (equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente) atua como uma variável que reduz a participação do sistema de condicionamento de ar em função do aumento da área naturalmente ventilada em condições de conforto. No entanto, o EqNumV só pode ser obtido por meio de simulação, sendo esta obrigatória para os casos específicos de edificações naturalmente ventiladas ou que possuam áreas de permanência prolongada não condicionadas. Apesar de não influenciar o resultado obtido no desempenho energético da edificação calculado através do regulamento, entende-se que um bom projeto de aberturas para ventilação natural mostra-se como uma alternativa para redução do consumo energético no edifício-tipo do TRT3.

Em edifícios comerciais e públicos a opção pelo condicionamento artificial é geralmente uma premissa do projeto já que o desconforto térmico pode representar perda de clientes ou baixa produtividade (LAMBERTS, et al., 1997). O padrão de funcionamento do TRT3 no interior do Estado apresenta uma ocupação de baixa densidade uma vez que usualmente os edifícios comportam somente duas VT e os funcionários trabalham em turnos diferentes. A adoção de estratégias bioclimáticas possibilita a redução da necessidade de condicionamento artificial, sendo viável a combinação da ventilação natural com a ventilação artificial, sendo esta última utilizada somente nos meses de clima muito severos.

Como parâmetro para avaliação do percentual de ventilação natural do edifício estudado utilizam-se os valores previstos no Código de Obras do município de Pedro Leopoldo (BRASIL, 2002) e na NBR 15.575 (ABNT, 2013). Observa-se que o edifício não atende aos índices mínimos de ventilação natural previstos no Código de Obras em nenhum dos ambientes de permanência prolongada. Já de acordo com a NBR 15.575, somente a ventilação das rampas não atende aos índices previstos, contudo destaca-se que a norma se refere às edificações residenciais cujos índices de calor interno produzido não consideravelmente inferiores àqueles produzidos em

ambientes de escritório. Segundo os resultados obtidos, cujos cálculos podem ser conferidos no Apêndice D, observa-se que apesar do bom desempenho térmico da envoltória alcançado através do método prescritivo do RTQ-C, o percentual de aberturas originalmente previsto para o edifício não garante o conforto dos usuários sem condicionamento artificial em nenhuma época do ano.

Foram realizadas alterações em algumas das variáveis da equação do índice de consumo da envoltória para avaliar o impacto do aumento do percentual de abertura nas fachadas na eficiência energética do edifício. Conforme se verifica na tabela 10, o aumento do PAFt isoladamente aumenta o ICenv reduzindo o nível de eficiência na maior parte dos casos, já quando associado ao uso de proteções solares é possível manter a classificação.

Para implantação com a fachada frontal orientada para leste (edifício estudado), considerando-se um percentual de aberturas na fachada total de 20%, e o AHS de 12,56⁰ (sombreamento do próprio edifício) verificou-se que o comportamento varia em função da Zona Bioclimática, apresentando algumas tendências em comum.

O aumento do AVS implica em uma redução do valor do ICenv, independentemente de estar associado a AHS. Já os aumentos no AHS aumentam o valor encontrado para ICenv na ZB1, ZB2/3 e ZB7, e reduzem o valor encontrado para ICenv nos demais zoneamentos bioclimáticos.

As variações no FS apresentaram impacto menos significativo não havendo alteração na classificação do edifício apenas com a redução do valor dessa variável.

Na zona bioclimática ZB1 a adoção do FS menor ocasionou um pequeno aumento no ICenv, o que era esperado já que são locais de climas mais frios para os quais a NBR 15520-3 recomenda que se permita sol no período de inverno. O mesmo ocorre na zona bioclimática ZB7, o que não era esperado por se tratar de locais de clima quente e úmido para os quais a norma não traz nenhuma recomendação específica para o período de inverno.

Para um PAFT de 20%, se mantidos o FS e AHS originais do projeto, um AVS entre 10^o e 20^o resulta na classificação “A” em todas as Zonas Bioclimáticas, exceto a ZB4/ZB5. O alcance do melhor nível de classificação em ZB4/5 para um PAFT de 20% ocorre quando utilizados AHS e AVS de 25^o associados a uma redução no FS de 0,87 para 0,65.

Tabela 10- Resultados dos cálculos ICenv pior hipótese de implantação

ZB1					
PAFT	FS	AVS	AHS	Icenv	Classificação
20	0,87	0	12,56	165,70	B
20	0,65	0	12,56	165,94	B
20	0,87	10	12,56	164,60	B
20	0,87	20	12,56	163,50	A
20	0,87	30	20	163,38	A
ZB2e ZB3					
PAFT	FS	AVS	AHS	Icenv	Classificação
20	0,87	0	12,56	145,19	B
20	0,65	0	12,56	144,12	B
20	0,87	10	12,56	141,99	A
20	0,87	20	12,56	138,79	A
20	0,87	30	20	136,72	A
ZB4 e ZB5					
PAFT	FS	AVS	AHS	Icenv	Classificação
20	0,87	0	12,56	295,86	B
20	0,65	0	12,56	285,73	B
20	0,87	10	12,56	290,67	B
20	0,87	20	12,56	285,46	B
20	0,87	30	20	278,11	B
20	0,65	25	25	269,13	A
ZB6					
PAFT	FS	AVS	AHS	Icenv	Classificação
20	0,87	0	12,56	263,32	A
20	0,65	0	12,56	262,67	A
20	0,87	10	12,56	259,97	A
20	0,87	20	12,56	256,63	A
20	0,87	30	20	252,53	A
ZB7					
PAFT	FS	AVS	AHS	Icenv	Classificação
20	0,87	0	12,56	196,32	B
20	0,65	0	12,56	196,62	B
20	0,87	10	12,56	195,02	A
20	0,87	20	12,56	193,72	A
20	0,87	30	20	192,71	A

Fonte: Elaborado pela autora

O correto dimensionamento e posicionamento do sistema de aberturas representa uma ótima estratégia para garantir conforto aos usuários. As aberturas propostas para o edifício-tipo do TRT3 são verticalizadas e localizadas a 50cm do piso. Não foi planejada para o projeto uma diferenciação no tamanho das aberturas de entrada e saída como forma de direcionar o fluxo do ar. Quanto à tipologia das aberturas foram adotadas janelas de máximo-ar com pequeno grau de abertura (45°), associadas a uma grade quadriculada que reduz consideravelmente a quantidade de luz que incide nos ambientes. Sugere-se assim, uma revisão no percentual de aberturas nas fachadas associada ao planejamento da forma e tipologia das mesmas.

Importante mencionar que o aumento do percentual de janelas pode implicar no aumento do consumo energético das edificações. Conforme estudo realizado por Santana(2006), o consumo anual de energia sofreu um acréscimo equivalente a 29% quando variado o percentual de janelas nas fachadas de 10% até 100%. A alteração do índice de aberturas nas fachadas exige estudos detalhados, sendo no presente trabalho apenas levantados dados e deficiências que servirão de base para futuras intervenções no projeto.

Com relação ao sombreamento, as proteções solares não são diferenciadas por orientação solar nas equações do método prescritivo do regulamento, esse fato pode resultar em uma distorção do valor do IC calculado, apresentando uma eficiência que não corresponde com a eficiência real da proteção adotada no projeto.

Nota-se que o edifício-tipo do TRT3 não apresenta nenhum tipo de proteção solar, sendo o AHS considerado nos cálculos obtido em função do sombreamento causado pela própria edificação. A inexistência de proteções solares não teve um impacto significativo no desempenho da envoltória em razão do baixo percentual de aberturas na fachada e da orientação solar do edifício, além disso, para a zona bioclimática ZB2 é recomendada a permissão do sol durante o inverno.

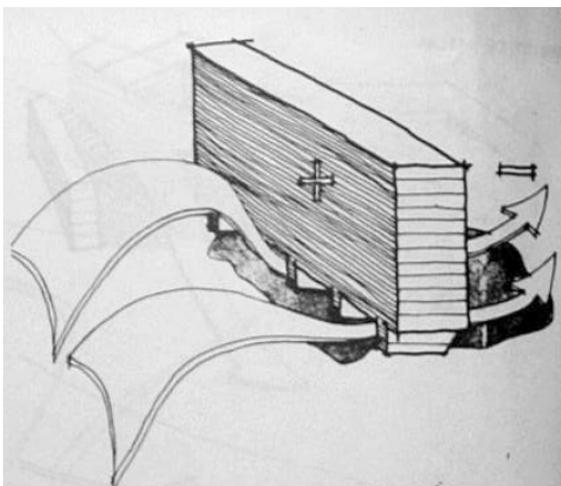
As variações nos ângulos de sombreamento apresentados na Tabela 10 demonstram as interferências no valor do IC calculado sem, contudo, considerar a necessidade de sombreamento de cada fachada. Bittencourt (2004) afirma que a combinação adequada de fatores como eficiência, plasticidade, privacidade,

luminosidade, ventilação, visibilidade, durabilidade, custo de implantação e manutenção entre outras, indicará a solução mais adequada para os protetores solares. O cálculo adequado dos dispositivos de sombreamento do edifício-tipo merece uma análise apurada considerando-se o aumento na área de abertura, a alteração do tipo de esquadria utilizada e o fato do projeto poder ser implantado em diversas Zonas Bioclimáticas em orientações distintas. Entende-se, assim, que os dispositivos de proteção solar devem ser dimensionados após alterado o projeto-tipo com base nos apontamentos deste estudo.

De acordo com Bittencourt e Cândido (PROCEL, 2010c) os pátios podem ser utilizados no clima quente e úmido associados à vegetação, quando observada à distancia necessária para a captação de vento. Os autores mencionam que estudos realizados por Bittencourt e Peixoto em 2001 para edificações escolares demonstram a importância de dimensionar adequadamente os pátios. A comparação entre a velocidade do vento na sala localizada a barlavento, no pátio e na sala a sotavento demonstraram que a velocidade do vento foi dobrada com aumento de 6m para 9m na distância do pátio, e triplicada com o aumento do pátio de 9m para 18m. O aumento da distância entre os blocos do edifício-tipo, que hoje formata um pátio com afastamento de apenas 4m, pode também ser usado como estratégia para melhorar o aproveitamento da ventilação natural.

O edifício estudado apresenta pilotis em um dos blocos, mas em algumas cidades o edifício-tipo do TRT3 foi implantado diretamente no chão. Importante mencionar que a construção sobre pilotis pode aumentar a ventilação nas edificações, o bloco localizado a sotavento seria beneficiado já que o bloco adjacente deixaria de funcionar como uma barreira à passagem do vento, figura 06.

Figura 06- Efeito de pilotis na ventilação natural



Fonte: MASCARÓ,1991

4.2 Avaliação e classificação da eficiência do sistema de iluminação

Para determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação será utilizado o método prescritivo previsto no RTQ-C. De acordo com o regulamento este método classifica a eficiência da iluminação através da análise da potência instalada pela área do edifício, sendo possível a avaliação pelo método da área do edifício ou pelo método das atividades do edifício. O RTQ-C exige ainda que seja verificado o atendimento dos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação, que se tornam mais exigentes quanto maior for o nível de eficiência desejada.

4.2.1 Determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação

A avaliação do sistema de iluminação foi realizada pelo método da área do edifício, as variáveis utilizadas para determinação do nível de eficiência foram obtidas no projeto arquitetônico e no projeto elétrico do edifício, apresentados respectivamente nos Anexos I e II. A área iluminada foi levantada conforme memória de cálculo apresentada no Apêndice A. Importante mencionar que o segundo pavimento do

edifício foi desconsiderado do cálculo da área iluminada, uma vez que nesta etapa de construção não terá nenhum tipo de ocupação.

Com relação à atividade principal para determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação considera-se que a atividade que melhor reflete as necessidades reais de funcionamento do edifício é a de instituição governamental. A tabela 11 apresenta os limites da potência para cada nível de classificação, calculados depois de definida a função do edifício.

Tabela 11- Cálculo da potência limite para classificação da eficiência

Função da edificação	DPI- Nível A (W/m²)	DPI- Nível B (W/m²)	DPI- Nível C (W/m²)	DPI- Nível D (W/m²)
Instituição governamental	9,9	11,4	12,9	14,4
	Potencia limite (W)			
Área (m²)	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
1.647,02	16.305,50	18.776,03	21.246,56	23.717,09

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

Consta no projeto luminotécnico a utilização do conjunto de luminárias com refletor e aletas de alumínio para duas lâmpadas T8-32W e lâmpadas fluorescentes compactas de 20W. O fluxo luminoso das lâmpadas tubulares especificadas no projeto é 2700 lm e a potência total do conjunto 69W, conforme consultado no catálogo do fabricante para duas lâmpadas mais reator eletrônico.

A densidade de potência instalada para o sistema de iluminação do edifício-tipo do TRT3 é de 11,53W/m², conforme a carga que totaliza 18.994W e a área total atendida pelo sistema de 1.647,02m². A classificação geral obtida pelo sistema de iluminação atingiu o nível "C", conforme dados apresentados no Apêndice E comparados aos limites apresentados na Tabela 10.

4.2.2 Verificação dos pré-requisitos do sistema de iluminação

O RTQ-C determina que a classificação do sistema de iluminação deve atender, além dos limites de potência instalada calculados pelo método da área ou pelo método da atividade do edifício, a pré-requisitos que estabelecem critérios de controle do sistema com o objetivo de aumentar a eficiência energética. Quanto maior o nível de eficiência pretendido maior o número de pré-requisitos a cumprir. O quadro 05 traz a relação dos pré-requisitos exigidos para cada nível de classificação.

Quadro 05- Relação de pré-requisitos e níveis de eficiência máximos

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
a) Divisão de circuitos	Sim	Sim	Sim
b) Contribuição da luz natural	Sim	Sim	
c) Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

a) Divisão de circuitos

Este requisito tem por objetivo possibilitar que os usuários possam controlar o uso da iluminação para suas necessidades específicas. O regulamento determina que cada ambiente deve possuir pelo menos um dispositivo manual para o acionamento independente da iluminação interna, localizado de forma a possibilitar a visibilidade de todo o sistema controlado pelo dispositivo. A quantidade de dispositivos de controle deve seguir uma proporção relacionada com a área do ambiente, conforme apresentado no quadro 06.

Quadro 6: Relação entre área de ambientes e dispositivos de controle independentes

Área dos ambientes	Nível A
a) até 250m ²	1 unidade
b) entre 250 e 1000m ²	1 unidade a cada 250m ²
c) maior que 1000m ²	1 unidade a cada 1000m ²

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

O pré-requisito foi atendido já que o edifício-tipo do TRT3 apresenta o controle manual para acionamento independente da iluminação interna, sendo os dispositivos facilmente localizados, geralmente próximos às portas de acesso aos ambientes. O estacionamento, único ambiente com área maior que 250m², apresenta mais de um dispositivo independente, conforme projeto elétrico apresentado no Anexo II.

b) Contribuição da luz natural

Com a finalidade de reduzir o uso de iluminação artificial, o regulamento determina que as fileiras de luminárias localizadas próximas às janelas devem apresentar dispositivo de desligamento independente, possibilitando o uso da iluminação natural enquanto a iluminância estiver adequada. De acordo com o projeto elétrico apresentado no Anexo B, não foram previstos dispositivos de acionamento independente para as fileiras próximas as aberturas voltadas para o exterior. Observa-se a ocorrência de acionamento independente nos gabinetes e salas de diretor, mas nos demais ambientes o pré-requisito não foi atendido, conforme apresentado no Apêndice E. Desta maneira, o nível máximo de classificação em razão do descumprimento do requisito é "C".

c) Desligamento automático do sistema de iluminação

Para evitar o uso desnecessário de iluminação artificial em ambientes desocupados o RTQ-C determina que os ambientes com áreas maiores que 250 m² devem

possuir dispositivo de controle automático para desligamento do sistema de iluminação.

As opções de funcionamento dos dispositivos de controle previstos no RTQ-C são:

- desligamento em horário pré-determinado;
- sensor de presença com desligamento do sistema em 30 min após a saída de todos os ocupantes do ambiente; ou
- sinalização de um outro controle ou sistema de alarme que indique a desocupação do ambiente.

O pré-requisito foi atendido já que para o estacionamento, único ambiente com área maior que 250m², foi previsto o uso de sensores de presença com desligamento automático do sistema após a desocupação.

4.2.3 Resultado final do sistema de iluminação

A classificação do sistema de iluminação alcançou o nível “C”.O pré-requisito de contribuição da luz natural não foi totalmente cumprido, mas ele limita a classificação para os níveis “A” e “B”, portanto a classificação obtida pelo cálculo da potência total instalada foi mantida. O nível de eficiência do sistema corresponde ao equivalente numérico 3 conforme apresentado na tabela 12.

Tabela 12- Determinação do equivalente numérico do sistema de iluminação

DPIT: 18.994W = Nível “C” = EqNum: 3			
Pré-requisito cumprido	Potência Instalada	% de Potencia Instalada	EqNum
sim	6022	31,7	3
não	12972	68,3	3
EqNum ponderado:			3

Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL, 2010

4.2.4 Avaliação do sistema de iluminação

Para reduzir o consumo energético do edifício e atender aos pré-requisitos para o sistema de iluminação foram propostas alterações no projeto existente. Para as fileiras de luminárias localizadas próximas as janelas foi previsto o acionamento independente, já que nas áreas periféricas o nível de iluminância ideal pode ser mantido com iluminação natural por um período superior ao das áreas centrais. Essa alteração não representa modificação significativa do ponto de vista técnico e econômico, e é suficiente para atender ao pré-requisito de contribuição da luz natural viabilizando a obtenção da classificação “A”, desde que atendido o limite de potência instalada para o nível, estabelecido no regulamento.

De acordo com a NBR 5413 – Iluminância de Interiores (ABNT, 1992)¹ cada ambiente requer um determinado nível de iluminância (E) ideal, estabelecido em função das atividades a serem desenvolvidas no local. A densidade de potência instalada calculada evidencia um projeto luminotécnico ineficiente, por isso optou-se pela proposição de um novo projeto cujos cálculos são apresentados no Apêndice E. Foram utilizados os valores de iluminância prescritos na norma para cada tarefa, considerando-se os usuários com idade de 40 a 55 anos, a velocidade e precisão importantes e a refletância do fundo da tarefa superior a 70% (mesas com tampos claros). Para a escolha das luminárias considerou-se a eficiência do sistema, o LUMILUX T5 HE representa até 20% de economia em relação ao sistema T8 (Catálogo OSRAM). As refletâncias de superfícies foram identificadas sendo: teto branco 90%, parede pérola 70% e piso cinza 10%.

A utilização de um conjunto lâmpada-reator com consumo final de 60W e fluxo luminoso de 2900lm de cada lâmpada (Catálogo OSRAM), combinado com a redução do número de luminárias para adequação aos índices de iluminância média previstos na NBR 5413 (ABNT, 1992), gerou a melhoria do nível de desempenho de iluminação que alcançou a classificação “A”. A potência instalada totalizou 12.340W, o que corresponde a uma diminuição de 35% em relação à potência instalada do projeto original. Ressalta-se que as condições de tempo de pesquisa foram

¹ Substituída pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, em vigor a partir de 21.04.2013

insuficientes para avaliar o custo das alterações sugeridas, todavia a diminuição no número de luminárias e o uso de um sistema mais eficiente sugerem um retorno breve do investimento feito para implementação das alterações projetuais propostas.

A tabela 13 traz os dados para comparação entre o sistema original e o sistema proposto para a iluminação do edifício-tipo do TRT3, os cálculos que produziram o resultado podem ser conferidos no Apêndice E.

Tabela 13- Resultado do cálculo da potência instalada

Projeto	Luminária	Fluxo luminoso (lm)	Consumo do sistema (W)	Quant. luminárias	Potencia instalada	Classificação
Original	T8-32W	2700	69	266	18354	
	Comp. 20W	1200	20	32	640	
Total:					18994	C
Proposto	T5-28W	2900	60	195	11700	
	Comp. 20W	1200	20	32	640	
Total:					12340	A

Fonte: Elaborado pela autora

4.3 Avaliação e classificação da eficiência do sistema de condicionamento de ar

O RTQ-C estabelece que o nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar depende do nível de eficiência dos equipamentos utilizados, avaliado através de dois procedimentos distintos a depender do equipamento ser ou não avaliados pelo PBE/INMETRO. Os sistemas compostos por condicionadores de ar de janela ou split avaliados pelo INMETRO são classificados através do nível de eficiência atribuído a cada modelo, já os sistemas não abrangidos por nenhuma norma de eficiência do INMETRO, são avaliados pelo seu desempenho comparado aos níveis fornecidos pelo RTQ-C.

4.3.1 Determinação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar

O edifício-tipo do TRT3 possui aparelhos de janela da marca Springer (ZCA195RB/BB) de 19.000 BTUs e aparelhos split da marca Cònsul (unidade interna: CBV18C e unidade externa: CBY18C) de 18.000 BTUs, localizados em todos os ambientes de permanência prolongada do edifício. A classificação dos equipamentos consultada na página eletrônica do INMETRO detectou o nível “A” de classificação para ambos os modelos de aparelhos utilizados (Tabela Ar Condicionado de Janela: pág. 12 e Tabela de Ar Condicionado Split High Wall: pág. 42). O sistema de condicionamento de ar, conforme tabela 14, alcançou o nível de eficiência “A”.

Tabela 14- Eficiência do sistema de condicionamento de ar

Unidade	Tipo	Quant.	Potencia (BTU/h)	Eficiência da Unidade	Coefficiente ponderação	Equivalente numérico
1	janela	33	19.000	A	0,81	5
2	split	8	18.000	A	0,19	5
		Total:	771.000		Total:	5

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2 Verificação dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar

O regulamento determina pré-requisitos específicos que devem ser avaliados em cada ambiente separadamente. A tubulação para os sistemas de refrigeração e aquecimento de ar deve atender a espessuras mínimas de isolamento térmico definidos no RTQ-C. Já as edificações que utilizam sistema de aquecimento artificial devem atender aos níveis mínimos de eficiência previstos, avaliados por equipamento. Destaca-se que os pré-requisitos são condição para obtenção do nível “A” de classificação, os demais níveis de classificação recebem o nível alcançado pelo índice de consumo calculado.

Com relação aos pré-requisitos, menciona-se que a tubulação é isolada conforme determinado pelo fabricante do equipamento split, e encontra-se dentro dos limites estabelecidos no regulamento.

4.3.3 Resultado final do sistema de condicionamento de ar

A classificação do sistema de condicionamento de ar alcançou o nível “A”. O pré-requisito foi cumprido, portanto, a classificação obtida pelo cálculo eficiência energética foi mantida. O nível de eficiência do sistema corresponde ao equivalente numérico 5 conforme apresentado na tabela 01.

O edifício-tipo do TRT3 utiliza aparelhos de alta eficiência energética e atende ao pré-requisito específico. Desse modo, não é necessária a proposição de nenhuma alteração no sistema de condicionamento de ar.

4.4 ENCE final do edifício

O resultado da pontuação total (PT) determinou o nível “B” de classificação da eficiência do edifício-tipo do TRT3 implantado na cidade de Pedro Leopoldo. Os pré-requisitos gerais foram atendidos pois, o circuito elétrico é separado por uso final e o edifício não se enquadra nas hipóteses para verificação dos requisitos de aquecimento de água. Não foram somadas bonificações uma vez que o edifício não adota nenhuma iniciativa para aumentar a eficiência energética.

Menciona-se que não foi realizada a simulação da ventilação natural, o que não influenciou o resultado visto que o edifício não apresenta área de permanência prolongada não condicionada. A tabela 15 traz as classificações parciais de cada um dos sistemas individuais e a classificação final do edifício cujo cálculo está apresentado no Apêndice F.

Tabela 15- Classificações parciais e Final dos níveis de eficiência energética

Sistema	Pré-requisitos	IC	Classificação
Envoltória	C	A	C
Iluminação	C	C	C
Condicionamento de ar	A	A	A
Classificação Final:			B

Fonte: Elaborado pela autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo aplicar o “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” em um estudo de caso, o projeto-tipo do TRT3 tipologia para duas VT, com o propósito de levantar dados e estabelecer diretrizes para intervenções no padrão de edifício adotado pelo órgão. Foram analisados pelo método prescritivo do regulamento os critérios de envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, possibilitando o cálculo da pontuação total, que alcançou o nível “B” de classificação.

No critério envoltória o edifício apresentou bom desempenho alcançando a classificação “A”, mas foram verificadas inconformidades relativas aos pré-requisitos específicos que limitaram a classificação ao nível “C”. Foram então propostas alternativas para melhoria no desempenho térmico da cobertura e paredes externas, sendo possível com tais alterações alcançar o nível máximo de eficiência.

Em relação ao sistema de iluminação detectou-se que o projeto não definia o índice de iluminância pretendido para cada ambiente, e que os ambientes não atendiam aos valores estabelecidos pela NBR 5413. Além disso, não atendia ao pré-requisito específico de contribuição da luz natural. Um novo projeto luminotécnico foi proposto, adequando-se a iluminância aos índices definidos na norma para cada atividade, e prevendo o desligamento independente das fileiras de luminárias próximas as janelas. Tais alterações possibilitaram a elevação do nível de classificação do sistema, que passou do original “C” para o nível “A” de eficiência energética.

Para o sistema de ar condicionado não foram propostas intervenções já que o projeto original obteve a classificação “A”.

As intervenções propostas tiveram como parâmetro o alcance do nível “A” de classificação, contudo não se pretendeu com o estudo buscar a etiquetagem, mas sim utilizar a metodologia proposta no regulamento para avaliar o desempenho energético do edifício-tipo levantando informações para subsidiar a revisão, ou o desenvolvimento de um novo projeto.

Não foram encontradas dificuldades significativas na aplicação do RTQ-C, a metodologia é clara e de fácil entendimento, entretanto, observou-se que, em função do pouco detalhamento do memorial descritivo, alguns dados não estavam suficientemente especificados, o que pode ocasionar cálculos que não correspondem à realidade. Outro aspecto relevante trata da não consonância entre o projeto e a obra executada. O fato não influenciou na pesquisa já que não havia pretensão de etiquetagem, mas, na prática a divergência entre o projeto e a obra executada representa uma distorção do resultado relativo ao desempenho energético da edificação.

Por fim, este estudo permitiu observar que o edifício-tipo adotado pelo TRT3 não está adequado aos padrões normativos, e não atende aos requisitos de desempenho previstos no RTQ-C. A opção pela padronização associada à ausência de adoção de critérios bioclimáticos resultou em um edifício-tipo que deixa de lado aspectos essenciais como a orientação solar, o sombreamento, a ventilação e a iluminação naturais, tornando-se integralmente dependente dos sistemas mecânicos de climatização e iluminação para criar condições de conforto.

A adoção de uma arquitetura bioclimática, adaptada às condições climáticas e especificidades de cada região confere qualidade construtiva e reduz o consumo energético alinhando-se ao discurso sustentável adotado pelo Governo Brasileiro.

Entende-se, assim, que os objetivos propostos neste estudo foram cumpridos, tendo sido verificadas limitações quanto à influência da ventilação e iluminação naturais, além de não haver sido avaliada a viabilidade econômica das intervenções sugeridas. Os aspectos apontados requerem maior aprofundamento, por isso, pretende-se dar continuidade aos estudos para propor um novo projeto, e a partir daí estudar todos os apontamentos passíveis de melhorias através de simulação computacional, considerando a viabilidade econômica das modificações, na busca do aumento da qualidade do padrão de edifícios adotado pelo TRT3.

REFERÊNCIAS

ASSEMBLEIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Municípios de Minas Gerais**. Belo Horizonte, [200-]. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/info_sobre_minas/index.html?aba=js_tabMunicipios&sltMuni=493>. Acesso em 13 fev. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15520-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculos da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15520-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais- Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas- SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos**. 4.ed. Maceió: EDUFAL, 2004. 109p.

BRASIL. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação de Energia. Brasília, 2001a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/lei10295.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2013.

BRASIL. **Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei nº10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação de Energia, e da outras providencias. Brasília, 2001b. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/decreto4059.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2013.

BRASIL. **Lei nº2.684, de 06 de dezembro de 2002**. Institui o Código de Obras do Município de Pedro Leopoldo. Pedro Leopoldo, 2002. Disponível em: <<http://www.camarapl.mg.gov.br/leis/legislacao-municipal/>>. Acesso em: 11 fev. 2013

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Plano Nacional de Energia 2030**. Empresa de Pesquisa Energética – Brasília: EPE, 2007. 242p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em: 04 mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial- INMETRO. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. Aprova a revisão dos **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ)**. Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas**. Brasília, 2011. 134p. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2012: Ano base 2011**. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2012a. 282p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro. Portaria n 18, de 16 de janeiro de 2012. Aprova a revisão do **Regulamento Técnico da Qualidade- RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasil, 2012b. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001788.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2013.

ELETROBRÁS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: classe Residencial Relatório Brasil- Sumário Executivo**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2009. 187 P. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil). Disponível em: <<http://www.elektrobras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B99EBBA5C-2EA1-4AEC-8AF2-5A751586DAF9%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em 15 mar. 2013.

FROTA, A.B; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico** 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003. 243p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. 192p.

MASCARO, L.R. de. **Energia na Edificação: estratégias para minimizar seu consumo**. 2.ed. São Paulo: Projeto, 1991. 213p.

PROCEL EDIFICA- Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC. Brasil, 2010a. Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual_V01b_25fev2013.pdf>. Acesso em: 05/12/2012.

PROCEL EDIFICA- Manual para Aplicação do RTQ-R e RAC. Brasil, 2010b. Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/2013abril16-manual_de_aplicacao_do_RTQ-R-2013-versao01.pdf>. Acesso em: 13 maio 2013.

PROCEL EDIFICA – Eficiência Energética em Edificações. BITTENCOURT, L; CANDIDO, C. **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro, 2010c.

SANTANA, M.V. **Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis-SC**. 2006. 181f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88694/232028.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA -UFSC-Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil-Laboratório de Eficiência Energéticas em Edificações-MORISHITA, C., et al. **Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas**. Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/catalogo_caixa_v4.PDF>. Acesso: 15 mar. 2013.

APÊNDICE A : Determinação das variáveis para cálculo do ICenv

Área de projeção da cobertura (m²)

Descrição: Projeção horizontal da cobertura da edificação.

Apcob: **892,00**

Área projeção da edificação (m²)

Descrição: Área de projeção media dos pavimentos, excluindo subsolo.

Ape: **892,00**

Área de envoltória (m²)

Descrição: Soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas

Aenv: **2,523,82**

Pavimento	Área total	Área útil
Pavimento térreo	596,60	539,55
1 ^o pavimento	892,00	812,07
2 ^o pavimento	301,20	272,63
	1789,80	1624,25

Volume total (m³)

Descrição: Volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício, exceto pátios internos descobertos

Vtot: **7,182,94**

Fator de forma

Descrição: Razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação

FF: **0,35**

Fator de altura

Descrição: Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total

FA: **0,50**

Fator solar

Descrição: Razão entre o ganho de calor que entra no ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente na mesma

FS: **0,87**

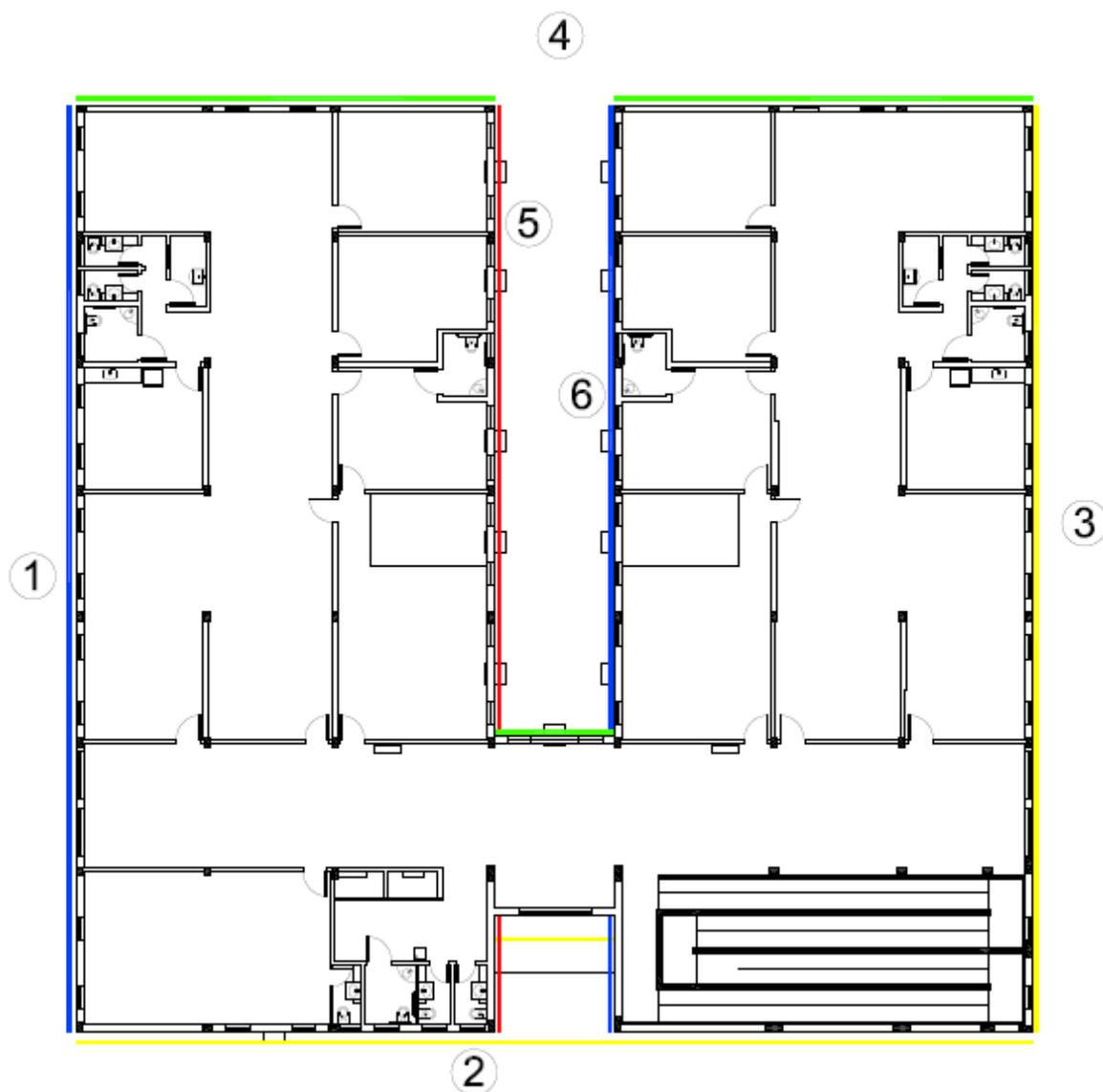
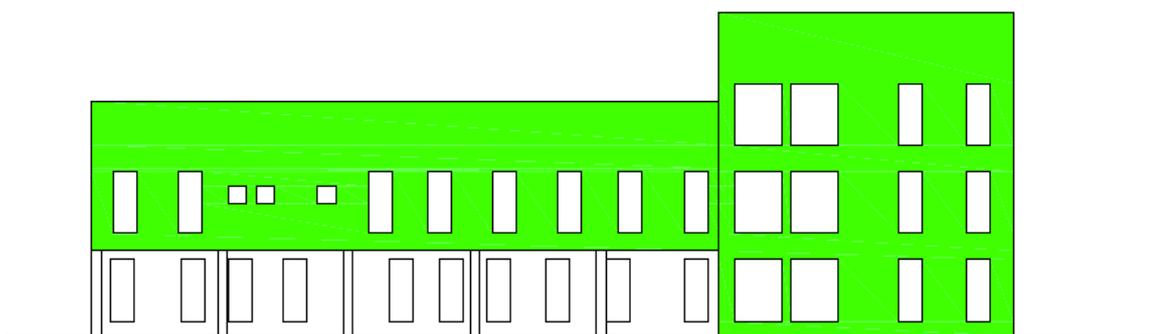
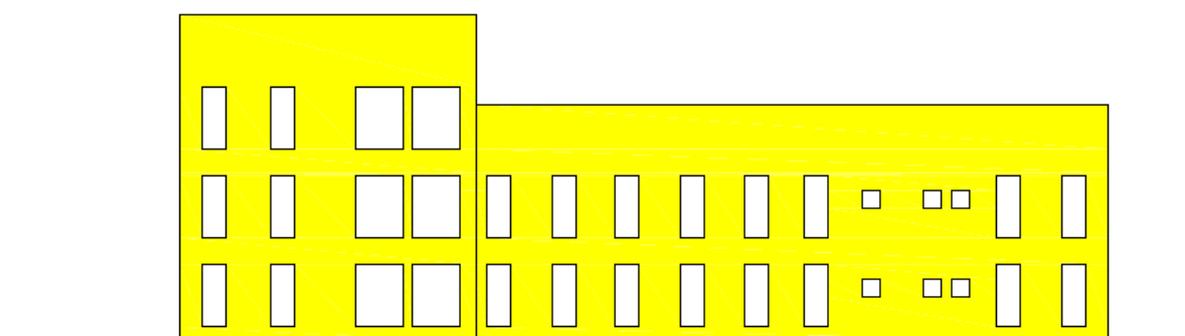
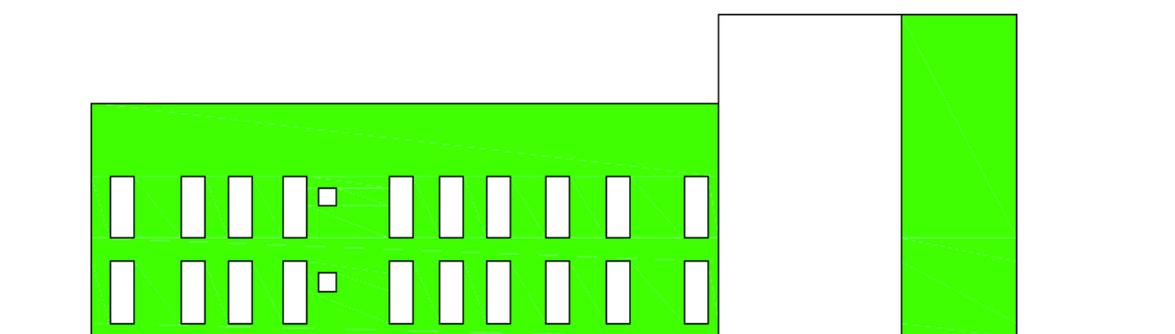


Figura 7: Marcação das fachadas



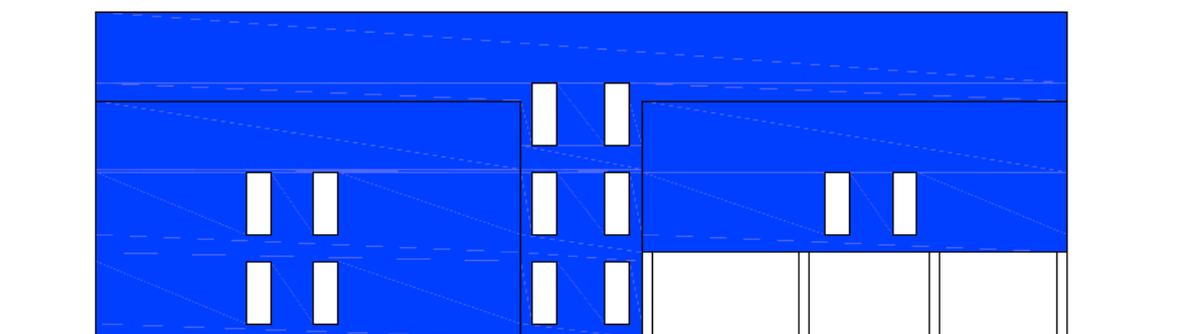
FACHADA SUL



FACHADA NORTE



FACHADA LESTE



FACHADA OESTE

Figura 8: Relação das aberturas nas fachadas

Quadro 07- Relação de esquadrias do projeto

Esquadria	Dimensão	Área abertura	Área vidro
J1	80x60	0,48	0,39
J2	80x200	1,60	1,31
J3	160x200	3,20	2,62
J4	240x200	4,80	3,93

Fonte: Elaborado pela autora

1) CÁLCULO PERCENTUAL DE ABERTURAS

1.1) Implantação original:

Quadro 08- Cálculo do percentual de abertura implantação original Leste

Fachada	Área fachada	Área envidraçada	PAF	PAFt
Norte	428,21	60,37	0,141	
Sul	428,21	62,22	0,145	
Leste	352,00	24,08	0,068	
Oeste	311,40	15,72	0,050	
				0,107

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.2) Demais implantações possíveis:

Quadro 09- Cálculo do percentual de abertura implantação Sul

Fachada	Área fachada	Área envidraçada	PAF	PAFt
Norte	311,4	15,72	0,05	
Sul	352	24,08	0,068	
Leste	428,21	60,37	0,141	
Oeste	428,21	62,22	0,145	
				0,107

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 10- Cálculo do percentual de abertura implantação Oeste

Fachada	Área fachada	Área envidraçada	PAF	PAFt
Norte	428,21	62,22	0,145	
Sul	428,21	60,37	0,141	
Leste	311,4	15,72	0,05	
Oeste	352	24,08	0,068	
				0,107

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 11- Cálculo do percentual de abertura implantação Norte

Fachada	Área fachada	Área envidraçada	PAF	PAFt
Norte	352	24,08	0,068	
Sul	311,4	15,72	0,05	
Leste	428,21	62,22	0,145	
Oeste	428,21	60,37	0,141	
				0,107

Fonte: Elaborado pela autora

2) CÁLCULO ÂNGULO HORIZONTAL DE SOMBREAMENTO

Para o cálculo do AHS utilizou-se a metodologia prevista no Manual para aplicação do RTQ-C e RAC, na qual determina que para as edificações em formato de “U” que dispõe de aberturas voltadas para o pátio interno, deve-se considerar que o sombreamento de uma lateral será de 90° e de outra será 0° , sendo o AHS a média dos dois ângulos, ou seja, 45° . O AHS utilizado na equação do IC corresponde a média do ângulo em função da área de abertura.

Quadro 12- Cálculo do ângulo de sombreamento AHS

Fachada 1	Esquadria	Área Vidro	Quant.	Área total	AHS	Área x AHS
	J1	0,39	3	1,17	0	0
J2	1,31	14	18,34	0	0	
J3	2,62	6	15,72	0	0	
J4	3,93	0	0	0	0	
P1	3,69	0	0	0	0	
				35,23		0
Fachada 2	Esquadria	Área Vidro	Quant.	Área total	AHS	Área x AHS
	J1	0,39	12	4,68	52	0
J2	1,31	6	7,86	52	0	
J3	2,62	0	0	52	0	
J4	3,93	2	7,86	52	0	
P1	3,69	1	3,69	52	0	
				24,09		0
Fachada 3	Esquadria	Área Vidro	Quant.	Área total	AHS	Área x AHS
	J1	0,39	6	2,34	0	0
J2	1,31	22	28,82	0	0	
J3	2,62	6	15,72	0	0	
J4	3,93	0	0	0	0	
P1	3,69	0	0	0	0	
				46,88		0
Fachada 4	Esquadria	Área Vidro	Quant.	Área total	AHS	Área x AHS
	J1	0,39	0	0	13,92	0
J2	1,31	12	15,72	13,92	218,8224	
J3	2,62	0	0	13,92	0	
J4	3,93	0	0	13,92	0	
P1	3,69	0	0	13,92	0	
				15,72		218,82

Fachada 5	Esquadria	Área Vidro	Quant.	Área total	AHS	Área x AHS
	J1	0,39	1	0,39	45	17,55
	J2	1,31	10	13,1	45	589,5
	J3	2,62	0	0	45	0
	J4	3,93	0	0	45	0
	P1	3,69	0	0	45	0
13,49					607,05	
Fachada 6	Esquadria	Área Vidro	Quant.	Área total	AHS	Área x AHS
	J1	0,39	2	0,78	45	35,1
	J2	1,31	20	26,2	45	1179
	J3	2,62	0	0	45	0
	J4	3,93	0	0	45	0
	P1	3,69	0	0	45	0
26,98					1214,1	
AHS:	$\frac{\text{Área x AHS}}{\text{Área total abertura}}$					
AHS:	$\frac{0+0+0+218,82+607,05+1214,10}{35,23+24,09+46,88+15,72+13,49+26,98}$					
AHS:	12,56⁰					

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE B: Verificação dos pré-requisitos da envoltória

1) TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

1.1) Transmitância térmica das paredes

1.1.1) Envoltória original

Parede pintada					
Componente	Espessura	λ	R	Rt mat	Área
Argamassa	0,21	1,15	0,1826	0,1826	$(0,20+0,29) \times 0,01 = 0,0049$
Argamassa	0,035	1,15	0,03043	0,2009	$(0,01 \times 0,29) \times 5 = 0,0145$
Tijolo	0,14	1,00	0,14		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043	0,59086	$(0,03 \times 0,29) \times 2 + (0,04 \times 0,29) \times 2 = 0,0406$
Tijolo	0,05	1,00	0,05		
Ar	0,01	0,16	0,48		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Resistência Térmica Superficial Externa					0,04
Rt= A/A1/R1+A2/R2+A3/R3					0,36
Resistência Térmica Superficial Interna					0,13
Resistência Térmica Total					0,53
Transmitância Térmica Total					1,89

Parede revestida com granito					
Componente	Espessura	λ	R	Rt mat	Área
Granito	0,015	3,00	0,005	0,1876	$(0,20+0,29) \times 0,01 = 0,0049$
Argamassa	0,21	1,15	0,182608696	0,20587	$(0,01 \times 0,29) \times 5 = 0,0145$
Granito	0,015	3,00	0,005		
Argamassa	0,035	1,15	0,030434783		
Tijolo	0,14	1,00	0,14	0,5956	$(0,03 \times 0,29) \times 2 + (0,04 \times 0,29) \times 2 = 0,0406$
Argamassa	0,035	1,15	0,030434783		
Granito	0,015	3,00	0,005		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Tijolo	0,05	1,00	0,05	0,5956	$(0,03 \times 0,29) \times 2 + (0,04 \times 0,29) \times 2 = 0,0406$
Ar	0,1	0,16	0,48		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Resistência Térmica Superficial Externa					0,04
Rt= A/A1/R1+A2/R2+A3/R3					0,36
Resistência Térmica Superficial Interna					0,13
Resistência Térmica Total					0,53
Transmitância Térmica Total					1,89

Componente	Área (m2)	Percentual da área de parede	Transmitância
Granito cinza polido, assentado diretamente na alvenaria	352,00	30,40%	1,89
Alvenaria pintada com textura na cor perola	805,61	69,60%	1,89
Transmitância total			1,89

1.1.2) Envoltória modificada

Parede pintada

Componente	Espessura	λ	R	Rt mat	Área
Argamassa	0,21	1,15	0,1826	1,61118	$(0,20+0,29) \times 0,01 = 0,0049$
Poliestireno extrudado	0,05	0,035	1,42857		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043	1,62944	$(0,01 \times 0,29) \times 5 = 0,0145$
Poliestireno extrudado	0,05	0,035	1,42857		
Tijolo	0,14	1,00	0,14		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043	2,01918	$(0,03 \times 0,29) \times 2 + (0,04 \times 0,29) \times 2 = 0,0406$
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Poliestireno extrudado	0,05	0,035	1,42857		
Tijolo	0,05	1,00	0,05		
Ar	0,01	0,16	0,48		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Resistência Térmica Superficial Externa					0,04
Rt= A/A1/R1+A2/R2+A3/R3					1,87
Resistência Térmica Superficial Interna					0,13
Resistência Térmica Total					2,04
Transmitância Térmica Total					0,49

Parede revestida com granito

Componente	Espessura	λ	R	Rt mat	Área
Granito	0,015	3,00	0,005	1,6162	$(0,20+0,29) \times 0,01 = 0,0049$
Poliestireno extrudado	0,05	0,035	1,42857		
Argamassa	0,21	1,15	0,1826	1,63440	$(0,01 \times 0,29) \times 5 = 0,0145$
Granito	0,015	3,00	0,005		
Poliestireno extrudado	0,05	0,035	1,42857		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Tijolo	0,14	1,00	0,14		
Argamassa	0,035	1,15	0,030434783		

Granito	0,015	3,00	0,005		
Poliestireno extrudado	0,05	0,035	1,42857		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043	2,0241	$(0,03 \times 0,29) \times 2 + (0,04 \times 0,29) \times 2 = 0,0406$
Tijolo	0,05	1,00	0,05		
Ar	0,1	0,16	0,48		
Argamassa	0,035	1,15	0,03043		
Resistência Térmica Superficial Externa					0,04
$R_t = A/A1/R1 + A2/R2 + A3/R3$					1,88
Resistência Térmica Superficial Interna					0,13
Resistência Térmica Total					2,05
Transmitância Térmica Total					0,49

Componente	Área (m ²)	Percentual da área de parede	Transmitância
Granito cinza polido, assentado diretamente na alvenaria	352,00	30,40%	0,49
Alvenaria pintada com textura na cor perola	805,61	69,60%	0,49
Transmitância total			0,49

1.2) Transmitância térmica da cobertura

1.2.1) Envoltória original

Variável	Espessura (metros)	Condutividade térmica (W/(mK))	Resistencia térmica (W/(m ² K))
Resistência Térmica Superficial Externa			0,04
Telha de fibrocimento	0,008	0,65	0,01
Camada de ar			0,21
Concreto	0,1	1,75	0,06
Camada de ar			0,21
Gesso	0,02	0,7	0,03
Resistência Térmica Superficial Interna			0,17
Resistência Térmica Total			0,73
Transmitância Térmica			1,37

1.2.2) Envoltória modificada

Variável	Espessura (metros)	Condutividade térmica (W/(mK))	Resistencia térmica (W/(m ² K))
Resistência Térmica Superficial Externa			0,04
Telha sanduíche(alumínio)	0,05	230	0,0002
Telha sanduíche(poliuretano)	0,03	0,03	1,00
Camada de ar			0,21
Concreto	0,1	1,75	0,06
Camada de ar			0,21
Gesso	0,02	0,35	0,06
Resistência Térmica Superficial Interna			0,17
Resistência Térmica Total			1,74
Transmitância Térmica			0,57

Variável	Espessura (metros)	Condutividade térmica (W/(mK))	Resistencia térmica (W/(m ² K))
Resistência Térmica Superficial Externa			0,04
Telha sanduíche(alumínio)	0,05	230	0,0002
Telha sanduíche(poliuretano)	0,03	0,03	1,00
Camada de ar			0,21
Concreto	0,1	1,75	0,06
Camada de ar			0,21
Fibra mineral	0,02	0,055	0,36
Resistência Térmica Superficial Interna			0,17
Resistência Térmica Total			2,05
Transmitância Térmica			0,49

2) ABSORTÂNCIA DE CORES E SUPERFÍCIES

2.1) Absortância das paredes

2.1.1) Envoltória original

Componente	Área (m2)	Percentual da área de parede	Absortância
Granito cinza polido, assentado diretamente na alvenaria	352,00	30,40%	0,45
Alvenaria pintada com textura na cor perola	805,61	69,60%	0,32
Absortância total			0,36

2.2) Absortância da cobertura

2.2.1) Envoltória original

Componente	Área (m2)	Percentual da área de cobertura	Absortância
Telha de fibrocimento	852,00	100,00%	0,82
Absortância total			0,82

2.2.2) Envoltória modificada

Componente	Área (m2)	Percentual da área de cobertura	Absortância
Telha sanduíche	852,00	100,00%	0,20
Absortância total			0,20

APÊNDICE C: Cálculo da classificação final da envoltória

1) CÁLCULO IC

1.1) Edifício original

Tabela 16: Variáveis para cálculo do ICenv edifício original

Parâmetro	Abreviação	Valor
Área total	Atot	1.789,90m ²
Área da envoltória	Aenv	2.523,82m ²
Área projeção edificação	Ape	892,00m ²
Área projeção da cobertura	Apcob	892,00m ²
Volume Total	Vtot	7,182,94m ³
Fator de Altura	FA	0,50
Fator de Forma	FF	0,35
Fator Solar	FS	0,87
Percentual abertura fachada total	PAFt	0,107
Percentual abertura fachada oeste	PAFo	0,05
Angulo vertical de sombreamento	AVS	0
Angulo horizontal de sombreamento	AHS	12,56

Fonte: Elaborado pelo autor

ZONA BIOCLIMÁTICA 1

Equação: $10,47FA + 298,74FF + 38,41PAFt - 1,11FS - 0,11AVS + 0,24AHS - 0,54PAFt.AHS + 47,53$

FF min: 0,17

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	179,69
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	158,28
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	162,75

i: 5,35

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	163,64	168,99	174,35	179,7
Lim Máx	163,63	168,98	174,34	179,69	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	
1,89	1,37	0,36	0,82	C

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv	A
Pré-requisitos	C
Classificação final	C

ZONA BIOCLIMÁTICA 2 e 3

Equação: $- 14,14FA - 113,94FF + 50,82PAFt + 4,86FS - 0,32AVS + 0,26AHS - 35,75/FF - 0,54PAFt.AHS + 277,98$

FF min: 0,15

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	162,34
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	135,66
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	141,09

i: 6,67

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	142,34	149,01	155,68	162,35
Lim Máx	142,33	149	155,67	162,34	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação	
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	ZB2:	
1,89	1,37	0,36	0,82	ZB3:	C

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv	A	
Pré-requisitos	ZB2:	A
	ZB3	C
Classificação final	C	

ZONA BIOCLIMÁTICA 4 e 5

Equação: $511,12 FA + 0,92FF - 95,71PAFt - 99,79FS - 0,52AVS - 0,29AHS - 380,83.FA.FF + 4,27/FF + 729,20.PAFt.FS + 77,15$

FF min: livre

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	427,17
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	218,70
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	245,76

i: 52,12

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	270,83	322,95	375,06	427,18
Lim Máx	270,82	322,94	375,05	427,17	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação	
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	ZB4:	C
1,89	1,37	0,36	0,82	ZB5:	C

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv		A
Pré-requisitos	ZB4:	A
	ZB5:	C
Classificação final		C

ZONA BIOCLIMÁTICA 6 e 8

Equação: - 160,36 FA + 1277,29FF -19,21PAFt +2,95FS - 0,36AVS - 0,16AHS + 290,25.FF.PAFt + 0,01.PAFt.AVS.AHS -120,58

FF min: 0,17

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	297,52
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	252,98
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	255,66

i: 11,13

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	264,12	275,26	286,39	297,52
Lim Máx	264,11	275,25	286,38	297,51	-

RE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação	
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	ZB6:	C
1,89	1,37	0,36	0,82	ZB8:	C

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv		A
Pré-requisitos	ZB6:	A
	ZB8:	C
Classificação final		C

ZONA BIOCLIMÁTICA 7

Equação: $- 69,48 FA + 1347,78FF + 37,74PAFt + 3,03FS - 0,13AVS - 0,19AHS + 19,25/FF + 0,04AHS/(PAFt.FS) - 306,35$

FF min: 0,17

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	210,12
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	190,16
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	195,31

i: 4,99

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	195,15	200,15	205,14	210,13
Lim Máx	195,14	200,14	205,13	210,12	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	
1,89	1,37	0,36	0,82	C

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv	B
Pré-requisitos	C
Classificação final	C

1.2) Edifício modificado

Tabela 17: Variáveis para cálculo do ICenv edifício implantação

Parâmetro	Abreviação	Valor
Área total	Atot	1.789,90m ²
Área da envoltória	Aenv	2.523,82m ²
Área projeção edificação	Ape	892,00m ²
Área projeção da cobertura	Apcob	892,00m ²
Volume Total	Vtot	7,182,94m ³
Fator de Altura	FA	0,50
Fator de Forma	FF	0,35
Fator Solar	FS	0,87
Percentual abertura fachada total	PAFt	0,107
Percentual abertura fachada oeste	PAFo	0,145
Angulo vertical de sombreamento	AVS	0
Angulo horizontal de sombreamento	AHS	12,56

Fonte: Elaborado pelo autor

ZONA BIOCLIMATICA 1Equação: $10,47FA + 298,74FF + 38,41PAFt - 1,11FS - 0,11AVS + 0,24AHS - 0,54PAFt.AHS + 47,53$

FF min: 0,17

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	179,69
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	158,28
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	163,96

i: 5,35

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	163,64	168,99	174,35	179,7
Lim Máx	163,63	168,98	174,34	179,69	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	
0,49	0,49	0,36	0,20	A

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv	B
Pré-requisitos	A
Classificação final	B

ZONA BIOCLIMATICA 2 e 3Equação: $- 14,14FA - 113,94FF + 50,82PAFt + 4,86FS - 0,32AVS + 0,26AHS - 35,75/FF - 0,54PAFt.AHS + 277,98$

FF min: 0,15

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	162,34
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	135,66
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	142,77

i: 6,67

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	142,34	149,01	155,68	162,35
Lim Máx	142,33	149	155,67	162,34	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação	
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	ZB2:	
0,49	0,49/0,58	0,36	0,20	ZB3:	A

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv		B
Pré-requisitos	ZB2:	A
	ZB3:	A
Classificação final		B

ZONA BIOCLIMÁTICA 4 e 5

Equação: $511,12 \text{ FA} + 0,92 \text{ FF} - 95,71 \text{ PAFt} - 99,79 \text{ FS} - 0,52 \text{ AVS} - 0,29 \text{ AHS} - 380,83 \cdot \text{FA} \cdot \text{FF} + 4,27 \cdot \text{FF} + 729,20 \cdot \text{PAFt} \cdot \text{FS} + 77,15$

FF min: livre

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	427,17
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	218,70
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	266,24

i: 52,12

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	270,83	322,95	375,06	427,18
Lim Máx	270,82	322,94	375,05	427,17	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação	
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	ZB4:	
0,49	0,58	0,36	0,20	ZB5:	A

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv		A
Pré-requisitos	ZB4:	A
	ZB5:	A
Classificação final		A

ZONA BIOCLIMÁTICA 6 e 8

Equação: $-160,36 \text{ FA} + 1277,29 \text{ FF} - 19,21 \text{ PAFt} + 2,95 \text{ FS} - 0,36 \text{ AVS} - 0,16 \text{ AHS} + 290,25 \cdot \text{FF} \cdot \text{PAFt} + 0,01 \cdot \text{PAFt} \cdot \text{AVS} \cdot \text{AHS} - 120,58$

FF min: 0,17

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	297,52
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	252,98
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	258,79

i: 11,13

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	264,12	275,26	286,39	297,52
Lim Máx	264,11	275,25	286,38	297,51	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação	
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	ZB6:	
0,49	0,58	0,36	0,20	ZB8:	A

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv		A
Pré-requisitos	ZB6:	A
	ZB8:	A
Classificação final		A

ZONA BIOCLIMÁTICA 7

Equação: $- 69,48 FA + 1347,78FF + 37,74PAFt + 3,03FS - 0,13AVS - 0,19AHS + 19,25/FF + 0,04AHS/(PAFt.FS) - 306,35$

FF min: 0,17

	PAFt	FS	AVS	AHS	IC
IC máximo	0,6	0,61	0	0	210,12
IC mínimo	0,05	0,87	0	0	190,16
IC calculado	0,107	0,87	0	12,56	195,34

i: 4,99

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	195,15	200,15	205,14	210,13
Lim Máx	195,14	200,14	205,13	210,12	-

PRE-REQUISITOS

Transmitância		Absortância		Classificação	
Parede	Cobertura	Parede	Cobertura		
0,49	0,58	0,36	0,20	A	

CLASSIFICAÇÃO FINAL

Icenv		
Pré-requisitos		B
Classificação final		B

APÊNDICE D: Cálculo do percentual de ventilação natural

Para o cálculo da área de ventilação foi utilizada a metodologia proposta no Manual para aplicação do RTQ-R, na qual a área para ventilação corresponde à área perpendicular de abertura entre os elementos que permitem ventilação.

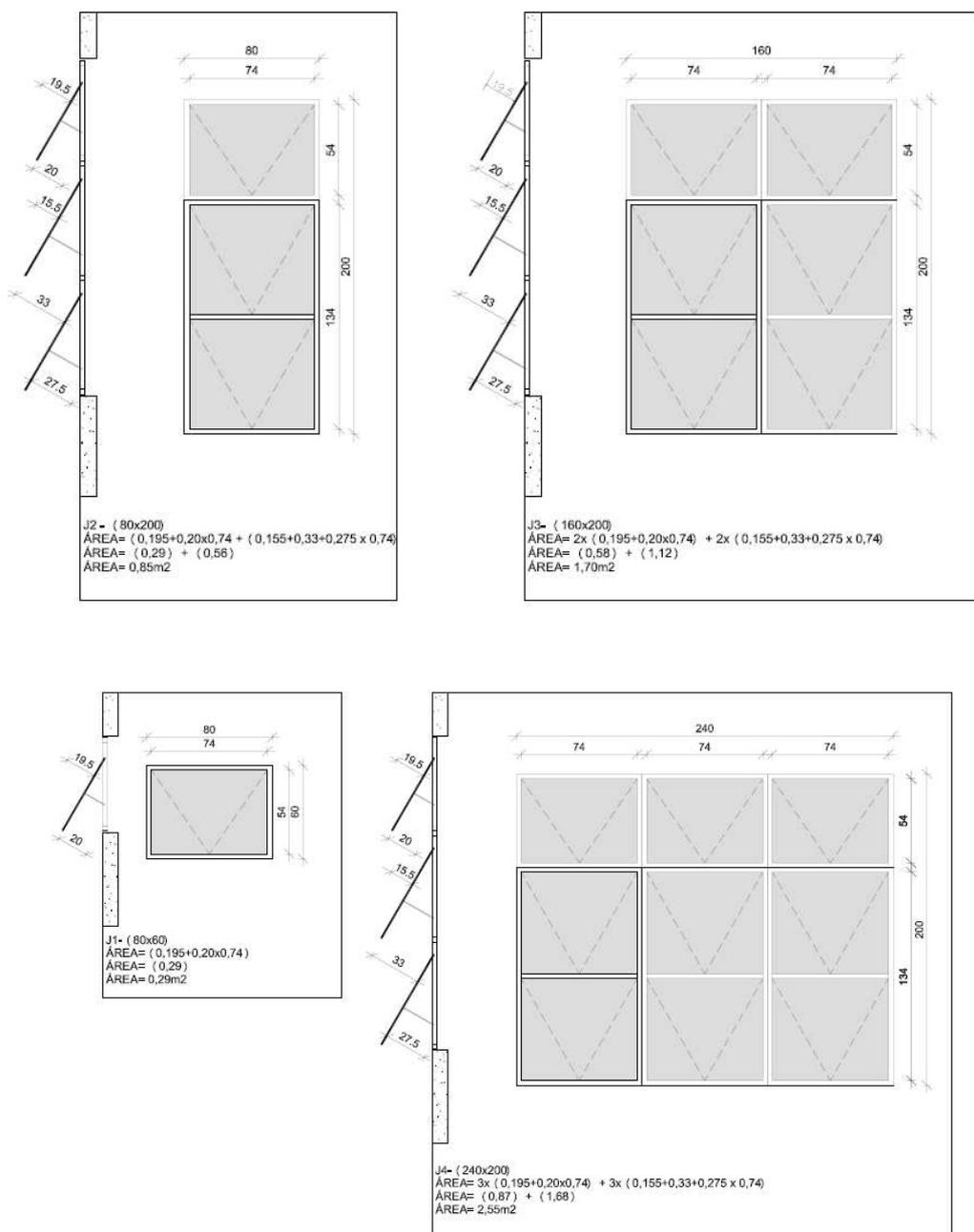


Figura 9: Detalhamento da área de ventilação

Quadro 13- Cálculo da área de ventilação

	Ambiente	Área (m ²)				ZB 1 a 6	ZB 7	ZB 8
		Piso	Abertura	Ventilação existente	Ventilação Código Obras	A=8%	A =5%	A ≥ 10%
						A 100x(AA/AP)		
PAVIMENTO TERREO	Espera	137,12	19,88	11,90	13,71	8,68		
	Rampa	67,50	2,84	1,70	6,75	2,52		
	RT-1	20,65	2,84	1,70	2,07	8,23		
	RT-2	20,65	2,84	1,70	2,07	8,23		
	RT-3	41,00	5,68	3,40	4,10	8,29		
	Secretaria	137,74	19,88	11,90	13,77	8,64		
	Gabinete 1	18,60	2,84	1,70	1,86	9,14		
	Gabinete 2	19,18	2,84	1,70	1,92	8,86		
	Sala Diretor	20,00	2,84	1,70	2,00	8,50		
1 PAVIMENTO	Espera	137,12	22,72	13,60	13,71	9,92		
	Rampa	67,50	2,84	1,70	6,75	2,52		
	Arquivo	42,00	5,68	3,40	4,20	8,10		
	Audiências	41,00	5,68	3,40	4,10	8,29		
	Secretaria	137,74	19,88	11,90	13,77	8,64		
	Gabinete 1	18,60	2,84	1,70	1,86	9,14		
	Gabinete 2	19,18	2,84	1,70	1,92	8,86		
	Sala Diretor	20,00	2,84	1,70	2,00	8,50		

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE E: Avaliação do sistema de iluminação

1) VERIFICAÇÃO PRE-REQUISITOS E CALCULO DPI

Ambiente	Área (m2)	Potência (W)	Divisão de circuito	Contribuição luz natural		Desligamento automático
Estacionamento	295,40	2070	sim	n/a		sim
Espera	137,12	1035	sim	não		n/a
Rampa	67,50	621	sim	não		n/a
Circulação	12,11	138	sim	n/a		n/a
I.S.M publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.F publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.A publico	3,40	20	sim	n/a		n/a
I.S. privativo	1,90	20	sim	n/a		n/a
RT-1	20,65	276	sim	não		n/a
RT-2	20,65	276	sim	sim		n/a
RT-3	41,00	552	sim	não		n/a
Secretaria	137,74	2208	sim	não		n/a
Gabinete 1	18,60	276	sim	sim		n/a
Gabinete 2	19,18	276	sim	sim		n/a
Sala Diretor	20,00	276	sim	sim		n/a
I.S.A privativo	3,15	40	sim	n/a		n/a
Copa	16,40	276	sim	não		n/a
I.S.M	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.F	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.A	3,42	20	sim	n/a		n/a
D.M.L	2,82	20	sim	n/a		n/a
Circulação	5,91	40	sim	n/a		n/a
Espera	137,12	1035	sim	não		n/a
Rampa	67,50	621	sim	não		n/a
Circulação	12,11	138	sim	n/a		n/a
I.S.M publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.F publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.A publico	3,40	20	sim	n/a		n/a
I.S. privativo	1,90	20	sim	n/a		n/a
Arquivo	42,00	552	sim	não		n/a
Audiências (2x)	41,00	552	sim	não		n/a
Secretaria (2x)	137,74	2208	sim	não		n/a
Gabinete 1 (2x)	18,60	276	sim	sim		n/a
Gabinete 2 (2x)	19,18	276	sim	sim		n/a
Sala Diretor (2x)	20,00	276	sim	sim		n/a
I.S.A privativo (2x)	3,15	40	sim	n/a		n/a
Circulação (2x)	5,91	40	sim	n/a		n/a
Copa (2x)	16,40	276	sim	não		n/a
I.S.M (2x)	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.F (2x)	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.A (2x)	3,42	20	sim	n/a		n/a
D.M.L (2x)	2,82	20	sim	n/a		n/a
Atende pré-requisito:			sim	sim	não	sim
Área total:	1647,02			606,11	1040,91	
Potencia total:		18994		6022	12972	
DPI:						11,53
Classificação:						C

2) CÁLCULO NOVO PROJETO LUMINOTÉCNICO

Especificação dos componentes:		
Luminárias:	Tipo 1:	De sobrepor para 2 lâmpadas, corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca, refletor em alumínio anodizado de alto brilho
	Tipo 2: (proposta)	De embutir para 2 lâmpadas, corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca, refletor em alumínio anodizado de alto brilho
Lâmpadas:	Tipo 1:	Fluorescente tubulares T8 32W/220V
	Tipo 2: (proposta)	Fluorescente tubulares T5 28W/220V
Reatores:	Eletrônicos	
Consumo total:	Tipo 1:	69W
	Tipo 2: (proposta)	60W
Análise dos ambientes:		
Idade:	entre 40 e 55	0
Velocidade e precisão	importante	0
Refletância do fundo da tarefa	superior 70%	-1
Total dos pesos:		-1
Atividades:	Foram utilizados os itens considerados mais próximos das atividades desenvolvidas em cada ambiente	
Nível de iluminância:	Utilizada a iluminância média em função dos pesos calculados	
Variáveis utilizadas:		
1) Índice do local (K)	$K = C \cdot L / (C+L) \cdot A$	C: comprimento L: largura A: altura até plano de trabalho
2) Fator de utilização (U)	Conforme tabela apresentada no Anexo III para as seguintes refletâncias: teto 70%, parede 50% e piso 10%	
3) Fator de perdas luminosas (Fpl)	Considerado para ambientes limpos	
4) Iluminância recomendada	Conforme NBR 5413 para cada atividade	

5) Fluxo Luminoso (F)

Conforme informado pelo fabricante o fluxo luminoso da lâmpada T8 -32W é 2700lm, a luminária utiliza duas lâmpadas totalizando 5400lm

6) Quantidade de luminárias(N)

$$N = E \cdot C \cdot L / nq \cdot U \cdot Fpl$$

E: iluminância

C: comprimento

L: largura

n: numero de lâmpadas

q: fluxo luminoso da lâmpada

U: fator de utilização

Para as áreas destinadas aos sanitários (públicos e servidores) e circulação da área de copa e sanitários foram mantidas as luminárias para lâmpadas fluorescentes compactas de 20W.

Quadro 14- Cálculo do número de luminárias

	Ambiente	E	Área (m2)	K	U	Fpl	Q	N	Total
PAVIMENTO TERREO	Estacionamento	150	295,40	2,9	0,66	0,8	5800	14,47	15
	Espera	150	137,12	1,28	0,51	0,8	5800	8,69	9
	Rampa	100	67,50	1,26	0,51	0,8	5800	2,85	3
	Circulação	100	12,11	1,48	0,54	0,8	5800	0,48	1
	RT-1	500	20,65	1,08	0,45	0,8	5800	4,94	5
	RT-2	500	20,65	1,08	0,45	0,8	5800	4,94	5
	RT-3	500	41,00	1,48	0,54	0,8	5800	8,18	8
	Secretaria	500	137,74	1,95	0,6	0,8	5800	24,74	24
	Gabinete 1	500	18,60	0,94	0,45	0,8	5800	4,45	4
	Gabinete 2	500	19,18	0,94	0,45	0,8	5800	4,59	4
	Sala Diretor	500	20,00	1,06	0,45	0,8	5800	4,79	4
	Copa	200	16,40	0,96	0,45	0,8	5800	1,57	2
1 PAVIMENTO	Espera	150	137,12	1,28	0,51	0,8	5800	8,69	9
	Rampa	100	67,50	1,26	0,51	0,8	5800	2,85	3
	Circulação	100	12,11	1,48	0,54	0,8	5800	0,48	1
	Arquivo	300	42,00	1,09	0,45	0,8	5800	6,03	6
	Audiências (2x)	500	41,00	1,48	0,54	0,8	5800	8,18	16
	Secretaria (2x)	500	137,74	1,95	0,6	0,8	5800	24,74	48
	Gabinete 1 (2x)	500	18,60	0,94	0,45	0,8	5800	4,45	8
	Gabinete 2 (2x)	500	19,18	0,94	0,45	0,8	5800	4,59	8
	Sala Diretor (2x)	500	20,00	1,06	0,45	0,8	5800	4,79	8
	Copa (2x)	200	16,40	0,96	0,45	0,8	5800	1,57	4
Total de luminárias para duas lâmpadas de 28w:									195

Fonte: Elaborado pela autora.

3) VERIFICAÇÃO PRE-REQUISITOS E CALCULO DPI -PROJETO MODIFICADO

Ambiente	Área (m2)	Potência (W)	Divisão de circuito	Contribuição luz natural		Desligamento automático
Estacionamento	295,40	900	sim	n/a		sim
Espera	137,12	540	sim	sim		n/a
Rampa	67,50	180	sim	sim		n/a
Circulação	12,11	60	sim	n/a		n/a
I.S.M publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.F publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.A publico	3,40	20	sim	n/a		n/a
I.S. privativo	1,90	20	sim	n/a		n/a
RT-1	20,65	300	sim	sim		n/a
RT-2	20,65	300	sim	sim		n/a
RT-3	41,00	480	sim	sim		n/a
Secretaria	137,74	1440	sim	sim		n/a
Gabinete 1	18,60	240	sim	sim		n/a
Gabinete 2	19,18	240	sim	sim		n/a
Sala Diretor	20,00	240	sim	sim		n/a
I.S.A privativo	3,15	40	sim	n/a		n/a
Copa	16,40	120	sim	sim		n/a
I.S.M	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.F	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.A	3,42	20	sim	n/a		n/a
D.M.L	2,82	20	sim	n/a		n/a
Circulação	5,91	40	sim	n/a		n/a
Espera	137,12	540	sim	sim		n/a
Rampa	67,50	180	sim	sim		n/a
Circulação	12,11	60	sim	n/a		n/a
I.S.M publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.F publico	2,20	20	sim	n/a		n/a
I.S.A publico	3,40	20	sim	n/a		n/a
I.S. privativo	1,90	20	sim	n/a		n/a
Arquivo	42,00	360	sim	sim		n/a
Audiências (2x)	41,00	480	sim	sim		n/a
Secretaria (2x)	137,74	1440	sim	sim		n/a
Gabinete 1 (2x)	18,60	240	sim	sim		n/a
Gabinete 2 (2x)	19,18	240	sim	sim		n/a
Sala Diretor (2x)	20,00	240	sim	sim		n/a
I.S.A privativo (2x)	3,15	40	sim	n/a		n/a
Circulação (2x)	5,91	40	sim	n/a		n/a
Copa (2x)	16,40	120	sim	sim		n/a
I.S.M (2x)	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.F (2x)	1,80	20	sim	n/a		n/a
I.S.A (2x)	3,42	20	sim	n/a		n/a
D.M.L (2x)	2,82	20	sim	n/a		n/a
Atende pré-requisito:			sim	sim	não	sim
Área total:	1647,02			1647,02		
Potencia total:		12340		12340	0	
DPI:						7,49
Classificação:						A

APÊNDICE F: Cálculo da Pontuação Total (PT)

Tabela 18- Variáveis para cálculo do PT

Variáveis	Abreviatura	Resultado	Classificação
Equivalente numérico envoltória	EqNumEnv	3	C
Equivalente numérico ventilação	EqNumV	1	-
Equivalente numérico iluminação	EqNumDPI	3	C
Equivalente numérico condicionamento de ar	EqNumCA	5	A
Área útil dos ambientes de permanência transitória não condicionados	APT	438	-
Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada	ANC	-	-
Área útil	AU	1649,12	-
Área útil dos ambientes condicionados	AC	1210,52	-
Pontuação obtida por bonificação	b	0	-
Pontuação total	PT	3,96	C

Fonte: Elaborado pela autora

EqNumEnv	AC/AU	APT/AU	ANC/AU	EqNumV	EqNumDPI	EqNumCA	b
3	0,73	0,27	0	1	3	5	0

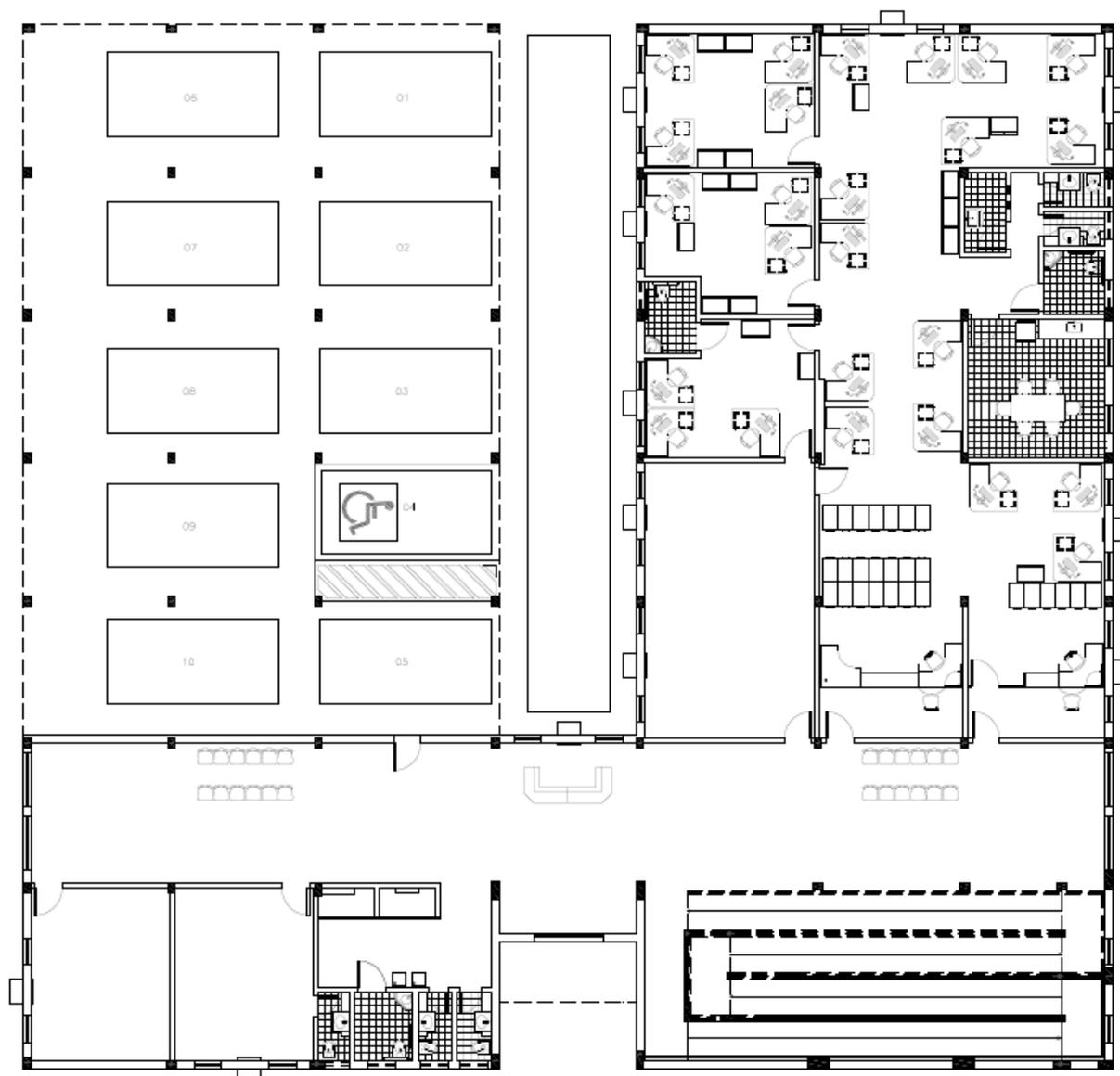
$$PT = 0,3 \cdot \{(3 \cdot 0,73) + (0,27 \cdot 5 + 0)\} + 0,3 \cdot (3) + 0,40 \cdot \{(5 \cdot 0,73) + (0,27 \cdot 5 + 0)\} + 0$$

$$PT = 0,3 \cdot 3,54 + 0,9 + 0,4 \cdot 5 + 0$$

$$PT = \mathbf{3,96}$$

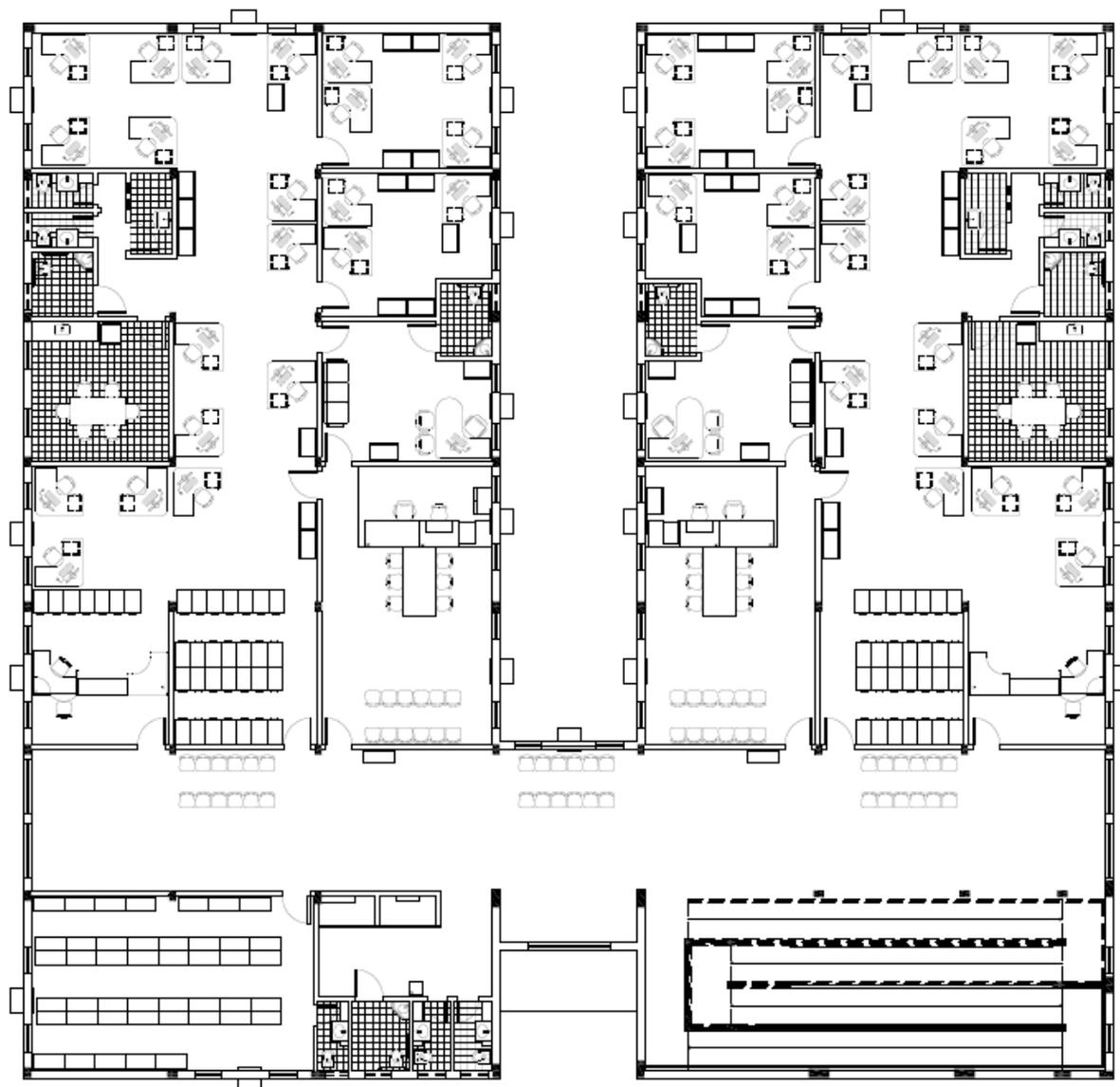
Classificação:

B

ANEXO A: Projeto Arquitetônico

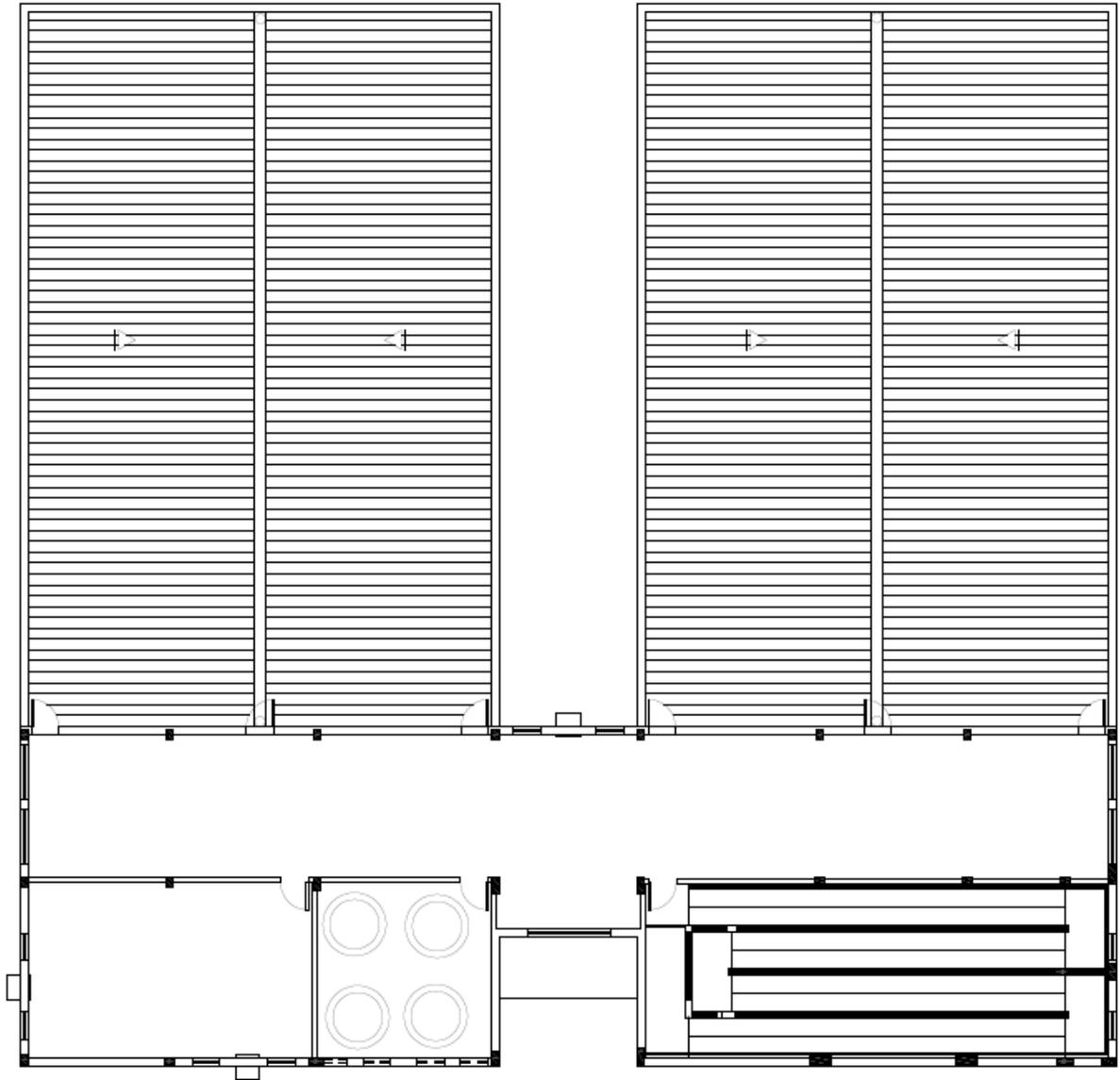
PLANTA PAVIMENTO TÉRREO

Figura 10: Planta Pavimento Térreo



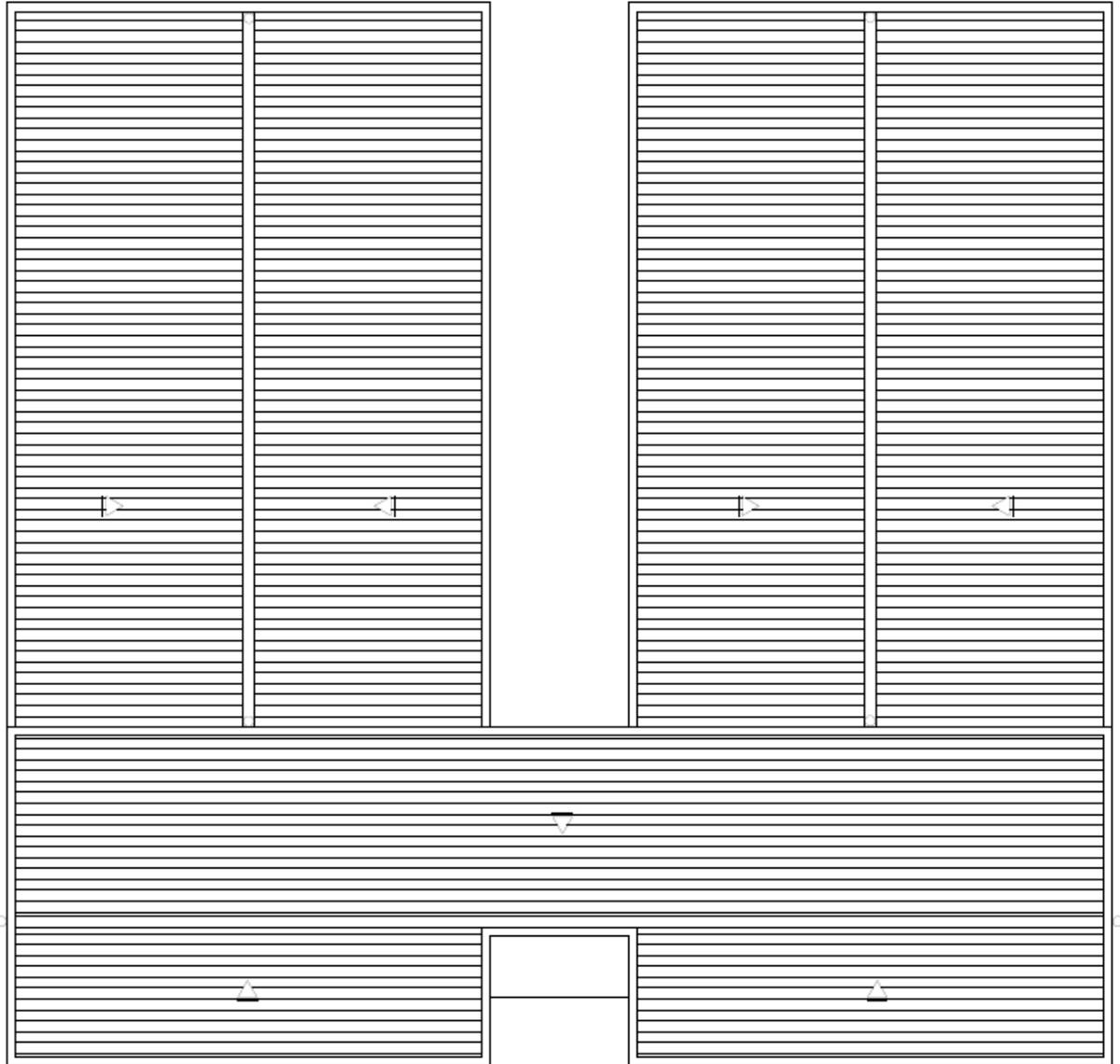
PLANTA 1º PAVIMENTO

Figura 11:Planta 1º Pavimento



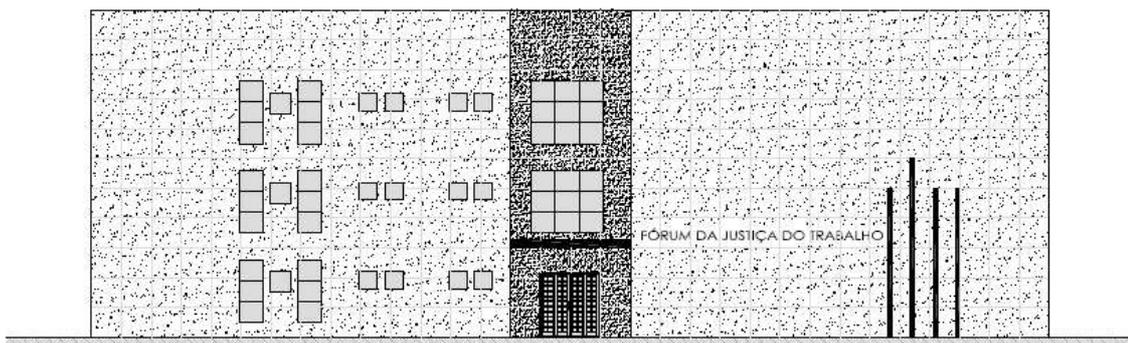
PLANTA 2º PAVIMENTO

Figura 12: Planta 2º Pavimento

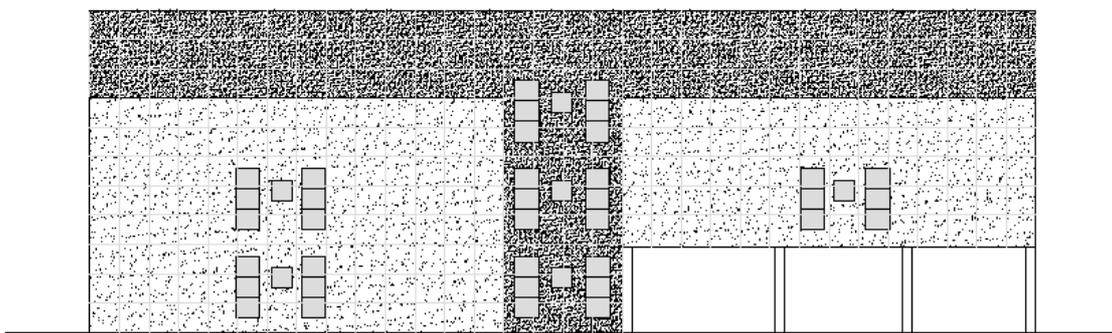


PLANTA COBERTURA

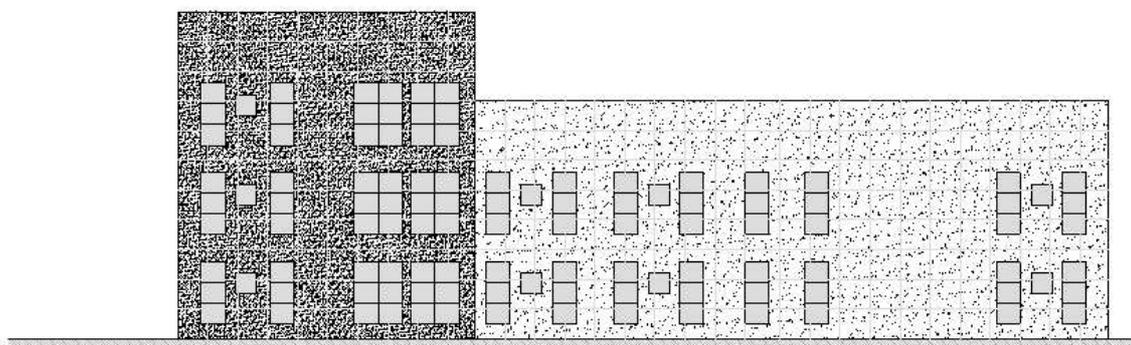
Figura 13: Planta de Cobertura



FACHADA FRONTAL



FACHADA POSTERIOR



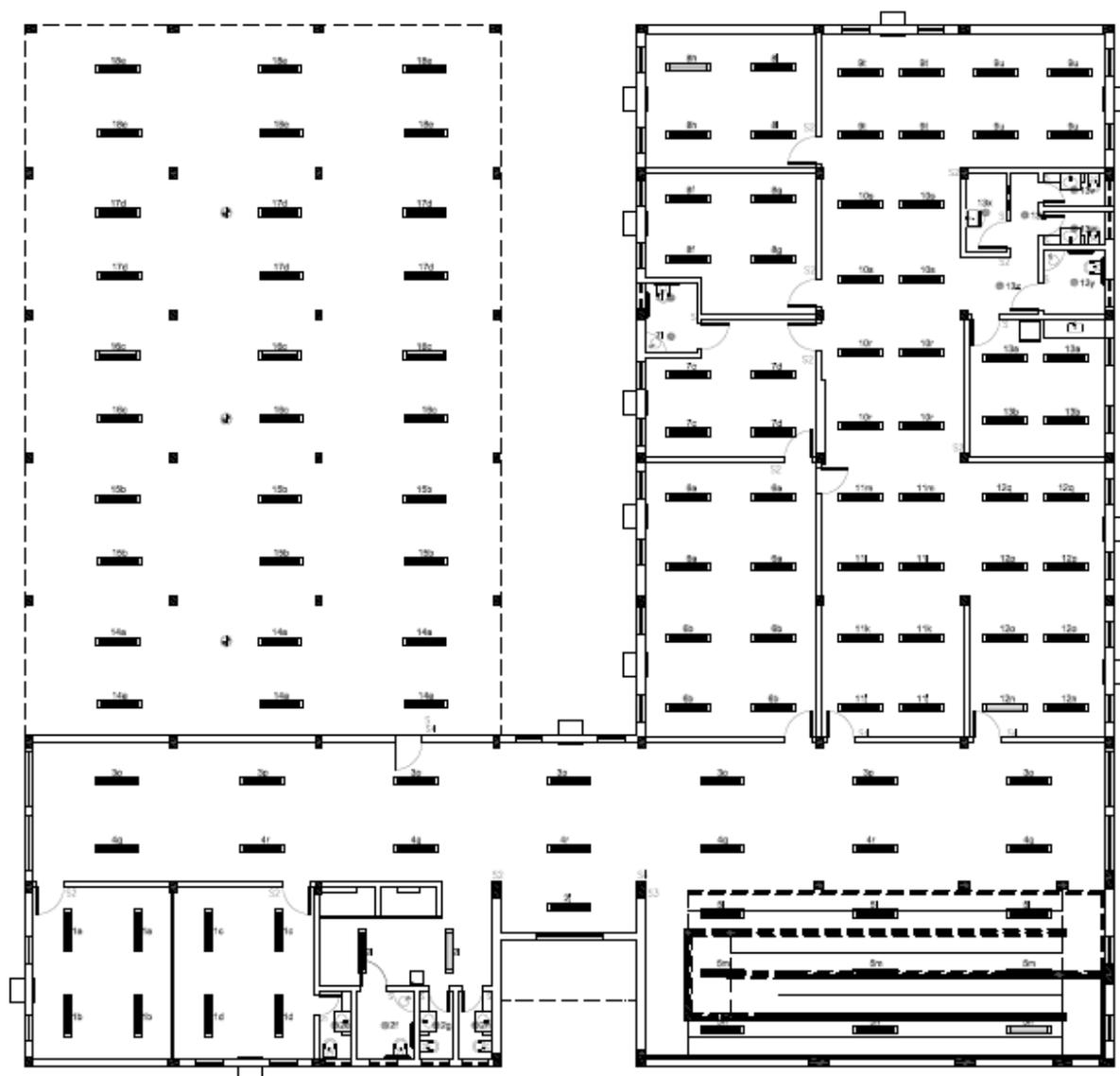
FACHADA LATERAL DIREITA



FACHADA LATERAL ESQUERDA

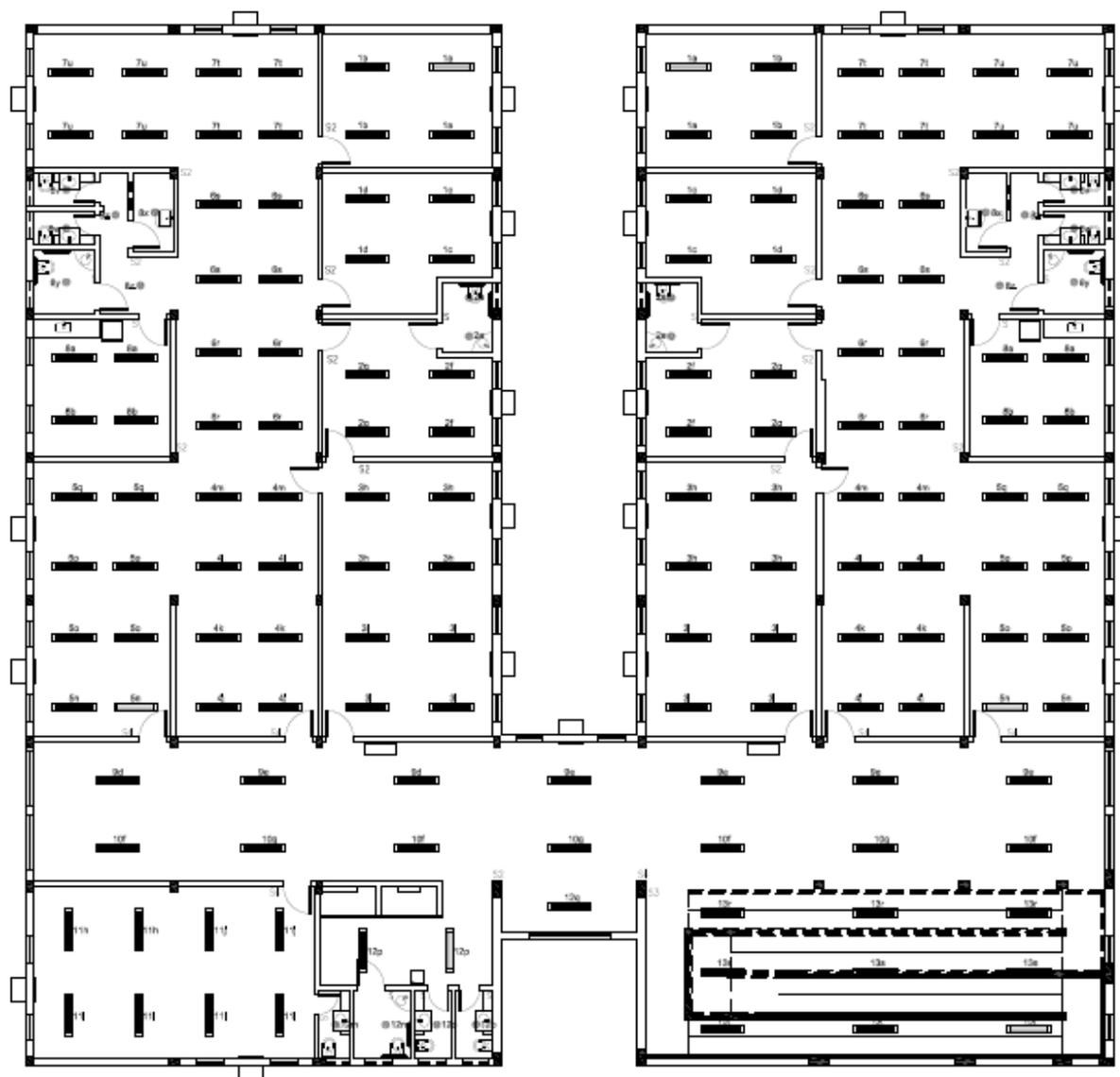
Figura 14: Fachadas

ANEXO B: Projeto Elétrico



PROJETO LUMINOTÉCNICO PAVIMENTO TÉRREO

Figura 15:Luminotécnico Pavimento Térreo



PROJETO LUMINOTÉCNICO 1º PAVIMENTO

RELAÇÃO DE CARGA GERAL		
------------------------	--	--

AXEXO C:Tabela Fator de Utilização (Itaim)

Especificação: Luminária de embutir em forro de gesso ou modulado para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 28W. Corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho e cobre-soquete com acabamento especular de alto brilho. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

TETO (%)	70			50			30		0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10			10			10		0
K _r	FATOR DE UTILIZACAO (X 0.01)								
0.60	38	33	29	37	32	29	32	29	28
0.80	45	40	36	44	39	36	39	36	34
1.00	50	45	42	49	45	42	44	41	40
1.25	55	51	47	54	50	47	49	47	45
1.50	58	54	51	57	54	51	53	50	49
2.00	63	60	57	62	59	57	58	56	55
2.50	66	64	61	65	63	61	62	60	58
3.00	68	66	64	67	65	63	64	62	61
4.00	71	69	67	69	68	66	66	65	63
5.00	72	70	69	71	69	68	68	67	65

Figura 17: Tabela de Fator de Utilização