

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO**

GABRIEL BRAZÃO DE ALMEIDA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E O REGULAMENTO TÉCNICO
DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. ESTUDO DE CASO
DO EDIFÍCIO DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO DO ESTADO DO AMAPÁ.**

SANTANA/AP
2014

GABRIEL BRAZÃO DE ALMEIDA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E O REGULAMENTO TÉCNICO
DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. ESTUDO DE CASO
DO EDIFÍCIO DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO DO ESTADO DO AMAPÁ.**

Monografia apresentada à banca examinadora da Universidade Federal do Amapá, como quesito para obtenção do título de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Área de concentração: Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações.

Orientadora: Prof. Msc. Ivanize Cláudia Santos e Silva.

SANTANA/AP
2014

Dados Internacionais de catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca/Campus Santana da Universidade Federal do Amapá

621.042

A447e Almeida, Gabriel Brazão de.

Eficiência energética em edificações e o regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética: estudo de caso do edifício do Tribunal de Contas da União do estado do Amapá / -- Santana, 2014.

112 p.

Orientador: Profa. Ivanize Cláudia Santos e Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

1. Eficiência energética. 2. RTQ-C. 3. Conforto térmico. I. Silva, Ivanize Cláudia Santos e, orient. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIEL BRAZÃO DE ALMEIDA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E O REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. ESTUDO DE CASO DO EDIFÍCIO DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO DO ESTADO DO AMAPÁ.

Esta monografia foi julgada adequada pela banca examinadora da Universidade Federal do Amapá, para obtenção do título de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Área de concentração: Conforto Ambiental e Eficiência energética em Edificações.

Data: ____/____/____

Prof. Msc. Ivanize Cláudia Santos e Silva (UNIFAP).
ORIENTADORA

MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

SANTANA/AP
2014

RESUMO

O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, Públicas e de Serviço (RTQ-C), estabelece parâmetros para avaliação do nível de eficiência energética nas edificações. Este trabalho tem por objetivo a aplicação do RTQ-C, para avaliação do nível de eficiência energética de uma edificação localizada na região amazônica, onde escolheu-se o edifício sede do Tribunal de Contas da União no Estado do Amapá, para obtenção de uma etiqueta nacional de conservação e energia, podendo ser classificado do nível A, mais eficiente, ao E, menos eficiente. Para tal, utilizou-se o método prescritivo para avaliação da envoltória, onde extraíram-se dados relacionados às propriedades térmicas dos materiais e características físicas da edificação. Além disso, apresentou-se uma nova proposta projetual utilizando-se todas as condicionantes de conforto térmico, obtendo uma arquitetura adequada ao clima. Por fim, a proposta projetual é submetida aos parâmetros do RTQ-C, no qual obteve-se uma nova classificação de eficiência energética da envoltória.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Envoltória, RTQ-C.

ABSTRACT

The Technical Regulation of the Quality Level Energy Efficiency in Commercial, Public and Service Buildings (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, Públicas e de Serviço - RTQ-C) provides guidelines for the evaluation on the level of energy efficiency in buildings. This work aims to the application of the RTQ-C for the evaluation of the level of energy efficiency of a building located in the Amazon region, in that was chosen the headquarters building of the Tribunal de Contas da União do Estado do Amapá, to obtain a national label of conservation and energy, which can be classified from the level A to the level E, respectively, from the more efficient to the less efficient. In this way, it was used the prescriptive method for evaluating the envelopment calculation, which were extracted data according to the thermal properties of the materials and physical characteristics of the building. Furthermore, it was presented a new projetual proposal using all conditions for thermal comfort, getting an appropriate climate architecture. Finally, the projetual proposal was submitted to the parameters of the RTQ-C, that was obtained a new classification of energy efficiency of the envelopment.

Keywords: Energy Efficiency, envelopment, RTQ-C.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Consumo de energia elétrica em edificações versus o PIB.	26
Figura 2.2 – Influência das variáveis arquitetônicas nas trocas de calor.	27
Figura 2.3 – Implantação do hospital Sarah – Rio de Janeiro.	29
Figura 2.4 – Vista aérea do hospital Sarah – Rio de Janeiro.	30
Figura 2.5 – Esquema de penetração da luz natural através dos sheds.	30
Figura 2.6 – Solarium em estruturas metálicas destacado pela cor.	31
Figura 2.7 – Modulação na estrutura metálica da cobertura e pilares.	31
Figura 2.8 – Implantação do Centro de Proteção Ambiental de Balbinas.	32
Figura 2.9 – Implantação da cobertura do Centro de Proteção Ambiental de Balbinas.	33
Figura 2.10 – Setorização do Centro de Proteção Ambiental de Balbina.	33
Figura 2.11 – Cobertura serpenteante em taubilhas de cavaco.	34
Figura 3.1 – ENCE geral.	38
Figura 3.2 – ENCE parcial para envoltória.	38
Figura 3.3 – Procedimento para determinação da equação de ICenv.	42
Figura 4.1 – Procedimento metodológico.	46
Figura 4.2 – Localização do edifício.	47
Figura 4.3 – Planta baixa do pavimento térreo.	48
Figura 4.4 – Planta baixa do pavimento superior.	48
Figura 4.5 – Fachada oeste do TCU-AP.	49
Figura 4.6 – Fachada leste do TCU-AP.	49
Figura 4.7 – Fachadas norte do TCU-AP.	49
Figura 4.8 – Fachada sul do TCU-AP.	49
Figura 4.9 – Painéis de vidros fixos da escada.	50
Figura 4.10 – Detalhes das esquadrias e dispositivos de proteção solar.	50
Figura 4.11 – Planta de cobertura.	51
Figura 4.12 – Vista interna das claraboias.	51
Figura 4.13 – Área de projeção da cobertura (Apcob) contabilizada.	53
Figura 4.14 – Exemplos de sistemas de sombreamento que impossibilitam a aplicação de AVS e AHS.	54

Figura 4.15 – Propriedade térmica da parede.	56
Figura 5.1 – Setorização de Macapá.	61
Figura 5.2 – Setorização – Pavimento térreo.	64
Figura 5.3 – Setorização – Pavimento superior.	64
Figura 5.4 – Fluxograma.	65
Figura 5.5 – Conceitos de permeabilidade visual no partido.	67
Figura 5.6 – Estudos de volumetria.	67
Figura 5.7 – Estudo de volume das fachadas leste e oeste.	68
Figura 5.8 – Pintura em referência às ondas do Rio Amazonas.	68
Figura 5.9 – Estudo de composição do volume da escada e rampa.	69
Figura 5.10 – Situação e locação.	70
Figura 5.11 – Pavimento térreo - nova proposta.	70
Figura 5.12 – Pavimento superior - nova proposta.	70
Figura 5.13 – Cobertura - nova proposta.	71
Figura 5.14 – Cortes AA' e BB', respectivamente – proposta arquitetônica.	71
Figura 5.15 – Corte CC' e DD', respectivamente – proposta arquitetônica.	71
Figura 5.16 – Corte EE' – proposta arquitetônica.	71
Figura 5.17 – Fachada Norte – proposta arquitetônica.	72
Figura 5.18 – Fachada Sul – proposta arquitetônica.	72
Figura 5.19 – Fachadas Oeste e Leste, respectivamente – proposta arquitetônica.	72
Figura 5.20 – Detalhe de pintura da fachada oeste e volume da escada.	72
Figura 5.21 – Maquete volumétrica.	73
Figura 5.22 – Croqui do traçado e da integração do projeto do jardim interno aos usos do edifício.	73
Figura 5.23 – Sinuosidade da hidrografia amazônica.	74
Figura 5.24 – Croqui das espécies vegetais do jardim interno.	74
Figura 5.25 – Croqui do corte esquemático do jardim interno.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Combinação de métodos para obtenção da ENCE geral.	36
Quadro 4.1 – Dados para o cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória (ICenv).	56
Quadro 5.1 – Usos e atividades permitidos no setor SL3.	61
Quadro 5.2 – Usos e atividades permitidos no setor SL3.	61
Quadro 5.3 – Programa de necessidades.	62
Quadro 5.4 – Vegetação e forrações utilizada no projeto de paisagismo.	77
Quadro 5.5 – Pisos.	78
Quadro 5.6 – Dados referentes à geometria da nova proposta.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Equivalentes numéricos correspondentes às classificações.	36
Tabela 3.2 – Determinação da classificação geral.	37
Tabela 3.3 – Limites máximos de percentual de abertura zenital (PAZ) e fator solar (FS).	40
Tabela 3.4 – Valores para determinar $IC_{máxD}$	44
Tabela 3.5 – Valores para determinar $IC_{mín}$	44
Tabela 3.6 – Determinação dos intervalos de classificação de eficiência energética	44
Tabela 4.1 – Pré-requisitos das transmitâncias e absorptâncias para a ZB8	52
Tabela 4.2 – Áreas de fachada e aberturas	53
Tabela 4.3 – Ângulos de sombreamento verticais e horizontais (AVS e AHS) obtidos	55
Tabela 4.4 – Cálculos de transmitância térmica da cobertura.	57
Tabela 4.5 – Intervalo dos níveis de eficiência energética.	58
Tabela 5.1 – Cálculos de transmitância térmica da cobertura da nova proposta.	80
Tabela 5.2 – Absortância das cores presentes na envoltória	80
Tabela 5.3 – Determinação do PAZ e FS correspondente	81
Tabela 5.4 – Intervalo dos níveis de eficiência energética – nova proposta.	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa em Energia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RTQ-C	Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética em edificações comerciais, de serviço e públicas
TCU-AP	Tribunal de Contas da União do Estado do Amapá

LISTA DE SIMBOLOS – NOMENCLATURA E UNIDADES

AC	Área de piso dos ambientes condicionados	(m ²)
Aenv	Área de Envoltória	(m ²)
AU	Área útil	(m ²)
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento	(°)
ANC	Área de piso dos ambientes de permanência prolongada	(m ²)
Apcob	Área de Projeção da Cobertura	(m ²)
Ape	Área de projeção da edificação	(m ²)
APT	Área de piso dos ambientes de permanência transitória	(m ²)
Atot	Área Total Construída	(m ²)
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento	(°)
b	Bonificações	
Conduct.	Condutividade	W/m°C
e	Espessura	(m)
EqNumCA	Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar	
EqNumDPI	Equivalente numérico do sistema de iluminação	
EqNumEnv	Equivalente numérico da envoltória	
EqNumV	Equivalente numérico dos ambientes não condicionados	
FA	Fator de Altura	
FF	Fator de Forma	
FS	Fator Solar de Superfícies Translúcidas	(%)
i	Subdivisão i	
ICenv	Índice de consumo da envoltória	
ICmáxD	Límite máximo do indicador de consumo	
ICmín	Índice de consumo mínimo	
PAFo	Percentual de Abertura na Fachada Oeste	(%)
PAFt	Percentual de Abertura na Fachada	(%)
PAZ	Percentual de Abertura na Fachada	(%)
PT	Pontuação final	
R	Resistência térmica	(m ² .K)/W
Rse	Resistência superficial externa	(m ² .K)/W

Rsi	Resistência superficial	(m ² .K)/W
Rt	Resistência térmica total	(m ² .K)/W
U	Transmitância térmica	(W/m ² K)
Vtot	Volume Total da Edificação	(m ³)
α	Absortância	(%)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	16
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1.2. JUSTIFICATIVA	17
1.3. PROBLEMA	18
1.4. HIPÓTESE	19
1.5. OBJETIVOS GERAIS	19
1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.8. METODOLOGIA	22
1.9. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	23
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1. O BRASIL E AS INICIATIVAS PARA A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES	25
2.2. VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS RELACIONADAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	27
2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇO E PÚBLICAS	28
2.4. REFERENCIAIS ARQUITETÔNICOS	28
2.4.1. Hospital Sarah Kubitschek – Rio de Janeiro	29
2.4.1. Centro de Proteção Ambiental de Balbina	32
CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL METODOLÓGICO	35
3.1. PROCEDIMENTO PARA A DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA GERAL	35
3.2. PROCEDIMENTO PARA A DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA	38
3.2.1. Pré-requisitos específicos da envoltória	39
3.2.1.1. Pré-requisitos específicos para o nível A	39
3.2.1.2. Pré-requisitos específicos para o nível B	40
3.2.1.3. Pré-requisitos específicos para o nível C e D	40

3.2.2. Determinação do índice de consumo da envoltória (ICenv)	42
--	----

CAPITULO 4 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E O REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. ESTUDO DE CASO DO EDIFÍCIO DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO DO ESTADO DO AMAPÁ

45

4.1. MÉTODO

45

4.1.1. Escolha e delimitação do edifício. Estudo de caso para aplicação do RTQ-C	46
--	----

4.1.2. Caracterização do edifício estudo de caso	47
--	----

4.1.3. Determinação do nível de eficiência energética da envoltória	51
---	----

4.2. RESULTADOS

56

4.2.1. Pré-requisitos específicos da envoltória	56
---	----

4.2.2. Classificação do nível de eficiência energética pelo cálculo do índice de consumo da envoltória (ICenv)	58
--	----

4.3. ANÁLISE

59

CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO DA NOVA PROPOSTA PROJETUAL

60

5.1. ÁREA DE IMPLANTAÇÃO

60

5.1.1. Terreno	60
----------------	----

5.1.2. Análise do plano diretor da cidade de Macapá	60
---	----

5.2. PROPOSTA PROJETUAL

62

5.2.1. Programa de necessidades	62
---------------------------------	----

5.2.2. Setorização e fluxograma	63
---------------------------------	----

5.2.3. Partido arquitetônico	65
------------------------------	----

5.2.3.3. Volumetria	67
---------------------	----

5.2.3.4. Apresentação projetual	69
---------------------------------	----

5.2.4. Projeto paisagístico	73
-----------------------------	----

5.2.4.1. O jardim interno	73
---------------------------	----

5.2.4.2. Área externa e estacionamento	77
--	----

5.3. AVALIAÇÃO DA NOVA PROPOSTA PELO RTQ-C

79

5.3.1. Pré-requisitos específicos da envoltória	79
---	----

5.3.2. Índice de consumo da envoltória – nova proposta	81
--	----

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
APÊNDICES	88
ANEXOS	107

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

O consumo energético é uma das problemáticas que cada vez mais possui destaque no cenário global. É também incorporado em estudos que buscam novas matrizes e soluções no campo da energia com a finalidade de minimizar e/ou amenizar os impactos decorrentes da utilização dos recursos naturais para geração de energia. No Brasil, os edifícios comerciais, de serviço e públicos representam 20% do consumo total de energia produzida no país, alcançando um consumo de 86.704GWh no ano de 2011, segundo dados da EPE – Empresa de Pesquisa em Energia, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Nessa conjuntura, em função de promover parâmetros construtivos que visem garantir o consumo racional de energia elétrica nas edificações novas e existentes, no ano de 2009 foi criado o regulamento, denominado regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética em edificações comerciais, de serviço e públicas (RTQ-C).

O RTQ-C estabelece parâmetros construtivos que levam em consideração as condicionantes bioclimáticas, contribuindo para a construção de edificações compatíveis com o clima no qual está sendo inserido, proporcionando ambiente confortável aos usuários da edificação e causando menor consumo de energia elétrica.

Nesse contexto, o presente trabalho objetiva analisar uma edificação situada no Estado do Amapá quanto ao seu nível de eficiência energética. O objeto de estudo constitui-se do edifício sede do Tribunal de Contas da União no Amapá (TCU-AP) localizado na Rodovia Juscelino Kubitschek, no bairro Jardim Marco Zero na cidade de Macapá, capital do Estado do Amapá. No referido estudo será analisado a envoltória da edificação, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo RTQ-C para, posteriormente atribuir uma etiqueta de classificação do nível de eficiência energética deste sistema do edifício em estudo, podendo ser do nível A, mais eficiente, ao nível E, menos eficiente.

A escolha deste tema para o desenvolvimento do trabalho deve-se à necessidade de disseminação de conhecimento específico na área de conforto ambiental e eficiência energética em edificações, em especial na região norte do país, no qual o estudo nesta área ainda se mostra bastante pontual.

1.2. Justificativa

No Brasil, os edifícios comerciais, de serviço e públicos são responsáveis por considerável consumo da energia elétrica gerada no país. Em um processo que teve início em 2001, com a lei nº 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e o decreto nº 4059, onde se estabeleceram níveis relativos à eficiência energética para máquinas, aparelhos e edificações, e em 2009 foi publicado o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, Serviço e Públicas (RTQ-C), criando condições para a etiquetagem de edificações novas e existentes como incentivo ao consumo racional da energia elétrica.

Os regulamentos e normas disponíveis que estabelecem parâmetros técnicos de eficiência energética em edificações são adequados e possíveis de serem implementados. Porém, segundo CUNHA (2006), falta vontade política e acadêmica, nessa ordem, para concretizar este tipo de programa, cujo custo é muito menor que o de qualquer investimento na produção de energia. Ainda segundo CUNHA (2006), o problema real para a melhoria de eficiência, não se trata somente de quantidade de capital, mas deve-se também à inexperiência e desinteresse institucional e organizacional.

A aplicação dos parâmetros técnicos propostos pelo RTQ-C na região norte do país, sobretudo em Macapá, é de extrema importância para a conservação de energia, pois nesta região predomina o clima quente-úmido, onde são registradas altas temperaturas e umidade durante todo o período do ano, causando uso massivo de condicionamento de ar em todos os edifícios.

Em Belém, o edifício sede da Caixa teve seus sistemas de envoltória, iluminação e ar condicionado avaliados. Assim como o edifício do TCU-AP, a sede da

Caixa encontra-se na zona bioclimática 8, segundo classificação de zonas bioclimáticas brasileira estabelecida pela NBR 15220-3. O edifício atendeu aos pré-requisitos de transmitância térmica e absorvância do RTQ-C para a envoltória, o qual obteve classificação A. seus sistemas de iluminação e condicionamento de ar obtiveram classificação B e A, respectivamente. Este edifício também dispõe de sistema de aproveitamento de água drenada do subsolo para alimentação de vasos sanitários e mictórios, e reserva técnica de incêndio para *sprinklers*, o qual garantiu ao edifício pontos de bonificação pelo RTQ-C. Por fim, o edifício obteve o selo nacional de eficiência energética, no qual obteve classificação A.

Ainda é dada pouca atenção para o estudo e aplicação de medidas de conservação de energia em edificações, em especial as edificações comerciais, de serviço e. Portanto, o presente trabalho justifica-se como meio de disseminação do conhecimento de boas práticas que estimulem a conservação de energia em edificações.

1.3. Problema

Os edifícios públicos em Macapá em sua maioria, não apresentam parâmetros técnicos que visem conforto ambiental e eficiência energética. A falta de conhecimento destes e sua aplicabilidade nas práticas de projeto são problemáticas suscitadas nesta pesquisa, sendo estes fatores relevantes no que tange a produção de uma arquitetura eficiente energeticamente no município de Macapá, bem como, numa escala nacional e global.

Em função disso, apontam-se as seguintes indagações relacionadas ao prédio do tribunal de contas da união do Amapá: O edifício do TCU-AP foi projetado visando o conforto ambiental e a eficiência energética? A edificação atende às estratégias e parâmetros de projetos indicados na NBR 15220 e RTQ-C? Quais alterações devem ser feitas no edifício caso não atenda as estratégias e parâmetros propostos pelo RTQ-C?

1.4. Hipótese

O edifício sede do tribunal de contas da união apresenta diversas características construtivas adequadas ao clima. No entanto, não atende às diretrizes do RTQ-C.

1.5. Objetivos gerais

Este trabalho objetiva responder qual o nível de eficiência energética do prédio do tribunal de contas da união do Amapá, através de estudo e análise da envoltória, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo método prescritivo do RTQ-C. Será feita uma nova proposta projetual após constatação do seu não atendimento aos parâmetros do RTQ-C.

1.6. Objetivos específicos

1. Apresentar o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos (RTQ-C);
2. Estudar os parâmetros construtivos no município de Macapá;
3. Avaliar o nível de eficiência energética do edifício sede do tribunal de contas da união (TCU-AP) pelos parâmetros do RTQ-C;
4. Elaborar um novo projeto para a sede do TCU no município de Macapá de acordo com os parâmetros do RTQ-C;
5. Determinar o nível de eficiência energética do edifício através da etiqueta nacional de consumo energético;
6. Despertar o interesse para o conhecimento do Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética;

7. Divulgar os resultados obtidos por diversos meios (artigos em encontros e congressos, visitação local, entre outros);

8. Disseminação científica e tecnológica do Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética – Edificações Comerciais, de serviço e públicas (RTQ-C).

1.7. Revisão bibliográfica

Nesta seção apresenta-se a revisão bibliográfica, destacando os principais trabalhos consultados durante o desenvolvimento desta monografia, inseridos no contexto do tema eficiência energética em edificações.

LAMBERTS, Roberto *et al.* abordaram em 2007 as iniciativas para controle e redução do consumo de energia elétrica no Brasil. Após a crise energética ocorrida em 2001 no país, foi instituída a Lei Nº 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Como resultado desses esforços, em 2006 foi criada uma versão experimental da regulamentação para classificação do nível de eficiência energética de edificações públicas, comerciais e de serviços. Os requisitos técnicos e sua metodologia para aplicação foi apresentada.

LAMBERTS, Roberto; e **CARLO**, Joyce Correna abordaram em 2010 os fundamentos que originaram o método prescritivo do RTQ-C. Utilizou-se um caso-base de edifício para discutir as potencialidades e limitações na sua aplicação. Constatou-se que a avaliação da envoltória pelo método prescritivo, por ser simplificada, possui limitações em relação aos limites de uso de diferentes volumetrias da edificação, impossibilidade de determinar o ângulo de sombreamento para dispositivos complexos de proteção solar, possui a necessidade de simular a ventilação natural, bem como desconsidera a orientação das fachadas. Estas características da edificação são melhor avaliadas por simulação computacional, cabendo ao avaliador escolher o método mais adequado para cada edifício. Esclareceu-se que os parâmetros do método prescritivo do RTQ-C é simplificado

tendo em vista adaptar gradualmente o mercado construtivo brasileiro, cabendo seu aperfeiçoamento à versões futuras do regulamento.

NICOLETTI, Ana Maria A.; e **AMORIM**, Cláudia N. D. avaliaram em 2009 o desempenho térmico da envoltória de um edifício público de escritórios em Brasília/DF, utilizando o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos (RTQ-C). Levantaram-se os dados relacionados às características físicas do edifício para o cálculo do indicador de consumo, que determina o nível de eficiência da envoltória. Verificou-se o atendimento aos pré-requisitos específicos da envoltória, que resultaram no nível de eficiência D. Os resultados apontaram a não adequação do edifício ao clima local devido às extensas fachadas envidraçadas, onde parte desta não possui proteção solar. Além disso, na avaliação do desempenho térmico dos materiais, verificou-se que os mesmos não são adequados, o que provoca o uso massivo de condicionamento artificial. Concluiu-se que o RTQ-C constitui uma importante ferramenta para obter eficiência energética e qualidade ambiental nos edifícios.

LAMBERTS, Roberto; e **FOSSATI**, Michele avaliaram em 2010 a envoltória de dez edificações comerciais localizadas na cidade de Florianópolis, SC. O método prescritivo do RTQ-C foi utilizado. Objetivou-se avaliar apenas os elementos construtivos que influenciam no índice de consumo da envoltória (ICenv), desconsiderando seus pré-requisitos específicos. Os resultados apontaram a grande influência do Percentual de Abertura nas Fachadas Total (PAFt) no nível de eficiência energética da edificação, seguido dos dispositivos de proteção solar. O fator solar das aberturas mostrou-se menos relevante nos resultados do ICenv. Concluiu-se que o RTQ-C é uma importante ferramenta para os arquitetos, pois estabelece parâmetros construtivos adequados à realidade climática brasileira.

BITTENCOURT, Leonardo Salazar *et al.* avaliaram em 2011 a eficiência energética da envoltória do edifício sede da COMPESA, em Recife/PE. Para isso, utilizou-se o método prescritivo do RTQ-C para avaliação de suas características físicas e materiais construtivos. Os resultados mostraram que o indicador de consumo calculado obteve resultado satisfatório. No entanto, a verificação do atendimento aos pré-requisitos específicos da envoltória constatou que a cobertura não possui

desempenho térmico apropriado, levando o edifício a obter classificação B. Por fim, relatou-se a importância da escolha correta dos materiais construtivos para garantir a conservação de energia no edifício.

RODRIGUES, Clara Ovídio de Medeiros; **DIAS**, Alice Rück Drummond; e **PEDRINI**, Aldomar analisaram em 2011 as limitações do RTQ-C em relação à aplicação dos ângulos de sombreamento verticais e horizontais. Determinaram-se os períodos de sombreamento nos ambientes internos da edificação e o impacto de consumo de energia elétrica através do programa computacional DesignBuilder. Para isso, utilizou-se um modelo de referência, um edifício institucional de 500m² (50m x 10m), com características térmicas previamente fixadas, porém, variando-se os ângulos de sombreamento, a orientação e o PAFt. Os resultados apontaram que os dispositivos de proteção solar influenciam no nível de eficiência energética do edifício somente em casos onde o PAFt é baixo, negligenciando o potencial de consumo de energia elétrica proveniente dos dispositivos de proteção solar, e influenciando o uso de pequenas aberturas. Também expõe alguns casos de dispositivos de proteção solar que limitam a determinação do AVS e AHS para o método prescritivo. Concluiu-se que o uso de AVS e AHS mostraram-se ineficientes para avaliação do nível de eficiência energética. As máscaras de sombreamento são mais adequadas de serem aplicadas ao RTQ-C, pois consideram a orientação e o período de sombreamento causado pelo dispositivo de proteção solar.

1.8. Metodologia

A metodologia empregada no presente trabalho tem como base as classificações de acordo com Gil (2010). Os critérios previamente definidos, bem como a classificação adotada para a pesquisa foram definidos a seguir.

- **Área de conhecimento:** Segundo a classificação do CNPq, a pesquisa está inserida na área de **ciências sociais aplicadas**.
- **Finalidade: Pesquisa aplicada**, que segundo Gil (2010), é voltada à aquisição de conhecimentos com vista à aplicação em uma situação específica.

- **Objetivo geral: Pesquisa explicativa**, que segundo Gil (2010), visa identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos.
- **Método empregado: Estudo de caso**, pois segundo Gil (2010), consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.
- **Forma de abordagem do problema: Pesquisa quantitativa**, pois segundo Gil (2010), trata-se de uma pesquisa onde tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números, opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

A metodologia será melhor detalhada no capítulo 4 desta monografia.

1.9. Estrutura da monografia

A monografia está estruturada em 6 capítulos.

No capítulo 1 apresenta-se a introdução da monografia. Nela está contida as considerações iniciais, a justificativa, o problema, a hipótese, os objetivos gerais e específicos, bem como a revisão bibliográfica.

O capítulo 2 apresenta as referências teóricas, abordando-se os principais assuntos que argumentam e contextualizam o trabalho.

O capítulo 3 apresenta e revisa as diretrizes metodológicas do Regulamento técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (RTQ-C).

O capítulo 4 apresenta o método de aplicação do RTQ-C para avaliação do nível de eficiência energética da envoltória do edifício sede do Tribunal de Contas da União do Estado do Amapá (TCU-AP), bem como os resultados obtidos.

O capítulo 5 apresenta a nova proposta projetual para o edifício sede do TCU-AP, bem como a nova avaliação de eficiência energética pelo RTQ-C, atribuindo-se uma nova classificação.

No capítulo 6 apresenta-se as conclusões acerca do tema abordado e dos resultados alcançados.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico da monografia. Na seção 2.1 abordam-se de forma breve os fatos que estimularam o surgimento de políticas de conservação de energia no Brasil. Na seção 2.2 abordam-se os elementos da arquitetura que influem no desempenho energético das edificações. Na seção 2.3 abordam-se os conceitos de eficiência energética aplicados às edificações comerciais e públicas. Por fim, na seção 2.4 apresentam-se os referenciais arquitetônicos.

2.1. O Brasil e as iniciativas para a conservação de energia em edificações

Segundo Lamberts e Goulart (2007) o crescente consumo de energia *per capita* é uma realidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, tornando-se uma das principais questões a serem enfrentadas pela economia destes países. O Brasil está incluído no grupo de países em desenvolvimento, embora o consumo de energia elétrica em seu território não seja tão significativo como o consumo de energia de países desenvolvidos com área territorial equivalente, como EUA ou Austrália.

O aumento do consumo de energia nas edificações está atrelado ao crescimento do PIB, indicando a relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e da economia nacional (LAMBERTS; GOULART, 2007). A figura 2.1 mostra a evolução do consumo de energia elétrica de edificações dos setores residencial, comercial e público no Brasil, de 1987 a 2004 juntamente com o crescimento da economia.

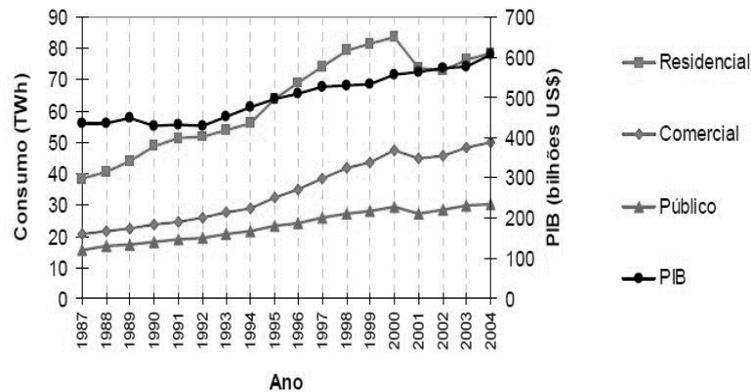


Figura 2.1: Crescimento do consumo de energia elétrica em edificações versus o PIB.

Fonte: LAMBERTS; GOULART, 2007.

Em 1971, tiveram início sucessivas crises energéticas que foram denominadas de crise do petróleo, afetando principalmente os países desenvolvidos. Com isso, os governos e a sociedade passaram a preocupar-se com medidas de conservação de energia, principalmente a energia elétrica. Segundo Corbella (2011), a partir daí surgiram movimentos que voltavam seu olhar para a interação entre a arquitetura e os climas locais e, posteriormente, pela consciência da devastação ecológica e ambiental.

Diante disso, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, órgão vinculado atualmente à ELETROBRÁS, foi instituído pelos Ministérios das Minas e Energia e Indústria e Comércio em 1985, tendo como função integrar as ações de conservação de energia. Atualmente, o PROCEL é responsável pela aplicação de políticas de eficientização energética, através da educação, financiamento, dentre outros.

Após a crise energética ocorrida em 2001 no Brasil, foi instituída a Lei Nº 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Como resultado desses esforços, em 2006 foi criada, no âmbito do PROCEL, uma versão experimental da regulamentação para classificação do nível de eficiência energética de edificações públicas, comerciais e de serviço (RTQ-C), onde os requisitos técnicos e sua metodologia para aplicação foi apresentada.

Calcula-se que quase 50% da energia produzida no país seja consumida não só na operação e manutenção das edificações, como também nos sistemas artificiais que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água (ELETROBRÁS – PROCEL, 2010).

2.2. Variáveis arquitetônicas relacionadas à eficiência energética em edificações

O consumo energético nas edificações é função de diversos usos finais tais como: sistemas de iluminação artificial e condicionamento de ar e os equipamentos. Estes dependem de variáveis arquitetônicas tais como a forma da edificação, a envoltória e seus materiais e a função do edifício.

Segundo Lamberts (1997), eficiência energética é a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com o menor consumo de energia.

Os elementos da arquitetura influenciam a quantidade de carga térmica nos ambientes internos do edifício. A radiação solar que incide diretamente no recinto através das aberturas, a transmissão de calor por radiação e convecção através dos fechamentos opacos, bem como os equipamentos de iluminação influem na quantidade de carga térmica, o que causa desconforto nos usuários, e conseqüentemente o aumento no uso de aparelhos condicionadores de ar.

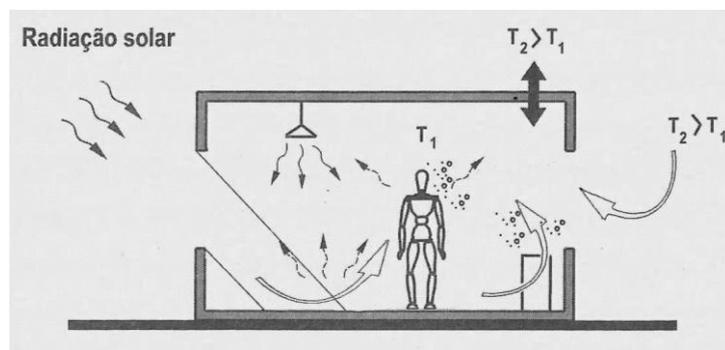


Figura 2.2: Influência das variáveis arquitetônicas nas trocas de calor.

Fonte: CORBELLA, 2011.

Lamberts (1997) sugere alguns critérios de projeto ou reforma de edifícios a serem adotados:

- Redução da transmitância térmica de paredes, janelas e coberturas;
- Uso de proteções solares em aberturas;
- Uso de cores claras no exterior (reduz ganhos por radiação);
- Evitar ambientes sem contato com o exterior, pois não podem explorar a luz e a ventilação naturais.

2.3. Eficiência energética em edificações comerciais, de serviço e públicas

Nos setores comercial e público, o consumo de energia é fortemente influenciado pela grande quantidade de calor gerado no interior do edifício. Diferentemente da arquitetura residencial, edifícios comerciais e públicos contam com maior densidade de usuários, equipamentos e lâmpadas, que levam à tendência ao sobreaquecimento dos ambientes, mesmo em situações em que o clima exterior indica conforto térmico (LAMBERTS *et al*, 1997).

Observa-se que a iluminação artificial e o ar condicionado são os grandes usos finais da energia neste setor, representando aproximadamente 64% do consumo, 44% para iluminação artificial e 20% para ar condicionado, respectivamente (LAMBERTS *et al*, 1997).

Em edifícios comerciais e públicos, geralmente o uso do ar condicionado é necessário, pois o desconforto pode significar perda de clientes e baixa produtividade.

Há um expressivo potencial de conservação deste setor, avaliado em 30% para edificações existentes através de *retrofit* (reforma), podendo chegar a 50% nas edificações novas que utilizem tecnologia energeticamente eficiente desde a concepção inicial do projeto (ELETROBRÁS - PROCEL, 2010).

2.4. Referenciais arquitetônicos

Nesta seção apresentam-se os referenciais arquitetônicos que subsidiaram a concepção projetual da monografia. As obras escolhidas destacam-se pela preocupação com a adequação do edifício ao clima e em decorrência disso, com os conceitos de eficiência energética em edificações. Os arquitetos destacados foram João Figueira Lima e o Severiano Porto, ambos possuem produção de arquitetura bioclimática de referência no Brasil.

2.4.1. Hospital Sarah Kubitschek – Rio de Janeiro

João Figueira Lima, conhecido popularmente como Lelé, formou-se em 1955 na Escola Nacional de Belas Artes no Rio de Janeiro. Em 1957, mudou-se para Brasília onde envolveu-se no projeto e construção dos alojamentos dos operários com utilização da madeira, e em seguida, edifícios residenciais e a Universidade de Brasília em concreto armado. Diante da necessidade de técnicas construtivas rápidas e de produção em grande escala exigidas pela construção de Brasília, Lelé pesquisou e aplicou em seus projetos os sistemas de pré-fabricados, principalmente o concreto armado, onde atinge-se maturidade na construção dos hospitais da rede Sarah Kubitschek.

O hospital Sarah Kubitschek do Rio de Janeiro foi inaugurado em 2009, e funciona como centro de reabilitação para adultos e crianças. Sua implantação se deu em um terreno cuja sua dimensão é de 80.000 m² e está localizado na Rua Embaixador Abelardo Bueno. Suas maiores fachadas protegidas por grandes beirais estão direcionadas para Leste e Oeste com o objetivo de receber o Sol nos períodos do dia.

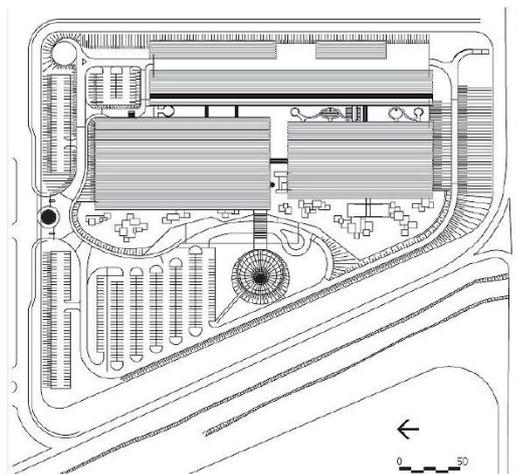


Figura 2.3: Implantação do hospital Sarah – Rio de Janeiro.

Fonte: www.revistaau.com.br



Figura 2.4: Vista aérea do hospital Sarah – Rio de Janeiro.

Fonte: www.sarah.br

A obtenção de conforto e redução no consumo de energia dos ambientes internos do hospital é uma característica norteadora de seus projeto, onde o arquiteto buscou mesclar sistemas de condicionamento passivos para captação de ventilação natural, e ativos através de condicionadores de ar localizados em dutos visitáveis, bem como sistemas de automação para fechamento de aberturas do teto.

Os ambientes internos recebem iluminação natural, com exceção daqueles que necessitam somente de iluminação artificial, como o centro cirúrgico. A orientação das fachadas objetivou maior captação de iluminação natural através dos sheds, bem como o controle de sua quantidade nos períodos do dia. O ático formado pelos forros e pelas coberturas, permitem o resfriamento interno através da ventilação natural e difusão da iluminação natural.

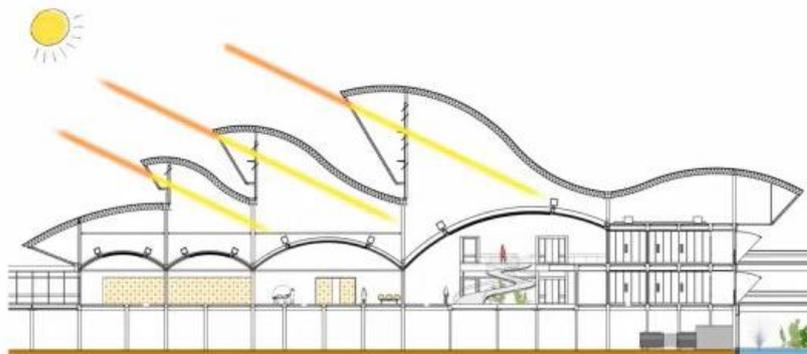


Figura 2.5: Esquema de penetração da luz natural através dos sheds.

Fonte: www.mcb.sp.gov.br

O hospital Sarah pode ser considerado modernista devido à diversas características como a previsão de sua expansão, flexibilidade e racionalização. Mas

também é considerado um edifício High Tech, pois expõe a tecnologia construtiva empregada como as estruturas metálicas da cobertura, bem como a utilização de treliças metálicas que são capazes de vencer grandes vãos, evidenciando o edifício como um produto industrial. O solarium constituído de elementos como estruturas metálicas, foi pintado com cores fortes para evidenciar a tecnologia construtiva empregada.



Figura 2.6: Solarium em estruturas metálicas destacado pela cor.

Fonte: www.revistaau.com.br

A composição arquitetônica do hospital Sarah – Rio é formada pela utilização de argamassa armada pré-moldada na laje, e argamassa armada *in loco* com grelha metálica no contrapiso. Além disso, utilizou-se um sistema estrutural metálico modulado, perceptível na cobertura e nos pilares. A modulação na arquitetura de hospitais é frequentemente utilizada devido à otimização e flexibilidade dos espaços que o sistema proporciona.



Figura 2.7: Modulação na estrutura metálica da cobertura e pilares.

Fonte: www.mcb.sp.gov.br

2.4.2. Centro de Proteção Ambiental de Balbina

Nascido em 1930 na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Severiano Porto, mudou-se aos cinco anos de idade para o Rio de Janeiro, onde cursou a faculdade de Arquitetura da Universidade do Brasil, atual UFRJ. Em 1965, transferiu-se para Manaus, Amazonas, à pedido do então governador do Estado. Sua arquitetura era concebida segundo conhecimentos acadêmicos, técnica e materiais da região, onde o Centro de Proteção Ambiental de Balbina, construída no período de 1968 à 1989, na cidade de Presidente Figueiredo, tendo como objetivo viabilizar o estudo de impacto ambiental decorrente da implantação da Usina Hidrelétrica de Balbina, e atualmente o edifício funciona como local de turismo.

Quando Porto chegou em Manaus, em 1965, a região apresentava pouquíssimos profissionais do ramo da construção, e era rara a preocupação em adaptar a arquitetura às condições locais. O arquiteto, então, despontou como pioneiro na preocupação em divulgar essa ideia, e introduziu novos padrões de projeto e métodos de construção, sempre procurando adequar-se à cultura local e utilizar materiais regionais (NEVES, 2006).

A implantação dos edifícios do Centro de Proteção Ambiental de Balbina se deu em um terreno de 40.000 m², onde apenas 2.900m² é área construída. Os edifícios foram dispostos de modo a conformar-se à topografia do terreno, e a definição da sua orientação tem em vista aproveitar a ventilação natural que se dá de leste à oeste.

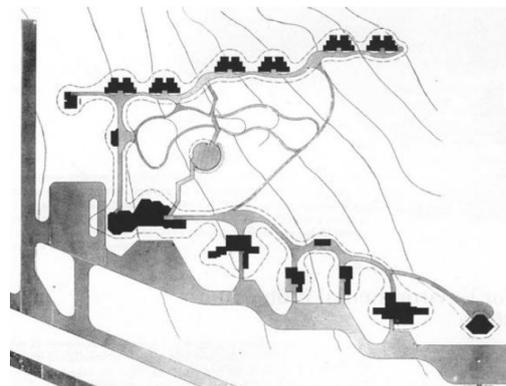


Figura 2.8: Implantação do Centro de Proteção Ambiental de Balbinas.

Fonte: NEVES, 2006.

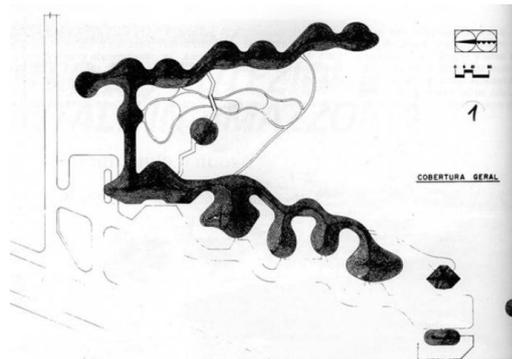


Figura 2.9: Implantação da cobertura do Centro de Proteção Ambiental de Balbinas.

Fonte: NEVES, 2006.

Os edifícios estão distribuídos no terreno conforme seu uso, interligando-se através da cobertura. Ao norte do terreno, estão localizados os alojamentos que possuem mesmo formato. Na parte sul do terreno, estão localizados os blocos de laboratórios que possuem diferentes formas com o objetivo de identificar suas diferentes funções.

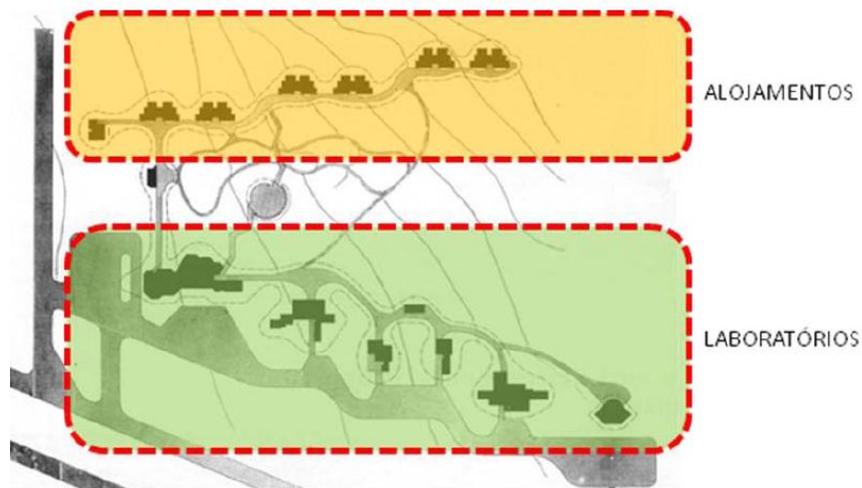


Figura 2.10: Setorização do Centro de Proteção Ambiental de Balbina.

Fonte: NEVES, 2006.

Os blocos de edifícios são todos em alvenaria, enquanto que a cobertura configura-se em madeira e serve como elemento de interligação dos blocos. Foram utilizados materiais da região como troncos roliços, tábuas e caibros de madeira beneficiada, o que aponta o edifício como pertencente ao regionalismo crítico.

Na cobertura optou-se pela utilização das taubilhas de cavaco que possibilitou obter a forma desejada, o que não seria obtido com telhas planas. O aspecto das taubilhas de cavaco se assemelham ao de um réptil e a forma serpenteante da cobertura consolidam a imagem do projeto.



Figura 2.11: Cobertura serpenteante em taubilhas de cavaco.

Fonte: <http://www.archdaily.com.br>

CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL METODOLÓGICO

Este capítulo revisa a metodologia estabelecida pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) para etiquetagem de edifícios. Na seção 3.1 é apresentado o método para a classificação geral do nível de eficiência energética. Na seção 3.2 é apresentado o método para classificação do nível de eficiência energética da envoltória, requisito abordado no presente trabalho para avaliação do edifício. Os procedimentos para avaliação de eficiência energética do edifício são brevemente apresentados, portanto, recomenda-se consultar o RTQ-C e seus documentos complementares para obter-se informações e dados detalhados.

3.1. Procedimento para a determinação do nível de eficiência energética geral

O RTQ-C possui três requisitos de avaliação do edifício: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, e são estabelecidos diversos parâmetros construtivos a serem seguidos pelos sistemas que compõem a edificação. Para obter-se a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Geral (ENCE Geral), é necessário verificar o atendimento aos pré-requisitos gerais relacionados aos circuitos elétricos e aquecimento de água, além da avaliação dos sistemas de envoltória, iluminação, e condicionamento de ar, que fornecem as etiquetas parciais, identificando seus níveis de eficiência individuais. Para a classificação geral de eficiência, o RTQ-C atribui os seguintes pesos para os sistemas:

- Envoltória = 30%
- Sistema de iluminação = 30%
- Sistema de ar condicionado = 40%

É necessária a avaliação dos três sistemas para atribuir uma ENCE Geral para a edificação que pode ser A, mais eficiente, ao E, menos eficiente. É possível também

avaliar apenas um dos sistemas, obtendo então a etiqueta parcial. A envoltória obrigatoriamente deve ser avaliada para permitir a etiquetagem da edificação, podendo ser realizada com um ou os dois sistemas restantes.

A etiquetagem completa do edifício só pode ser feita respeitando a combinação de métodos de avaliação expostas no quadro 3.1.

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de Ar	Ventilação Natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

Quadro 3.1: Combinação de métodos para obtenção da ENCE geral.

Fonte: INMETRO, 2010.

Cada requisito recebe uma classificação, que pode ser de A, mais eficiente, ao E, menos eficiente, e a estes níveis são atribuídos equivalentes numéricos, conforme apresentado na tabela 3.1.

Classificação	Equivalente Numérico (EqNum)
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Tabela 3.1: Equivalentes numéricos correspondentes às classificações.

Fonte: INMETRO, 2010.

A classificação geral é determinada pela equação a seguir, onde são inseridos os equivalentes numéricos referentes às classificações obtidas em cada requisito.

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

Onde:

PT: pontuação final;

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;

AC: área de piso dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

APT: área de piso dos ambientes de permanência transitória (não condicionados);

ANC: área de piso dos ambientes de permanência prolongada (não condicionados);

EqNumV: equivalente numérico dos ambientes não condicionados;

EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação;

EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

b: bonificações.

A pontuação obtida no cálculo define a classificação geral do edifício, conforme apresentado na tabela 3.2.

Pontos obtidos (PT)	Classificação geral
≥ 4,5 a 5	A
≥ 3,5 a < 4,5	B
≥ 2,5 a < 3,5	C
≥ 1,5 a < 2,5	D
< 1,5	E

Tabela 3.2: Determinação da classificação geral.

Fonte: INMETRO, 2010.

Determinada a classificação geral de eficiência energética, obtém-se a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para o edifício. As figuras 3.1 e 3.2 mostram os modelos de ENCE geral e parcial, respectivamente.

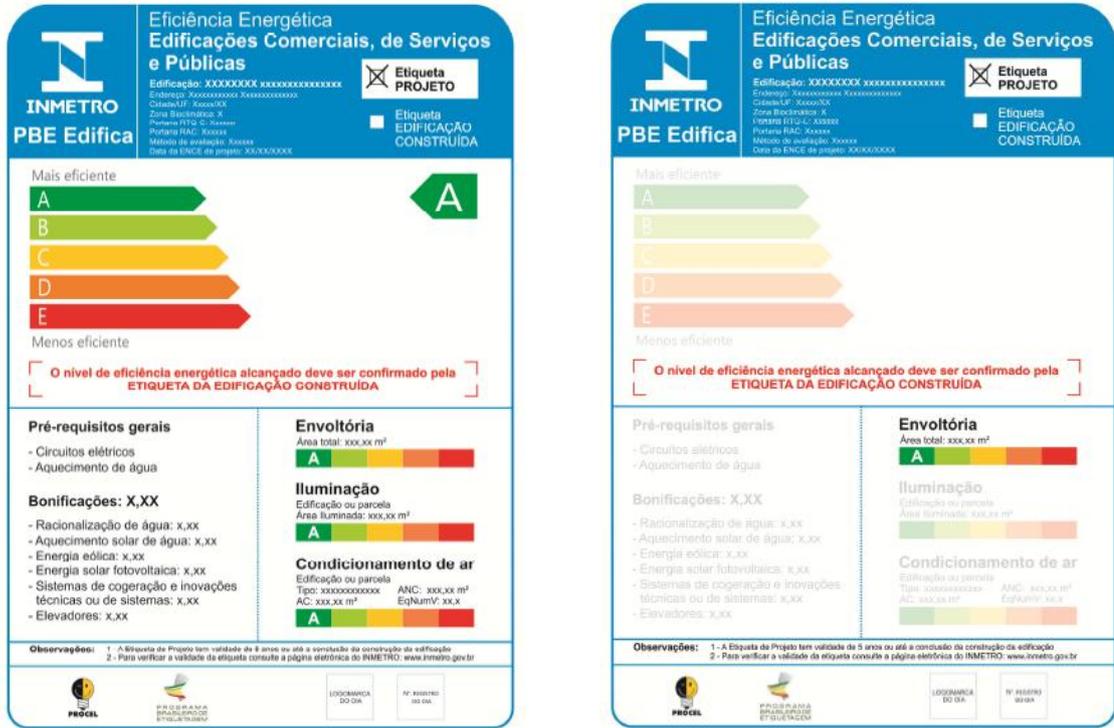


Figura 3.1 e 3.2: ENCE geral à esquerda, e ENCE parcial para envoltória à direita.

Fonte: INMETRO, 2013.

O RTQ-C também possui as bonificações que visam aumentar o nível de eficiência energética do edifício. As bonificações não são obrigatórias para obtenção do selo A, no entanto, podem acrescentar até um ponto na classificação geral. Estas atribuem pontuações para a implantação de equipamentos e sistemas que visem redução do consumo de água e energia elétrica no edifício, como placas fotovoltaicas ou geração de energia eólica, elevadores eficientes, dentre outros.

3.2. Procedimento para a determinação do nível de eficiência energética da envoltória

Segundo o RTQ-C, a envoltória é entendida como os planos que separam o ambiente interno do ambiente externo. A arquitetura bioclimática trata o envelope da construção como uma “membrana” reguladora permeável e controladora entre o

ambiente interno e externo (CORBELLA, 2011). A envoltória tem grande influência no desempenho energético da edificação visto que suas propriedades térmicas, bem como aberturas, permitem as trocas térmicas do meio interno com o externo e níveis de aproveitamento de luz natural.

O RTQ-C apresenta o método prescritivo e o método de simulação para avaliação do edifício. O método prescritivo é baseado em equações com variáveis extraídas do edifício, e o método de simulação utiliza programas computacionais apropriados para tal finalidade como o Energy Plus. No presente trabalho, será aplicado o método prescritivo. Este portanto, será o método detalhado nesta seção.

3.2.1. Pré-requisitos específicos da envoltória

Os pré-requisitos específicos da envoltória estabelecem parâmetros de transmitância térmica e absorvância de paredes e cobertura, atribuindo diferentes valores para ambientes condicionados artificialmente e não condicionados, além de percentual máximo permitido de abertura zenital. O RTQ-C estabelece parâmetros de desempenho térmico para os materiais empregados no edifício que variam de acordo com sua localização no Brasil. O zoneamento bioclimático do país proposto pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005), é utilizado para a definição dos parâmetros e fórmulas que devem ser utilizados na avaliação.

3.2.1.1. Pré-requisitos específicos para o nível A

Os limites máximos de transmitância térmica estabelecidos pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) para cobertura são determinados de acordo com o condicionamento dos ambientes e a zona bioclimática na qual a edificação está localizada.

- 0,50 W/m²K para ambientes condicionados artificialmente, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1 e 2.
- 1,00 W/m²K para ambientes não condicionados, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1 e 2.

- 1,00 W/m²K para ambientes condicionados artificialmente, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas de 3 a 8.
- 2,00 W/m²K para ambientes não condicionados, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas de 3 a 8.

Os limites máximos transmitância térmica estabelecidos para paredes, são determinados de acordo com a zona bioclimática na qual a edificação está localizada.

- 3,7 W/m²K para edifícios localizados nas zonas bioclimáticas de 1 a 6.
- 2,5 W/m²K para edifícios localizados nas zonas bioclimáticas 7 e 8, admitindo a capacidade térmica máxima das paredes de 80KJ/m²K.
- 3,7 W/m²K para edifícios localizados nas zonas bioclimáticas 7 e 8, admitindo a capacidade térmica de paredes acima de 80KJ/m²K.

Quanto a absorvância dos materiais de paredes e coberturas, o RTQ-C (INMETRO, 2010) estabelece o valor máximo de 0,5 para as zonas bioclimáticas de 2 a 8. Para a zona bioclimática 1 não é exigido limite de absorvância por se tratar da zona mais fria do Brasil, onde altas absorvâncias possam ser utilizadas para aumentar os ganhos térmicos nos edifícios.

Para atender aos pré-requisitos específicos da envoltória, é necessário haver abertura para iluminação zenital na cobertura. Para todas as zonas bioclimáticas é exigido um percentual máximo de abertura para iluminação zenital de 5%, e ainda estabelece limites máximos de fator solar dos elementos que o compõem, conforme a tabela 3.3.

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

Tabela 3.3: Limites máximos de percentual de abertura zenital (PAZ) e fator solar (FS).

Fonte: INMETRO, 2010.

3.2.1.2. Pré-requisitos específicos para o nível B

Os limites máximos de transmitância térmica estabelecidos pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) para cobertura são determinados de acordo com o condicionamento dos ambientes e a zona bioclimática na qual a edificação está localizada.

- 1,00 W/m²K para ambientes condicionados artificialmente, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1 e 2.
- 1,50 W/m²K para ambientes não condicionados, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1 e 2.
- 1,50 W/m²K para ambientes condicionados artificialmente, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 3 a 8.
- 2,00 W/m²K para ambientes não condicionados, nas edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 3 a 8.

Os limites de transmitância térmica para paredes, absorvância solar das superfícies, bem como percentual de abertura zenital possuem os mesmos parâmetros estabelecidos para o nível A.

3.2.1.3. Pré-requisitos específicos para o nível C e D

Os limites máximos de transmitância térmica estabelecidos pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) para cobertura são:

- 2,00 W/m²K para ambientes condicionados e não condicionados artificialmente, para todas as zonas bioclimáticas.

Os limites de transmitância térmica para paredes possuem os mesmos valores do nível A.

Os limites máximos de absorvância das superfícies e percentual de iluminação natural não são estabelecidos para os níveis C e D.

3.2.2. Determinação do índice de consumo da envoltória (ICenv)

O índice de consumo da envoltória tem por objetivo avaliar as características geométricas do edifício, propriedades térmicas dos elementos translúcidos, bem como o sombreamento destas.

O ICenv é determinado por uma equação diferenciadas para cada zona bioclimática. Estas equações estabelecem valores mínimos e máximos de fator de forma (FF) a ser inserido na equação. Valores de FF acima ou abaixo do permitido, deve-se usar o valor limite.

Cada zona bioclimática possui duas equações, onde uma deve ser usada para edifícios com área de projeção do edifício (A_{pe}) menor ou igual a 500 m^2 , e a outra para edifícios com A_{pe} maior que 500 m^2 .

A figura 3.3 apresenta o procedimento para determinação da equação a ser utilizada.

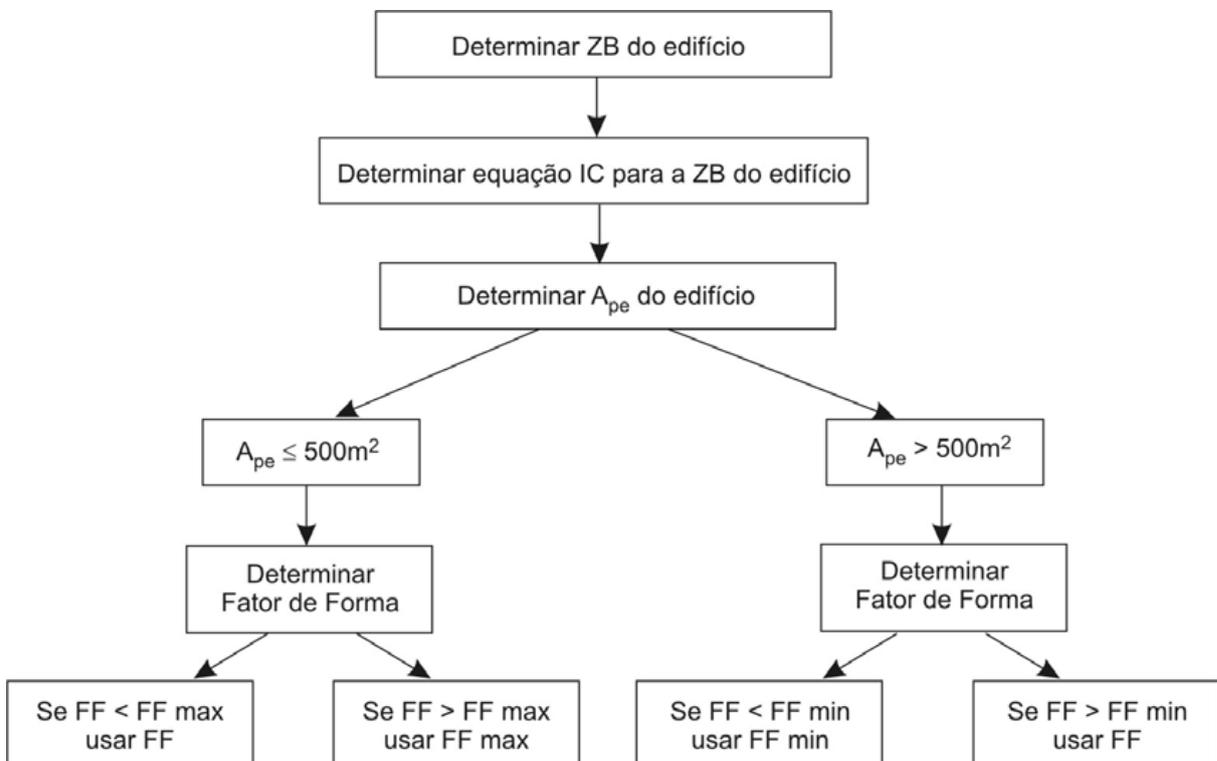


Figura 3.3: Procedimento para determinação da equação de ICenv

Fonte: INMETRO, 2010.

As equações estabelecidas pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) para edificações localizadas na zona bioclimática 8, sendo $Ape \leq 500 \text{ m}^2$ e $Ape > 500 \text{ m}^2$, são apresentados nas equações a seguir.

$$Ape \leq 500 \text{ m}^2$$

$$FF \text{ máximo} = 0,48$$

$$ICenv = 454,47 \cdot FA - 1641,37 \cdot FF + 33,47 \cdot PAFt + 7,06 \cdot FS + 0,31 \cdot AVS - 0,29 \cdot AHS - 1,27 \cdot PAFt \cdot AVS + 0,33 \cdot PAFt \cdot FS \cdot AHS + 718$$

$$Ape > 500 \text{ m}^2$$

$$FF \text{ mínimo} = 0,17$$

$$ICenv = -160,36 \cdot FA + 1277,29 \cdot FF - 19,21 \cdot PAFt + 2,95 \cdot FS - 0,36 \cdot AVS - 0,16 \cdot AHS + 290,25 \cdot FF \cdot PAFt + 0,01 \cdot PAFt \cdot AVS \cdot AHS - 120,58$$

Onde:

ICenv: índice de consumo da envoltória

FA: fator de altura

FF: fator de forma

PAFt: percentual de abertura na fachada

FS: fator solar de elementos translucidos

AVS: ângulo vertical de sombreamento

AHS: ângulo horizontal de sombreamento

A equação admite valores máximos de AVS e AHS de 45°. Para a zona bioclimática 8, no entanto, o AVS máximo permitido é de 25°. Valores acima destes, deve-se adotar o limite máximo permitido.

Além do ICenv, deve-se calcular o limite máximo do indicador de consumo (ICmáxD), utilizando a mesma equação, no entanto substituindo os valores obtidos no edifício pelos apresentados na tabela 3.4. O ICmáxD fornece o valor máximo que o ICenv deve atingir para que o edifício alcance a classificação D. Valores acima do ICmáxD, a classificação será E.

PAFt	FS	AVS	AHS
0,6	0,61	0	0

Tabela 3.4: Valores para determinar ICmáxD.

Fonte: INMETRO, 2010.

Da mesma forma, deve-se calcular o valor do índice de consumo mínimo (ICmín), substituindo os valores obtidos no edifício pelos apresentados na tabela 3.5. O ICmín fornece o valor mínimo de consumo que pode ser obtido pelo edifício.

PAFt	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Tabela 3.5: Valores para determinar ICmín.

Fonte: INMETRO, 2010.

Em seguida, divide-se o intervalo formado por ICmáxD e ICmín em quatro partes, onde cada uma destas refere-se a uma nível de eficiência energética. A subdivisão *i* do intervalo é calculada pela equação a seguir.

$$i = (ICmáxD - ICmín)/4$$

Por fim, preenche-se a tabela 3.6 com os valores de ICmáxD e *i*, obtendo-se as subdivisões e seus respectivos níveis de eficiência. Deve-se verificar em qual subdivisão o ICenv está inserido, obtendo-se assim, o nível de eficiência energética da envoltória.

NÍVEL	A	B	C	D	E
Lim. Mín.	-	ICmáxD - 3i + 0,01	ICmáxD - 2i + 0,01	ICmáxD - i + 0,01	ICmáxD + 0,01
Lim. Máx.	ICmáxD - 3i	ICmáxD - 2i	ICmáxD - i	ICmáxD	-

Tabela 3.6: Determinação dos intervalos de classificação de eficiência energética.

Fonte: INMETRO, 2010.

CAPÍTULO 4 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E O REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. ESTUDO DE CASO DO EDIFÍCIO DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO DO ESTADO DO AMAPÁ

Este capítulo tem por objetivo apresentar a avaliação de eficiência energética do edifício do Tribunal de Contas da União do Estado do Amapá (TCU-AP). Na seção 4.1 é apresentado o procedimento metodológico para obtenção dos dados do edifício e sua avaliação de eficiência energética. Na seção 4.2 é apresentada a classificação do nível de eficiência energética da envoltória do edifício, através da verificação do atendimento aos pré-requisitos específicos e o cálculo do índice de consumo da envoltória (ICenv). Por fim, na seção 4.3 fez-se a análise dos resultados obtidos para identificar as características que afetaram o seu desempenho.

4.1. Método

O trabalho teve início com a escolha do edifício para estudo de caso e caracterização de seus elementos construtivos e ambientes internos. Em seguida, com os dados levantados na etapa anterior, avaliou-se o seu nível de eficiência energética pelo método prescritivo do RTQ-C.

O procedimento metodológico é descrito conforme a figura 4.1.

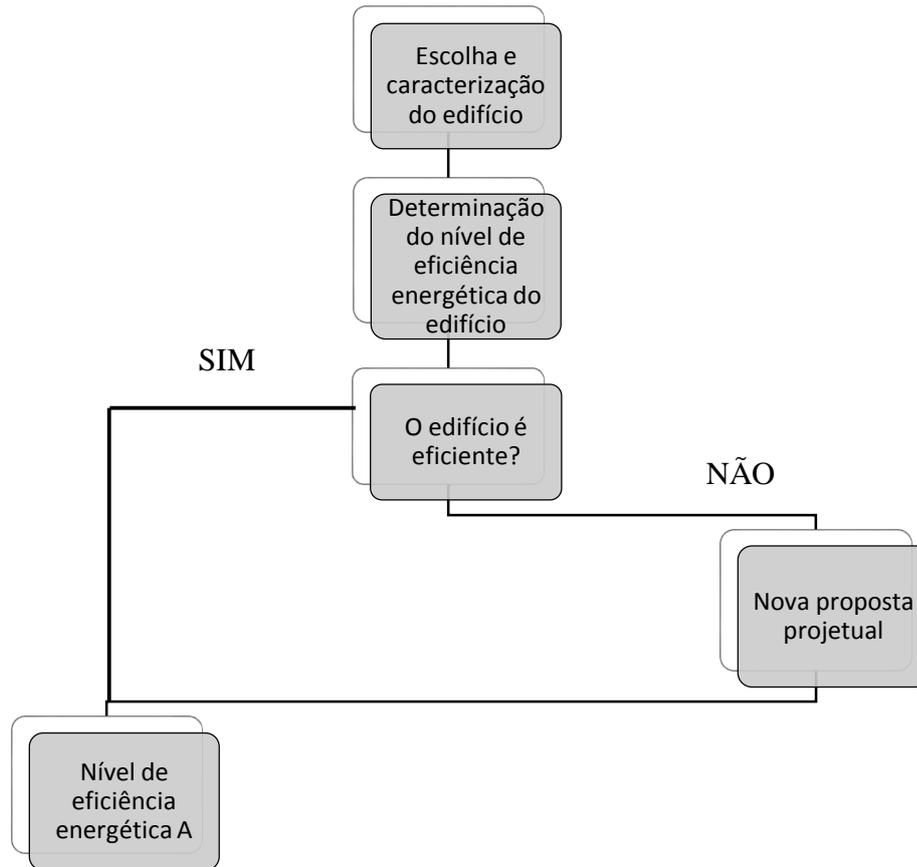


Figura 4.1: Procedimento metodológico.

Fonte: Produção do autor, 2014.

4.1.1. Escolha e delimitação do edifício. Estudo de caso para aplicação do RTQ-C

A edificação escolhida para o estudo de caso é o prédio do Tribunal de Contas da União do Estado do Amapá (TCU-AP), e está localizada na cidade de Macapá, na região norte do país latitude 00° e longitude -53°. A edificação em estudo localiza-se na Rodovia Juscelino Kubistchek, no bairro Jardim Marco Zero, onde faz limites com o campus Marco Zero da Universidade Federal do Amapá ao Oeste, e ao Norte com o Hospital Sara Kubitchek, conforme apresentado na figura 4.2.

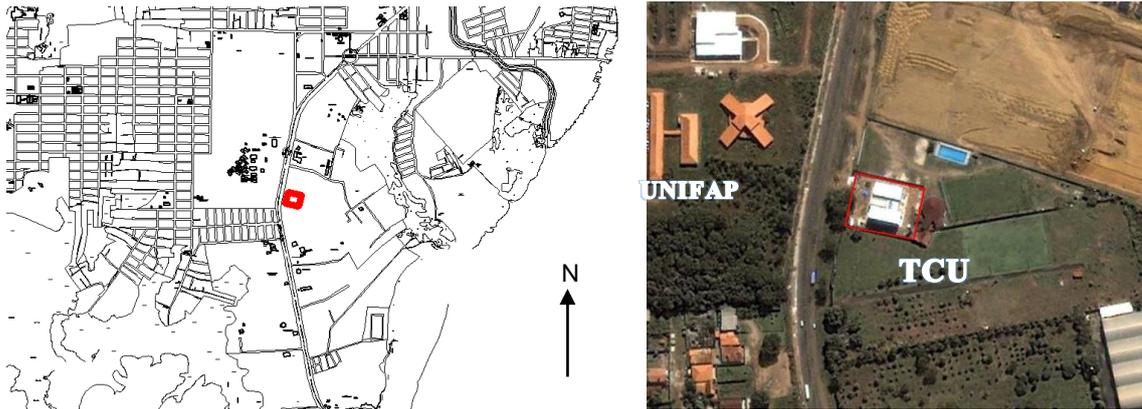


Figura 4.2: Localização do edifício.

Fonte: Google Earth (2014), adaptado pelo autor.

Optou-se por esta edificação devido às suas características construtivas presentes que buscam adaptar-se ao clima, com o uso de dispositivos de proteção solar, teto verde e materiais de baixa transmitância térmica, tornando-se um interessante objeto de estudo. Outro ponto positivo desta edificação deve-se à grande quantidade de dados adquiridos, necessários para realizar a avaliação pelo método prescritivo do RTQ-C. A obtenção dos mesmos para outra edificação poderia ser escasso, ou mesmo inexistente, podendo inviabilizar sua avaliação pelo RTQ-C. Todo o material técnico (projeto arquitetônico, memorial descritivo, planilha orçamentária) foi fornecido pela administração do edifício do TCU.

É frequente a escolha de edifícios que agrupem características construtivas adequadas ao clima e busquem o conforto ambiental e eficiência energética, como justificativa para estudo e aplicação do RTQ-C. TAVARES (2011), avaliou o nível de eficiência energética da envoltória de um bloco de salas de aulas da Universidade Federal de Uberlândia. O edifício foi escolhido para análise, pois possui características externas como os dispositivos de proteção solar, escolha adequada da pintura de paredes externas, grandes beirais e aberturas para iluminação zenital.

4.1.2. Caracterização do edifício estudo de caso

O edifício público é destinada à atividades administrativas e possui dois pavimentos. O pavimento térreo possui recepção, copa, depósito e banheiros (Figura 4.3). O pavimento superior sobre pilotis é composto por salas de diretoria técnica, sala

multimídia, sala técnica, banheiros, gabinete do secretário, sala de administração, acessoria, arquivo e almoxarifado (Figura 4.4). Seus ambientes de permanência prolongada são condicionados artificialmente.

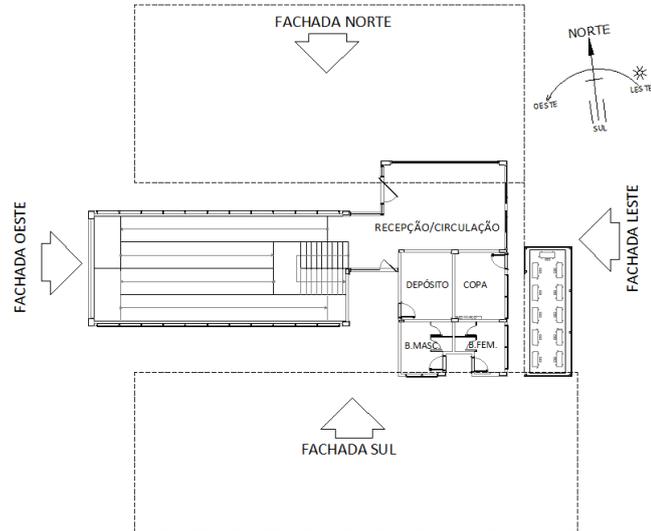


Figura 4.3: Planta baixa do pavimento térreo.

Fonte: TCU-AP (2013), adaptada pelo autor, 2014.

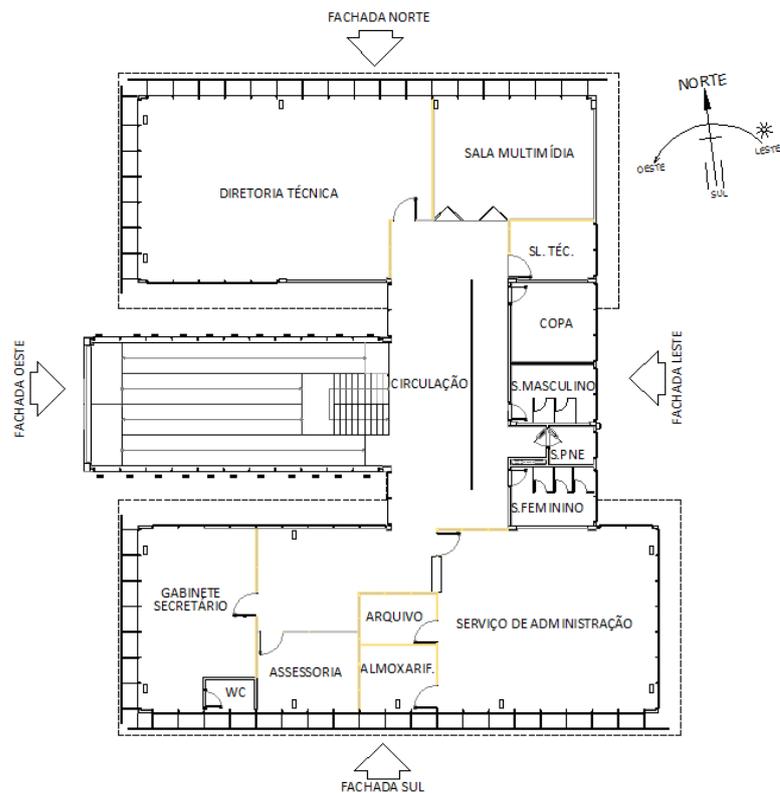


Figura 4.4: Planta baixa do pavimento superior.

Fonte: TCU-AP (2013), adaptada pelo autor, 2014.

As paredes externas são compostas por tijolo cerâmico de 6 furos (9cm), duas camadas de reboco (2,5cm cada), e pintura externa com tinta acrílica branca, do

fabricante Suvinil. As divisórias internas são de placas de gesso acartonado cuja espessura varia entre 2 e 5cm.

As aberturas são compostas de esquadria em alumínio bronze, e vidro temperado na cor bronze, nas espessuras de 6 e 10mm. O fator solar dos vidros temperados de 6 e 10mm são de 59% e 47%, respectivamente.

Os dispositivos de proteção solar são compostos de aletas metálicas pintadas na cor marrom. Possuem barra de comando manual e estão presentes nas aberturas das fachadas norte, sul e oeste.

As figuras 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10 mostram as características da envoltória do edifício.



Figuras 4.5 e 4.6: Fachada oeste do TCU-AP à esquerda, e fachada leste do TCU-AP à direita.

Fonte: Produção do autor, 2014.



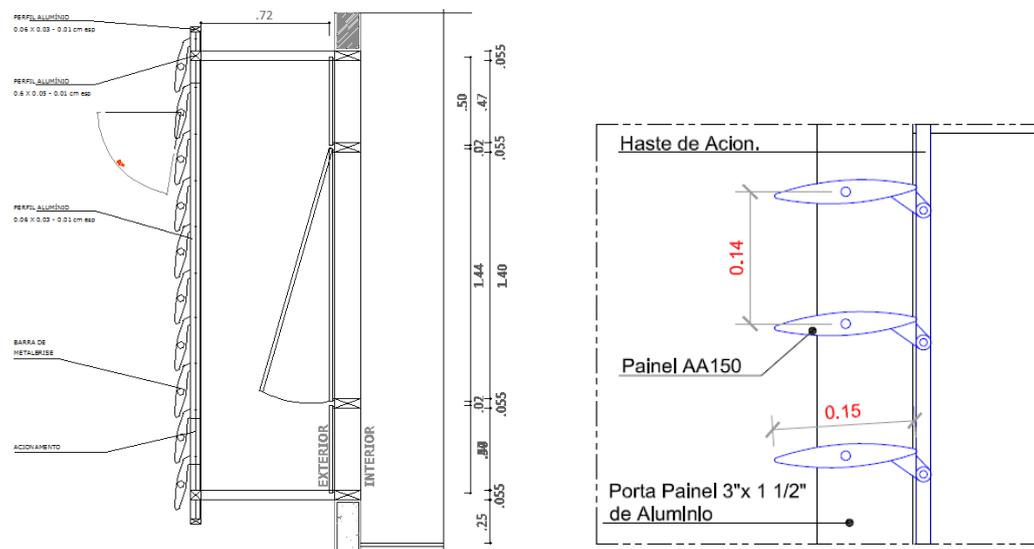
Figuras 4.7 e 4.8: Fachadas norte à esquerda, e fachada sul à direita.

Fonte: Produção do autor, 2014.



Figura 4.9: Painéis de vidros fixos da escada.

Fonte: Produção do autor, 2014.



Figuras 4.10: Detalhes das esquadrias e dispositivos de proteção solar.

Fonte: TCU-AP (2013), adaptada pelo autor, 2014.

O edifício possui duas composições na sua cobertura (figura 4.11). O primeiro tipo é composto por uma camada de argila expandida, laje de concreto armado, ático não-ventilado e forro em gesso acartonado. Esta também possui três claraboias para iluminação zenital (figura 4.12), com vidro incolor de 6mm, cujo o fator solar é de 82%. O segundo tipo é composto por telha termo-acústica pintada na cor branca (composta por duas laminas de alumínio de 0,5mm cada, e uma camada de poliuretano de 4mm),

ático não-ventilado e forro de fibra mineral. Foi utilizado placas cimentícias no seu fechamento lateral.

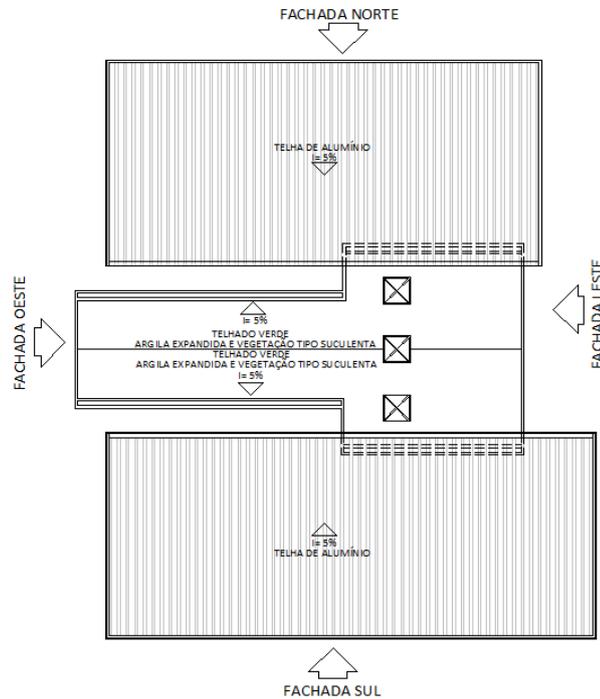


Figura 4.11: Planta de cobertura.

Fonte: TCU-AP (2013), adaptada pelo autor, 2014.



Figura 4.12: Vista interna das claraboias.

Fonte: Produção do autor, 2014.

4.1.3. Determinação do nível de eficiência energética da envoltória

Para determinação o nível de eficiência energética da envoltória, o RTQ-C dispõe dos métodos prescritivo e de simulação. No presente trabalho, optou-se pela utilização do método prescritivo. Para tal, é necessário verificar a zona bioclimática na

qual o edifício está localizado de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), pois o RTQ-C (INMETRO, 2010) fornece parâmetros e equações específicas para cada zona bioclimática. O edifício está localizado na zona bioclimática 8, portanto, os parâmetros estabelecidos nos pré-requisitos específicos da envoltória para esta zona são apresentados na tabela 4.1. Devido à presença de claraboias no edifício, analisou-se também o Percentual da Abertura Zenital (PAZ), e o fator solar dos vidros estabelecidos no regulamento.

Nível de Eficiência	Transmitância (Cobertura)		Transmitância (Parede)		Absortância	
	Condicionado artificialmente	Não Condicionado artificialmente	Capacidade térmica até 80 kJ/m ² K	Capacidade térmica maior que 80 kJ/m ² K	Cobertura	Parede
A	1,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K	2,5 W/m ² K	3,7 W/m ² K	$\alpha \leq 0,50$	$\alpha \leq 0,50$
B	1,5 W/m ² K	2,0 W/m ² K			$\alpha \leq 0,50$	-
C e D	2 W/m ² K				-	-

Tabela 4.1: Pré-requisitos das transmitâncias e absortâncias para a ZB8.

Fonte: INMETRO, 2010.

O RTQ-C possui duas equações de Indicador de Consumo da Envoltória (ICenv) para cada zona bioclimática, onde uma delas é escolhida em função da Área de Projeção do Edifício (Ape). No edifício em estudo, o Ape obtido foi de 517,05 m². É também estabelecido um Fator de Forma (FF) mínimo de 0,17 que pode ser inserido na equação.

Os dados numéricos representativos da geometria e desempenho dos vidros para inserção na equação foram extraídos seguindo os métodos fornecidos no RTQ-C (INMETRO, 2010).

A extração dos dados teve início pelas áreas de fachadas e aberturas. De acordo com o RTQ-C (INMETRO, 2010), são contabilizados como área de fachada os elementos opacos, paredes translúcidas, transparentes e elementos vazados como cobogós, enquanto que para área de abertura são considerados os elementos translúcidos e transparentes. O edifício possui 982,64 m² de área de fachada e 546,70 m² de área de abertura. Áreas que não aparecem no desenho das fachadas também foram contabilizados. Com isso, obteve-se o Percentual de Abertura na Fachada Total (PAFt) de 56%. Os valores de áreas de fachada e abertura são mostrados na tabela 4.2.

	Oeste	Leste	Norte	Sul	TOTAL
Fachada (m ²)	205,77	205,77	276,23	294,87	982,64
Abertura (m ²)	68,54	48,74	229,54	199,88	546,70

Tabela 4.2: Áreas de fachada e aberturas.

Fonte: Produção do autor, 2014.

Os dispositivos de proteção solar não apresentam características que os considerem fachadas, pois apesar de estarem conectados fisicamente ao edifício, sua distância ao pano de vidro é maior do que a altura do vão formado pelas aletas.

Para contabilização de Área de Projeção da Cobertura (Apcob), considerou-se área da cobertura verde e telhas de alumínio (figura 4.13), excetuando-se, seguindo os métodos do RTQ-C (INMETRO,2010), as áreas que avançam o limite externo das paredes da envoltória e as claraboias. Obteve-se 648,73m² de Apcob.

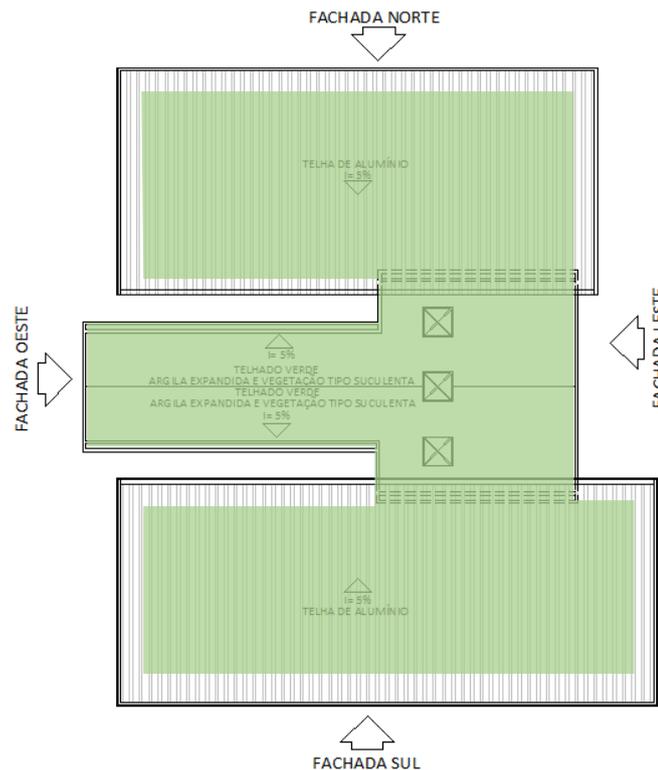


Figura 4.13: Área de projeção da cobertura (Apcob) contabilizada.

Fonte: Produção do autor, 2014.

A Área Total Construída obtida no edifício foi de 841,42 m². Com estes dados determinou-se o Fator de Altura (FA) do edifício de 0,77.

A Área de Envoltória (Aenv) obtida a partir da soma das áreas de fachadas, aberturas e cobertura (incluindo a parcela da cobertura que ultrapassa o limite externos das paredes da envoltória) foi de 1765,95 m².

Edifícios com pilotis apresentam um piso em contato com o ambiente externo, assim como projeções de partes do edifício sobre os pavimentos inferiores. Estes não são computados no cálculo da envoltória, pois a relação de Aenv estabelecida para cálculo do fator de forma seria descaracterizada ao incluir uma área de superfície que não descrevesse a composição do volume (LAMBERTS; CARLO, 2010).

Obeve-se também o Volume Total do Edifício (Vtot) de 3691,81 m³. Com isso, determinou-se o Fator de Forma (FF) de 0,42.

Os Ângulos de Sombreamento Horizontais e Verticais (AHS e AVS), foram analisados a partir das possibilidades do RTQ-C (INMETRO, 2010). Os dispositivos de proteção solar presentes no edifício em estudo possuem geometria não abrangida pelo método prescritivo, pois não é possível determinar seus ângulos de sombreamento. RODRIGUES; DIAS; e PEDRINI (2011), discutiram sobre as limitações de aplicação de AHS e AVS, e propuseram a utilização de máscara de sombreamento para aplicação em dispositivos de proteção solar, pois permite sua avaliação adequada, além de permitir a determinação do período de sombreamento.

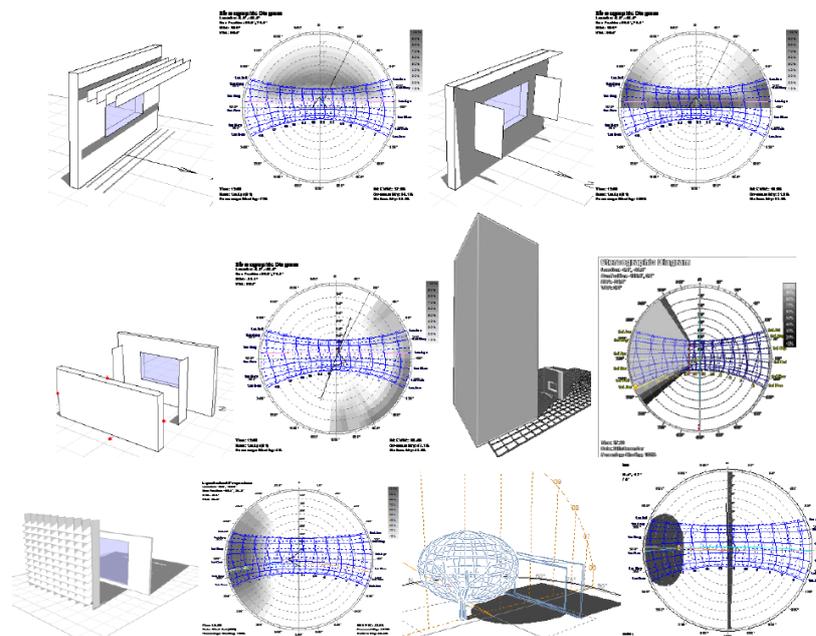


Figura 4.14: Exemplos de sistemas de sombreamento que impossibilitam a aplicação de AVS e AHS.

Fonte: RODRIGUES; DIAS; e PEDRINI, 2011.

Recomenda-se a simulação quando a simplicidade do método prescritivo não descreve apropriadamente as características do edifício que participam da eficiência energética (LAMBERTS; CARLO, 2010).

Ainda que a simulação seja mais adequada para a avaliação do edifício estudo de caso, optou-se pela utilização do método prescritivo neste trabalho, a fim de abordar as limitações na sua aplicabilidade.

Desta forma, pelo método prescritivo, a geometria dos dispositivos de proteção solar do edifício não formam AVS e AHS, expondo-se uma falha do RTQ-C (INMETRO, 2010). Os ângulos considerados para o cálculo de ICenv são formados pelo próprio edifício (AHS), e pelos avanços das platibandas (AVS).

Portanto identificaram-se os ângulos de sombreamento e áreas de abertura, e estão expostos nas tabelas 4.3. Algumas aberturas localizadas na mesma fachada e com mesmo ângulo de sombreamento foram agrupadas para simplificação da tabela.

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	
Norte	97,24	51,48	60,06	3,36	11,8	5,6	-	-	-	(m ²)
	0	45	5	30,5	0	41,5	-	-	-	AHS
	16	22	0	0	45	22	-	-	-	AVS
Sul	100,04	32,72	60,06	5,8	1,26	-	-	-	-	(m ²)
	0	45	4,5	45	0	-	-	-	-	AHS
	16	22	0	45	45	-	-	-	-	AVS
Oeste	23,58	23,58	5,59	5,59	5,5	4,7	-	-	-	(m ²)
	0	0	45	45	40,5	0	-	-	-	AHS
	16	16	0	0	37	0	-	-	-	AVS
Leste	19,6	1,68	0,84	1,68	6,7	5,6	1,68	1,68	9,28	(m ²)
	0	24	16,5	10,5	7	5,5	0	0	0	AHS
	17	0	0	0	0	17	41	41	20	AVS

Tabela 4.3: ângulos de sombreamento verticais e horizontais (AVS e AHS) obtidos.

Fonte: Produção do autor, 2014.

Os cálculos de ângulos de sombreamento, efetuando-se as devidas ponderações por área resultaram em AVS de 14,08 e AHS de 10,67. O Fator solar de Elementos Translúcidos (FS), foi determinado a partir da identificação dos fatores solares dos vidros de 6 e 10mm, na cor bronze, presentes na envoltória. Em seguida, ponderou-se os valores de FS em função da área que ocupam, obtendo-se um FS de 0,57. O quadro 4.1 resume os dados obtidos no edifício.

Apcob (m ²)	Área de Projeção da Cobertura	648,73
Atot (m ²)	Área Total Construída	841,42
FA	Fator de Altura (Apcob/Atot)	0,77
Aenv (m ²)	Área de Envoltória	1765,95
Vtot (m ³)	Volume Total da Edificação	3691,81
FF	Fator de Forma (Aenv/Vtot)	0,42
Área de Fachada (m ²)	Área de Fachada	982,64
A Abertura (m ²)	Área de Abertura Envidraçada	546,70
PAFt	Percentual de Abertura na Fachada	0,56
A Fachada Oeste (m ²)	Área de Fachada Oeste	205,77
A Abertura Oeste (m ²)	Área de Abertura na Fachada Oeste	68,54
PAFo	Percentual de Abertura na Fachada Oeste	0,33
FS Transl.	Fator Solar de Superfícies Translúcidas	0,57
AHS (Graus)	Ângulo Horizontal de Sombreamento	10,67
AVS (Graus)	Ângulo Vertical de Sombreamento	14,08

Quadro 4.1: Dados para o cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória (ICenv).

Fonte: Produção do autor, 2014.

4.2. Resultados

Nesta seção apresenta-se os resultados obtidos e a classificação do nível de eficiência energética do edifício estudo de caso.

4.2.1. Pré-requisitos específicos da envoltória

Adotou-se a transmitância térmica das paredes de 2,46W/m².K. Considerando-se que as paredes possuem capacidade térmica maior que 80 kJ/m²K, a transmitância térmica máxima permitida pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) é de 3,7 W/m².K. Portanto, a transmitância térmica das paredes do edifício atende aos pré-requisitos.

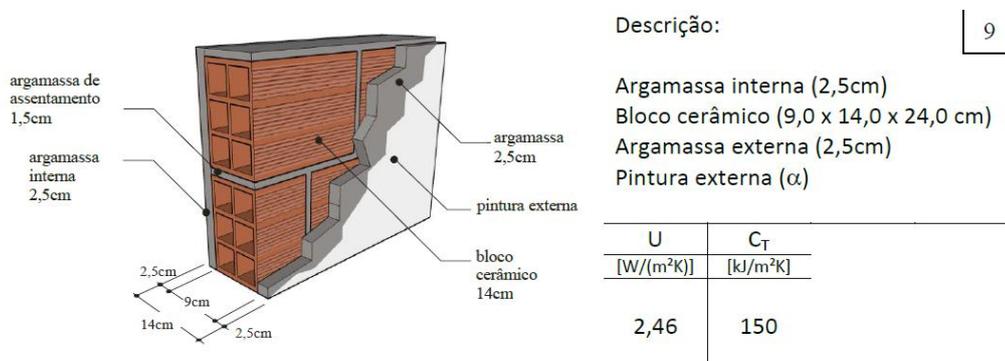


Figura 4.15: Propriedade térmica da parede.

Fonte: INMETRO, 2013.

Obeve-se a transmitância térmica da cobertura através de cálculos prescritos pela NBR 15220-2 – Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações (ABNT, 2005). O edifício possui dois tipos de cobertura, portanto a transmitância térmica final foi obtida através da ponderação das transmitâncias individuais pelas áreas que ocupam. A tabela 4.4 apresenta os cálculos de transmitância térmica para os dois tipos de cobertura.

	Cobertura	Condut.	e	R	Rse - Rsi	Rt	U	Área	Ponderação	U Cob
										<1,0
Cobertura 1	Argila expandida	0,16	0,35	2,19	0,04	2,79	0,36	216,55	0,27	0,89
	Concreto armado	1,75	0,30	0,17						
	Ático não ventilado		0,40	0,21	0,10					
	Gesso acartonado	0,35	0,03	0,09						
Cobertura 2	Telha termo-acústica		0,005	0,13	0,04	0,93	1,08	591,99	0,73	
	Ático não ventilado		1,90	0,21	0,10					
	Forro fibra mineral	0,045	0,02	0,44						

Tabela 4.4: Cálculos de transmitância térmica da cobertura.

Fonte: Produção do autor, 2014.

Onde:

Condut.: Condutividade térmica

e: Espessura do componente

R: Resistência térmica

Rse: Resistência superficial externa

Rsi: Resistência Superficial interna

Rt: Resistência total

U: Transmitância térmica individual do tipo de cobertura

Ucob: Transmitância térmica ponderada

Considerando que o edifício possui todos os seus ambientes de permanência prolongada condicionados artificialmente, o limite máximo de transmitância térmica estabelecido pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) é de 1 W/m².K para classificação de eficiência energética nível A. Portanto, a transmitância térmica da cobertura do edifício atende aos pré-requisitos.

As paredes do edifício e cobertura estão pintadas na cor branca, obtendo assim absorvância de 0,20 de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005). O RTQ-C (INMETRO, 2010) admite absorvância máxima de 0,5 para paredes e cobertura para manter-se no nível A. Portanto, a absorvância do edifício atende aos pré-requisitos. Além disso, a cobertura é também composta por telhado verde, o qual é aceito pelos pré-requisitos sem a necessidade de avaliar sua absorvância.

O edifício possui três claraboias que contabilizam como área de abertura zenital. Estes elementos ocupam 1,04% da área da cobertura, estando em conformidade com o limite máximo de 5% estabelecido pelo RTQ-C (INMETRO, 2010). Além disso, estabelece-se o valor de FS permitido para elementos de abertura zenital, que no edifício é de 0,82. Sendo assim, também atende ao RTQ-C (INMETRO, 2010) que estabelece um FS máximo de 0,87.

Como resultado, o edifício em estudo atende a todos os pré-requisitos específicos da envoltória, obtendo classificação A. No entanto, a classificação final da envoltória será definida pelo cálculo de ICenv.

3.2.2. Classificação do nível de eficiência energética pelo cálculo do Índice de Consumo de Envoltória (ICenv)

Os dados obtidos do edifício foram inseridos na equação, onde obteve-se o resultado para ICenv de 429,0647. Os valores para ICMáxD e ICmin foram de 440,3424 e 375,3135, respectivamente. Estes valores representam o intervalo no qual o ICenv será inserido. Este intervalo é dividido em quatro partes definidas pelo valor i de 16,25723. Com isso, montou-se a tabela 4.5.

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim. Min.	-	391,5808	407,838	424,0952	440,3524
Lim. Máx.	391,5708	407,828	424,0852	440,3424	-

Tabela 4.5: Intervalo dos níveis de eficiência energética.

Fonte: Produção do autor, 2014.

O valor de ICenv obtido da equação encontra-se no intervalo entre 424,0952 e 440,3424. Portanto, a classificação do nível de eficiência energética do edifício é D.

Os cálculos de transmitância térmica dos materiais, bem como a determinação do índice de consumo da envoltória encontram-se detalhados no apêndice B.

4.3. Análise

O edifício estudo de caso atendeu a todos os pré-requisitos específicos. O resultado se deve a escolha correta dos materiais construtivos da envoltória, bem como sua pintura. O uso de telha composta por alumínio e poliuretano, forro de fibra mineral e telhado verde garantem grande desempenho a estes sistemas.

O ICenv obteve classificação D devido ao alto percentual de aberturas na fachada de 56% . RODRIGUES; DIAS; e PEDRINI (2011) relataram a grande sensibilidade do cálculo de ICenv em relação ao valor de PAft. Quanto maior esta variável, menor a influência dos outros elementos construtivos no resultado do ICenv.

Vale ressaltar as recomendações da NBR 15220-3 que estabelece parâmetros construtivos para cada zona bioclimática, no qual determina área mínima de 40% do piso do ambiente para a ZB8.

O FS dos vidros e a presença de dispositivos de proteção solar na fachada contribuem de forma positiva para os resultados de ICenv. O valor de AHS precisa ser melhorado, bem como deve-se propor a substituição dos vidros por outros de alto desempenho.

Diante desta análise, concluiu-se que o edifício em estudo possui materiais construtivos adequados para sua envoltória. No entanto, não obteve-se resultado satisfatório de ICenv. A solução para o problema identificado é a redução do PAft através da diminuição de área de abertura, aliado à adoção de vidros de alto desempenho e aumento da eficiência dos ângulos de sombreamento horizontais.

CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO DA NOVA PROPOSTA PROJETUAL

Neste capítulo será apresentada a nova proposta projetual. Na seção 5.1 será apresentado a área de implantação, bem como a legislação pertinente. Na seção 5.2 será apresentada a nova proposta, como o programa de necessidade, setorização, fluxograma e o projeto arquitetônico além de um projeto paisagístico. Por fim, na seção 5.3 fez-se a avaliação da proposta pelo RTQ-C para determinar a sua classificação de eficiência energética.

5.1. Área de implantação

Nesta seção abordou-se os elementos e diretrizes pertinentes à área de implantação do projeto, o terreno suas dimensões e seus acessos, bem como a legislação pertinente fornecendo dados de taxa de ocupação máxima, afastamentos e altura máxima de edificação, dentre outros.

5.1.1. Terreno

Implantou-se a nova proposta projetual no mesmo terreno onde realizou-se o estudo de avaliação de eficiência energética exposta no capítulo 4. Constitui-se de um terreno plano e possui dimensões de 71.00 x 48.00 m, totalizando uma área de 3408.00 m² e está localizado na Rodovia Juscelino Kubitschek, em frente ao campus universitário da Universidade Federal do Amapá.

5.1.2. Análise do plano diretor da cidade de Macapá

O zoneamento urbano de Macapá mostra que o terreno destinado à nova proposta está localizado no setor de lazer 3 (SL3), conforme figura 5.1.

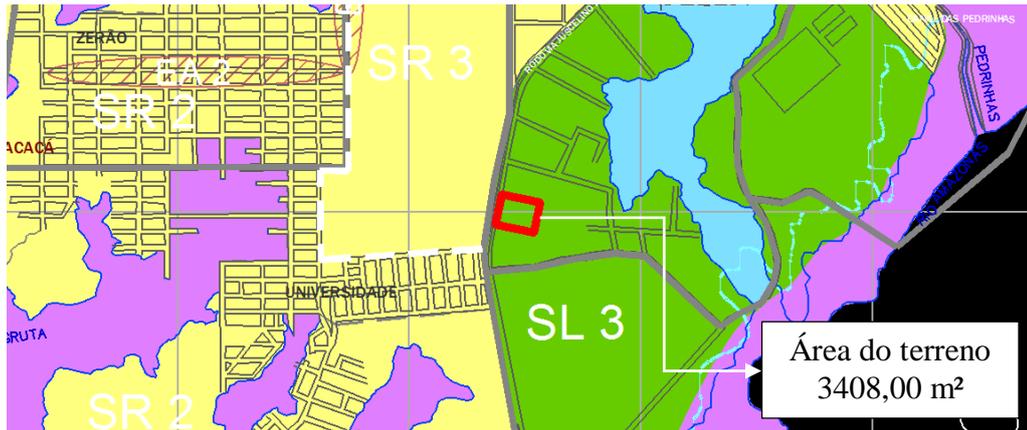


Figura 5.1: Setorização de Macapá.

Fonte: adaptado de PMM – lei complementar nº 077_2011 - Macapá, AP.

Pela Lei Complementar nº 077/2011 - do Uso e Ocupação do Solo do Município de Macapá, o setor no qual está localizado o terreno, permite atividades comerciais e de serviço de apoio ao lazer e ao turismo, bem como estabelece parâmetros de ocupação como altura máxima da edificação, taxa de ocupação máxima, afastamentos mínimos, dentre outros (quadros 5.1 e 5.2).

SETOR	USOS E ATIVIDADES		
	DIRETRIZES	USOS PERMITIDOS	OBSERVAÇÕES
Lazer 3 - SL3	Atividades comerciais e de serviços de apoio ao lazer e ao turismo	Residencial uni e multifamiliar; comercial níveis 1 e 2; de serviços níveis 1, 2, 3, 4 e 5; industrial níveis 1 e 2	Serviços nível 3 somente clube, hotel ou pousada, motel, cinema e teatro, nível 4 somente hotel ou pousada, nível 5 somente equipamentos especiais esportivos e de lazer; comercial nível 2 exceto atacadista

Quadro 5.1: Usos e atividades permitidos no setor SL3.

Fonte: adaptado de PMM – lei complementar nº 077_2011 - Macapá, AP.

SETOR	DIRETRIZES PARA INTENSIDADE DE OCUPAÇÃO	PARÂMETRO PARA OCUPAÇÃO DO SOLO						
		CAT Básico	CAT Máximo	Altura Máxima da Edificação /nº pavtos	Taxa de Ocupação Máxima	Taxa de Permeabilização Mínima	Afastamentos Mínimos	
							Frontal (m)	Laterais e de Fundos (m)
Lazer 3 - SL3	Baixa densidade verticalização baixa, média e alta (**)	1,5	-	38m 12 pavtos	50	25	3,0 - OH/VB 0,15 x h - VM/VA	1,5 - OH 0,15 x h - VB/VM/VA

Quadro 5.2: Usos e atividades permitidos no setor SL3.

Fonte: adaptado de PMM – lei complementar nº 077_2011 - Macapá, AP.

5.2. Proposta projetual

Nesta seção apresentam-se elementos de estudo para a concepção do projeto arquitetônico como o programa de necessidades, setorização e fluxograma, as decisões de partido, bem como a proposta arquitetônica formal. Por fim apresenta-se a concepção do projeto paisagístico.

5.2.1. Programa de necessidades

O programa de necessidades do edifício estudado no capítulo 4 foi mantido e foram incorporadas novas áreas ao projeto, tais como, auditório (em virtude dos TCU's dos outros estados possuírem para promover palestras relacionadas a contabilidade e administração, além de que tal se constitui como um estímulo desse órgão interagir com a sociedade por meio desse espaço), lanchonete, refeitório (para os funcionários e para os eventuais usuários), área de descanso, jardim interno para colaborar com o conforto ambiental dos usuários seja visual ou ambiental, além de atuar como transição entre os setores.

Setor	Ambiente	Quant.	Atividades	Mobiliário	Pré-dimensionamento
Social	Recepção	1	Recebimento dos usuários e público externo	Balcão, cadeiras, computadores	25,00 m ²
	Espera	1	Espera de público externo para dirigir-se ao setor administrativo ou auditório	Sofás, mesa de centro	20,00 m ²
	Lanchonete	1	Venda de lanches para atendimento aos dias de uso do auditório	Balcão, geladeira, pia	8,00 m ²
	Refeitório	1	Apoio às atividades realizadas na lanchonete	Conjuntos de mesas e cadeiras	20,00 m ²
	Auditório	1	Atendimento ao público externo através de palestras e cursos relativos às atividades desenvolvidas	Cadeiras, palco	200,00 m ²
Administrativo	Gabinete do secretário	1	Controle geral de funcionamento das atividades da secretaria	Mesa, cadeiras, sofás, mesas de canto, estante	20,00 m ²
	Gabinete do assessor	1	Atendimento ao público externo (imprensa, representantes de instituições, dentre outros)	Mesa, cadeiras, sofás, mesas de canto, estante	20,00 m ²
	Sala de reunião	1	Realização de reuniões e conferências	Mesa e cadeiras	20,00 m ²

	Diretoria técnica	1	Atividades técnicas de contabilidade e administração	Estações de trabalho, cadeiras, computadores, rack para apoio de materiais de escritório e impressoras	40,00 m ²
	Arquivo	1	Guarda de documentos	Estantes, armários	8,00 m ²
	Almoxarifado	1	Guarda de materiais de escritório	Estantes, armários, mesa	10,00 m ²
	Administração geral	1	Controle e administração do setor	Estações de trabalho, cadeiras, computadores, rack para apoio de materiais de escritório e impressoras	40,00 m ²
	Descanso	1	Descanso dos usuários	Sofás, mesas de canto	30,00 m ²
Serviço	Copa	2	Preparo de refeições para atender aos funcionários e eventual público externo	Fogão, geladeira, pia, balcões, armários suspensos	12,00 m ²
	Depósito de materiais de limpeza	2	Guarda de materiais de limpeza, serviços de limpeza	Pia, armário	7,00 m ²
	Depósito de alimentos	2	Estocagem de alimentos	Estante e armário	8,00 m ²
Apoio	W.C masculino	2	Atendimento aos usuários e público externo	Vasos sanitários, tampo com lavatórios, chuveiro	15,00 m ²
	W.C feminino	2	Atendimento aos usuários e público externo	Vasos sanitários, tampo com lavatórios, chuveiro	15,00 m ²
	Banheiro PNE	2	Atendimento aos usuários e público externo	Vaso sanitário, lavatório	4,00 m ²
	Guarita	1	Controle de entrada e saída de usuários e público externo	Mesa, cadeira	2,50 m ²
	Estacionamento	1	Atendimento aos usuários e público externo	Arborizado, pavimentado, 22 vagas	1400,00 m ²
	Sala de controle de áudio e vídeo	1	Atividade técnica de controle de áudio e vídeo para o auditório	Mesa, cadeira, computador, equipamentos de áudio e vídeo	3,00 m ²

Quadro 5.3: Programa de necessidades.

Fonte: Produção do autor, 2014.

5.2.2. Setorização e fluxograma

Após definido o programa de necessidades e a divisão dos ambientes por setor, realizou-se o estudo de setorização que, de uma forma generalizada, definiu as ligações entre os setores e a disposição destes no terreno. A forma inicial de ocupação do terreno proposta pelo estudo foi baseada nas observações iniciais de insolação, ventilação e acesso ao edifício que se dá pelo setor social.

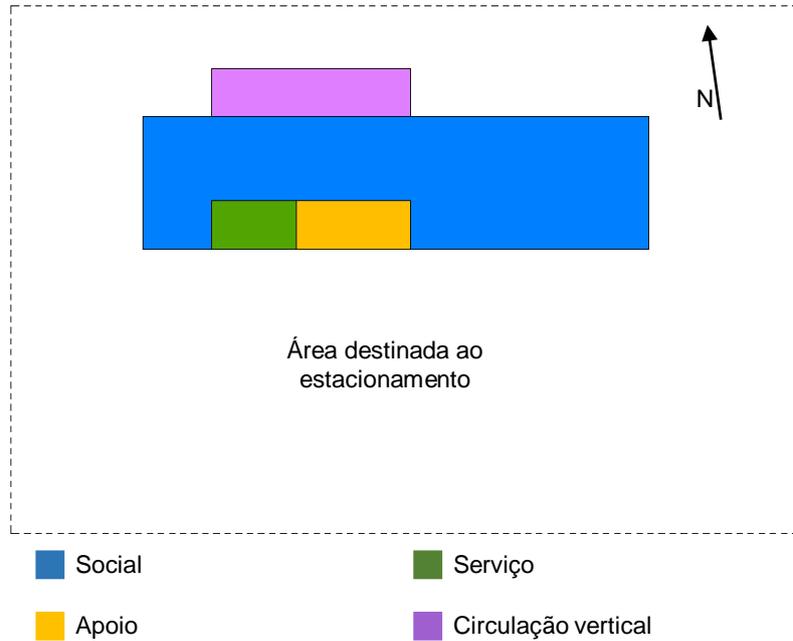


Figura 5.2: Setorização – Pavimento térreo.

Fonte: Produção do autor, 2014.

No pavimento superior os ambientes destinados às atividades administrativas foram alocados para a parte leste do edifício, pois são áreas de permanência prolongada e nesta disposição há menor radiação solar incidente nos ambientes, além de receber a ventilação da direção norte e nordeste.

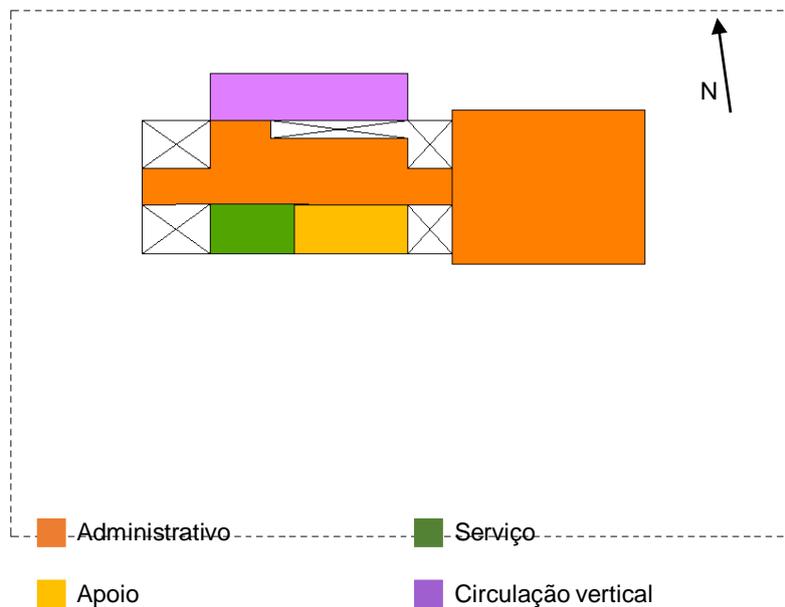


Figura 5.3: Setorização – Pavimento superior.

Fonte: Produção do autor, 2014.

O fluxograma montado à partir das informações fornecidas pelo programa de necessidades e setorização permitiu definir as inter-relações entre os ambientes do projeto, os acessos para pedestres e veículos, bem como definir e dissociar os espaços de livre acesso ao público dos espaços restrito aos funcionários.

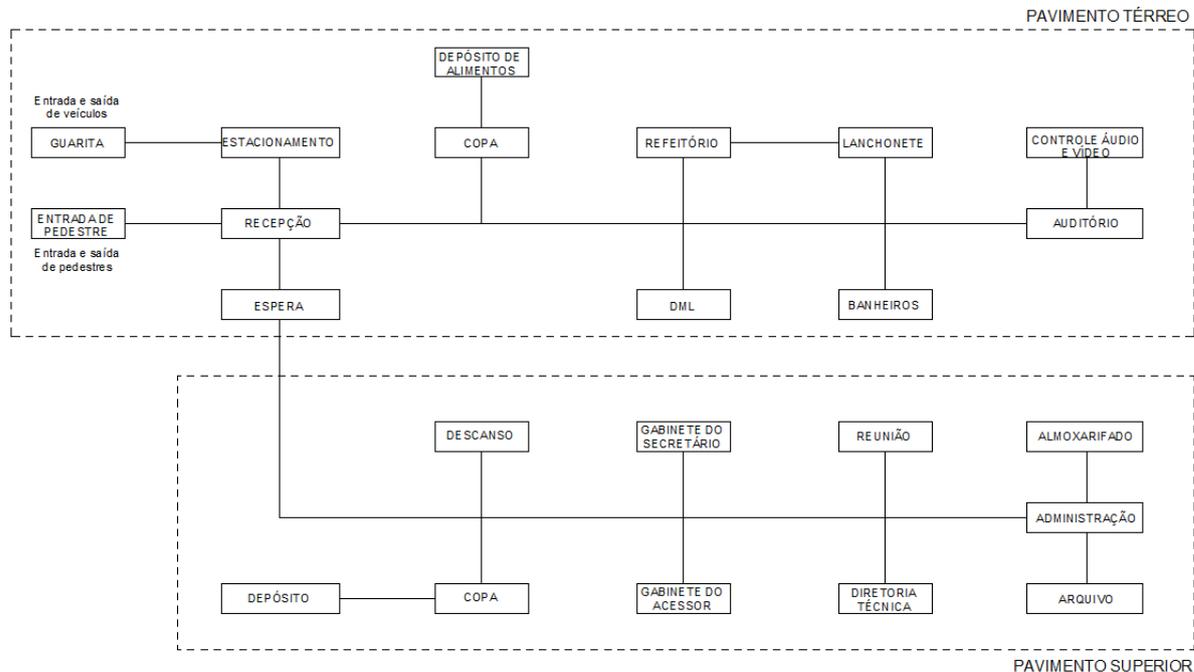


Figura 5.4: Fluxograma.

Fonte: Produção do autor, 2014.

5.2.3. Partido arquitetônico

A proposta arquitetônica, resultado dos estudos anteriores, teve como objetivo melhor atender ao programa de necessidades na sede do TCU-AP, incluindo-se novos espaços que garantem um caráter público ao edifício. É parte dos serviços deste órgão abrir-se para o público promover palestras e cursos relacionados à área de contabilidade e administração. Esta necessidade foi contemplada na proposta projetual com a inclusão de um auditório para sediar estes eventos, o que não encontra-se presente no edifício existente.

Para obter-se conforto ambiental em um edifício é necessário que este abarque as questões térmicas, luminosas e acústicas. Sem no entanto negligenciar nenhum dos aspectos de conforto ambiental, este projeto focou-se nas questões de conforto térmico, especificamente no tratamento da envoltória para atendimento ao RTQ-C (INMETRO, 2010).

As decisões de partido tiveram como parâmetro questões de conforto ambiental como orientação solar, direcionando as maiores fachadas para norte e sul, correta escolha de materiais construtivos, e cores nas fachadas com base em valores de transmitância e absorvância. Soluções passivas de conforto térmico aliadas ao uso de materiais construtivos adequados representaram fatores determinantes para obter-se os resultados desejados. Além disso, trabalhou-se no projeto conceitos como funcionalidade, permeabilidade, ritmos e cores, volumetria simples (facilitando posteriormente sua avaliação pelo RTQ-C), bem como as relações dos usuários com a paisagem.

As decisões fortemente influenciadas por preocupações de adequação do edifício ao clima local conduziram o partido à uma forma retangular com as menores fachadas voltadas para leste e oeste, e o programa de necessidades distribuídos em dois pavimentos. A testada do terreno voltada para oeste definiu a disposição dos ambientes, alocando a recepção e sala de espera para a entrada do edifício, o auditório no extremo leste, além de lanchonete e banheiros para apoiar as atividades no térreo. No pavimento superior estão concentrados o setor administrativo, bem como copa e banheiros para atender aos funcionários. Um aspecto importante em relação aos dois pavimentos é a separação do espaço livremente aberto ao público, e o espaço restrito aos funcionários, conceito amplamente aplicado no projeto de edifícios públicos.

O jardim implantado internamente ao edifício serve como ambiente de transição entre os setores, atua como elemento de contemplação de paisagem vegetada, além de proporcionar conforto visual e ambiental. Soma-se a isso uma referência no projeto que é a permeabilidade visual, onde no pavimento superior existe um grande corredor que permite a visão do entorno e a interação entre os usuários e a paisagem, conforme apresentado na figura 5.5.

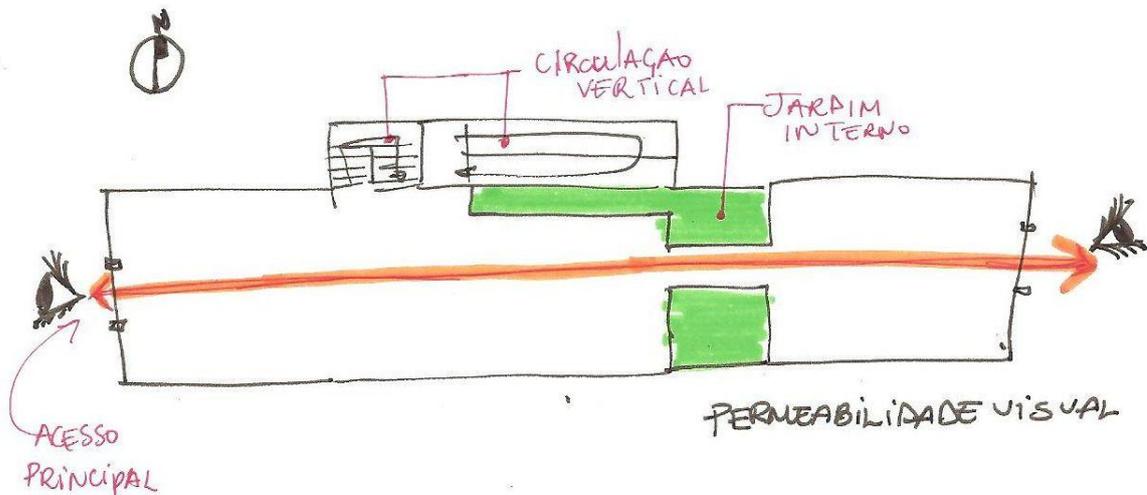


Figura 5.5: Conceitos de permeabilidade visual no partido.

Fonte: Produção do autor, 2014.

5.2.3.3. Volumetria

Os estudos de volumetria partiram dos conceitos de arquitetura bioclimática, no qual resultou em um edifício de forma retangular com as fachadas maiores voltadas para norte e sul. Na concepção inicial de um dispositivo de proteção solar, atentando para simplicidade do RTQ-C (INMETRO, 2010), de modo que contabilizasse como AHS e AVS, resultou em um elemento que ultrapassa os limites das paredes, e se prolonga na diagonal até a cobertura.

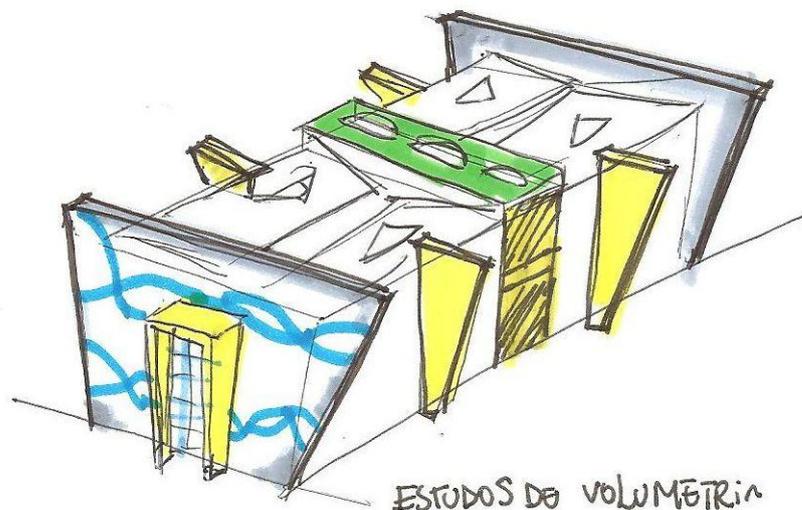


Figura 5.6: Estudos de volumetria.

Fonte: Produção do autor, 2014.

A cobertura dividiu-se em três partes, trazendo os conceitos de transição do espaço pelos jardim interno, no qual o telhado de duas águas são separados por um teto verde. Além disso, o telhado foi ocultado por platibanda, garantindo modernidade na forma arquitetônica.

Nas fachadas leste e oeste, acrescentou-se um volume fechado por vidro e protegido por alvenaria que avança o limite da parede, dando-se prosseguimento à permeabilidade visual e permitindo interação entre o público e a paisagem da cidade. Somado a isto, as fachadas leste e oeste receberam pintura em cores de absortância em conformidade com os parâmetros do RTQ-C (INMETRO, 2010), no qual a sinuosidade das linhas de composição remetem às ondas do Rio Amazonas.

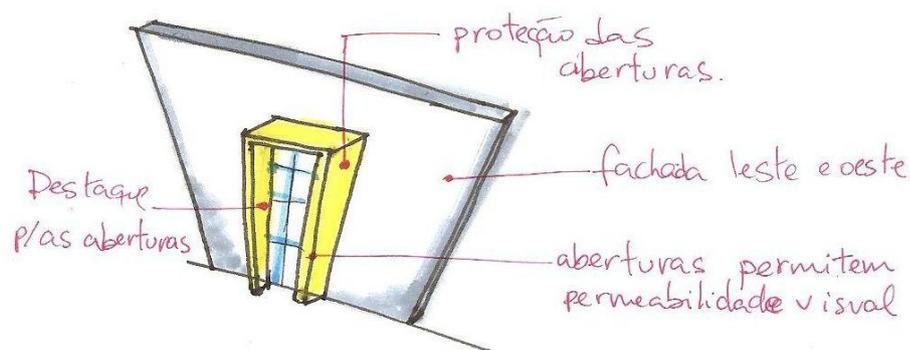


Figura 5.7: Estudo de volume das fachadas leste e oeste.

Fonte: Produção do autor, 2014.

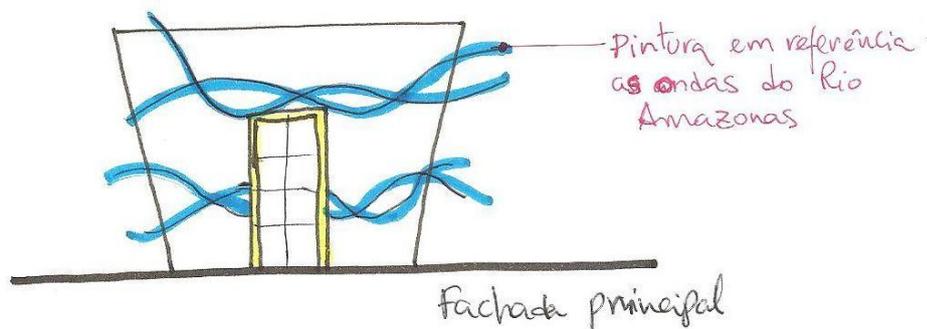


Figura 5.8: Estudo de composição da pintura em referência às ondas do Rio Amazonas.

Fonte: Produção do autor, 2014.

O edifício existente do TCU-AP possui áreas de abertura em demasia no volume da escada e rampa, o que colaborou para que o edifício alcançasse classificação D pelo RTQ-C (INMETRO, 2010). Dado isto, buscou-se nesta nova proposta reduzir áreas de aberturas na área de escada, sem contudo depreciar os benefícios da iluminação natural, adotando-se cobogós ao longo do volume, seguindo a mesma composição de sinuosidade das fachadas leste e oeste. No que tange o RTQ-C (INMETRO, 2010), os cobogós não são contabilizados como aberturas, e ainda garantem iluminação e ventilação naturais, portanto, a adoção deste elemento construtivo mostrou-se bastante adequada.

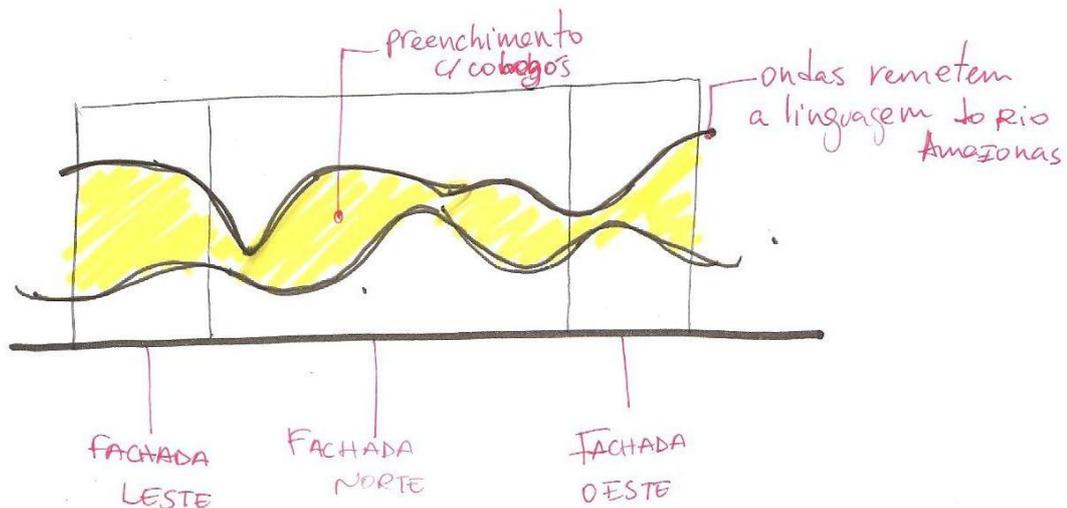


Figura 5.9: Estudo de composição do volume da escada e rampa.

Fonte: Produção do autor, 2014.

5.2.3.3. Apresentação projetual

Nesta subseção contém a proposta arquitetônica finalizada, apresentando-se os elementos do projeto como planta baixa dos pavimentos, planta de cobertura, cortes, fachadas e maquete.

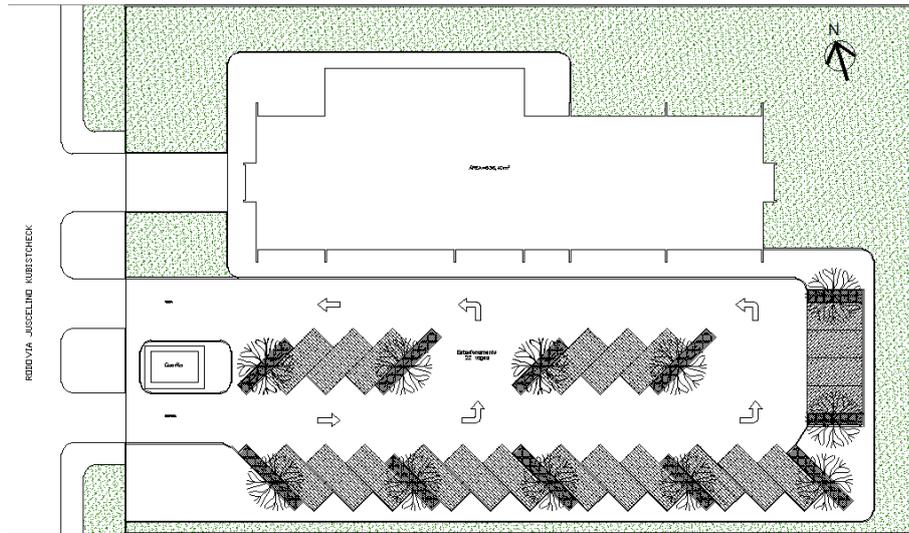


Figura 5.10: Situação e localização.

Fonte: Produção do autor, 2014.

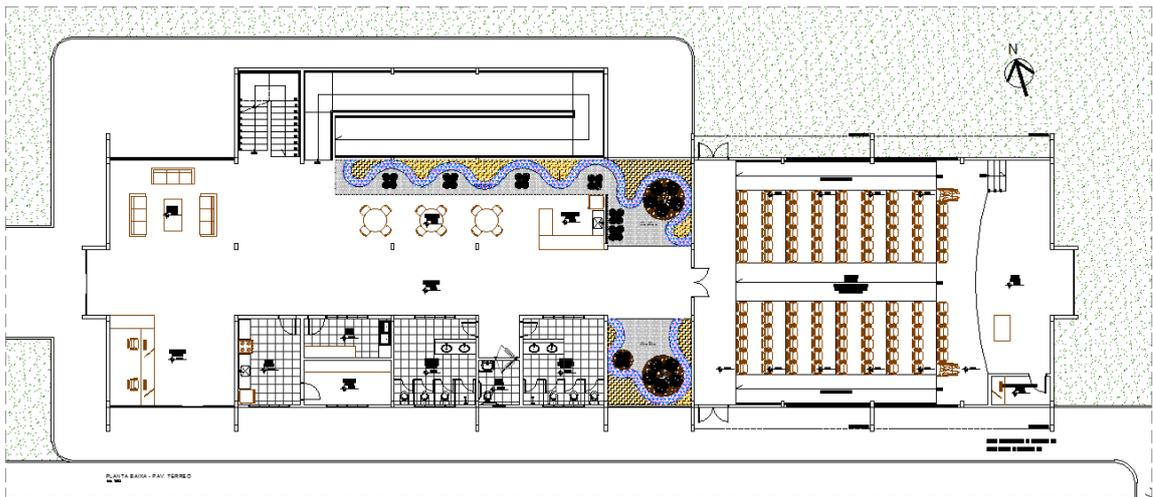


Figura 5.11: Pavimento térreo - nova proposta.

Fonte: Produção do autor, 2014.

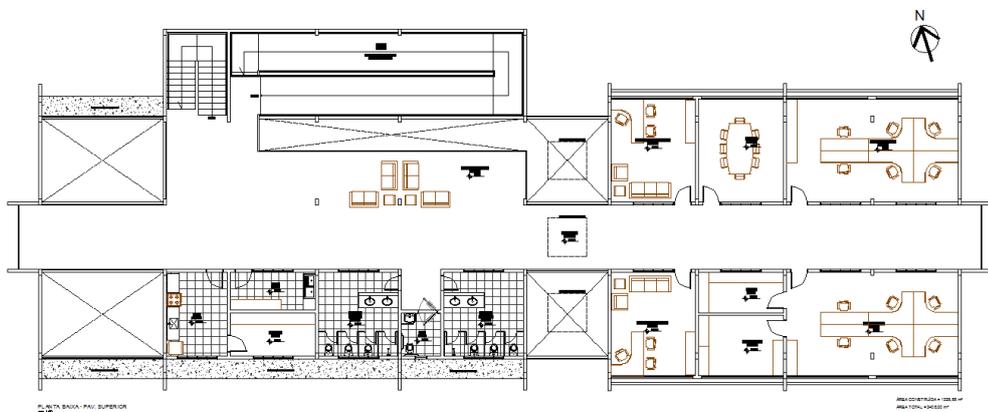


Figura 5.12: Pavimento superior - nova proposta.

Fonte: Produção do autor, 2014.

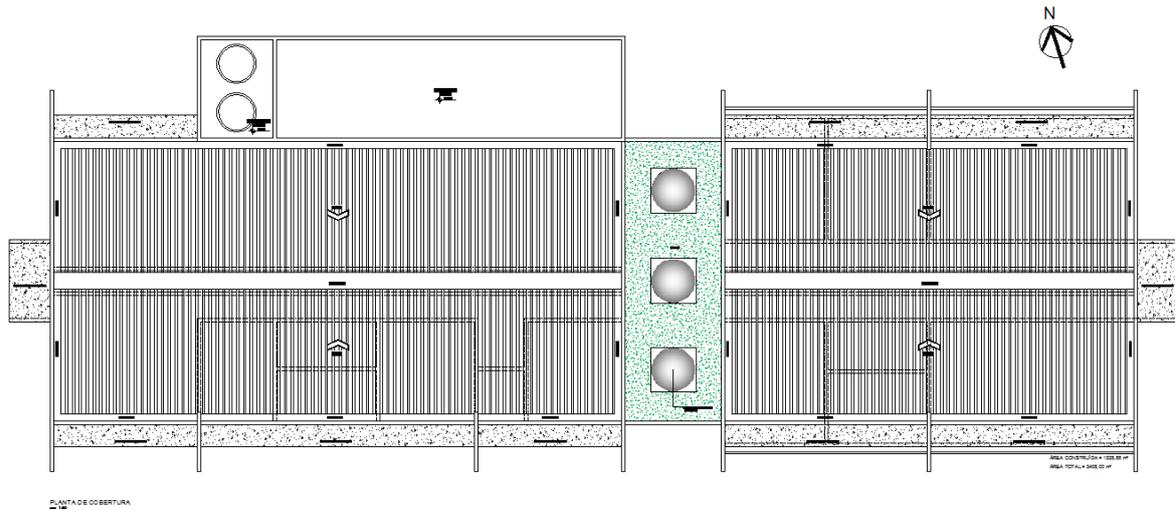


Figura 5.13: Cobertura - nova proposta.

Fonte: Produção do autor, 2014.

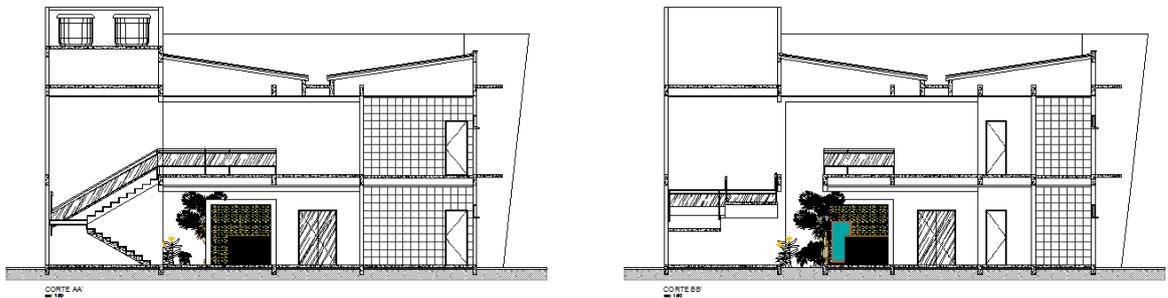


Figura 5.14: Cortes AA' e BB', respectivamente – proposta arquitetônica.

Fonte: Produção do autor, 2014.

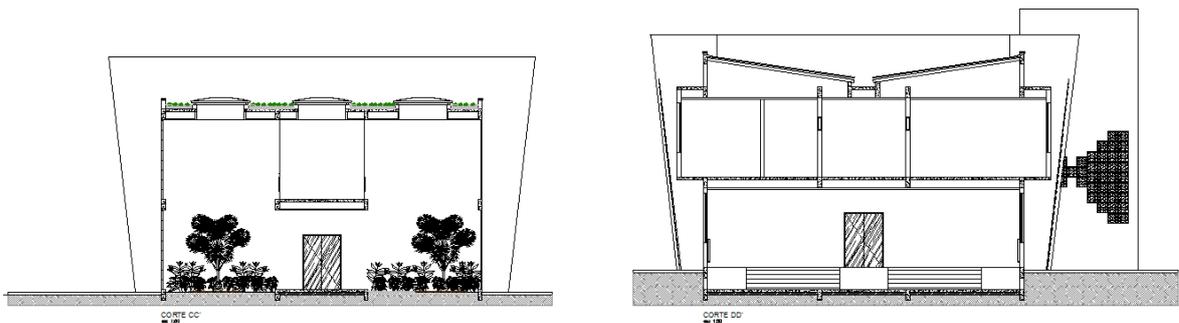


Figura 5.15: Cortes CC' e DD', respectivamente – proposta arquitetônica.

Fonte: Produção do autor, 2014.

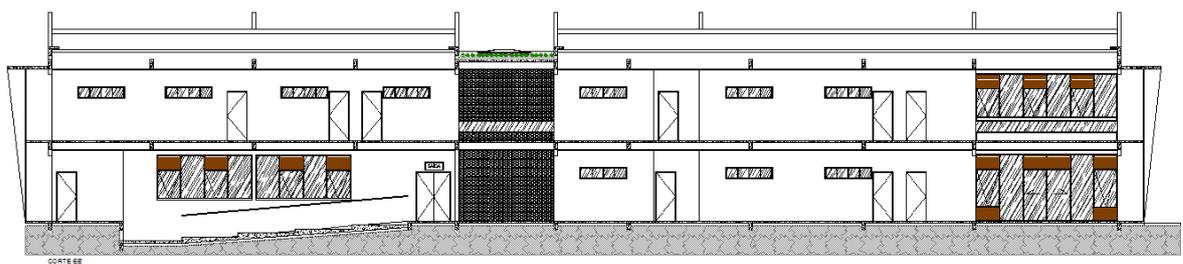


Figura 5.16: Cortes EE' – proposta arquitetônica.

Fonte: Produção do autor, 2014.

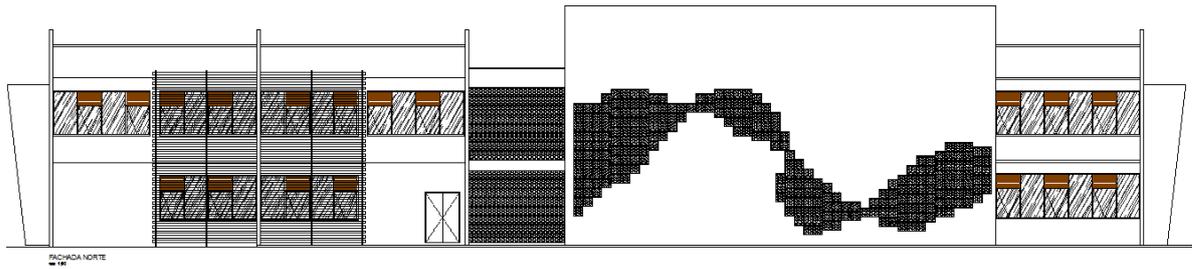


Figura 5.17: Fachada Norte – proposta arquitetônica.

Fonte: Produção do autor, 2014.

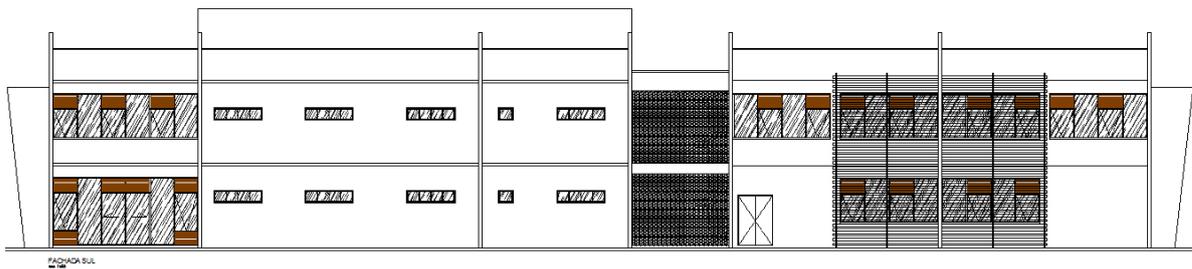


Figura 5.18: Fachada Sul – proposta arquitetônica.

Fonte: Produção do autor, 2014.

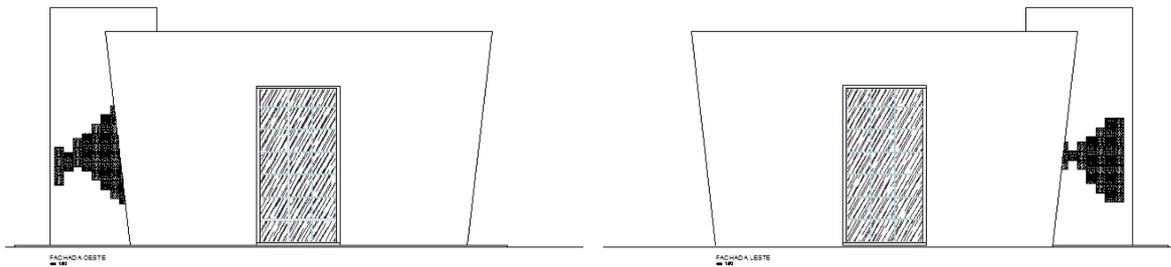


Figura 5.19: Fachadas Oeste e Leste, respectivamente – proposta arquitetônica.

Fonte: Produção do autor, 2014.

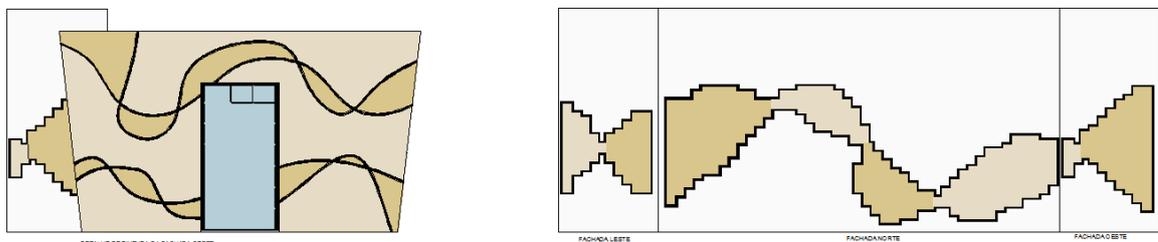


Figura 5.20: Detalhe de pintura da fachada oeste e volume da escada.

Fonte: Produção do autor, 2014.



Figura 5.21: Maquete volumétrica.

Fonte: Produção do autor, 2014.

5.2.4. Projeto paisagístico

Nesta seção apresenta-se os elementos e o processo de composição do projeto paisagístico. Na subseção 5.2.4.1 é apresentado os conceitos e processos de concepção do jardim interno. Na subseção 5.2.4.2 são apresentados aspectos relacionados ao estacionamento, bem como a definição de seus materiais.

5.2.4.1. O Jardim Interno

O jardim interno foi projetado com a finalidade de atuar como um elemento de transição entre setores e das atividades dos usuários no edifício, dessa forma, constitui-se como um elemento de ligação entre as funções estabelecidas ao mesmo, bem como exibe-se como meio de integração entre o edifício e o entorno por meio da utilização de vegetação nativa e condizente com o clima e de elementos estéticos-simbólicos.

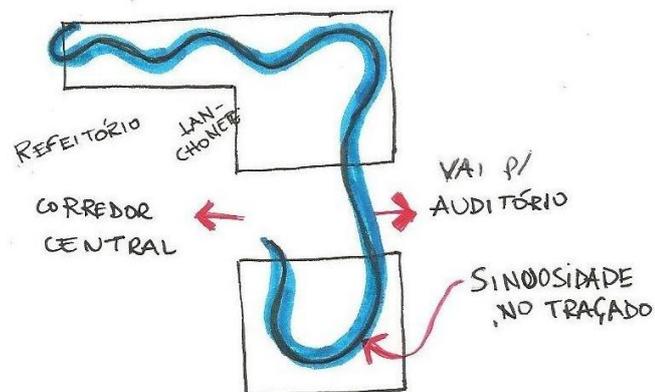


Figura 5.22: Croqui do traçado e da integração do projeto do jardim interno aos usos do edifício.

Fonte: Produção do autor, 2014.

Soma-se a isso, que a proposta do jardim proporciona conforto ambiental ao edifício, nas suas diversas nuances seja térmico, visual, olfativo, entre outros, assim como a inspiração para seu traçado orgânico faz alusão às sinuosidades dos rios amazônicos em especial ao Rio Amazonas que banha a cidade de Macapá, assim como conta com a utilização de cobogós para seus fechamentos laterais, que permitem a penetração da ventilação e de iluminação natural difusa.



Figura 5.23: Sinuosidade da hidrografia amazônica.

Fonte: amazonnewsbr.blogspot.com.br

A utilização de espécies vegetais regionais e condizentes com o clima da cidade de Macapá e Região Amazônica é uma referência do projeto. As espécies empregadas são compostas pelos Tajás (*Caladium* sp., *Caladium bicolor*, *Caladium festivo*) que são plantas que possuem conotação de proteção segundo os indígenas e que contornam o traçado sinuoso juntamente com as helicônias (*Heliconia psittacorum*) ambas espécies nativas do Brasil.

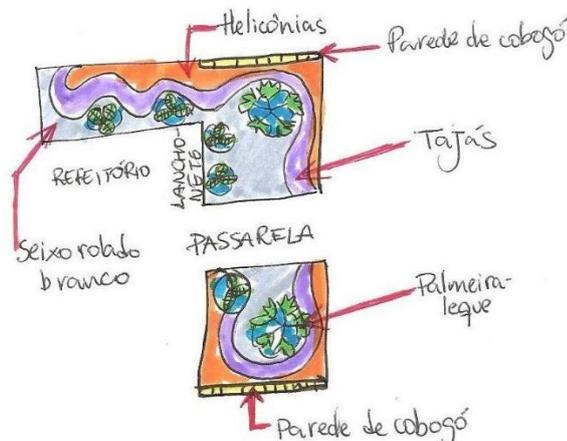


Figura 5.24: Croqui das espécies vegetais do jardim interno.

Fonte: Produção do autor, 2014.

As Palmeiras-leque (*Licuala grandis*) são os destaques do jardim, além disso seu porte e suas características permitem sua presença nele, que somadas com a Costela-de-Adão (*Monstera deliciosa*), que é uma planta da mesma família dos tajás (aráceas) atribuem valor estético-simbólico singular a este.

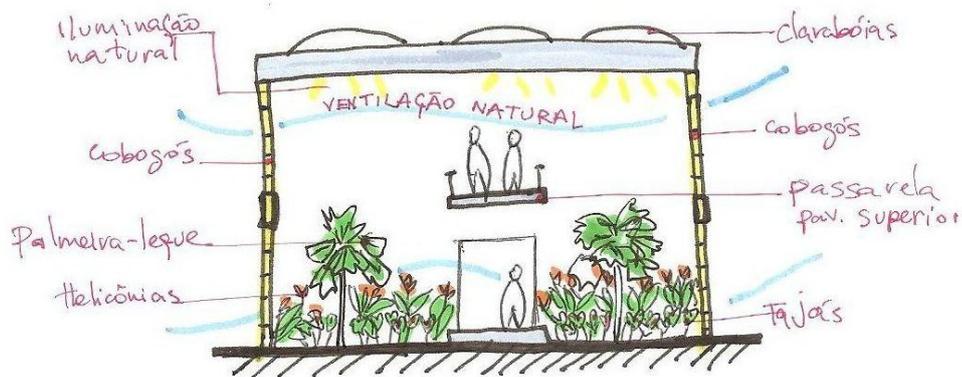


Figura 5.25: Croqui do corte esquemático do jardim interno.

Fonte: Produção do autor, 2014.

Além disso, adiciona-se também o emprego de forrações como o seixo branco rolado para dar ênfase na vegetação e de casca de pinus nos canteiros circulares das palmeiras e das Costelas-de-Adão. As espécies vegetais e as forrações aqui mencionadas são mostradas detalhadamente no quadro a seguir.

REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS
Pequeno Porte - Forrações Vegetais	
	<p>Nome popular: Grama esmeralda Nome científico: <i>Zoysia japonica</i> Família: Poaceae Clima: Equatorial, Subtropical, Temperado, Tropical Origem: Ásia, China, Japão Altura: menos de 15 cm Luminosidade: Sol Pleno Ciclo de vida: Perene</p>
	<p>Nome popular: Grama-amendoim Nome científico: <i>Arachis repens</i> Família: Fabaceae Clima: Equatorial, Subtropical, Tropical Origem: América do Sul, Brasil Altura: 0.1 a 0.3 m Luminosidade: Meia Sombra, Sol Pleno Ciclo de vida: Perene</p>
Pequeno e Médio porte – Arbustos	
	<p>Nome popular: Helicônia-papaia Nome científico: <i>Heliconia psittacorum</i> Família: Heliconiaceae. Clima: Tropical, Tropical úmido, Subtropical Origem: Brasil Altura: 0.8 a 1.2 m Luminosidade: Sol-pleno, meia-sombra, luz-difusa Ciclo de vida: perene</p>
	<p>Nome popular: Tajá Coração-de-Jesus Nome científico: <i>Caladium sp.</i> Família: Araceae Clima: Equatorial, Tropical, Subtropical Origem: América Central, América do Sul Altura: 0.3 a 0.4 metros, 0.4 a 0.6 metros Luminosidade: Luz Difusa, Meia Sombra Ciclo de vida: Perene</p>
	<p>Nome popular: Tajá-festivo Nome científico: <i>Caladium festivo</i> Família: Araceae Clima: Equatorial, Tropical, Subtropical Origem: América Central, América do Sul Altura: 0.3 a 0.4 metros, 0.4 a 0.6 metros Luminosidade: Luz Difusa, Meia Sombra Ciclo de vida: Perene</p>
	<p>Nome popular: Tajá-branco Nome científico: <i>Caladium bicolor</i> Família: Araceae Clima: Equatorial, Tropical, Subtropical Origem: América Central, América do Sul Altura: 0.3 a 0.4 metros, 0.4 a 0.6 metros Luminosidade: Luz Difusa, Meia Sombra Ciclo de vida: Perene</p>
	<p>Nome popular: Costela-de-adão Nome científico: <i>Monstera deliciosa</i> Família: Araceae Clima: Equatorial, Tropical, Subequatorial Origem: América do Norte, México Altura: 0.9 a 9.0m (variante) Luminosidade: Meia-sombra Ciclo de vida: Perene</p>

Pequeno Porte – Palmeiras	
	<p>Nome popular: Palmeira-leque Nome científico: <i>Licuala grandis</i> Família: Arecaceae Clima: Equatorial, Subtropical, Tropical Origem: Oceania, Vanuatu Altura: 2.4 a 3.0 metros, 3.0 a 3.6 metros Luminosidade: Meia Sombra, Sol Pleno Ciclo de vida: Perene</p>
Médio Porte – Arvores	
	<p>Nome popular: Oitizeiro, Oiti Nome científico: <i>Licania tomentosa</i> Família: Chrysobalanaceae Clima: Equatorial, Oceânico, Tropical Origem: América do Sul, Brasil Altura: 3.0 a 7.0 metros Luminosidade: Sol Pleno Ciclo de vida: Perene</p>
Forrações	
	<p>material: seixo branco rolado uso: Forrações de canteiros diâmetro mínimo: 4cm</p>
	<p>material: casca de pinus uso: Forrações de canteiros</p>

Quadro 5.4: Vegetação e forrações utilizada no projeto de paisagismo.

Fonte: adaptado de LORENZI, 2008 e www.jardineiro.net.

5.2.4.2. Área externa e estacionamento

Optou-se pela utilização de peças drenantes de concreto poroso a fim de permitir a permeabilidade das águas pluviais no solo. Além disso, os pisos permeáveis e drenantes constituem-se de placas drenantes de concreto ou peças retangulares intertravadas moldadas em concreto poroso, o que permite cem por cento da drenagem da água, assim como são atérmicos e antiderrapantes. Essas informações que segundo o fabricante Rhino Pisos, potencializam o escoamento de águas pluviais, o que corrobora na prevenção de enchentes e inundações.

Soma-se a isso, que as referidas peças são ideais para espaços abertos, tais como espaços públicos ou privados, calçadas, praças, entre outros, em razão de possuírem alta aderência e resistência ao atrito, nesse sentido, também podem ser empregadas em locais de manobras de trânsito de veículos, além do que após sua execução permitem a utilização imediata.

Nessa conjuntura, os materiais de pisos externos utilizados no projeto de Paisagismo da área externa do projeto são mostrados no quadro a seguir.

REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS
	<p>Pisos</p> <p>nome: placa de concreto drenante material: concreto poroso taxa de permeabilidade: 100% dimensões: 40 x 40 x 8 cm peso: 18,7 Kg consumo: 6,25 peças/m² ; 6,25 peças/m² resistência à compressão: > 25 MPa uso: tráfego leve (veículos leves, de passeio). cor: cinza</p>
	<p>nome: bloco retangular de concreto drenante material: concreto poroso taxa de permeabilidade: 100% dimensões: 10 x 20 x 8 cm peso: 2,2 Kg ; 2,5 Kg consumo: 50 peças/m² resistência à compressão: > 25 MPa uso: tráfego de pedestres, veículos leves de passeio cor: cinza</p>
	<p>nome: bloco retangular de concreto drenante material: concreto poroso taxa de permeabilidade: 100% dimensões: 10 x 20 x 8 cm peso: 2,2 Kg ; 2,5 Kg consumo: 50 peças/m² resistência à compressão: > 25 MPa uso: tráfego de pedestres, veículos leves de passeio cor: amarelo ocre</p>

Quadro 5.5: Pisos.

Fonte: adaptado de www.jardineiro.net e <http://www.rhinopisos.com.br/>.

O piso escolhido para ser utilizado nas áreas de passeio de pedestres constitui-se de blocos retangulares de concreto drenante na cor cinza, já que possuem as características para tal função. Enquanto que nas áreas de manobras de veículos optou-se pela utilização de placas de concreto drenante na cor cinza, em razão destas áreas possuírem dimensões maiores, além disso, nas vagas do estacionamento foram utilizados blocos retangulares de concreto drenante na cor amarelo ocre, com a finalidade de promover o contraste das vagas por meio da cor, assim como, estes elementos remetem à cor amarela utilizada em alguns elementos estéticos no projeto do edifício.

A vegetação empregada para o sombreamento do estacionamento é constituída de Oitis (*Licania tomentosa*), árvores de médio porte apropriadas para tais funções. Nos canteiros dessas árvores empregou-se a grama amendoim (*Arachis*

repens) que é um tipo de forração eficiente para este fim, assim como utilizou-se a grama esmeralda (*Zoysia japonica*) nas áreas que circundam o edifício.

5.3. Avaliação da nova proposta pelo RTQ-C

Nesta seção apresenta-se a aplicação do método de avaliação do RTQ-C para determinar a classificação do nível de eficiência energética da nova proposta projetual. Na subseção 5.3.1 apresenta-se a verificação do atendimento aos pré-requisitos específicos da envoltória da nova proposta. E na subseção 5.3.2 apresenta-se a determinação do ICenv e a classificação final da envoltória.

5.3.1. Pré-requisitos específico da envoltória

Na avaliação dos pré-requisitos específicos de transmitância dos materiais construtivos do edifício existente do TCU-AP, todos os materiais obtiveram bom desempenho térmico, e portanto, estes foram mantidos na nova proposta projetual. Portanto, a transmitância térmica de parede atende aos pré-requisitos.

Em relação à cobertura, que tem sua transmitância térmica total calculada em função de ponderações por área, obteve-se transmitância de $0,78 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (tabela 5.1), obtendo desempenho melhor em relação ao edifício existente devido ao uso de forro de fibra mineral em grande parte do segundo pavimento, o que onera o custo do projeto, no entanto, caso fosse utilizado forro de gesso acartonado, o edifício obteria transmitância de $1,14 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e não atenderia ao RTQ-C (INMETRO, 2010).

	Cobertura	Condut.	e	R	Rse - Rsi	Rt	U	Área	Ponderação	U Cob <1,0
Cobertura 1	Argila expandida	0,16	0,18	1,13	0,04	1,68	0,60	47,26	0,07	0,78
	Concreto armado	1,75	0,10	0,06						
	Ático não ventilado		0,25	0,21	0,10					
	Gesso acartonado	0,35	0,05	0,14						
Cobertura 2	Telha termo-acústica		0,005	0,13	0,04	1,59	0,63	482,33	0,69	
	Ático não ventilado		0,40	0,21	0,10					
	Forro fibra mineral	0,045	0,05	1,11						
Cobertura 3	Concreto armado	1,75	0,10	0,06	0,04	0,20	5,07	12,04	0,02	
					0,10					
Cobertura 4	Concreto armado	1,75	0,10	0,06	0,04	1,52	0,66	33,16	0,05	
	Ático não ventilado		0,25	0,21						
	Forro fibra mineral	0,045	0,05	1,11	0,10					
Cobertura 5	Concreto armado	1,75	0,10	0,06	0,04	0,55	1,82	73,17	0,11	
	Gesso acartonado	0,35	0,05	0,14						
	Ático não ventilado		0,40	0,21	0,10					

Tabela 5.1: Cálculos de transmitância térmica da cobertura da nova proposta.

Fonte: Produção do autor, 2014.

As fachadas receberam pintura com diversas cores, e foram escolhidas conforme seus valores de absorvância que não ultrapassem os limites estabelecidos pelo RTQ-C (INMETRO, 2010). Em todas as fachadas foram utilizadas as cores amarela, branca, palha e areia, enquanto que na cobertura mantiveram-se os telhados termo-acústicos pintados na cor branca, e lajes em amarelo, além do teto verde que não precisa atender aos pré-requisitos de absorvância. A tabela 5.2 apresenta os valores de absorvância para cores de paredes e cobertura e indicação do atendimento ao RTQ-C (INMETRO, 2010).

Cores	Absorvância	Classificação
Parede		<0,5
Cor palha	0,36	Atende
Cor areia	0,44	Atende
Cor branca	0,20	Atende
Cor amarela	0,3	Atende
Cobertura		<0,5
Cor amarela	0,3	Atende
Cor branca	0,20	Atende
Teto verde	-	Atende

Tabela 5.2: Absorvância das cores presentes na envoltória.

Fonte: Produção do autor, 2014.

Acima do jardim interno propôs-se três claraboias que ocupam área de abertura total de 10,83 m², o que representa um percentual de abertura zenital (PAZ) de 1,61% da área de projeção da cobertura (Apcob). O vidro laminado 3mm transparente escolhido possui fator solar de 0,82, o que atende aos pré-requisitos estabelecidos pelo RTQ-C (INMETRO, 2010).

	Áreas	PAZ <5%	FS <0,87	Atende
A. Abertura zenital	10,83	1,61%	0,82	
Apcob	673,09			

Tabela 5.3: Absortância das cores presentes na envoltória.

Fonte: Produção do autor, 2014.

5.3.2. Índice de consumo da envoltória - nova proposta

Utilizando-se dos mesmos procedimentos para avaliação de eficiência energética do edifício expostos no capítulo 4, obteve-se os dados da envoltória da nova proposta seguindo a metodologia do RTQ-C conforme o quadro 5.6.

Apcob (m ²)	Área de Projeção da Cobertura	673,09
Atot (m ²)	Área Total Construída	1302,8
FA	Fator de Altura (Apcob/Atot)	0,52
Aenv (m ²)	Área de Envoltória	1565,87
Vtot (m ³)	Volume Total da Edificação	2004,554
FF	Fator de Forma (Aenv/Vtot)	0,78
Área de Fachada (m ²)	Área de Fachada	892,78
A Abertura (m ²)	Área de Abertura Envidraçada	150,63
PAFt	Percentual de Abertura na Fachada	0,17
A Fachada Oeste (m ²)	Área de Fachada Oeste	114,95
A Abertura Oeste (m ²)	Área de Abertura na Fachada Oeste	18,27
PAFo	Percentual de Abertura na Fachada Oeste	0,16
FS Transl.	Fator Solar de Superfícies Translúcidas	0,29
AHS (Graus)	Ângulo Horizontal de Sombreamento	7,17
AVS (Graus)	Ângulo Vertical de Sombreamento	3,89

Quadro 5.6: Dados referentes à geometria da nova proposta.

Fonte: Produção do autor, 2014.

Pela forma regular do edifício, os dados foram extraídos com facilidade, no qual o Ape de 673.09 obtido indica a utilização da equação de ICenv à ser utilizada. Os dados do quadro 5.6 foram então inseridas na equação, obtendo-se o resultado de ICenv igua a 827.7014, ICMáxD, ICmin e intervalo i de 920.65, 807.27 e 28.34 respectivamente. Com isto, montou-se a tabela 5.4 de intervalos para classificação da eficiência energética.

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Min	-	835,6284	863,9708	892,3131	920,6554
Lim Max	835,6184	863,9608	892,3031	920,6454	-

Tabela 5.4 Intervalo dos níveis de eficiência energética – nova proposta.

Fonte: Produção do autor, 2014.

O resultado do ICenv para a envoltória obtido é menor que 835.61, portanto a proposta atingiu a classificação A. Os cálculos de transmitância térmica dos materiais, bem como a determinação do índice de consumo da envoltória encontram-se detalhados no apêndice C.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os resultados, propostas e discussões acerca da avaliação da envoltória do edifício do Prédio do Tribunal de Contas da União do Estado Amapá baseado na aplicação do método prescritivo do RTQ-C. Tal estudo, constitui-se de considerável relevância em razão da inserção deste método e das discussões correspondentes ao consumo de energia nas edificações na capital amapaense.

Dado que as temáticas referentes à conservação e redução do consumo energético em edificações são crescentes no cenário brasileiro e global e que no Brasil exhibe-se pela Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que promove através do governo brasileiro a regulamentação da adoção de diretrizes e medidas que propiciem a utilização eficiente dos recursos energéticos disponíveis. Tais quais, são indispensáveis na redução do consumo energético, que influem direta e indiretamente na qualidade de vida dos usuários das edificações e no meio ambiente que nos cerca.

Nesse contexto, o RTQ-C é uma importante diretriz e ferramenta que deve ser levada em consideração na concepção dos projetos arquitetônicos novos e existentes, a fim de que aspectos relativos à orientação, do volume do edifício, ao sombreamento de suas aberturas e emprego de materiais condizentes com o clima e com o ambiente urbano sejam pensados de forma mais eficiente.

As referidas variáveis quando pensadas de maneira conjunta propiciam menos gastos de energia elétrica, bem como conforto ambiental aos seus usuários. Vale salientar que, estas alternativas contribuem para a redução das pressões por matrizes energéticas não eficientes que promovem o desgaste dos recursos disponíveis no meio ambiente, quer seja pela redução da utilização de iluminação artificial, quer para nos sistemas de refrigeração mecânica, em que são consumidos a maior parcela de energia nas edificações de uso comercial, de serviço e públicas.

Portanto, faz necessário ter em mente que existem alternativas que podem minimizar a dependência de energia elétrica em diversos usos de edificações, por meio da adoção de um partido arquitetônico elaborado mediante o emprego de

estratégias bioclimáticas e decisões arquitetônicas mais coerentes com a realidade de nosso país, tais quais podem ser evidenciados através do RTQ-C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2: Métodos de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica, do Atraso Térmico e do Fator Solar de Elementos e Componentes de Edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005.

ABBUD, Benedito. **Criando paisagens: guia de trabalho em arquitetura paisagística.** Editora Senac, São Paulo, 2006.

BRASIL, (2001a). “**Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**”. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf. Acesso em: 18 de fevereiro de 2014.

CORBELLA, O. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos – Conforto Ambiental.** Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. **Manual de arquitetura bioclimática tropical.** Rio de Janeiro: Revan, 2011.

CUNHA, E G.: **Elementos de Climatização Natural.** Porto Alegre: Editora Masquatro, 2006. 188p

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas: base de dados de tintas látex acrílica e PVA e a influência da rugosidade superficial.** In: X Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, VI Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído. Natal, 2009.

ELETROBRÁS – PROCEL. **Etiquetagem de eficiência energética em edificações - Apresentação.** Disponível em <http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID={A8468F2A-5813-4D4B-953A-1F2A5DAC9B55}> Acesso em 18 de fevereiro de 2014.

FILHO, José Coutinho do Carmo; SEREJO, Cláudia Ferreira de Q; MEDEIROS, Deisyane Câmara Alves de. **Tipologia Hospitalar e o projeto do Hospital Sarah Kubistchek do Rio de Janeiro.** Rio Grande do Norte, 2011.

FRANCO, Gabriel; FRAGA, Renata; FARIAS, Ana Maria de Souza Martins. **Arquitetura Moderna e Pós-Moderna: mudança de paradigma.** Cadernos de Graduação - Ciências Humanas e Sociais (ISSN 1980-1784) - v. 11 - n.11 -, Universidade Tiradentes, 2010.

FROTA, Anésia Barros. **Geometria da Insolação.** São Paulo: Ed. Geros, 2004.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

INMETRO. **Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/>. Acesso em 19 de fevereiro de 2014.

KOWALTOWSKI, Doris K; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PETRECHE, João R. D.; FABRÍCIO, Márcio M. (orgs.). **O processo de Projeto em Arquitetura: da Teoria à Tecnologia**. Oficina de Textos. São Paulo, 2011.

LAMBERTS, Roberto; CARLO, Joyce. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo**. Porto Alegre, 2010.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, Roberto; FOSSATI, Michele. **Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C**. Porto Alegre, 2010.

LAMBERTS, Roberto; GOULART, Solange; CARLO, Joyce; WESTPHAL, Fernando; PONTES, Rebeca. **Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos**. In: IX Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, V Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007.

LORENZI, Harri . **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, Volume 1**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo, 2008.

_____. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, Volume 2**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo, 2008.

_____. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, Volume 3**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo, 2008.

NEVES, Letícia de Oliveira. **A Obra De Severiano Porto Na Amazônia: Uma Produção Regional E Uma Contribuição Para A Arquitetura Nacional**. São Paulo, 2006.

NICOLETTI, Ana Maria; AMORIM, Cláudia N. D.: **análise do desempenho térmico de envoltória através da aplicação da metodologia prescritiva da etiquetagem de eficiência energética de edificações**. In: X Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, VI Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído. Natal, 2009.

RODRIGUES, Clara Ovídio; DIAS, Alice Ruck Drummond; PEDRINI, Aldomar. **Grandes aberturas, porém sombreadas: análise da caracterização do sombreamento visando a eficiência energética para o clima quente úmido**. In: XI

Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, VII Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído. Búzios, 2011.

SACRAMENTO Alexandre S.; BITTENCOURT, Leonardo S.: **REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE (RTQ) PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS E PADRÕES ARQUITETÔNICOS**. In: X Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, VI Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído. Natal, 2009.

TAVARES, Laura Rezende. **Eficiência energética em edificações**: aplicação do RTQ-C – Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos – na cidade de Uberlândia-MG. Brasília, 2001.

APÊNDICES

Apêndice A – Memorial descritivo

Este memorial tem por objetivo descrever os componentes do projeto arquitetônico para o edifício sede do Tribunal de Contas da União do Estado do Amapá, localizado na Rod. Juscelino Kubistchek, bairro Jardim Marco Zero, no município de Macapá. O edifício foi implantado em um terreno de 3408,00 m², e possui 1325,88 m² de área construída.

1. Projeto arquitetônico

A especificação de componentes exposto neste memorial refere-se à execução da construção de um prédio conforme o projeto em questão. Os materiais especificados devem obedecer rigorosamente ao projeto arquitetônico.

2. Materiais de acabamento

Os materiais cores e acabamentos especificados nesta seção deverão ser rigorosamente seguidos na execução do projeto.

2.1. Coberturas

2.1.1. Telha

As telhas serão do tipo Alcoflon Ondulada, tipo “sanduiche”, com recobrimento duplo, espessura nominal 5mm, fabricação Alcoa ou similar, sobre estrutura metálica treliçada, com inclinação mínima de 10% para as telhas retas, onde houver, e acabamento “Liso Pintado” em ambas as faces, na cor branca, com dimensões indicadas em projeto.

2.1.1. Laje

As lajes serão do tipo concreto armado com sua superfície externa pintada na cor branca ou amarela conforme o projeto arquitetônico, sendo que parte da laje de teto do 1º pavimento receberá plantio de vegetação, conforme indicado no projeto.

2.2. Revestimentos

2.2.1. Chapisco

Será executado nas superfícies destinadas a receber reboco ou emboço (alvenaria e concreto), com argamassa (cimento e areia grossa), previamente umedecida.

2.2.2. Reboco

Os rebocos nas paredes serão executados com argamassa de cimento, areia e barro nas paredes definidas em projeto e destinadas a receber revestimentos de argamassa e pintura posterior.

2.2.3. Emboço

As superfícies destinadas a receber revestimento cerâmico deverão ter acabamento áspero.

2.2.4. Revestimento cerâmico - Interno

Conforme especificações no projeto arquitetônico.

2.2.5. Pintura interna

Conforme especificações no projeto arquitetônico.

2.2.6. Revestimento externo

Conforme indicações no projeto arquitetônico.

2.3. Paredes

2.3.1. Alvenaria de tijolo cerâmico

Todas as paredes indicadas nos projetos serão executadas em alvenaria de tijolos furados, de acordo com as espessuras indicadas em planta, exceto quando discriminado de outra forma. As paredes de alvenaria serão executadas de acordo com a NB-788/83 - Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos (NBR-8545).

2.4. Forros

2.4.1. Forro em gesso acartonado

Serão instalados forros de gesso acartonado monolítico com acabamento liso nos ambientes conforme especificado no projeto. O nivelamento da estrutura de sustentação será rigoroso, o alinhamento dos painéis de gesso será tomado a cada fiada instalada e deverá ser executada tabica de aço galvanizado, modelo K4048, da Kofar ou similar, com pintura eletrostática na cor branca em todo o perímetro do forro e no contorno de pilares.

2.4.1. Forro acústico

Serão instalados forro metálico Tegular, 625x625mm, Hounter Douglas, ou similares, nos ambientes conforme indicados no projeto.

2.5. Esquadrias e brises

2.5.1. Esquadrias de alumínio

As esquadrias serão em alumínio da marca ALCOA ou similares. Serão confeccionadas com perfis extrudados em liga 6063, tempera T5, atendendo as normas NBR 8116. A usinagem do alumínio será feita com ferramental adequado e não deverão apresentar ranhuras ou rebarbas. Os cortes deverão ser precisos e as meias esquadrias deverão ser ajustar perfeitamente. A mão-de-obra para a

fabricação, montagem e instalação das esquadrias e vidros deverá ser especializada com comprovada experiência. Serão utilizados vidros laminados 8mm, na cor prata ou azul, da marca CEBRACE, da linha COOL LITE.

As esquadrias e vidros deverão obedecer as medidas especificadas conforme projeto de detalhamento das esquadrias.

2.5.2. Esquadria de madeira

As esquadrias de copas e sanitários serão em compensado com requadro em madeira maciça, espessura de 35mm. As portas dos ambientes do escritório serão em MDF revestidas em todas as faces com laminado melamínico de baixa pressão em textura madeirada.

2.5.3. Brises

Lâminas horizontais com 10cm de largura por 1cm de altura em alumínio. As estruturas metálicas serão fixadas na fachada do prédio.

2.6. Rodapés, soleiras e peitoris

2.6.1. Soleiras

Serão colocadas soleiras em vãos entre locais com pavimentação diversa, ou com diferença de nível, com espessura de 2 cm e na espessura da parede. As soleiras serão em granito branco veneziano com acabamento polido.

2.6.2. Peitoris

Serão colocados peitoris nas janelas e balancins em granito branco veneziano com acabamento polido, rebaixo e espessura mínima de 2cm, assentadas. A largura dos peitoris deve ser a espessura da parede mais 4cm de folga.

2.6.3. Rodapés

Nos ambientes internos, deverá ser usado rodapé em cerâmica similar ao respectivo revestimento de piso na cor bege, com altura $h=10,0\text{cm}$ assentado com argamassa.

2.7. Pisos

2.7.1. Camada Regularizadora

Todos os pisos, antes da pavimentação final, deverão ser previamente regularizados obedecendo aos níveis de inclinação previstos para a pavimentação que as deve recobrir. Deverá ser prevista nesta camada a devida inclinação em direção aos ralos de escoamento, para os pisos das áreas molhadas.

2.7.2. Estacionamento

Para a execução do piso do estacionamento, deverá ser feito um piso intertravado tipo placa de concreto drenante cor cinza (40x40x8cm), com a devida sinalização e marcação das garagens em bloco retangular de concreto drenante na cor amarela (10x20x8cm), conforme especificado no projeto paisagístico.

2.7.3. Calçada

Para a execução da calçada externa, deverá ser feito um piso do tipo bloco retangular de concreto drenante na cor cinza. O nível a ser obedecido é o nível do piso existente da calçada, conforme especificado no projeto paisagístico.

2.7.4. Revestimento Interno

A execução do piso interno deverá obedecer às especificações do projeto arquitetônico.

2.8. Bancada

Os sanitários, copas, e lanchonete receberão bancadas de granito, com dimensões variadas especificadas em projeto, incluindo saia e rodabanca.

2.9. Louças e metais

Os banheiros receberão vaso com caixa acoplada, cubas de lavatório, mictórios de cor branca, da marca *DECA* e metais sanitários de fabricação *DOCOL* com assentamento por mão de obra especializada. Para as cozinhas e áreas de serviço, serão utilizadas cubas retangulares de inox da marca Tramontina.

2.10. Escadas

A escada será em concreto e o piso será revestido com piso antiderrapante. O corrimão será em tubo inox. Todas as medidas deverão seguir o projeto arquitetônico.

Apêndice B – Memória de cálculo – Avaliação de eficiência energética da envoltória do edifício sede do Tribunal de Contas da União do Amapá.

1 – Cálculo de transmitância térmica dos materiais construtivos

a) Parede: 2,46 W/(m².K)

Nota: transmitância térmica da parede obtida no Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros - Portaria INMETRO nº 50/2013.

b) Cobertura

Cobertura Tipo 1

Dados:

Resistencia superficial externa (Rse): 0,04

Resistência superficial interna (Rsi): 0,10

Materiais e elementos do sistema de cobertura:

- Argila expandida
Condutividade (λ): 0,16 W/m°C
Espessura: 0,35 m

- Concreto armado
Condutividade (λ): 1,75 W/m°C
Espessura: 0,30 m

- Ático não-ventilado
Espessura: 0,40 m
Resistência térmica (R3): 0,21 (m².K)/W

- Gesso acartonado
Conductividade: 0,35 W/m°C
Espessura: 0,03

Calcular resistência térmica dos materiais:

Argila expandida

$$R1 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,35}{0,16} \rightarrow R = \mathbf{2,19(m^2 \cdot K)/W}$$

Concreto armado

$$R2 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,30}{1,75} \rightarrow R = \mathbf{0,17(m^2 \cdot K)/W}$$

Gesso acartonado

$$R4 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,03}{0,35} \rightarrow R = \mathbf{0,09(m^2 \cdot K)/W}$$

Calcular resistência total (Rt) e transmitância térmica (U1):

$$Rt = R1 + R2 + R3 + R4 + Rse + Rsi$$

$$Rt = 2,19 + 0,17 + 0,21 + 0,09 + 0,04 + 0,10$$

$$Rt = \mathbf{2,79(m^2 \cdot K)/W}$$

$$U1 = \frac{1}{Rt} \rightarrow U1 = \frac{1}{2,79} \rightarrow U1 = \mathbf{0,36 W/(m^2 \cdot K)}$$

Cobertura Tipo 2

Dados:

Área: 591,99 m²

Resistencia superficial externa (Rse): 0,04

Resistência superficial interna (Rsi): 0,10

Materiais e elementos do sistema de cobertura:

- Telha termo-acústica
Espessura: 0,005 m
Resistência térmica: 0,13 (m².K)/W
- Ático não-ventilado
Espessura: 1,90 m
Resistência térmica (R2): 0,21 (m².K)/W
- Forro de fibra mineral
Condutividade: 0,045 W/m°C
Espessura: 0,02 m

Calcular resistência térmica dos materiais:

Telha termo-acústica

$$R1 = \mathbf{0,13(m^2 \cdot K)/W}$$

Forro de fibra mineral

$$R3 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,02}{0,045} \rightarrow R = \mathbf{0,44(m^2 \cdot K)/W}$$

Calcular resistência total (Rt) e transmitância térmica (U2):

$$Rt = R1 + R2 + R3 + Rse + Rsi$$

$$Rt = 0,13 + 0,21 + 0,44 + 0,04 + 0,10$$

$$Rt = \mathbf{0,93(m^2 \cdot K)/W}$$

$$U2 = \frac{1}{Rt} \rightarrow U2 = \frac{1}{0,93} \rightarrow U2 = \mathbf{1,08 W/(m^2 \cdot K)}$$

Calcular ponderações:

Dados:

Área da cobertura tipo 1: 216,55 m²

Área da cobertura tipo 2: 591,99 m²

Área total da cobertura: 808,54 m²

$$P_{cob1} = \frac{\text{Á. cobertura 1}}{\text{Á. total}} = \frac{216,55}{808,54} = 0,27$$

$$P_{cob2} = \frac{\text{Á. cobertura 2}}{\text{Á. total}} = \frac{591,99}{808,54} = 0,73$$

Calcular transmitância térmica ponderada (U_{cob}) da cobertura:

$$U_{cob} = U1 \times P_{cob1} + U2 \times P_{cob2}$$

$$U_{cob} = 0,36 \times 0,27 + 1,08 \times 0,73$$

$$U_{cob} = \mathbf{0,89W/(m^2 \cdot K)}$$

Cálculo do Índice de Consumo da Envoltória:

Dados:

Apcob (m ²)	Área de Projeção da Cobertura	648,73
Atot (m ²)	Área Total Construída	841,42
FA	Fator de Altura (Apcob/Atot)	0,77
Aenv (m ²)	Área de Envoltória	1765,95
Vtot (m ³)	Volume Total da Edificação	3691,81
FF	Fator de Forma (Aenv/Vtot)	0,42
Área de Fachada (m ²)	Área de Fachada	982,64
A Abertura (m ²)	Área de Abertura Envidraçada	546,70
PAFt	Percentual de Abertura na Fachada	0,56
A Fachada Oeste (m ²)	Área de Fachada Oeste	205,77
A Abertura Oeste (m ²)	Área de Abertura na Fachada Oeste	68,54
PAFo	Percentual de Abertura na Fachada Oeste	0,33
FS Transl.	Fator Solar de Superfícies Translúcidas	0,57
AHS (Graus)	Ângulo Horizontal de Sombreamento	10,67
AVS (Graus)	Ângulo Vertical de Sombreamento	14,08

Calcular o ICenv:

$$ICenv = -160,36 \cdot FA + 1277,29 \cdot FF - 19,21 \cdot PAFt + 2,95 \cdot FS - 0,36 \cdot AVS \\ - 0,16 \cdot AHS + 290,25 \cdot FF \cdot PAFt + 0,01 \cdot PAFt \cdot AVS \cdot AHS - 120,58$$

$$ICenv = -160,36 \cdot 0,77 + 1277,29 \cdot 0,42 - 19,21 \cdot 0,56 + 2,95 \cdot 0,57 - 0,36 \cdot 14,08 \\ - 0,16 \cdot 10,67 + 290,25 \cdot 0,42 \cdot 0,56 + 0,01 \cdot 0,56 \cdot 14,08 \cdot 10,67 - 120,58$$

$$ICenv = \mathbf{429,06}$$

Apêndice C – Memória de cálculo – Avaliação de eficiência energética da envoltória da nova proposta arquitetônica para o edifício sede do Tribunal de Contas da União do Amapá.

1 – Cálculo de transmitância térmica dos materiais construtivos

c) Parede: 2,46 W/(m².K)

Nota: transmitância térmica da parede obtida no Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros - Portaria INMETRO nº 50/2013.

d) Cobertura

Cobertura Tipo 1

Dados:

Resistência superficial externa (R_{se}): 0,04

Resistência superficial interna (R_{si}): 0,10

Materiais e elementos do sistema de cobertura:

- Argila expandida
Condutividade (λ): 0,16 W/m°C
Espessura: 0,18 m

- Concreto armado
Condutividade (λ): 1,75 W/m°C
Espessura: 0,10 m

- Ático não-ventilado
Espessura: 0,25 m
Resistência térmica (R₃): 0,21 (m².K)/W

- Gesso acartonado
Conductividade: 0,35 W/m°C
Espessura: 0,05 m

Calcular resistência térmica dos materiais:

Argila expandida

$$R1 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,18}{0,16} \rightarrow R = \mathbf{1,13(m^2 \cdot K)/W}$$

Concreto armado

$$R2 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,10}{1,75} \rightarrow R = \mathbf{0,06(m^2 \cdot K)/W}$$

Gesso acartonado

$$R4 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,05}{0,35} \rightarrow R = \mathbf{0,14(m^2 \cdot K)/W}$$

Calcular resistência total (Rt) e transmitância térmica (U1):

$$Rt = R1 + R2 + R3 + R4 + Rse + Rsi$$

$$Rt = 1,13 + 0,06 + 0,21 + 0,14 + 0,04 + 0,10$$

$$Rt = \mathbf{1,68(m^2 \cdot K)/W}$$

$$U1 = \frac{1}{Rt} \rightarrow U1 = \frac{1}{1,68} \rightarrow U1 = \mathbf{0,60 W/(m^2 \cdot K)}$$

Cobertura Tipo 2

Dados:

Resistencia superficial externa (Rse): 0,04

Resistência superficial interna (Rsi): 0,10

Materiais e elementos do sistema de cobertura:

- Telha termo-acústica
Espessura: 0,005 m
Resistência térmica: 0,13 (m².K)/W
- Ático não-ventilado
Espessura: 0,25 m
Resistência térmica (R2): 0,21 (m².K)/W
- Forro de fibra mineral
Condutividade: 0,045 W/m°C
Espessura: 0,05 m

Calcular resistência térmica dos materiais:

Telha termo-acústica

$$R1 = 0,13(m^2.K)/W$$

Forro de fibra mineral

$$R = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,05}{0,045} \rightarrow R = 1,11(m^2.K)/W$$

Calcular resistência total (Rt) e transmitância térmica (U2):

$$Rt = R1 + R2 + R3 + Rse + Rsi$$

$$Rt = 0,13 + 0,21 + 1,11 + 0,04 + 0,10$$

$$Rt = 1,59(m^2.K)/W$$

$$U2 = \frac{1}{Rt} \rightarrow U2 = \frac{1}{1,59} \rightarrow U2 = 0,63 W/(m^2.K)$$

Cobertura Tipo 3

Dados:

Resistencia superficial externa (Rse): 0,04

Resistência superficial interna (Rsi): 0,10

Materiais e elementos do sistema de cobertura:

- Concreto armado
Conductividade (λ): 1,75 W/m°C
Espessura: 0,10 m

Calcular resistência térmica:

Concreto armado

$$R1 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,10}{1,75} \rightarrow R1 = \mathbf{0,06(m^2 \cdot K)/W}$$

Calcular resistência total:

$$Rt = R1 + Rse + Rsi$$

$$Rt = 0,06 + 0,04 + 0,10$$

$$Rt = \mathbf{0,20(m^2 \cdot K)/W}$$

$$U3 = \frac{1}{Rt} \rightarrow U3 = \frac{1}{0,20} \rightarrow U3 = \mathbf{5,07 W/(m^2 \cdot K)}$$

Cobertura Tipo 4

Dados:

Resistencia superficial externa (Rse): 0,04

Resistência superficial interna (Rsi): 0,10

Materiais e elementos do sistema de cobertura:

- Concreto armado
Conductividade (λ): 1,75 W/m°C
Espessura: 0,10 m

- **Ático não-ventilado**
Espessura: 0,25 m
Resistência térmica (R2): 0,21 (m².K)/W
- **Forro de fibra mineral**
Condutividade: 0,045 W/m°C
Espessura: 0,05 m

Calcular resistência térmica:

Concreto armado

$$R1 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,10}{1,75} \rightarrow R1 = \mathbf{0,06(m^2 \cdot K)/W}$$

Forro de fibra mineral

$$R3 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,05}{0,045} \rightarrow R3 = \mathbf{1,11(m^2 \cdot K)/W}$$

Calcular resistência total:

$$Rt = R1 + R2 + R3 + Rse + Rsi$$

$$Rt = 0,06 + 0,21 + 1,11 + 0,04 + 0,10$$

$$Rt = \mathbf{1,52(m^2 \cdot K)/W}$$

$$U4 = \frac{1}{Rt} \rightarrow U4 = \frac{1}{1,52} \rightarrow U4 = \mathbf{0,66 W/(m^2 \cdot K)}$$

Cobertura Tipo 5

Dados:

Resistencia superficial externa (Rse): 0,04

Resistência superficial interna (Rsi): 0,10

Materiais e elementos do sistema de cobertura:

- Concreto armado
Condutividade (λ): 1,75 W/m°C
Espessura: 0,10 m
- Ático não-ventilado
Espessura: 0,25 m
Resistência térmica (R_2): 0,21 (m².K)/W
- Gesso acartonado
Condutividade: 0,35 W/m°C
Espessura: 0,05 m

Calcular resistências térmicas:

Concreto armado

$$R_1 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R = \frac{0,10}{1,75} \rightarrow R_1 = \mathbf{0,06(m^2 \cdot K)/W}$$

Gesso acartonado

$$R_3 = \frac{e}{\lambda} \rightarrow R_3 = \frac{0,05}{0,35} \rightarrow R_3 = \mathbf{0,14(m^2 \cdot K)/W}$$

Calcular resistência total:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_{se} + R_{si}$$

$$R_t = 0,06 + 0,21 + 0,14 + 0,04 + 0,10$$

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

$$U_5 = \frac{1}{R_t} \rightarrow U_5 = \frac{1}{0,55} \rightarrow U_5 = \mathbf{1,82 W/(m^2 \cdot K)}$$

Calcular ponderações:

Dados:

Área da cobertura tipo 1: 47,26 m²

Área da cobertura tipo 2: 482,33 m²

Área da cobertura tipo 3: 12,04 m²

Área da cobertura tipo 4: 33,16 m²

Área da cobertura tipo 5: 73,17 m²

Área total da cobertura: 696,55 m²

$$P_{cob1} = \frac{\text{Á. cobertura 1}}{\text{Á. total}} = \frac{47,26}{696,55} = 0,07$$

$$P_{cob2} = \frac{\text{Á. cobertura 2}}{\text{Á. total}} = \frac{482,33}{696,55} = 0,69$$

$$P_{cob3} = \frac{\text{Á. cobertura 2}}{\text{Á. total}} = \frac{12,04}{696,55} = 0,02$$

$$P_{cob4} = \frac{\text{Á. cobertura 2}}{\text{Á. total}} = \frac{33,16}{696,55} = 0,05$$

$$P_{cob5} = \frac{\text{Á. cobertura 2}}{\text{Á. total}} = \frac{73,17}{696,55} = 0,11$$

Calcular transmitância térmica ponderada (U_{cob}) da cobertura:

$$U_{cob} = U_1 \times P_{cob1} + U_2 \times P_{cob2} + U_3 \times P_{cob3} + U_4 \times P_{cob4} + U_5 \times P_{cob5}$$

$$U_{cob} = 0,60 \times 0,07 + 0,63 \times 0,69 + 5,07 \times 0,02 + 0,66 \times 0,05 + 1,82 \times 0,11$$

$$U_{cob} = \mathbf{0,78W/(m^2 \cdot K)}$$

Cálculo do Índice de Consumo da Envoltória (ICenv):

Dados:

Apcob (m ²)	Área de Projeção da Cobertura	673,09
Atot (m ²)	Área Total Construída	1302,8
FA	Fator de Altura (Apcob/Atot)	0,52
Aenv (m ²)	Área de Envoltória	1565,87
Vtot (m ³)	Volume Total da Edificação	2004,554
FF	Fator de Forma (Aenv/Vtot)	0,78
Área de Fachada (m ²)	Área de Fachada	892,78
A Abertura (m ²)	Área de Abertura Envidraçada	150,63
PAFt	Percentual de Abertura na Fachada	0,17
A Fachada Oeste (m ²)	Área de Fachada Oeste	114,95
A Abertura Oeste (m ²)	Área de Abertura na Fachada Oeste	18,27
PAFo	Percentual de Abertura na Fachada Oeste	0,16
FS Transl.	Fator Solar de Superfícies Translúcidas	0,29
AHS (Graus)	Ângulo Horizontal de Sombreamento	7,17
AVS (Graus)	Ângulo Vertical de Sombreamento	3,89

Calcular o ICenv:

$$ICenv = -160,36 \cdot FA + 1277,29 \cdot FF - 19,21 \cdot PAFt + 2,95 \cdot FS - 0,36 \cdot AVS \\ - 0,16 \cdot AHS + 290,25 \cdot FF \cdot PAFt + 0,01 \cdot PAFt \cdot AVS \cdot AHS - 120,58$$

$$ICenv = -160,36 \cdot 0,52 + 1277,29 \cdot 0,78 - 19,21 \cdot 0,17 + 2,95 \cdot 0,29 - 0,36 \cdot 3,89 \\ - 0,16 \cdot 7,17 + 290,25 \cdot 0,78 \cdot 0,17 + 0,01 \cdot 0,17 \cdot 3,89 \cdot 7,17 - 120,58$$

$$ICenv = \mathbf{827,70}$$

ANEXOS

Projeto arquitetônico do edifício sede do Tribunal de Contas da União do Estado do Amapá

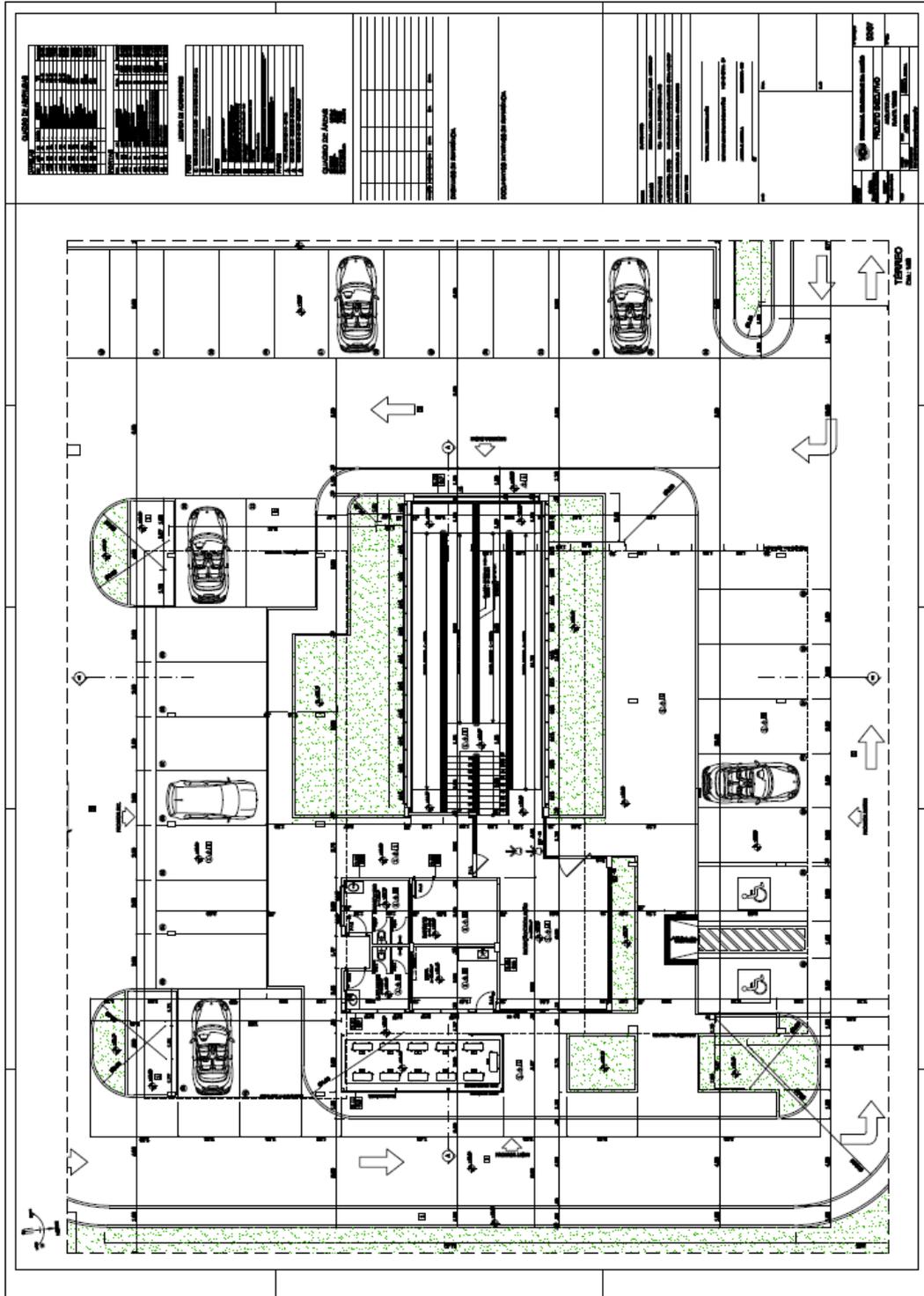


Figura 1: Planta Baixa – Pav. Térreo

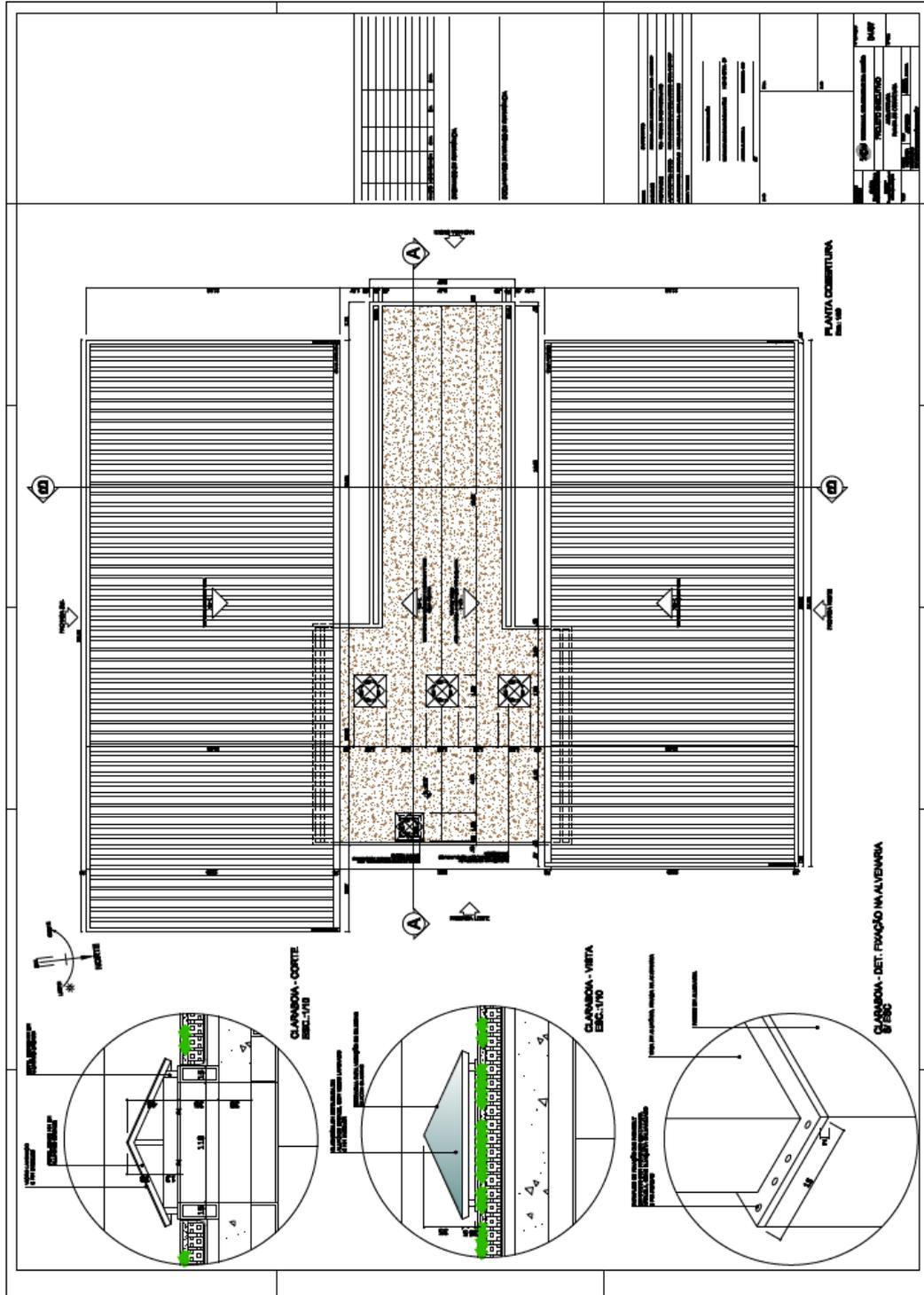


Figura 3: Planta de cobertura

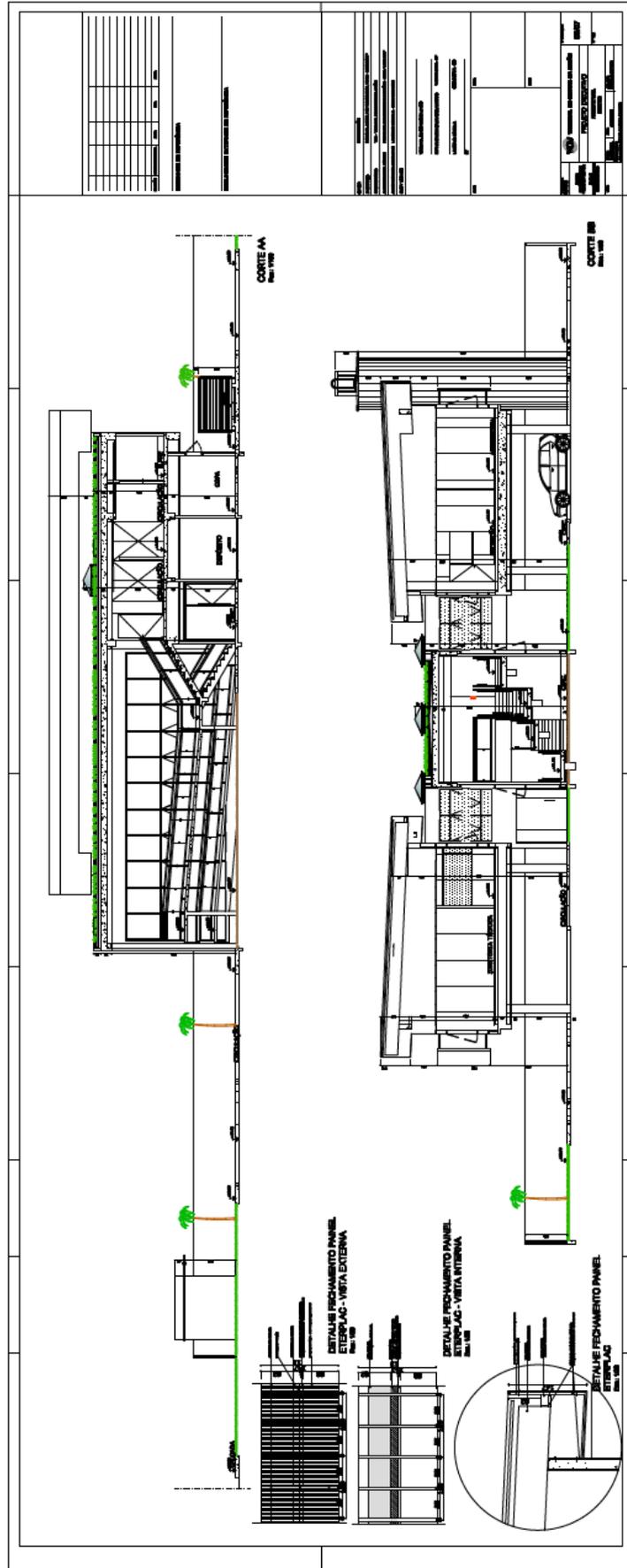


Figura 3: Cortes e detalhes.

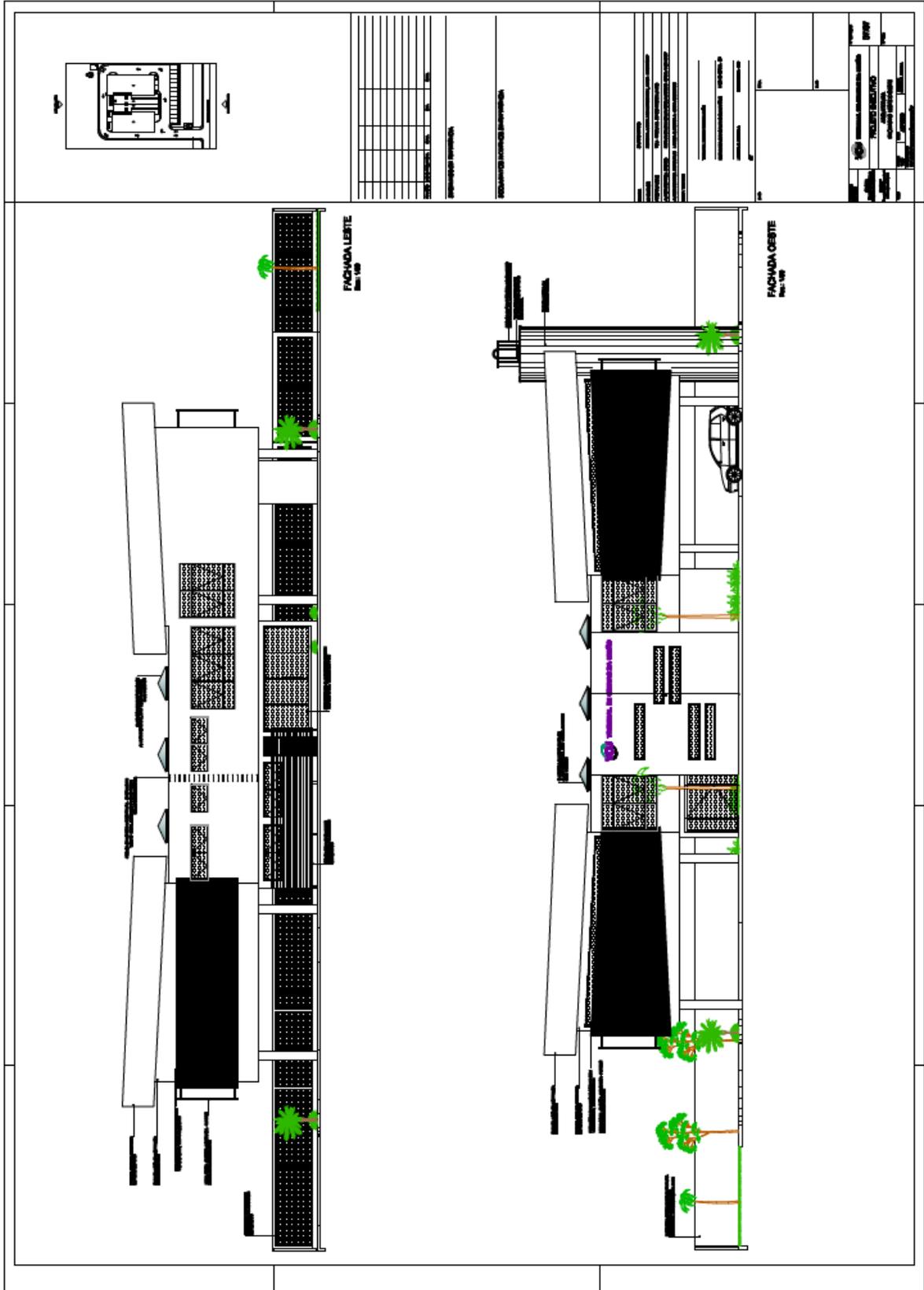


Figura 5: Fachadas Norte e Sul.