

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura
Luiz Felipe Francischetto da Rocha Ferreira

**Análise de diretrizes e implantação do RTQ-R em um projeto de edificação
residencial em Contêiner em Divinópolis Minas Gerais.**

BELO HORIZONTE
2021

Luiz Felipe Francischetto da Rocha Ferreira

Análise de diretrizes e implantação do RTQ-R em um projeto de edificação residencial em Contêiner em Divinópolis Minas Gerais.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como exigência para obtenção do título de Especialista

Orientadora: Prof. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

BELO HORIZONTE

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (31) 3409-8823

FAX (31) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO ALUNO *LUIZ FELIPE FRANCISCHETTO DA ROCHA FERREIRA*, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS

Às 16:00 horas do dia 22 de julho de 2021, reuniu-se *online*, a Comissão Examinadora composta pela Professora Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza, Orientadora-Presidente e pela Professora Mestre Grace Cristina Roel Gutierrez, designadas pela Comissão Coordenadora do Curso para avaliação da monografia intitulada “Análise de diretrizes e implantação do RTQ-R em um projeto de edificação residencial em Contêiner em Divinópolis Minas Gerais” de autoria de Luiz Felipe Francischetto da Rocha Ferreira, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que sejam encaminhados 02 (dois) exemplares para a Biblioteca da Escola de Arquitetura.

Nota: 90 ; Conceito: A

Belo Horizonte, 13 de setembro de 2021.

Professora Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza
Orientadora-Presidente

Professora Ms. Grace Cristina Roel Gutierrez

RESUMO

O objetivo desse trabalho é realizar a aplicação do método prescritivo do RTQ-R, para classificação do nível de eficiência energética de acordo Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) de projeto, em uma casa unifamiliar em container, localizada no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais, pertencente à Zona Bioclimática 3 utilizando os parâmetros e condicionantes do Regulamento (RTQ-R) para auxiliar nem definições de projeto.

SUMMARY

The objective of this work is to apply the prescriptive method of RTQ-R, to classify the level of energy efficiency according to the National Energy Conservation Label (ENCE) of the project, in a single-family house built in container, located in the municipality of Divinópolis, State of Minas Gerais, belonging to the Bioclimatic Zone 3, using the parameters and conditions of the Regulation (RTQ-R) to assist project definitions.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3. NBR 15.220 E O ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO	15
3.1. RTQ-R 2012– REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	16
3.1.1. Envoltória	18
3.1.2. Ventilação Natural	18
3.1.3. Ventilação Cruzada	18
3.1.4. Iluminação Natural	18
3.1.5. Aplicação da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais	19
3.1.6. Sistemas de Aquecimento de Água	19
3.1.7. Bonificações	20
3.2. PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES - PROJETEEE	21
3.3. CONTÊINER	22
4. ESTUDO DE CASO.....	22
4.1. LOCALIZAÇÃO E TERRENO.....	24
4.2. DIVINÓPOLIS - MINAS GERAIS	25
4.3. DADOS CLIMÁTICOS	25
4.3.1. Pluviosidade	26
4.3.2. Temperatura e Zona de Conforto.....	26
4.3.3. Rosa dos Ventos.....	27
5. METODOLOGIA.....	30
5.1. APLICAÇÃO DO RTQ-R.....	30
5.1.1. Análise da Situação Piso e Cobertura.....	30
5.1.2. Transmitância térmica da cobertura (Ucob).....	31
5.1.3. Capacidade térmica da cobertura (CTcob).....	31
5.1.4. Absortância da Cobertura (α_{cob}).....	31
5.1.5. Análise das Paredes Externas	31
5.1.6. Determinação das Características Construtivas.....	32
5.1.7. Análise da Área das Paredes Externas.....	32
5.1.8. Análise das Características Construtivas.....	33
5.1.9. Análise Área das Aberturas Externas	33
5.1.10. Análise das Características das Aberturas	34
5.1.11. Análise das Características Gerais.....	35
5.1.12. Análise de Pré Requisito de Envoltória.....	35
5.1.13. Análise de Iluminação Natural	38
5.1.14. Análise Ventilação Natural	39
5.1.15. Análise Bonificação - Referente à Iluminação Natural	40
5.1.16. Análise Bonificação 01 - Referente à Ventilação Natural	41
5.1.17. Análise Bonificação - Outras Bonificações.....	42
5.1.18. Pré Requisitos do Sistema de Aquecimento de Água.....	45
6. RESULTADOS	46

6.1. ZONA BIOCLIMÁTICA E DIRETRIZES CONSTRUTIVAS	46
6.1.1. PROJETO E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS	47
6.1.2. VENTILAÇÃO NATURAL	48
6.1.3. VENTILAÇÃO CRUZADA	49
6.1.4. VOLUMETRIA E VENTILAÇÃO CRUZADA	50
6.1.5. VENTILAÇÃO E PÁTOS INTERNOS	51
6.1.6. VENTILAÇÃO MECÂNICA AUXILIAR	52
6.1.7. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR	52
6.1.8. MÉTODO DA TEMPERATURA NEUTRA	53
6.1.9. ÂNGULOS E DIMENSIONAMENTO DAS PROTEÇÕES SOLARES POR FACHADA	56
6.2. ANÁLISE E APLICAÇÃO PLANILHA RTQ-R	58
6.2.1. Aplicação da Situação do Piso e Cobertura	58
6.2.2. Análise das características da Cobertura	59
6.2.3. Determinação das características das Paredes Externas	61
6.2.4. Determinação da Área das Paredes Externas	63
6.2.5. Aplicação Área das Aberturas Externas	63
6.2.6. Aplicação Características das Aberturas	63
6.2.7. Aplicação Características Gerais	66
6.2.8. Aplicação Pré Requisito de Envoltória	66
6.2.9. Aplicação Iluminação Natural	67
6.2.10. Aplicação Ventilação Natural	67
6.2.11. Aplicação Ventilação Cruzada e Banheiros com Ventilação Natural	67
6.2.12. Análise de Ventilação Cruzada e Banheiros com Ventilação Natural	67
6.2.13. Análise Bonificação - Referente à Ventilação Natural	71
6.2.14. Análise Bonificação - Referente à Iluminação Natural	71
6.2.15. Aplicação Bonificação - Outras Bonificações	72
6.3. PLANILHA DE CÁLCULO E RESULTADO RTQ-R	73
6.3.1. Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais	73
6.3.2. Aplicação dos Pré-Requisitos da Envoltória	74
6.3.3. Análise Pontuação após avaliar os Pré Requisitos por Ambiente	74
6.3.4. Aplicação Pontuação após avaliar os Pré-Requisitos por Ambiente	75
6.3.5. Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória e Equivalente Numérico da Envoltória	75
6.3.6. Aplicação da Pontuação após Avaliação dos Pré-Requisitos	75
6.3.7. Aplicação das Bonificações	76
6.4. SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA	78
6.4.1. Volume do Sistema de Armazenamento	78
6.4.2. Cálculo da Demanda de Energia Útil	79
6.4.3. Cálculo da radiação solar mensal incidente (EImês)	79
6.4.4. Cálculo da Variável D1	81
6.4.5. Cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores (EPMês)	82
6.4.6. Cálculo da Fração Solar Anual	82
6.4.7. Análise e Aplicação dos Pré Requisitos do Sistema de Aquecimento de Água	83
6.5. Análise da classificação Final da UH	85
7. CONCLUSÃO	86
8. ANEXOS	88

8.1. Implantação	88
8.2. Planta de Layout	89
8.3. Planta Cotada.....	90
8.4. Diagrama de Cobertura	91
8.5. Corte AA.....	92
8.6. Corte BB.....	93
8.7. Fachada Norte.....	94
8.8. Fachada Sul	95
8.9. Fachada Leste	96
8.10. Fachada Oeste.....	97
8.11. Quadro de Esquadrias.....	98
9. REFERÊNCIAS	101

LISTA FIGURAS

Figura 1: Participação setorial no consumo de eletricidade.....	13
Figura 2: Zoneamento bioclimático de Divinópolis.	15
Figura 3: Estratégias para o zoneamento bioclimático de Divinópolis.....	16
Figura 4: Aplicação da Envoltória e dos Pré Requisitos dos Ambientes	19
Figura 5: Terreno.....	25
Figura 6: Pluviosidade (mm) – Belo Horizonte	26
Figura 7: Temperatura e Zona de Conforto para Belo Horizonte	27
Figura 8: Gráfico de Rosa dos Ventos para todo o ano – Belo Horizonte	28
Figura 9: Gráfico de Rosa dos Ventos (Dia) – Belo Horizonte.....	29
Figura 10: Gráfico de Rosa dos Ventos (Noite) – Belo Horizonte.....	29
Figura 11: Situação do Piso e Cobertura.....	30
Figura 12: Tabela RTQ-R - Paredes Externas	31
Figura 13: Tabela RTQ-R – Área de Paredes Externas do Ambiente	32
Figura 14: Tabela RTQ-R - Características Construtivas.....	33
Figura 15: Tabela RTQ-R - Área de Aberturas Externas	33
Figura 16: Tabela RTQ-R - Características das Aberturas	34
Figura 17: Tabela RTQ-R - Características Gerais.....	35
Figura 18: Tabela RTQ-R - Pré Requisitos Paredes Externas e Coberturas.....	35
Figura 19: Absortância para Radiação Solar.....	36
Figura 20: Absortância para Radiação Solar.....	37
Figura 21: Tabela RTQ-R - Pré Requisitos Iluminação Natural	38
Figura 22: Tabela RTQ-R - Pré Requisitos Ventilação Natural	39
Figura 23: Tabela RTQ-R - Bonificação Iluminação Natural	40
Figura 24: Tabela RTQ-R - Bonificação Ventilação Natural	42
Figura 25: Tabela RTQ-R - Outras Bonificações.....	42
Figura 26: Tabela RTQ-R - Fração Solar Anual.....	45
Figura 27: Condições de Conforto	48
Figura 29: Pátio Interno	52
Figura 30: Temperaturas de referência.....	54
Figura 31: Escala de cores para plotagem na curva horária.....	55
Figura 32: Temperatura neutra e curva horária	56
Figura 33: Ângulos Beta - Barreira Solares Verticais	56
Figura 34: Ângulos Alfa - Barreira Solares Horizontais.....	57
Figura 35: Ângulos Gama - Limitações das Proteções	57
Figura 36: Tabela RTQ-R – Cobertura.....	59
Figura 37: Detalhe Cobertura.....	60
Figura 38: Propriedades da Cobertura	60
Figura 39: Detalhe Parede Externa	61
Figura 40: Propriedades Paredes Externa	62
Figura 41: P1 Porta de Correr (2 Folhas).....	64
Figura 42: J1 MAXIN-Ar 90°	64
Figura 43: J2 Cortina de Vidro.....	64
Figura 44: Exemplo Veneziana Externa Madeira.....	65
Figura 45: Tabela INMETRO - Coletor Solar.....	70
Figura 46: Tabela INMETRO - Reservatório Térmico	70
Figura 47: Análise da Envoltória e dos Pré Requisitos dos Ambientes	73

Figura 48: Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória	74
Figura 49: Análise da Pontuação após Avaliar os Pré-Requisitos por Ambiente	74
Figura 50: Aplicação da Pontuação após Avaliar os Pré-Requisitos por Ambiente	75
Figura 51: Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória e Equivalente Numérico da Envoltória	75
Figura 52: Resultado da Pontuação após Avaliar Todos os Pré-Requisitos	75
Figura 53: Aplicação das Bonificações de Ventilação Natural	76
Figura 54: Aplicação das Bonificações de Iluminação Natural	76
Figura 55: Aplicação das Outras Bonificações	77
Figura 56: Pontuação Final das Bonificações	77
Figura 57: Volume do Sistema de Armazenamento	78
Figura 58: Cálculo da Demanda de Energia Útil	79
Figura 59: Cálculo da Radiação Solar Mensal Incidente (EImês)	79
Figura 60: Cálculo da Energia Absorvida pelo Coletor	80
Figura 61: Cálculo da Variável D1	81
Figura 62: Cálculo Coeficiente Global de Perdas do Coletor	82
Figura 63: Cálculo da Fração Solar Anual	82
Figura 64: Análise e Aplicação dos Pré Requisitos do Sistema de Aquecimento de Água	83
Figura 65: Análise e Aplicação do Sistema de Aquecimento Solar	84
Figura 66: Pontuação Final de Aquecimento de Água	84
Figura 67: Pontuação Total da UH	85
Figura 68: Classificação Final e Pontuação Total da UH	85

LISTA TABELAS

Tabela 1 - Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida	18
Tabela 2 - Orientação e Inclinação Coletores Solares.....	20
Tabela 3- Classificação da Eficiência do Sistema de Aquecimento Solar	20
Tabela 4 - Bonificações e Pontuação	21
Tabela 5 - Dimensões Contêiner High Cube (HC) 40”	23
Tabela 6- Dimensões Contêiner High Cube (HC) 20”.....	23
Tabela 7- Revestimentos e Serviços realizados no Contêiner.....	23
Tabela 8- Localização e Coordenadas do Terreno	24
Tabela 9 Frequência e direção dos ventos dominantes - Belo Horizonte	28
Tabela 10: Aplicação Cobertura	32
Tabela 11: Pré Requisitos de Absortância solar, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para a Zona Bioclimática 03	36
Tabela 12: Percentual de Abertura para Ventilação em relação à área de piso (A).....	38
Tabela 13: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente	39
Tabela 14: Bonificação de Ventilação Natural, Requisitos e Pontuação.....	41
Tabela 15: Bonificação de Ventilação Natural, Requisitos e Pontuação.....	41
Tabela 16: Bonificação Uso Racional de Água.....	43
Tabela 17: Bonificação de Iluminação Artificial	44
Tabela 18: Bonificação de Ventiladores de Teto Instalados	44
Tabela 19: Bonificação de Refrigeradores	44
Tabela 20: Classificação da Eficiência do Sistema de Aquecimento Solar	45
Tabela 21: Diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 03.....	46
Tabela 22: Área (%) relação aberturas e área de piso	46
Tabela 23: Vedações Externas e Características para ZB3.....	46
Tabela 24: Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo.....	47
Tabela 25: Estratégias de ventilação cruzada.....	49
Tabela 26: Estratégias de ventilação cruzada.....	49
Tabela 27: Estratégias de formato da planta para ventilação cruzada.....	51
Tabela 28: Estratégias de dimensionamento pátios internos.....	51
Tabela 29: Valores de ajuste da curva horária de temperatura	55
Tabela 30: Cálculos (Tx-Tn)	55
Tabela 31: Resumo Ângulos Limites Mínimos de Proteção Solar	58
Tabela 32: Resumo Ângulos de Proteção Solar	58
Tabela 33: Aplicação Situação Piso e Cobertura.....	59
Tabela 34: Componentes e Espessuras da Cobertura.....	60
Tabela 35: Propriedades e Características da Cobertura.....	60
Tabela 36: Dados para a Cobertura	61
Tabela 37: Aplicação Paredes Externas.....	62
Tabela 38: Componentes e espessuras das paredes externas	62
Tabela 39: Propriedades e características das paredes externas.....	62
Tabela 40: Aplicação Área das Paredes Externas	63
Tabela 41: Aplicação Área das Aberturas Externas	63
Tabela 42: Características das Esquadrias.....	65
Tabela 43: Porcentagem de Abertura Ventilação Natural.....	65
Tabela 44: Aplicação Características das Aberturas.....	66

Tabela 45: Características Gerais	66
Tabela 46: Pré Requisitos de Absortância solar, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para a Zona Bioclimática 03	66
Tabela 47: Aplicação- Percentual de Abertura para Iluminação Natural em relação área de piso (A) ..	67
Tabela 48: Aplicação- Percentual de Abertura para Ventilação Natural em relação área de piso (A)	67
Tabela 49: Ventilação Cruzada	67
Tabela 50: RTQ-R - Pré Requisitos Ventilação Cruzada e Banheiros com Ventilação Natural	68
Tabela 51: RTQ-R - Pré Requisitos Sistema de Aquecimento de Água	69
Tabela 52: Orientação e Inclinação Coletores Solares	70
Tabela 53: Características do Coletor Solar	70
Tabela 54: Características do Reservatório Térmico	70
Tabela 55: Cálculo Porosidade Fachadas	71
Tabela 56: Cálculo Profundidade dos Ambientes	71
Tabela 57: Estratégias Economizadoras de Água	72
Tabela 58: Luminárias Selo PROCEL	72
Tabela 59: Ventiladores de Teto Selo PROCEL	72

1. INTRODUÇÃO

Setores da construção civil que produzem ou investem em obras institucionais, governamentais e do setor terciário de certa forma conseguem se autorregular em relação aos selos e certificações sustentáveis, principalmente por motivos econômicos. Já em um projeto residencial, a questão de certificações e selos pode ser mais complicada de ser inserida.

Este trabalho, portanto, busca alinhar as diretrizes e requisitos presentes no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), em conjunto com soluções arquitetônicas bioclimáticas presentes no ProjetoEEE em um projeto desenvolvido em Contêiner em Divinópolis / Minas Gerais, localizado na Zona Bioclimática 3.

Posto isso, o projeto irá se basear principalmente em soluções construtivas e tecnológicas no que diz respeito ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência dos sistemas de aquecimento da água e às possíveis bonificações presentes no RTQ-R. Além dos pontos supracitados, presentes no RTQ-R, a matriz também irá conter as soluções construtivas como Fundações, Fechamentos Verticais Exteriores, Fechamentos Verticais Interiores, Aberturas (Esquadrias e Janelas), e Coberturas adequados ao clima local para melhoria do conforto térmico e ampliação da eficiência energética da unidade habitacional.

Decisões tomadas durante a concepção e projeto do edifício, envolvendo temas como localização, orientação, especificação de materiais, equipamentos e nível de automação das operações são determinantes no consumo energético ao longo da vida útil. Decisões envolvendo esses aspectos devem permear os projetos de engenharia e arquitetura de modo a proporcionar conforto e eficiência energética. (Degani & Cardoso, 2002).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

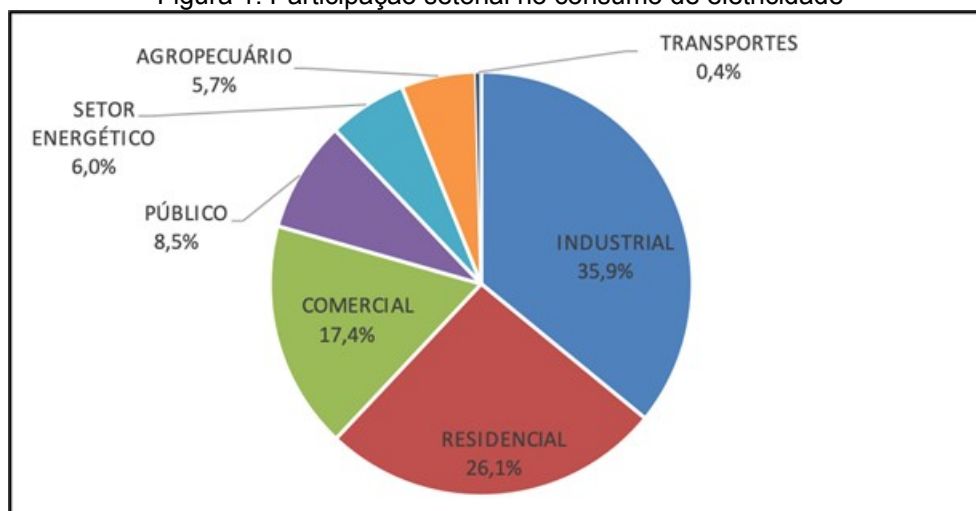
Os três temas chaves da fundamentação teórica são o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), a Norma Técnica Brasileira NBR 15.220 e Plataforma Nacional Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (ProjeteEEE).

A necessidade de adaptação do setor da construção civil aos imperativos de eficiência energética não é recente. Diversas ações estão presentes no cotidiano da indústria, como as certificações e os selos. Uma das opções para se verificar o consumo de energia elétrica, é através dos Balanços Energéticos Nacional.

O relatório consolidado do Balanço Energético Nacional – BEN documenta e divulga, anualmente, extensa pesquisa e a contabilidade relativas à oferta e consumo de energia no Brasil, contemplando as atividades de extração de recursos energéticos primários, sua conversão em formas secundárias, a importação e exportação, a distribuição e o uso final da energia (BEN, 2021).

No Brasil, o consumo energético referente às habitações é de grande participação no montante total. Segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL,2020), realizado pela empresa de pesquisa energética EPE, o setor residencial alcançou 26,10% do total consumido em nível nacional, atrás apenas do setor industrial.

Figura 1: Participação setorial no consumo de eletricidade



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2020

Para Lamberts et al. (2014, p. 17) “[...] esse valor tenderia a crescer conforme aumentasse o poder aquisitivo da população e devido a não adequação das edificações ao clima local”.

Uma frente a ser alcançada pelo setor está relacionada ao consumo de energia e sua possível mitigação através de soluções projetuais. Portanto o projeto arquitetônico apresenta um significativo potencial para diminuir o impacto ambiental, assim como para evidenciar e promover as questões da sustentabilidade na esfera da construção civil, uma vez que um projeto não adaptado ao contexto climático do lugar acarreta no uso constante de equipamentos artificiais para melhorar o conforto térmico, ampliando o consumo de energia (LAMBERTS et al., 2010, p.17).

Diferentes normativas tratam da questão bioclimática brasileira aplicadas a construção civil. A NBR 15.575 (ABNT, 2021) é uma dessas normativas e estabelece, dentre outros pontos, diretrizes relativas ao desempenho térmico de uma edificação em sua fase de projeto e também após sua construção. Além das avaliações a normativa estabelece um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas especialmente para habitações unifamiliares de interesse social

Outra normativa que será apresentada no trabalho é o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). O regulamento tem como objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações unifamiliares e multifamiliares e especificar os requisitos técnicos para a classificação quanto à eficiência energética, visa a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Inmetro.

“[...] visam estipular referências quanto ao desempenho energético das edificações avaliando estratégias de projeto quanto às propriedades termofísicas das envoltórias, ventilação e iluminação natural, sistemas de sombreamento, desempenho de aquecimento de água e equipamentos”

(SOUZA et al., 2018, p. 140).

Também estará presente na análise do projeto a plataforma nacional ProjetEEE - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Desenvolvida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em cooperação com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) executam o projeto “Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil”, também conhecido como “Projeto 3E” (Eficiência Energética em Edificações). O ProjetEEE é uma plataforma pública que visa o suporte didático a profissionais da construção civil para que os mesmos possam integrar a seus projetos conceitos e diretrizes de eficiência energética, possibilitando a redução da demanda energética e também o conforto dos usuários no interior das edificações.

3. NBR 15.220 E O ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

O zoneamento bioclimática brasileiro definido pela NBR 15.220 (ABNT, 2005) divide o território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima.

Embora a norma seja direcionada para habitações de interesse social, O zoneamento bioclimático é considerado válido para demais projetos. O zoneamento bioclimático da cidade de Divinópolis pode ser visto na Figura 2.

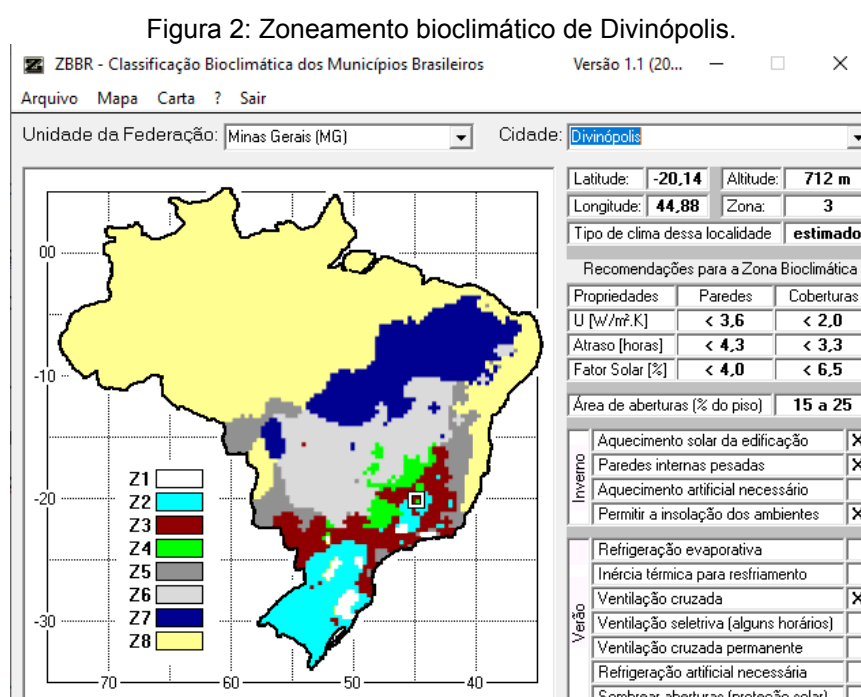


Figura 3: Estratégias para o zoneamento bioclimático de Divinópolis.

6.3 Diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3

Na zona bioclimática 3 (ver figuras 6 e 7) devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 7, 8 e 9.

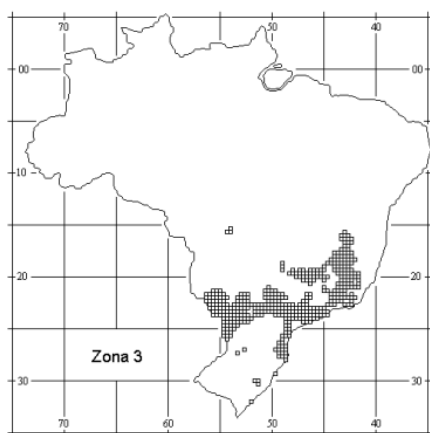


Figura 6 - Zona Bioclimática 3

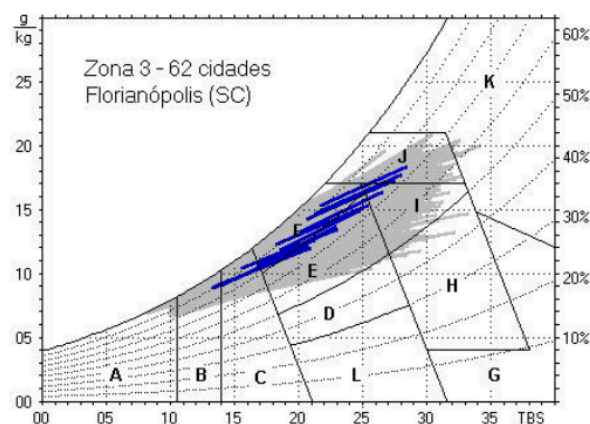


Figura 7 - Carta Bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Florianópolis, SC

Tabela 7 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Tabela 8 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Tabela 9 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota:	Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).

Fonte: NBR 15.220 (ABNT, 2005)

3.1. RTQ-R 2012– REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

O Regulamento Técnico da Qualidade para edifícios Residenciais (RTQ-R) tem como objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares (BRASIL, 2012).

O RTQ-R propõe avaliações do desempenho térmico e/ou da eficiência energética, com diferentes parâmetros e diferentes abordagens para a classificação do nível de desempenho.

O mesmo foi elaborado tendo em vista a criação de um referencial brasileiro para promover eficiência energética nesse tipo de edificações, por meio de um consenso entre o Procel Edifica, da Eletrobrás, e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), do Inmetro. (SILVA; GHISI, 2014)

O regulamento especifica a classificação do nível de eficiência para edificações residenciais conforme as descrições: Unidade Habitacional Autônomas, Edificações Unifamiliares, Edificações Multifamiliares e Áreas de Uso Comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais. O projeto em questão se encaixa como uma unidade habitacional autônoma e os requisitos a serem avaliados são relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência dos sistemas de aquecimento da água e bonificações.

Unidade Habitacional Autônoma: avaliam-se os requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência dos sistemas de aquecimento de água e a eventuais bonificações (INMETRO, 2012).

A classificação do nível de eficiência de unidades habitacionais autônomas é o resultado da seguinte equação e de acordo com a região geográfica na qual a edificação se localiza.

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações$$

Equação 1 - Pontuação total do nível de eficiência da Unidade Habitacional Autônoma Fonte: EPE, 2020

Onde:

PT_{UH}: pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

a: coeficiente adotado de acordo com a região geográfica da edificação;

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente;

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

Em relação a pontuação final obtida o nível de eficiência será de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 1 - Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida

PONTUAÇÃO (PT)	NÍVEL DE EFICIÊNCIA
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT \leq 1,5$	E

Fonte: RTQ-R- 2012

3.1.1. Envoltória

A classificação da envoltória é realizada através dos indicadores de consumo relativo para aquecimento e refrigeração e também do seu indicador de graus hora para resfriamento, todos obtidos através de equações que consideram as propriedades físicas e térmicas dos materiais utilizados na envoltória.

3.1.2. Ventilação Natural

Ventilar naturalmente os ambientes é a estratégia passiva mais importante para o Brasil de acordo com a NBR 15220 (ABNT,2005). Quando utilizada de forma correta, a ventilação natural, contribui para o conforto dos usuários, a salubridade dos ambientes, a renovação do ar interno e principalmente a redução no consumo energético ao diminuir o uso de estratégias mecanismos de condicionamento artificial.

3.1.3. Ventilação Cruzada

A ventilação natural cruzada consiste na troca de ar dos ambientes realizada através de aberturas dispostas em paredes opostas ou adjacentes nos ambientes, permitindo a entrada e saída do ar. Esse sistema permite trocas constantes do ar dentro do edifício, renovando-o e ainda, diminuindo consideravelmente a temperatura interna.

3.1.4. Iluminação Natural

A importância de se considerar o acesso e a qualidade da iluminação natural vai muito além da economia gerada pela redução no consumo de energia elétrica com iluminação artificial. Fatores como qualidade vida e questões de saúde também envolvem o correto uso da luz natural nos projetos.

Chama-se natural à iluminação que se obtém com a luz proveniente do sol e é representada quer pelos raios solares diretos, quer pelos raios indiretos da mesma proveniência, mas retransmitidos pelo céu, pelas nuvens, pela vegetação, pelos edifícios ou por outros corpos. É uma luz dita de espectro total e que apresenta a melhor resposta visual humana com a melhor reprodução de cores dentre as fontes existentes (SOUZA, 2020).

3.1.5. Aplicação da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais

Figura 4: Aplicação da Envoltória e dos Pré Requisitos dos Ambientes

Pré-requisitos por ambiente				
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas		
		Upar, CTpar e qpar atendem?	Não	
	Cobertura	Ucob, Ctcob e acob atendem?		Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	
	Iluminação Natural	Há corredor no Ambiente?		
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?		
		Área de abertura para iluminação [m ²]		
	Ventilação Natural	Ai/Auamb (%)		
		Atende 12,5%?		
		Área de abertura para ventilação		
		Av/Auamb (%)		
		Atende % mínima?		
		Tipo de abertura		
		Abertura passível de fechamento?		
	ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?			
	Atende?		Não	

Fonte: RTQ-R- 2012

3.1.6. Sistemas de Aquecimento de Água

Os critérios para avaliação da eficiência de sistemas de aquecimento de água são avaliados referentes aos sistemas que são entregues no empreendimento construído, sistemas de espera não contabilizam pontos.

Como pré requisito para os níveis A e B o projeto de instalações hidrossanitária deve comprovar:

Nas tubulações não metálicas para água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1,0cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK; As tubulações metálicas para água quente possuam isolamento térmico com espessura mínima, em centímetros (cm) determinada por tabela Quando a unidade habitacional (UH) possuir coletores solares, os mesmos deverão ser instalados conforme especificações, manual de instalação e projeto em relação a orientação e ao ângulo de inclinação. O RTQ-R aconselha as seguintes observações: Observação 01: a orientação ideal dos coletores é voltada para o Norte geográfico com desvio máximo de até 30° desta direção, quando no hemisfério sul.Observação 02: a inclinação ideal dos coletores é a da latitude local acrescida de 10° (INMETRO, 2012)

Tabela 2 - Orientação e Inclinação Coletores Solares

Orientação / Inclinação	Orientação / Graus °
Orientação dos Coletores	Norte Geográfico, desvio máximo de até 30°
Inclinação ideal dos Coletores	Latitude Local acrescida de 10°

Fonte: RTQ-R- 2012

Para obtenção dos níveis A ou B os coletores solares para aquecimento de água (aplicação: banho) devem possuir ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios devem possuir Selo Procel. O selo também recomenda utilizar na instalação do sistema de aquecimento solar empresas que fazem parte do Programa de qualificação de fornecedores de sistemas de aquecimento solar - QUALISOL BRASIL.

A classificação da eficiência do sistema de aquecimento solar é obtida na Tabela 3.

Tabela 3- Classificação da Eficiência do Sistema de Aquecimento Solar

Dimensionamento	Classificação
Equivalente à fração solar anual mínima de 70%	A
Equivalente à fração solar anual entre 60 e 69%	B
Equivalente à fração solar anual entre 50 e 59%	C
Equivalente à fração solar anual menor que 50%	D

Fonte: RTQ-R- 2012

Sistemas que apresentarem o volume de armazenamento real (volume do reservatório do projeto sob análise) entre 40 e 50 litros por metro quadrado de coletor, ou superior a 150 litros/m² de coletor, atingirão no máximo nível D (EqNum = 2). Sistemas que apresentarem o volume de armazenamento real inferior a 40 litros/m² de coletor atingirão nível E (EqNum = 1) (INMETRO, 2012).

3.1.7. Bonificações

As bonificações segundo o RTQ-R são referentes a iniciativas que aumentem a eficiência da unidade habitacional, essas iniciativas deverão ser justificadas e comprovadas. As bonificações na pontuação são independentes entre si e podem ser alcançadas parcialmente como apresentado Tabela 4.

Tabela 4 - Bonificações e Pontuação

Bonificação	Iniciativa	Pontuação
B1	Ventilação Natural	0,00 à 0,40 Pontos
B2	Iluminação Natural	0,00 à 0,30 Pontos
B3	Uso Racional da Água	0,00 à 0,20 Pontos
B4	Condicionamento Artificial de Ar	0,00 à 0,20 Pontos
B5	Iluminação Artificial	0,00 à 0,10 Pontos
B6	Ventiladores de Teto Instalados	0,00 à 0,10 Pontos
B7	Refrigeradores Instalados	0,00 à 0,10 Pontos
B8	Medição Individualizada	0,00 à 0,10 Pontos

Fonte: RTQ-R- 2012

A pontuação máxima em bonificações a ser somada na seguinte equação é de no máximo 01 Ponto.

$$Bonificações = b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6 + b7 + b8$$

Equação 2
Bonificações.
Fonte: RTQ-R-
2012

3.2. PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES - PROJETEEE

Segundo a plataforma (ProjetEEE,2021) os principais componentes necessários ao desenvolvimento do mercado de eficiência energética no Brasil são:

- A capacitação e sensibilização;
- A promoção de eficiência energética em prédios públicos;
- O mecanismo de garantia para financiamento de projetos de eficiência energética.

O ProjetEEE é uma plataforma online e gratuita para o projeto de edificações energeticamente eficientes.

Com a iniciativa de fomentar melhorias nas práticas de uso dos recursos energéticos junto à sociedade, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em cooperação com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), executa o projeto “Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil”, apelidado de Projeto 3E (Eficiência Energética em Edificações). O objetivo principal do projeto é influenciar e desenvolver o mercado de eficiência energética em edificações comerciais e públicas (PROJETEEE, 2021).

A plataforma conta com dados de caracterização climática de mais de 400 cidades brasileiras e indica para as mesmas as estratégias de projeto apropriadas a cada região. Para cada estratégia há sua caracterização e detalhamento. Além disso a plataforma disponibiliza uma variedade de componentes construtivos e ferramentas para cálculo de transmitância térmica a partir de componentes pré estabelecidos.

3.3. CONTÊINER

O contêiner é um equipamento com disseminação em larga escala e conseguiu se tornar um dos mais importantes materiais referentes ao transporte de mercadorias em todo o mundo. Porém com uma vida útil entre 10 e 15 anos também é um equipamento que tem gerado problemas no seu descarte. O volume anual de contêiner no mundo é imenso: só no porto de Roterdã, na Holanda, um dos maiores do mundo, o volume no ano de 2014 foi de 12,3 milhões de contêiner 20" e no Brasil, em 2013, foi de 8,9 milhões de contêiner 20" (PIRES, 2015).

Sendo utilizado como sistema construtivo, a adaptação de contêiner de carga para criação de moradias tem se mostrado uma solução limpa e simples, por gerar menos resíduos que os sistemas tradicionais brasileiros, além de oferecer capacidade modular, flexibilidade e praticidade na construção e na implantação no terreno (GIRIUNAS, SEZEN e DUPAIX, 2012).

Apesar de possuírem boa capacidade estrutural e resistência a chuva, a fogo e a outras intempéries, os contêiner necessitam de análises de desempenho energético de seu envelope (BUGES et al., 2014),

4. ESTUDO DE CASO

A tipologia a ser projetada compreende uma habitação unifamiliar, para um casal de moradores, de aproximadamente 120 m², com sala e cozinha conjugadas, uma suíte, um quarto e um banheiro social e uma varanda externa.

O objeto arquitetônico será construído em dois contêiner do tipo CONTÊINER HIGH CUBE (HC), 40" e 20". A escolha por esse tipo de contêiner ocorreu com o intuito de projetar a edificação de menor custo entre as opções oferecidas, por ser a opção de contêiner mais barata. A infraestrutura externa da fundação será de concreto armado nos pontos de ancoragem dos contêiner.

Tabela 5 - Dimensões Contêiner High Cube (HC) 40"

Dimensões	DRY (HC) 40'	DRY (HC) 40'
Externa	Comprimento	12,00 m
	Largura	2,45 m
	Altura	2,90 m
Interna	Comprimento	11,980 m
	Largura	2,286 m
	Altura	2,69 m

Tabela 6- Dimensões Contêiner High Cube (HC) 20"

Dimensões	DRY (HC) 20'	DRY (HC) 20'
Externa	Comprimento	06,00 m
	Largura	2,45 m
	Altura	2,90 m
Interna	Comprimento	11,98 m
	Largura	2,28 m
	Altura	2,69 m

O revestimento externo será a própria chapa metálica do contêiner, pintado na cor palha.

Tabela 7- Revestimentos e Serviços realizados no Contêiner

Acabamentos	Serviço / Material	Padrão / Demãos / Cor
Externa	Massa Plástica	Onde necessário
Externa	Primer	02 Demãos
Externa	Pintura	Pintura Sintética Anti-Corrosiva
Externa	Cor	Palha

Os revestimentos internos nas áreas secas (Sala, Suíte, Escritório) serão revestidos com Isolante Poliuretano (8cm), Placa Cimentícia (2cm) e revestida com

Painéis de OSB (2cm). Dentro da corrugação das chapas do Container existe a camada de ar de 04 cm, totalizando 16 cm de espessura total da parede.

As esquadrias serão todas com caixilho em chapa dobrada, do tipo “blindex” incolor com aplicação de película de controle solar, sendo as janelas em vidro laminado de 8mm e as portas em vidro temperado de 8mm. Os pergolados e o deck de madeira serão em madeira cumaru.

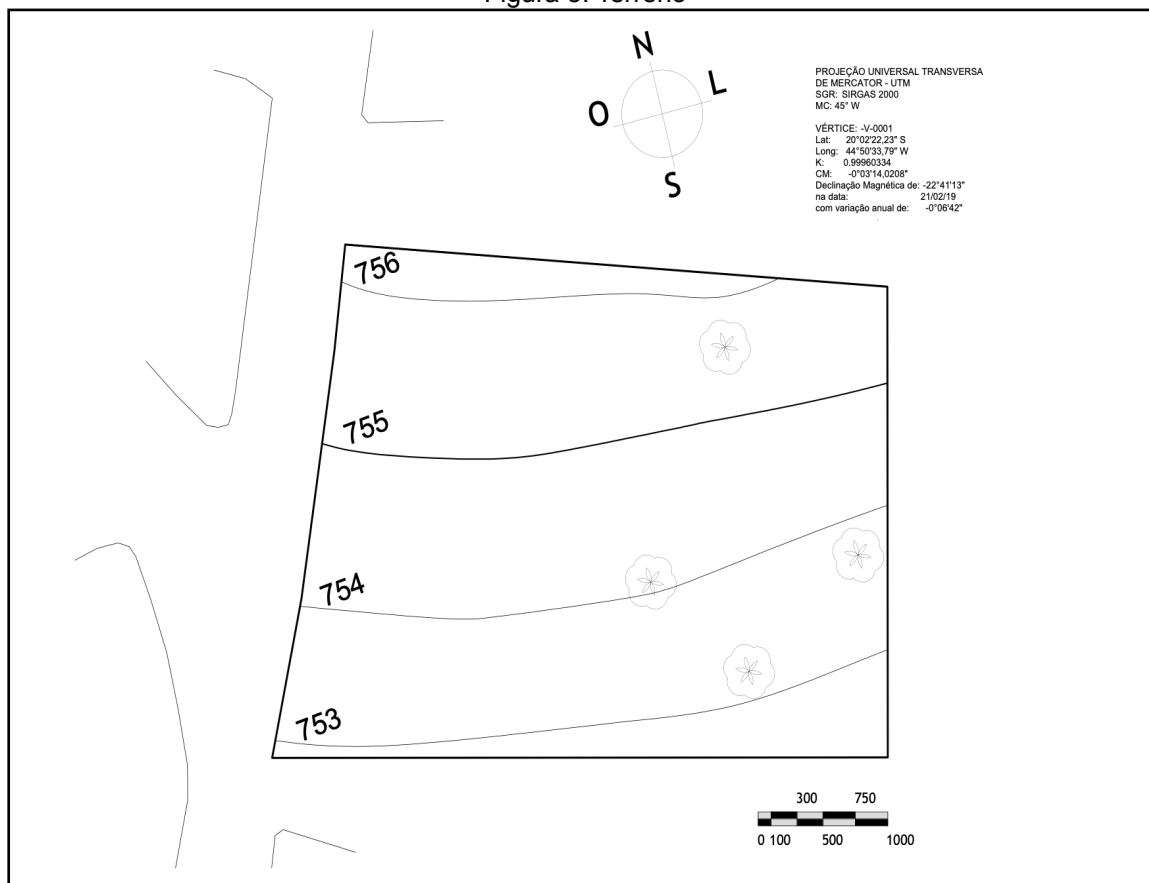
4.1. LOCALIZAÇÃO E TERRENO

O lote em questão se localiza em um loteamento particular, “Fazenda Ribeirão dos Moraes”. O loteamento dista aproximadamente 25 km do Centro de Divinópolis e se localiza na divisa entre o município de São Gonçalo do Pará e Divinópolis.

Tabela 8- Localização e Coordenadas do Terreno

	Latitude	Longitude
Coordenadas	20°02'22.23"S	44°50'33.79" W

Figura 5: Terreno



4.2. DIVINÓPOLIS - MINAS GERAIS

Divinópolis é um município polo do Oeste de Minas Gerais e também a maior cidade e a mais populosa da Mesorregião do Oeste de Minas. Se localiza próxima a região metropolitana de Belo Horizonte, distante cerca de 120 quilômetros.

O clima da cidade é classificado como tropical de altitude, com ventos dominando de sudeste e nordeste. Possui uma média pluviométrica de aproximadamente 1.400mm e uma temperatura média anual de 22°C, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

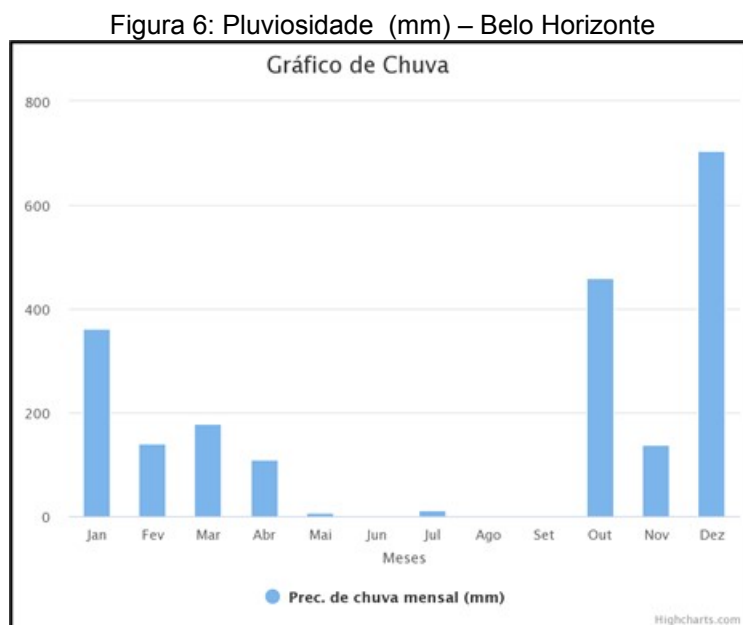
4.3. DADOS CLIMÁTICOS

A cidade de Divinópolis não possui dados Bioclimáticos, portanto foi utilizada a cidade de Belo Horizonte como referência.

4.3.1. Pluviosidade

A reutilização da água e os sistemas de captação de água pluvial são alternativas para enfrentar a carência do recurso e que serão apresentadas como soluções no projeto. O correto dimensionamento do sistema de armazenamento de água de chuva de forma correta é essencial para a implantação do sistema, já que seu tamanho influencia diretamente nos custos de implantação do sistema.

Portanto, o conhecimento e a análise da distribuição da precipitação pluviométrica e a quantidade de chuva são essenciais para o correto pré dimensionamento do sistema e também do reservatório. Já em fase projetual a área de captação, seja ela o telhado ou superfícies pavimentadas, também irá influenciar diretamente no pré dimensionamento e escolha do sistema a ser utilizado.



Fonte: PROJETEEE

4.3.2. Temperatura e Zona de Conforto

Segundo a ASHRAE 55 (2013),

conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico (ASHRAE, 2013).

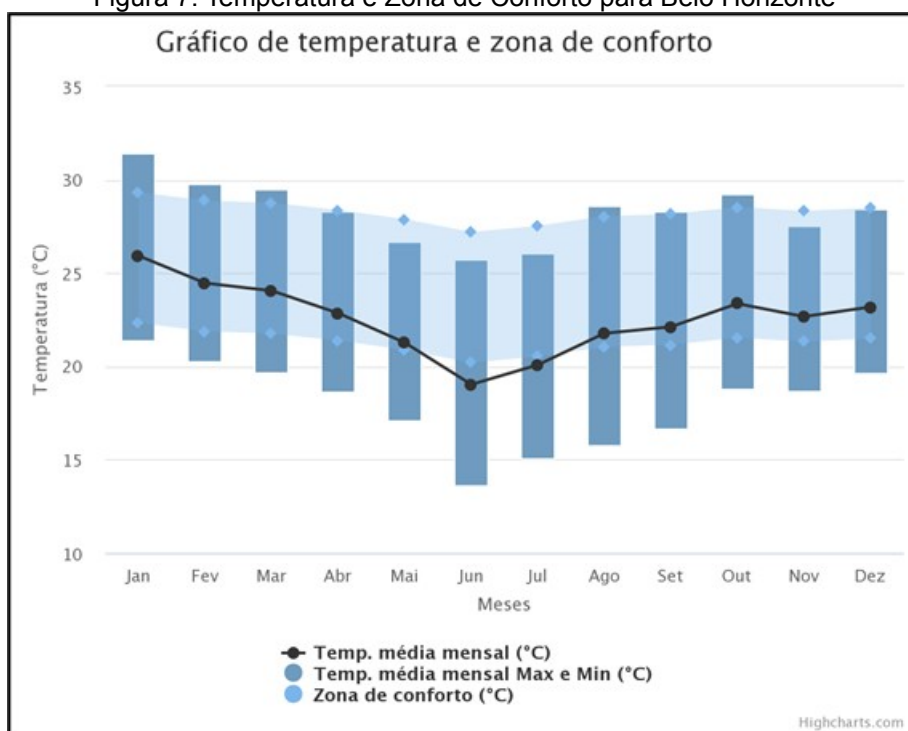
Em geral define-se a temperatura de conforto com a que provoca uma sensação térmica neutra. De acordo com Humphreys (1979) a temperatura de conforto não é uma constante, e sim varia de acordo com a estação e as temperaturas as quais as pessoas

estão acostumadas, por isso adotou-se o modelo adaptativo para delimitação da zona de conforto térmico.

Dessa forma, a abordagem adaptativa considera fatores físicos e psicológicos que interagem na percepção térmica. Givoni (1992) apresenta ainda que o ser humano é capaz de se adaptar ao ambiente no qual ele está localizado, e por conta disso, os limites da zona de conforto se adaptam, com valores maiores ou menores de acordo com a região.

O gráfico apresentado ao lado refere-se a edificações naturalmente ventiladas e com os conceitos estudados por Givoni (1992).

Figura 7: Temperatura e Zona de Conforto para Belo Horizonte



Fonte: PROJETEEE

4.3.3. Rosa dos Ventos

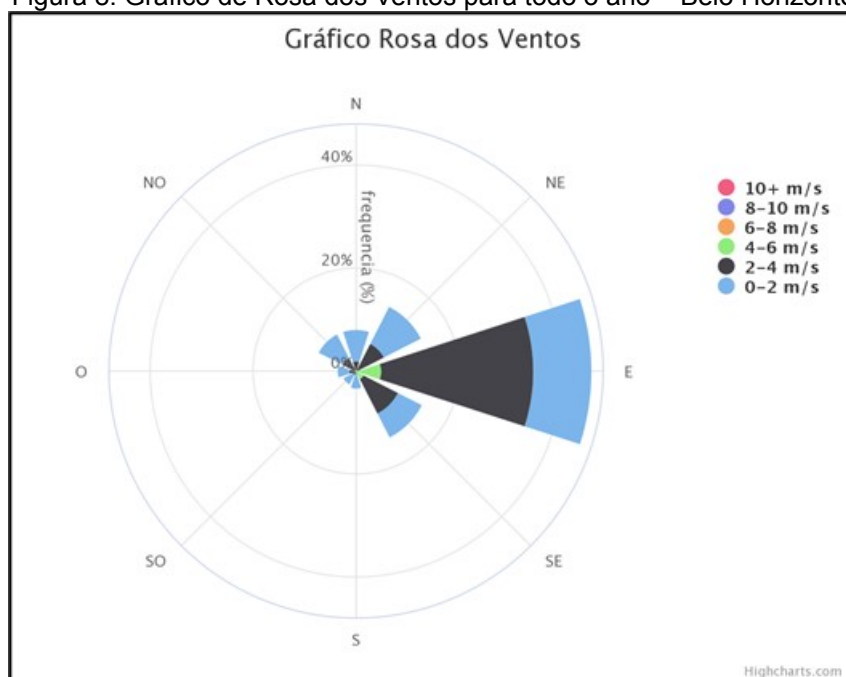
O gráfico da rosa dos ventos mostra as estatísticas sobre o vento, reunidas ao longo do tempo. Essas medições incluem velocidade do vento, direção e frequência. Estas informações são importantes medidores para estudar e prever as condições do vento em sua área.

A chuva acompanha o sentido dos ventos, por isso o projeto deve prever artificios ou elementos impeditores da penetração dela e da proteção das paredes. O uso de grandes beirais ou varandas e o posicionamento das aberturas contrárias ao sentido da chuva nos telhados são algumas opções de elementos ou artificios a serem empregados. Atenção especial também ao deslocamento natural do ar sem muita perda de energia. Obstáculos no seu caminho devem ser removidos. (PROJETEE, 2021)

Tabela 9 Frequência e direção dos ventos dominantes - Belo Horizonte

	Frequência (%)	Direção	Velocidade (m/s)
Leste	11,30% - 29,55%	Leste	0 - 2 m/s - 2 - 4 m/s
Sudeste	11,30% - 29,55%	Sudeste	0 - 2 m/s - 2 - 4 m/s
Nordeste	11,30% - 29,55%	Nordeste	0 - 2 m/s - 2 - 4 m/s

Figura 8: Gráfico de Rosa dos Ventos para todo o ano – Belo Horizonte



Fonte: PROJETEEE

Figura 9: Gráfico de Rosa dos Ventos (Dia) – Belo Horizonte

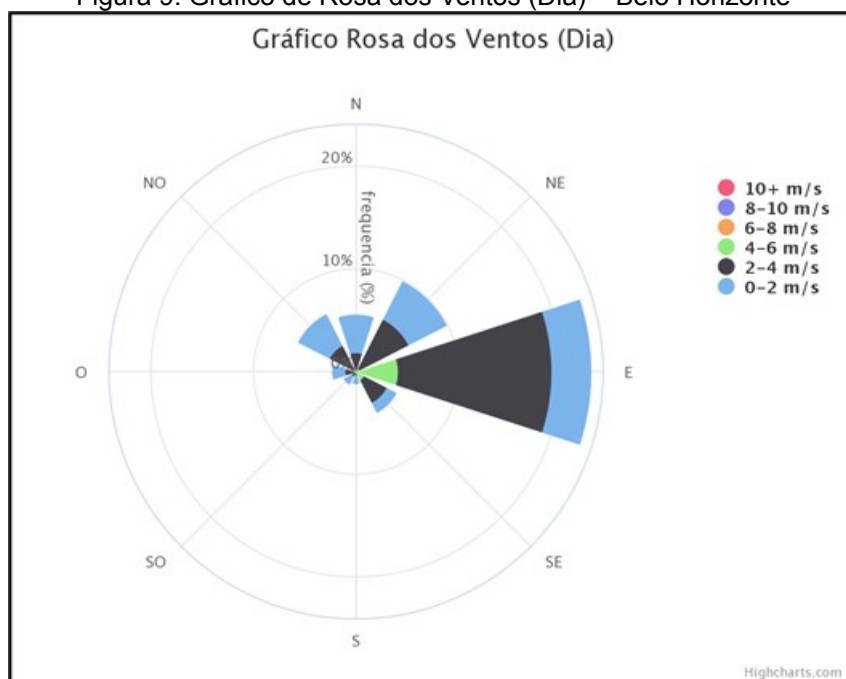
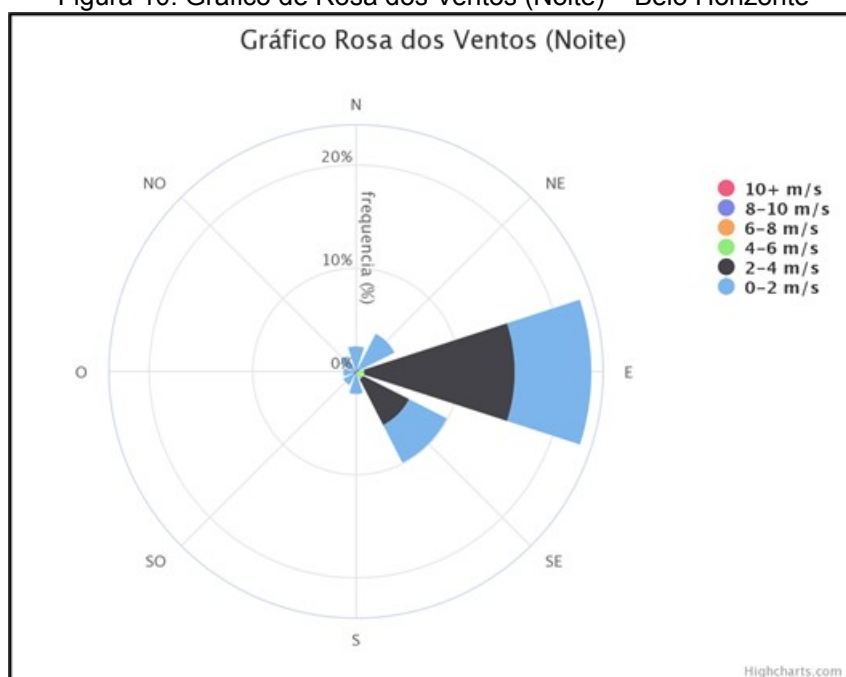


Figura 10: Gráfico de Rosa dos Ventos (Noite) – Belo Horizonte



5. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho será composta do levantamento de dados referentes aos requisitos do RTQ-R e também de estratégias bioclimáticas do ProjetoEEE. Após esse levantamento, foi confeccionado um projeto com as possíveis soluções a serem implantadas no projeto.

Etapas:

- Construção de diretrizes projetuais relacionadas ao RTQ-R;
- Construção de diretrizes projetuais para a cidade de Divinópolis

5.1. APLICAÇÃO DO RTQ-R

A aplicação do Regulamento deve ser feita seguindo as diretrizes apontadas a seguir.

5.1.1. Análise da Situação Piso e Cobertura

Figura 11: Situação do Piso e Cobertura

Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional
	Contato com solo	adimensional
	Sobre Pilotis	adimensional

Fonte: RTQ-R

Cobertura (cob)

Define se o ambiente possui superfície superior voltada para o exterior (cobertura). Se ocorrer, o valor é 1 (Um), se não ocorrer, o valor deve ser 0 (Zero).

- cob=0; para fechamento superior de 0 a 25% voltada para o exterior;
- cob=0,5; para fechamento superior de 25,1 a 75% voltada para o exterior;
- cob=1; para fechamento superior de 75,1 a 100% voltado para o exterior.

Contato com o solo (solo)

Define o contato do piso do ambiente com o solo. Se o piso estiver em contato com o solo o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (Zero).

solo=0; para ambientes com 0 a 25% da área em contato com solo;
 solo=0,5; para ambientes com 25,1 a 75% da área em contato com o solo;
 solo=1; para ambientes com 75,1 a 100% da área em contato com o solo.

Sobre pilotis (pil)

Define o contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis. Se estiver sobre pilotis o valor deve ser 1 (Um), se não estiver, o valor deve ser 0 (Zero).

pil=0; para ambientes com 0 a 25% da área sobre pilotis;
 pil=0,5; para ambientes com 25,1 a 75% da área sobre pilotis;
 pil=1; para ambientes com 75,1 a 100% da área sobre pilotis.

5.1.2. Transmitância térmica da cobertura (U_{cob})

Deve ser calculada considerando todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente. Se a cobertura do ambiente não estiver voltada para o exterior o valor deve ser 0 (Zero).

5.1.3. Capacidade térmica da cobertura (CT_{cob})

Deve ser calculada considerando todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente. Se a cobertura não estiver voltada para o exterior o valor deve ser 1 (Um).

5.1.4. Absortância da Cobertura (α_{cob})

Absortância da superfície externa da cobertura. O valor deve situar-se entre 0,10 e 0,90 ou 0 quando a cobertura do ambiente não estiver voltado para o exterior.

5.1.5. Análise das Paredes Externas

Figura 12: Tabela RTQ-R - Paredes Externas

Paredes Externas	U_{par}	W/m².K
	CT_{par}	kJ/m².K
	α_{par}	adimensional

Fonte: RTQ-R

Transmitância térmica das paredes externas (U_{par})

Deve ser calculada considerando todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente.

Capacidade térmica das paredes externas (CT_{par})

Média ponderada da CT das paredes internas e externas dos ambientes pelas respectivas áreas.

Absortância das paredes externas (α_{par})

Absortância da superfície externa da parede. O valor deve situar-se entre 0,10 e 0,90 ou 0 quando a cobertura do ambiente não estiver voltado para o exterior.

5.1.6. Determinação das Características Construtivas

Tabela 10: Aplicação Cobertura

Características Construtivas	CT_{alta}	CT_{baixa}
	0	1

5.1.7. Análise da Área das Paredes Externas

Figura 13: Tabela RTQ-R – Área de Paredes Externas do Ambiente

Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m^2
	SUL	m^2
	LESTE	m^2
	OESTE	m^2

Fonte: RTQ-R

Área de Parede Externa do Ambiente (AP_{amb})

Parcela referente aos limites internos do ambiente em contato com o exterior, excluindo as aberturas (M^2).

P_{ambL} (m^2): Área de Parede Externa do Ambiente Voltada para o Leste;

AP_{ambN} (m^2): Área de Parede Externa do Ambiente Voltada para o Norte;

AP_{ambO} (m^2): Área de Parede Externa do Ambiente Voltada para o Oeste;

AP_{ambS} (m^2): Área de Parede Externa do Ambiente Voltada para o Sul.

5.1.8. Análise das Características Construtivas

Figura 14: Tabela RTQ-R - Características Construtivas

Característica construtiva	CTbaixa	binário
	CTalta	binário

Fonte: RTQ-R

Capacidade Térmica Alta (CTalta)

Segundo o RTQ-R, variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica alta, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas.

CTalta=1, Ambientes com capacidade térmica $> 250 \text{ Kj/m K}$

CTalta=0, Ambientes com capacidade térmica $< 250 \text{ Kj/m K}$

Capacidade Térmica Baixa (CTbaixa)

Segundo o RTQ-R, variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica baixa, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. Para este RTQ é considerada capacidade térmica baixa valores abaixo de 50 kJ/m K . Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica baixa o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

CTbaixa=1, Ambientes com capacidade térmica $< 50 \text{ Kj/m K}$

CTbaixa=0, Ambientes com capacidade térmica $> 50 \text{ Kj/m K}$

5.1.9. Análise Área das Aberturas Externas

Figura 15: Tabela RTQ-R - Área de Aberturas Externas

Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m^2
	SUL	m^2
	LESTE	m^2
	OESTE	m^2

Fonte: RTQ-R

Área da abertura livre de obstrução por elementos fixos de sombreamento que sejam paralelos ao plano de aberturas. É caracterizada pelo vão na parede antes de ser colocada a esquadria.

AA_{BN} (m): Área de Abertura, desconsiderando caixilhos, Fachada Norte;

AA_{BS} (m): Área de Abertura, desconsiderando caixilhos, Fachada Sul;

AA_{BL} (m): Área de Abertura, desconsiderando caixilhos, Fachada Leste;

AA_{BO} (m): Área de Abertura, desconsiderando caixilhos, Fachada Oeste;

5.1.10. Análise das Características das Aberturas

Figura 16: Tabela RTQ-R - Características das Aberturas

Características das Aberturas	F_{vent}	adimensional
	Somb	adimensional

Fonte: RTQ-R

Dispositivos de Proteção Solar (somb)

Essa é a variável que define a presença de proteção solar externa às aberturas.

- $somb=0$ (zero), quando não houver dispositivos de proteção solar;
- $somb=1$ (um), quando houver venezianas que cubram 100% da abertura quando fechada;
- $0 < somb \leq 0,5$ (de zero a zero vírgula cinco), para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, o percentual de sombreamento deve ser calculado de acordo como método proposto no Anexo I;
- $somb = 0,2$ (zero vírgula dois) para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, desde que os ângulos de sombreamento α e γ atendam a os limites de ângulo mínimos para Norte, Sul, Leste e Oeste estabelecidos pelas seguintes equações:

Limite para α ou γ Norte = $23,5^\circ - \text{Latitude}$

Limite para α ou γ Sul = $23,5^\circ + \text{Latitude}$

Limite para α ou γ Leste e Oeste = 45°

Fator de Abertura para Ventilação (F_{vent})

O Fator das Aberturas para Ventilação (F_{vent}) é o percentual que as aberturas possuem, efetivamente, para ventilação.

- $F_{vent} = 1$, se a abertura para ventilação for igual a do vão;
- $F_{vent} = 0,5$, se abertura para ventilação for 50% a do vão;
- $F_{vent} = 0$, se estiver totalmente obstruída

5.1.11. Análise das Características Gerais

Figura 17: Tabela RTQ-R - Características Gerais

Características Gerais	Área das Paredes Internas	m^2
	Pé Direito	m
	C altura	adimensional

Fonte: RTQ-R

Área das Paredes Internas (A_{parInt})

Área das paredes internas do ambiente, excluindo as aberturas (M^2).

Pé Direito

Altura livre medida do piso até a cobertura interna do ambiente.

Coefficiente de Altura (C_{altura})

Razão entre o pé direito e a área útil do ambiente.

5.1.12. Análise de Pré Requisito de Envoltória

Figura 18: Tabela RTQ-R - Pré Requisitos Paredes Externas e Coberturas

Paredes externas	CT paredes externas
	U _{par} , CT _{par} e α_{par} atendem?
Cobertura	U _{cob} , CT _{cob} e α_{cob} atendem?

Fonte: RTQ-R

Os pré requisitos de absorvência térmica solar, transmitância térmica e capacidade térmica das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada devem ser atendidos de acordo com a zona bioclimática em que a edificação se localiza, conforme tabela abaixo. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível "C" nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente.

Tabela 11: Pré Requisitos de Absortância solar, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para a Zona Bioclimática 03

Zona Bioclimática	Componente	Absortância Solar (adimensional)	Transmitância Térmica - U W/m ² . K	Capacidade Térmica [W/(m ² K)]
ZB3	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
ZB3	Parede	$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
ZB3	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem Exigência
ZB3	Cobertura	$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem Exigência

Fonte: RTQ-R

Absortância Solar: Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. A NBR 15220-2 (ABNT, 2005) o Anexo B apresenta uma lista das absortâncias por tipo de superfície e o Anexo 5, do RTQ-R, lista as absortâncias de acordo com algumas cores e tipos de tintas encontradas no mercado. Símbolo: α .

Figura 19: Absortância para Radiação Solar

Tipo de Superfície	α
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15
Concreto aparente	0,65 / 0,80
Telha de barro	0,75 / 0,80
Tijolo aparente	0,65 / 0,80
Reboco claro	0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25
Vidro colorido	0,40 / 0,80
Vidro metalizado	0,35 / 0,80
Pintura:	
Branca	0,20
Amarela	0,30
Verde clara	0,40
"Alumínio"	0,40
Verde escura	0,70
Vermelha	0,74
Preta	0,97

Fonte: Anexo V do RTQ-R

Figura 20: Absortância para Radiação Solar

Tipo	Número	Cor	Nome	α	Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrilica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4	Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	02		Amarelo Terra	64,3		41		Erva doce	21,9
	03		Areia	44,9		42		Flamingo	46,8
	04		Azul	73,3		43		Laranja	39,9
	05		Azul Imperial	66,9		44		Marfim	29,7
	06		Branco	15,8		45		Palha	28,5
	07		Branco Gelo	37,2		46		Pérola	25,7
	08		Camurça	57,4		47		Pêssego	39,5
	09		Concreto	74,5		48		Alecrim	64,0
	10		Flamingo	49,5		49		Azul bali	48,9
	11		Jade	52,3		50		Branco Neve	10,2
	12		Marfim	33,6		51		Branco Gelo	29,7
	13		Palha	36,7		52		Camurça	55,8
	14		Pérola	33,0		53		Concreto	71,5
	15		Pêssego	42,8		54		Marfim	26,7
	16		Tabaco	78,1		55		Marrocos	54,7
	17		Terracota	64,6		56		Mel	41,8
Acrilica Semi-brilho	18		Amarelo Antigo	49,7	57		Palha	27,2	
	19		Amarelo Terra	68,6	58		Pérola	22,1	
	20		Azul	79,9	59		Pêssego	35,0	
	21		Branco Gelo	36,2	60		Telha	70,8	
	22		Cinza	86,4	61		Vanila	23,9	
	23		Cinza BR	61,1	62		Amarelo Canário	25,2	
	24		Crepúsculo	66,0	63		Areia	35,7	
	25		Flamingo	47,3	64		Azul Profundo	76,0	
	26		Marfim	33,9	65		Branco Neve	16,2	
	27		Palha	39,6	66		Branco Gelo	28,1	
	28		Pérola	33,9	67		Camurça	53,2	
	29		Preto	97,1	68		Cerâmica	65,3	
	30		Telha	69,6	69		Concreto	71,6	
	31		Terracota	68,4	70		Flamingo	44,4	
	32		Verde Quadra	75,5	71		Marfim	24,5	
	33		Vermelho	64,2	72		Palha	26,4	
	Látex PVA Fosca	34		Amarelo Canário	29,3	73		Pérola	22,9
35			Amarelo Terra	61,4	74		Pêssego	29,8	
36			Areia	39,0	75		Preto	97,4	
37			Azul angra	32,3	76		Vanila	27,7	
38			Bianco Sereno	26,6	77		Verde Musgo	79,8	
39			Branco	11,1	78		Vermelho Cardinal	63,3	

* As imagens das cores aqui apresentadas podem não representar com exatidão a cor da tinta quando aplicada sobre as superfícies construtivas.
* α : 300 a 2500 nm (Espectro solar total).

Fonte: DORNELLES, 2008

Transmitância Térmica: Se dividirmos 1 m² de nossa envoltória pela diferença de temperatura entre suas faces, obteremos um valor que corresponde à transmitância térmica, também chamado de Valor U. Esse valor permite conhecer o nível de isolamento térmico em relação à percentagem de energia que atravessa a envoltória; se o número resultante for baixo, teremos uma superfície bem isolada. Ao contrário, um número alto nos alertará sobre uma superfície termicamente deficiente. Símbolo: U (ARCHDAILY, 2021)

Capacidade Térmica: é a grandeza física que determina a relação entre a quantidade de calor fornecida a um corpo e a variação de temperatura observada neste.

Matematicamente, essa grandeza é fruto da razão entre a quantidade de calor e a variação de temperatura sofrida por um objeto qualquer:

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. "O que é capacidade térmica?"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-capacidade-termica.htm>. Acesso em 12 de jan. de 2021.

5.1.13. Análise de Iluminação Natural

Figura 21: Tabela RTQ-R - Pré Requisitos Iluminação Natural

Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]
	Ai/Auamb (%)
	Atende 12,5%?

Fonte: RTQ-R 2012

Os pré-requisitos relativos à iluminação natural referentes aos ambientes de permanência prolongada acordam que a iluminação deve ser garantida através de uma ou mais aberturas para o exterior e que a soma das áreas deve corresponder a no mínimo de 12,5% da área útil do ambiente. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível "C" nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento, para aquecimento e para refrigeração.

Tabela 12: Percentual de Abertura para Ventilação em relação à área de piso (A)

Ambiente	Percentual de Abertura para Iluminação Natural em relação à área de piso (A)
Ambientes de Permanência Prolongada (ZB3)	A ≥ 12,5%

Fonte: RTQ-R 2012

Considerações sobre o percentual de áreas mínimas para iluminação natural:

- A Tabela de Desconto das Esquadrias (Anexo II) pode ser utilizada para a determinação da área de abertura para iluminação natural. No caso de esquadrias não contempladas no Anexo II, deve-se calcular a área efetiva de abertura para iluminação, desconsiderando os caixilhos;
- Para dormitórios com área superior a 15,00 m², o pré-requisito deve ser atendido para 15,00 m². A área restante não precisa ser contabilizada para o pré-requisito;
- A área de corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo a algum ambiente de permanência prolongada.

INMETRO, 2012.

5.1.14. Análise Ventilação Natural

Figura 22: Tabela RTQ-R - Pré Requisitos Ventilação Natural

Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação
	A_v/A_{uamb} (%)
	Atende % mínima?
	Tipo de abertura
	Abertura passível de fechamento?
	ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?
	Atende?

Fonte: RTQ-R 2012

Os pré requisitos relativos a ventilação natural, combinam o percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação e a existência de ventilação cruzada.

Ambientes de permanência prolongada devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação conforme tabela abaixo. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível "C" nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento.

Tabela 13: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

Ambiente	Percentual de Abertura para Ventilação em relação à área de piso (A)
Ambientes de Permanência Prolongada (ZB3)	$A \geq 8\%$

Fonte: RTQ-R 2012

O percentual de abertura para ventilação (A) é calculado de acordo com a equação:

$$A = 100 \cdot \left(\frac{A_v}{A_{uamb}} \right)$$

Equação 3- percentual de abertura pra ventilação. Fonte: RTQ-R 2012

Onde:

A: percentual de abertura para ventilação em relação à área útil do ambiente (%);

Av: área de abertura para ventilação (m²).

AU_{amb}: área útil do ambiente (m²)

A análise é feita através da área que permite a passagem livre de ar, descontando também os caixilhos.

Considerações sobre o percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação:

- Para dormitórios com área superior a 15,00 m², o pré-requisito deve ser atendido para 15,00 m². A área restante não precisa ser contabilizada para o pré-requisito;
- A área de corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo a algum ambiente de permanência prolongada.
- Para a UH atingir nível A, pelo menos 50% dos banheiros, com exceção dos lavabos, deve possuir ventilação natural. O não atendimento a este pré-requisito implica em obtenção de no máximo nível B (EqNum = 4) no equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv).

(INMETRO. 2012)

5.1.15. Análise Bonificação - Referente à Iluminação Natural

Figura 23: Tabela RTQ-R - Bonificação Iluminação Natural

Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_a$?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1

Fonte: RTQ-R- 2012

Profundidade de ambientes com iluminação natural proveniente de aberturas

laterais:

A maioria dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia (50% mais 1) com iluminação natural lateral deve ter profundidade máxima calculada através da Equação xx. Caso existam aberturas em paredes diferentes em um mesmo ambiente, é considerada a menor profundidade.

$$P \leq 2,4 \cdot h_a$$

Equação 4 - Profundidade Máxima de Ambientes Fonte: RTQ-R- 2012

Onde:

P: profundidade do ambiente (m);

h_a: distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos.

Tabela 14: Bonificação de Ventilação Natural, Requisitos e Pontuação

Bonificação	Iniciativa	Pontuação
B2 - Iluminação Natural	Maioria dos ambientes de permanência prolongada devem ter profundidade máxima calculada através da fórmula acima	0,20 Pontos
B2 - Iluminação Natural	Cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia deve ter refletância do teto acima de 60%.	0,10 Pontos

Fonte: RTQ-R- 2012

5.1.16. Análise Bonificação 01 - Referente à Ventilação Natural

- As UHs de até dois pavimentos devem comprovar a existência de porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas com orientações distintas, expressa pela relação entre a área efetiva de abertura para ventilação e a área da fachada (a verificação da porosidade é feita para cada fachada);

- Utilização de dispositivos especiais (como venezianas móveis, peitoris ventilados, torres de vento e outros), que favoreçam o desempenho da ventilação natural mas permitam o controle da luz natural, da incidência de chuvas e dos raios solares e a manutenção da privacidade;

- existência de aberturas externas (janelas, rasgos, peitoris ventilados, etc.) cujo vão livre tenham o centro geométrico localizado entre 0,40 e 0,70 m medidos a partir do piso. (INMETRO, 2012)

Tabela 15: Bonificação de Ventilação Natural, Requisitos e Pontuação

Bonificação	Iniciativa	Pontuação
B1 - Ventilação Natural	Porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas com orientações distintas.	0,12 Pontos
B1 - Ventilação Natural	Utilização de dispositivos especiais que favoreçam o desempenho da ventilação natural	0,16 Pontos

Fonte: RTQ-R- 2012

Figura 24: Tabela RTQ-R - Bonificação Ventilação Natural

Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m ²)	15,54
		AATVS (m ²)	14,56
		AATVL (m ²)	7,28
		AATVO (m ²)	7,28
		ATFN (m ²)	30,16
		ATFS (m ²)	34,57
		ATFL (m ²)	16,95
		ATFNO (m ²)	16,95
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	51,5%
		Porosidade Sul	42,1%
		Porosidade Leste	42,9%
		Porosidade Oeste	42,9%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Sim
		Bonificação	0,12
		Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?
	Quais dispositivos?		Venezianas Móveis
	Bonificação		0,16
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
		Bonificação	0
	Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre ≥ 30% da área da abertura?	Não
		Bonificação	0

Fonte: RTQ-R- 2012

5.1.17. Análise Bonificação - Outras Bonificações

Figura 25: Tabela RTQ-R - Outras Bonificações

Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0,1
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
		Bonificação	0,1
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Sim
		Bonificação	0,1
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Sim
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Sim
		Bonificação	0,1
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
		Bonificação	0

Equação 5: Equação da
Bonificação de
Economia de Água -
Fonte: RTQ-R- 2012

$$b3 = 0,07 \cdot \left(\frac{BS_{AP}}{BS}\right) + 0,04 \cdot \left(\frac{BS_E}{BS}\right) + 0,04 \cdot \left(\frac{CH_E}{CH}\right) + 0,02 \cdot \left(\frac{T_E}{T}\right) + 0,03 \cdot \left(\frac{OUTROS_{AP}}{OUTROS}\right)$$

Onde:

b3: bonificação de uso racional de água;

BS_{AP}: quantidade de bacias sanitárias atendidas por água pluvial;

BS: quantidade de bacias sanitárias existentes;

BS_E: quantidade de bacias sanitárias com sistema de descarga com duplo acionamento;

CH_E: quantidade de chuveiros com restritor de vazão;

CH: quantidade de chuveiros existentes;

T_E: quantidade de torneiras com arejador de vazão constante (6 litro/minuto), regulador de vazão ou restritor de vazão;

T: quantidade de torneiras existentes na UH, excluindo as torneiras das áreas de uso comum;

OUTROS_{AP}: quantidade de outros pontos atendidos por água pluvial, excluindo bacias sanitárias.

OUTROS: quantidade de outros pontos passíveis de serem atendidos por água pluvial (torneiras externas, que servirão para a limpeza de calçadas, lavagem de carros e rega de jardim; máquina de lavar roupa, etc), excluindo as bacias sanitárias.

Tabela 16: Bonificação Uso Racional de Água

Bonificação	Iniciativa	Pontuação
B3 - Uso Racional de Água	Obtidas com a combinação de sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	0,10 Pontos

Fonte: RTQ-R- 2012

Tabela 17: Bonificação de Iluminação Artificial

Bonificação	Iniciativa	Pontuação
B5 - Iluminação Artificial	100% das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel	0,10 Pontos

Fonte: RTQ-R- 2012

As UHs devem possuir 50% das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel em todos os ambientes;

As UHs devem possuir 100% das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel em todos os ambientes.

(INMETRO, 2012)

Tabela 18: Bonificação de Ventiladores de Teto Instalados

Bonificação	Iniciativa	Pontuação
B6 - Ventiladores de Teto Instalados	2/3 dos ambientes de permanência prolongada devem possuir ventiladores de teto instalados	0,10 Pontos

Fonte: RTQ-R- 2012

[...] As UHs devem possuir instalados ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 (dois terços) dos ambientes de permanência prolongada para residências localizadas nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8 (INMETRO, 2012).

Tabela 19: Bonificação de Refrigeradores

Bonificação	Iniciativa	Pontuação
B6 - Ventiladores de Teto Instalados	Refrigeradores com ENCE ou Selo Procel; condições adequadas de instalação; sombreado e longe de fontes de calor.	0,10 Pontos

Fonte: RTQ-R- 2012

[...] AAs UHs devem possuir instalados refrigeradores com ENCE nível A ou Selo Procel e garantir as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante, especificamente no que se refere à distância mínima recomendada para ventilação da serpentina trocadora de calor externa. Caso não haja no manual do refrigerador recomendações em relação às distâncias de instalação, deve-se utilizar espaçamento de 10 cm nas laterais e de 15 cm na parte superior e atrás. Deve-se também garantir que o refrigerador esteja sombreado e não seja instalado próximo a fontes de calor (INMETRO, 2012).

5.1.18. Pré Requisitos do Sistema de Aquecimento de Água

Figura 26: Tabela RTQ-R - Fração Solar Anual

F	0,93
Fração solar anual	93,28%
Verificação do volume de armazenamento do projeto	
V_{armaz}	600
Nº coletores	8
Área do coletor	1,46
Área de coletores	11,68
V_{armaz}/área_{coletores}	51,37

m²

Fonte: RTQ-R- 2012

Tabela 20: Classificação da Eficiência do Sistema de Aquecimento Solar

Dimensionamento	Classificação
Equivalente à fração solar anual mínima de 70%	A
Equivalente à fração solar anual entre 60 e 69%	B
Equivalente à fração solar anual entre 50 e 59%	C
Equivalente à fração solar anual menor que 50%	D

Fonte: RTQ-R- 2012

6. RESULTADOS

6.1. ZONA BIOCLIMÁTICA E DIRETRIZES CONSTRUTIVAS

Para a Zona Bioclimática 3, zona na qual se encontra a cidade de Divinópolis, as recomendações construtivas são o uso de aberturas com dimensões médias, sombreamento nas aberturas de forma a permitir o sol do inverno.

Tabela 21: Diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 03

Aberturas para Ventilação	Sombreamento das Aberturas
Médias	Permitir Sol durante o Inverno

Fonte: NBR 15220-3 : 2005, ABNT

Tabela 22: Área (%) relação aberturas e área de piso

Aberturas para Ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte: NBR 15220-3 : 2005, ABNT

As paredes externas deverão possuir características de inércia térmica leve e refletora, já as coberturas características de inércia térmica leve e isolada, também é recomendado a utilização de isolamento térmico nas coberturas.

Tabela 23: Vedações Externas e Características para ZB3

Vedações Externas	Características	Transmitância Térmica - $U \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	Atraso Térmico - ϕ Horas	Fator Solar - $FS_0 \%$
Parede Externas	Leve e Refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,30$	$FS_0 \leq 4,0$
Cobertura	Leve e Isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,30$	$FS_0 \leq 6,5$

Fonte: NBR 15220-3 : 2005, ABNT

A mesma norma, detalha algumas estratégias de condicionamento térmico passivo. Para a ZB3 as seguintes são as estratégias sugeridas.

Tabela 24: Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo

Estação	Estratégia de Condicionamento Térmico Passivo
Verão	Ventilação Cruzada
Inverno	Aquecimento Solar da Edificação Vedações Internas Pesadas (Inércia Térmica)

Fonte: NBR 15220-3 : 2005, ABNT

Estratégia B: A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar

Estratégia C: A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

Estratégia J: A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

(ABNT, 2005).

6.1.1. PROJETO E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

A arquitetura bioclimática pode ser definida como uma harmonização entre a construção e o meio ambiente, com objetivo de se otimizar os gastos energéticos e ter o melhor proveito na utilização dos recursos naturais disponíveis, como a luz solar, o vento e a água da chuva, sempre buscando também o conforto dos usuários.

Neste modelo o projeto arquitetônico deve ser desenvolvido de acordo com as características bioclimáticas de cada local, aproveitando o que o clima trás de bom e resolvendo os problemas que poderiam interferir no desempenho da edificação. A Arquitetura Bioclimática envolve também o desenvolvimento de técnicas e equipamentos necessários à melhoria da eficiência energética nas edificações (PROJETEEE, 2021).

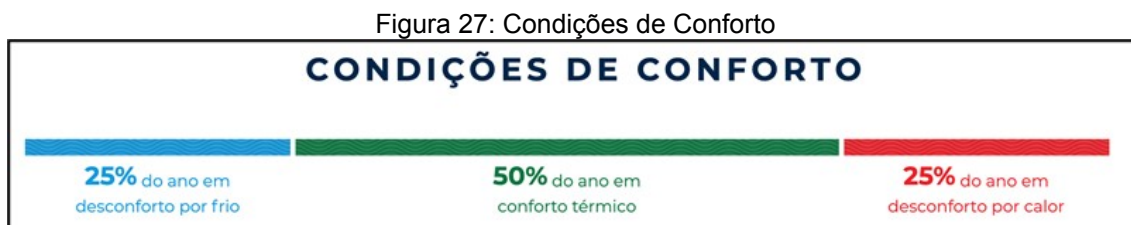
A arquitetura bioclimática também é conhecida como a de alta eficiência energética, porque economiza e conserva a energia que capta, produz ou transforma no seu interior, reduzindo, portanto, o consumo energético e a suposta poluição ambiental. Em geral, é uma arquitetura pensada com o clima do lugar, o sol, o vento, a vegetação e a topografia, com um desenho que permite tirar proveito das condições naturais do lugar, estabelecendo condições adequadas de conforto físico e mental dentro do espaço físico em que se desenvolve.

(CORREA, 2001)

Segundo OLGAY e OLGAY (1973), a concepção de uma edificação levando em conta a arquitetura bioclimática segue quatro passos:

- o estudo das variáveis climáticas,
- os efeitos do clima no ser humano,
- soluções tecnológicas, e
- expressão arquitetônica

Segundo ASHRAE (1992) o conforto térmico é “um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Para a Zona Bioclimática o PROJETEE define a seguinte divisão das condições de conforto ao longo do ano.



Fonte: PROJETEEE

Em relação as possíveis estratégias bioclimáticas passíveis de implantação na ZB3 os dados referentes as soluções projetuais fora retirados do ProjetEEE.

O ProjetEEE é uma ferramenta pública e gratuita que orienta arquitetos e estudantes para a concepção de edifícios sustentáveis, com informações bioclimáticas de 413 cidades, a fim de incentivar a construção de edificações energeticamente eficientes. A plataforma foi criada em 2015 - uma iniciativa do Ministério do Meio Ambiente do Governo Federal e do LabEEE/UFSC - e integra o Projeto 3E, que tem como objetivo principal influenciar e desenvolver o mercado de eficiência energética em edificações comerciais e públicas no Brasil. (ARCHDAILY, 2020).

6.1.2. VENTILAÇÃO NATURAL

Segundo o ProjetEEE, os objetivos e os projetos de sistemas passivos de ventilação devem variar de acordo com o padrão de uso da edificação e com o clima local. A ventilação, natural e artificial, exerce principalmente três funções em relação ao ambiente construído:

- Renovação do ar;
- Resfriamento psicofisiológico;
- Resfriamento convectivo.

Também segundo o ProjetEEE os sistemas passivos de ventilação baseiam-se

Os sistemas passivos de ventilação baseiam-se em diferenças de pressão para mover o ar fresco através dos edifícios. As diferenças de pressão podem ser causadas pelo vento ou por diferenças de temperatura, o que configura dois tipos principais de ventilação passiva: a ventilação cruzada e a ventilação por efeito chaminé. (PROJETEEE, 2020).

6.1.3. VENTILAÇÃO CRUZADA

A ventilação cruzada acontece principalmente através da diferença de pressão provocada pelos ventos na edificação. Portanto, ocorrem na edificação duas zonas distintas: a zona de pressão positiva acontece na área à barlavento (o lado de onde sopra o vento) e a zona de pressão negativa acontece à sotavento (para onde o vento vai, lado oposto ao barlavento).

A velocidade do ar é maximizada, quando a área das janelas de saída (pressão negativa) é maior que a área das aberturas de entrada (pressão positiva). (ProjetEEE,2020).

Tabela 25: Estratégias de ventilação cruzada

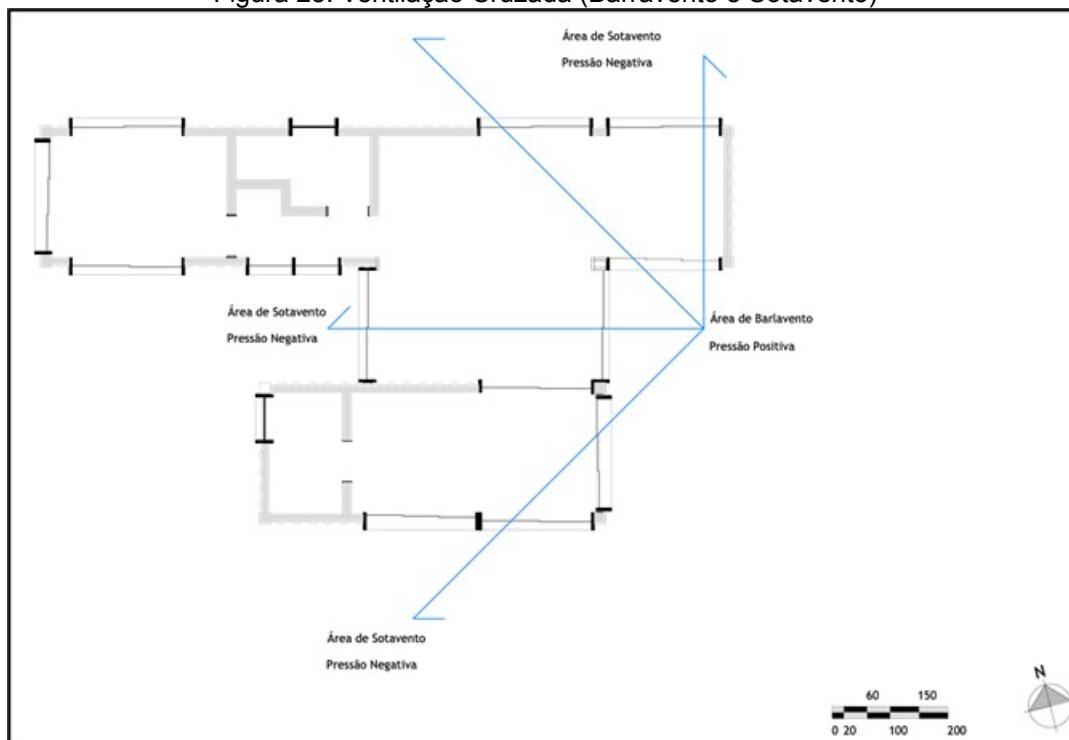
Área de Janelas à Sotavento (Pressão Negativa)	Área de Janelas à Barlavento (Pressão Positiva)
Maior que área das aberturas à Barlavento	Menor que área das aberturas à Sotavento

Fonte: ProjetEEE

Tabela 26: Estratégias de ventilação cruzada

Área de Janelas à Sotavento (Pressão Negativa)	Área de Janelas à Barlavento (Pressão Positiva)
9,782 M ²	4,283 M ²

Figura 28: Ventilação Cruzada (Barlavento e Sotavento)



6.1.4. VOLUMETRIA E VENTILAÇÃO CRUZADA

Uma das primeiras estratégias que orientaram o desenvolvimento do projeto é o proveito da ventilação cruzada a partir da volumetria do edifício. Diferentes soluções volumétricas podem otimizar ou até mesmo interceptar fluxos de ar, desde que a direção predominante dos ventos seja conhecida. No projeto o formato da planta em “L”, sua dimensão estreita e alongada e a orientação da maior fachada perpendicular ao fluxo de ar foram as estratégias adotadas para otimizar a ventilação cruzada.

Uma planta em L será eficiente para represar os ventos;
 Uma forma estreita e alongada é ideal para favorecer a ventilação natural a uma maior parcela dos ambientes da edificação.
 Uma maior área de fachada representará uma maior obstrução aos ventos provocando uma maior pressão sobre a estrutura e melhor movimento do ar através da edificação.
 Formas simples retangulares, típicas de residências, apresentam melhor aproveitamento da ventilação natural orientando as maiores fachadas perpendicularmente ao fluxo de ar predominante de verão.
 (PROJETEEE,2020).

Tabela 27: Estratégias de formato da planta para ventilação cruzada

Formato da Planta	Dimensões x Forma	Área de Fachada	Orientação das Maiores Fachadas
“ L “	Estreita + Alongada	Obstrução ao ventos, melhor movimento de ar através da edificação.	Perpendiculares ao Fluxo de ar
Represar os ventos	Favorecimento da ventilação em uma maior parcela dos ambientes	Maior obstrução aos ventos, provocando uma maior pressão e melhorando o movimento do ar através da edificação	Melhor aproveitamento da ventilação natural

Fonte: ProjetEEE

6.1.5. VENTILAÇÃO E PÁTOS INTERNOS

Um pátio interno pode funcionar tanto como uma fonte de ventilação, como de iluminação natural em projetos.

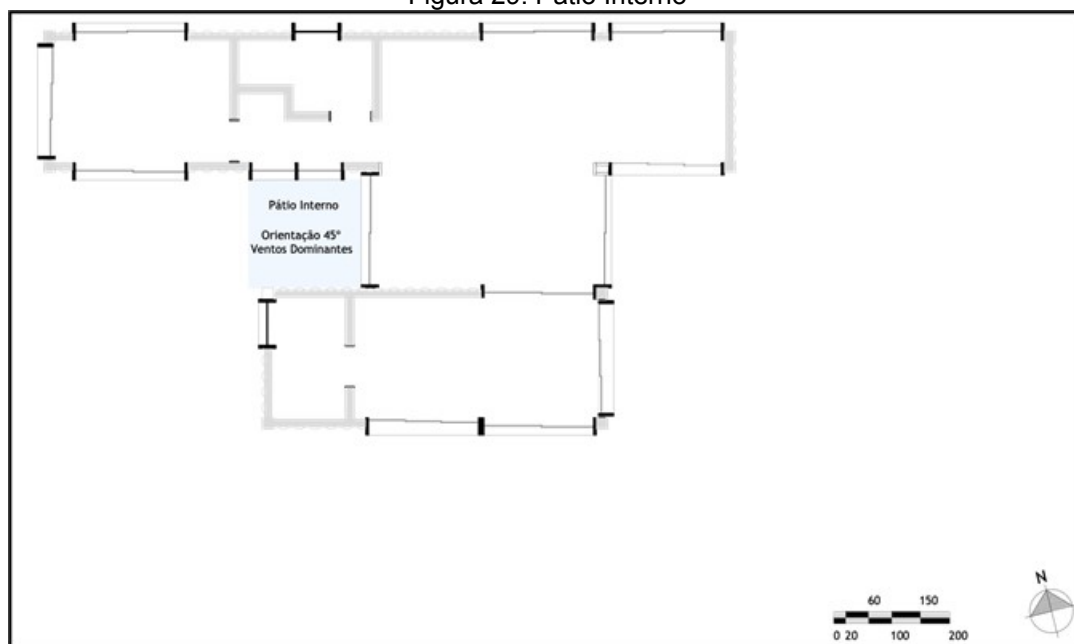
Em um pátio interno, a ventilação depende principalmente da proporção entre a altura da edificação e a largura do pátio em uma seção normal ao vento. Quando o pátio é orientado na direção nos ventos dominantes e a razão altura pela largura é menor que 0,5 acontecem algumas zonas de turbulência relativamente pequenas com fluxo livre através da maior parte do espaço. A orientação do pátio 45° em relação aos ventos predominantes é ideal para ventilação no pátio e ventilação cruzada dos ambientes internos. A velocidade do vento no pátio aumenta quanto maior suas dimensões na orientação transversal ao vento e diminui quando menor é a altura no lado de pressão positiva.(PROJETEEE,2020).

Tabela 28: Estratégias de dimensionamento pátios internos

Ventos Dominantes	Orientação Pátio Interno (45°)	Orientação Pátio Interno (45°)
Leste	45° Ventos Dominantes	Sul / Sudeste

Em alguns casos para acelerar as correntes de convecção são criados dois pátios, de um lado um pátio sombreado com fontes de água, para resfriar o ar, e no lado oposto, um pátio exposto à radiação solar, promovendo o efeito de termosifão, succionando o ar resfriado que entra pelo pátio sombreado. Deve haver aberturas na edificação voltadas para estes dois pátios, evitando obstáculos no seu interior para que o fluxo de ar percorra livremente o ambiente (PROJETEEE, 2020)

Figura 29: Pátio Interno



6.1.6. VENTILAÇÃO MECÂNICA AUXILIAR

Também será considerado no projeto o uso de ventiladores mecânicos como estratégia auxiliar na circulação de ar da residência.

Os ventiladores do teto e de sistemas centrais podem proporcionar uma queda efetiva da temperatura de ar, com um décimo do consumo de energia elétrica dos sistemas de condicionamento de ar mecânicos (PROJETEEE, 2020)

6.1.7. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR

Segundo a definição da NBR 15215-1 (ABNT, 2005), proteção solar é um

“elemento de controle de superfície contínua opaca que protege o componente de passagem contra os raios diretos do sol, podendo refletir luz natural para o interior”.

As proteções solares ajudam na melhoria da eficiência energética das Edificações, ao reduzirem a contribuição de radiação, minimizando o desconforto térmico referente ao calor. Porém, a correta dimensão dessas proteções é essencial para que as mesmas não comprometam a disponibilidade de luz natural. Baseando-se nessas temperaturas neutras determina-se as faixas de temperaturas acima e abaixo de temperatura neutra e, portanto, quando a insolação deve ser controlada ou favorecida.

6.1.8. MÉTODO DA TEMPERATURA NEUTRA

O método da temperatura neutra (T_n) proposto por Pereira e Souza (2008) é baseado em quatro fatores: uso do edifício, relação de tamanho entre abertura e piso, radiação solar incidente na fachada e temperatura de conforto para uma população aclimatada ao clima local. Essa temperatura é obtida a partir de dados das Normais Climatológicas. Baseando-se nessas temperaturas neutras determinam-se as faixas de temperaturas acima e abaixo de temperatura neutra e portanto quando a insolação deve ser controlada ou favorecida.

A T_n é calculada por:

$$T_n = 0,31T_e + 17,6^\circ\text{C}$$

Equação 6 - Temperatura neutra

Fonte: RTQ-R- 2012

onde:

T_n : Temperatura Neutra

T_e : temperatura média mensal do ar, em $^\circ\text{C}$, extraída das Normais Climatológicas

A partir das temperaturas neutras mensais, são obtidas temperaturas de referência acima da T_n ($T_n +1$, $T_n+2\dots$) e abaixo da T_n ($T_n -4$, $T_n-6\dots$), e são adotadas cores para cada temperatura de referência.

Figura 30: Temperaturas de referência

Tn-8	16,98	17,04	16,92	16,48	15,52	15,12	15,18	15,74	16,39	16,85	16,73	16,85
Tn-7	17,98	18,04	17,92	17,48	16,52	16,12	16,18	16,74	17,39	17,85	17,73	17,85
Tn-6	18,98	19,04	18,92	18,60	17,52	17,12	17,18	17,74	18,39	18,85	18,73	18,85
Tn-4	20,98	21,04	20,92	20,48	19,52	19,12	19,18	19,74	20,39	20,85	20,73	20,85
Tn	24,98	25,04	24,92	24,48	23,52	23,12	23,18	23,74	24,39	24,85	24,73	24,85
Tn+1	25,98	26,04	25,92	25,48	24,52	24,12	24,18	24,74	25,39	25,85	25,73	25,85
Tn+2	26,98	27,04	26,92	26,48	25,52	25,12	25,18	25,74	26,39	26,85	26,73	26,85
Tn+3	27,98	28,04	27,92	27,48	26,52	26,12	26,18	26,74	27,39	27,85	27,73	27,85
Tn+4	28,98	29,04	28,92	28,48	27,52	27,12	27,18	27,74	28,39	28,85	28,73	28,85
Tn+5	29,98	30,04	29,92	29,48	28,52	28,12	28,18	28,74	29,39	29,85	29,73	29,85

Após a análise de diversas cidades dentro de cada zona bioclimática estabelecida pela NBR 15.220 (ABNT,2005) e buscando um valor referencial para a definição da amplitude térmica admissível para a zona de conforto que atendessem à variedade de climas existente no Brasil optou-se por um valor médio de amplitude de 8°C como zona de conforto para edificações residenciais, considerado adequado para todos os casos estudados. Portanto, definiu-se que acima de 4 graus a partir da T_n , será necessário o uso de dispositivos de proteção solar; e 4 graus abaixo de T_n é o limite a partir do qual deverá ser permitida a incidência de insolação nas residências, ou seja, a proteção solar desenvolvida não deverá obstruir o sol nesta região de céu. O valor de 4° C abaixo da T_n também é adotado para edificações comerciais, de serviços e públicas.

Para os casos em que não existe disponibilidade de dados de temperaturas médias horárias, Alucci (1992) apud Assis (2001) propôs um procedimento para gerar a variação horária de temperatura do ar a partir dos dados médios de temperatura máxima, média e mínima, calculada por:

$$T = T_x - (T_x - T_n).j$$

Equação 7 - Temperatura neutra e variação horária Fonte: RTQ-R- 2012

onde:

T: é a temperatura média mensal horária, (°C)

T_x: é a temperatura média mensal das máximas, (°C)

T_n: é a temperatura média mensal das mínimas, (°C)

j: é o valor de ajuste da curva horária de temperatura, a partir da hora 0 até as 23 horas;

Tabela 29: Valores de ajuste da curva horária de temperatura

	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
j	1	0,93	0,76	0,57	0,41	0,28	0,15	0,11	0,02	0	0,04	0,08	0,15

Fonte: RTQ-R- 2012

Tabela 30: Cálculos (Tx-Tn)

	JAN	FEV	MA R	ABR	MAI	JUN	JUL	AG O	SET	OUT	NOV	DEZ
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA (°C)	19,1	18,9	18,5	16,4	12,7	10,7	10,4	11,7	15	17,3	18,2	19
TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA (°C)	30,1	30,7	30,1	29,4	27,1	26,5	26,8	28,5	29,7	30,4	29,1	29,4
(Tx-Tn)	11	11,8	11,6	13	14,4	15,8	16,4	16,8	14,7	13,1	10,9	10,4

Figura 31: Escala de cores para plotagem na curva horária

Tn-8	16,98	17,04	16,92	16,48	15,52	15,12	15,18	15,74	16,39	16,85	16,73	16,85
Tn-7	17,98	18,04	17,92	17,48	16,52	16,12	16,18	16,74	17,39	17,85	17,73	17,85
Tn	24,98	25,04	24,92	24,48	23,52	23,12	23,18	23,74	24,39	24,85	24,73	24,85
Tn+2	26,98	27,04	26,92	26,48	25,52	25,12	25,18	25,74	26,39	26,85	26,73	26,85
Tn+3	27,98	28,04	27,92	27,48	26,52	26,12	26,18	26,74	27,39	27,85	27,73	27,85
Tn+4	28,98	29,04	28,92	28,48	27,52	27,12	27,18	27,74	28,39	28,85	28,73	28,85
Tn+5	29,98	30,04	29,92	29,48	28,52	28,12	28,18	28,74	29,39	29,85	29,73	29,85

Figura 32: Temperatura neutra e curva horária

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
06:00	19,10	18,90	18,50	16,40	12,70	10,70	10,40	11,70	15,00	17,30	18,20	19,00
07:00	19,87	19,73	19,31	17,31	13,71	11,81	11,55	12,88	16,03	18,22	18,96	19,73
08:00	21,74	21,73	21,28	19,52	16,16	14,49	14,34	15,73	18,53	20,44	20,82	21,50
09:00	23,83	23,97	23,49	21,99	18,89	17,49	17,45	18,92	21,32	22,93	22,89	23,47
10:00	25,59	25,86	25,34	24,07	21,20	20,02	20,08	21,61	23,67	25,03	24,63	25,14
11:00	27,02	27,40	26,85	25,76	23,07	22,08	22,21	23,80	25,58	26,73	26,05	26,49
12:00	28,45	28,93	28,36	27,45	24,94	24,13	24,34	25,98	27,50	28,44	27,47	27,84
13:00	28,89	29,40	28,82	27,97	25,52	24,76	25,00	26,65	28,08	28,96	27,90	28,26
14:00	29,88	30,46	29,87	29,14	26,81	26,18	26,47	28,16	29,41	30,14	28,88	29,19
15:00	30,10	30,70	30,10	29,40	27,10	26,50	26,80	28,50	29,70	30,40	29,10	29,40
16:00	29,88	30,46	29,87	29,14	26,81	26,18	26,47	28,16	29,41	30,14	28,88	29,19
17:00	29,22	29,76	29,17	28,36	25,95	25,24	25,49	27,16	28,52	29,35	28,23	28,57
18:00	28,45	28,93	28,36	27,45	24,94	24,13	24,34	25,98	27,50	28,44	27,47	27,84

6.1.9. ÂNGULOS E DIMENSIONAMENTO DAS PROTEÇÕES SOLARES POR FACHADA

Figura 33: Ângulos Beta - Barreira Solares Verticais

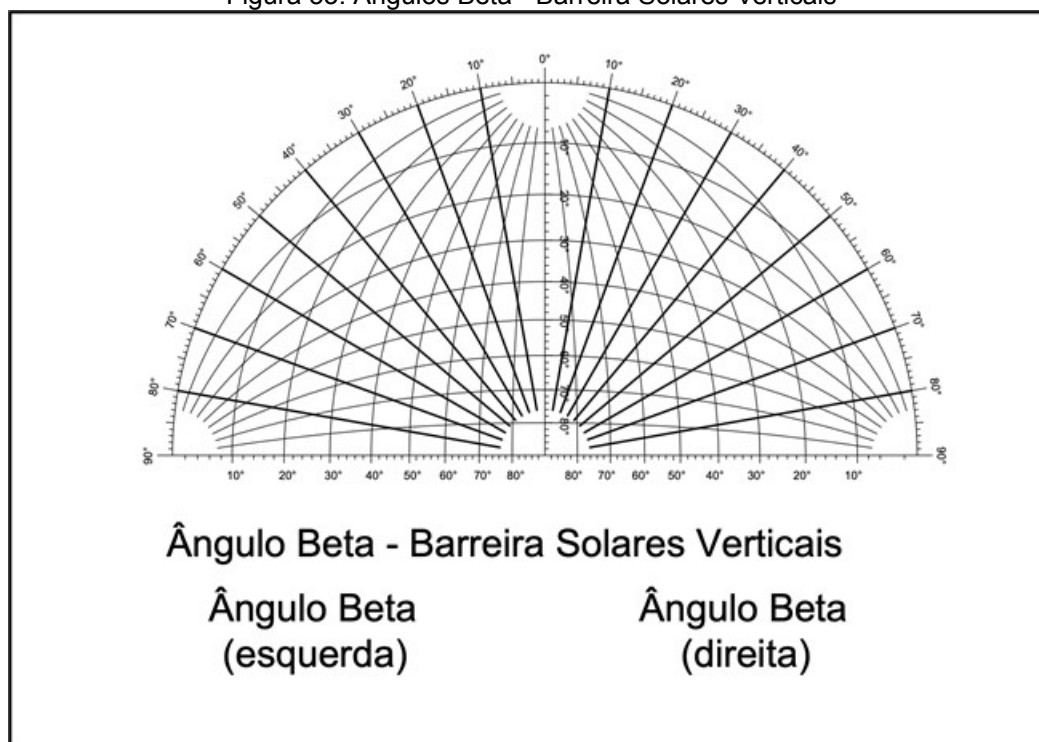


Figura 34: Ângulos Alfa - Barreira Solares Horizontais

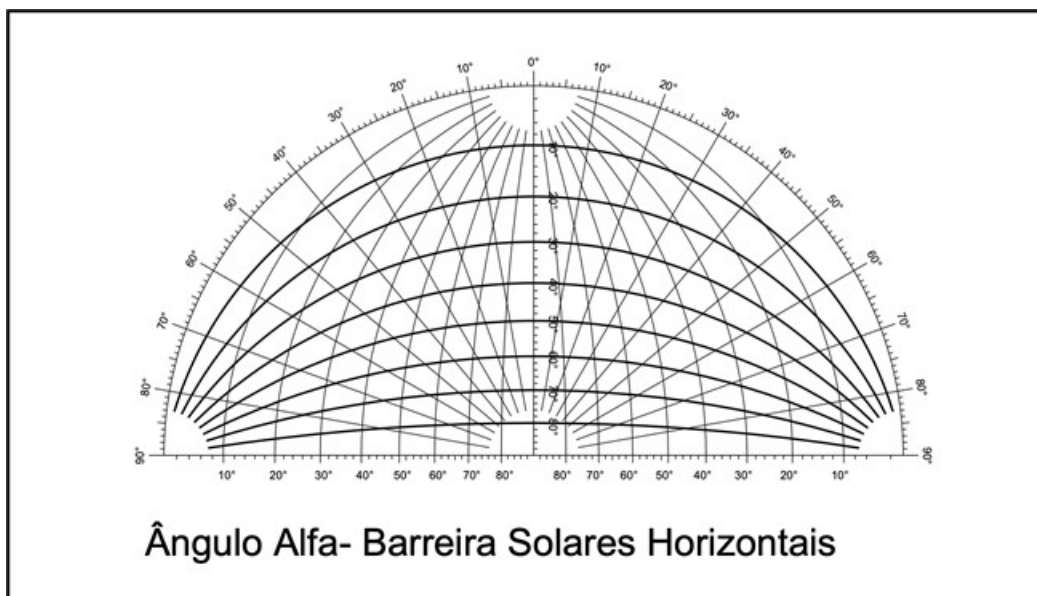


Figura 35: Ângulos Gama - Limitações das Proteções

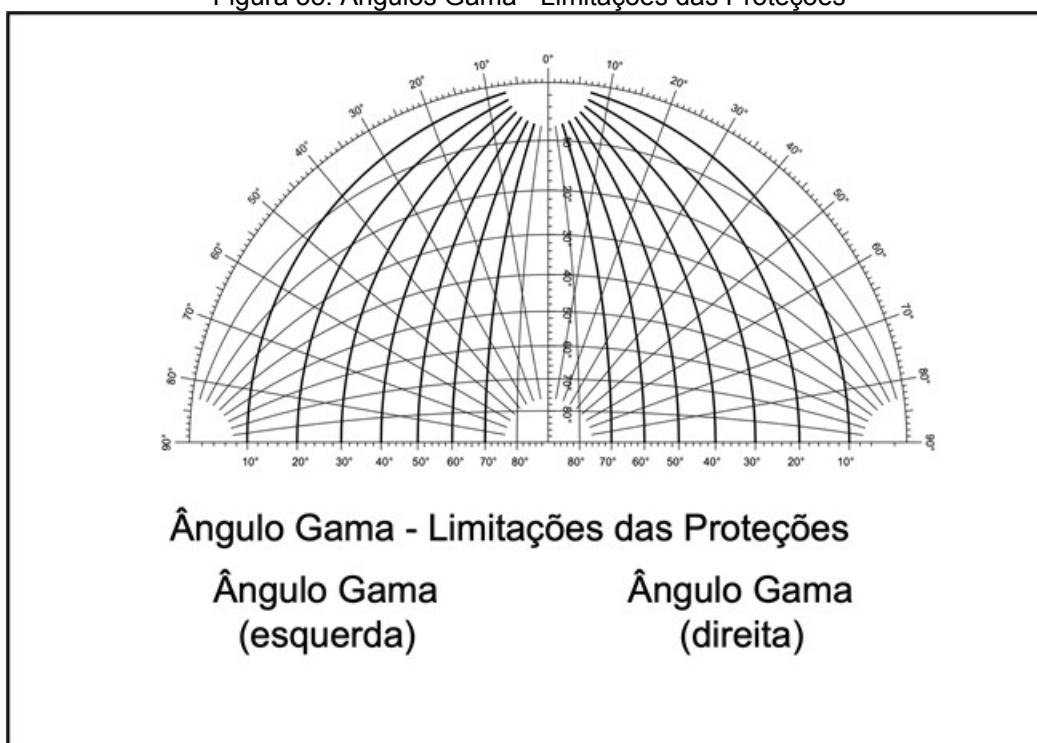


Tabela 31: Resumo Ângulos Limites Mínimos de Proteção Solar

Ângulos de Proteção Solar	Ângulos Limites Mínimos	Latitude Projeto	Ângulos Mínimos Projeto
Limite α ou γ Norte	$23,5^\circ + \text{Latitude}$	20°	$43,5^\circ$
Limite α ou γ Sul	$23,5^\circ - \text{Latitude}$	20°	$43,5^\circ$
Limite α ou γ Leste / Oeste	45°	-	45°

Fonte: RTQ-R- 2012

Tabela 32: Resumo Ângulos de Proteção Solar

Fachada	Área de Esquadria / Área de Piso	Alfa	Beta (direita)	Beta (esquerda)	Gama (direita)	Gama (esquerda)
Norte	> 25%	$43,5^\circ$	30°	0°	45°	45°
Sul	> 25%	$43,5^\circ$	30°	0°	45°	45°
Leste	> 25%	45°	30°	0°	45°	45°
Oeste	> 25%	45°		0°	45°	45°

6.2. ANÁLISE E APLICAÇÃO PLANILHA RTQ-R

6.2.1. Aplicação da Situação do Piso e Cobertura

O fechamento superior do container fica menos de 25% voltado para o exterior, já que sob o contêiner de 40" estão as placas solares, na junção dos contêiner é o reservatório superior de água e sob o contêiner de 20" há um terraço. O modelo de edificação proposto foi projetado com uma fundação do tipo *radier*, em que o container fica em contato com o solo. Na edificação não há nenhum ambiente sob pilotis.

Tabela 33: Aplicação Situação Piso e Cobertura

Situação Piso e Cobertura	Ambiente	Cobertura (cob)	Contato com o Solo (solo)	Sobre Pilotis (pil)
	Suíte	0	1	0
	Sala / Cozinha	0	1	0
	Escritório / Hóspedes	0	1	0

6.2.2. Análise das características da Cobertura

Figura 36: Tabela RTQ-R – Cobertura

Cobertura	U_{cob}	$W/m^2.K$
	CT_{cob}	$kJ/m^2.K$
	α_{cob}	adimensional

Fonte: RTQ-R

O container possui fechamento horizontal em aço. Buscando-se melhorar o desempenho térmico da edificação foi proposta um isolamento em poliuretano de 8 cm, como acabamento interno aos ambientes será utilizado forro em gesso na cor branca de 2 cm. A espessura total da cobertura será de aproximadamente 10 cm.

Figura 37: Detalhe Cobertura

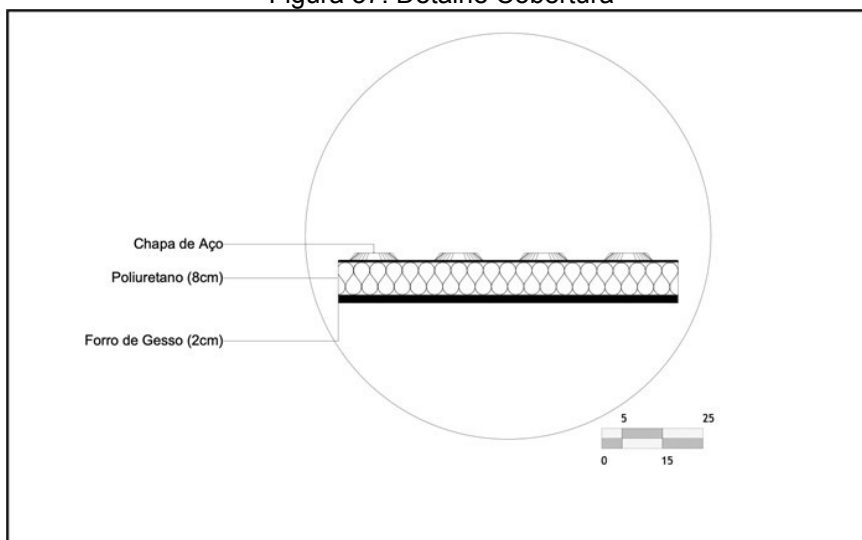


Figura 38: Propriedades da Cobertura

EXTERIOR			SEU MATERIAL	
CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA	Resistência Térmica Total:	2,89
⊗ 1	Placa de Alumínio 0,05	0	Atraso Térmico ϕ (horas):	4,9
⊗ 2	Poliuretano 8	2,6660	Capacidade Térmica (kJ/m ² K):	21,0
⊗ 3	Forro gesso 2	0,0573	Transmitância Térmica (W/m ² K):	0,3
ADICIONAR CAMADA NA BASE				

Fonte: PROJETEEE

Tabela 34: Componentes e Espessuras da Cobertura

	Componente	Espessura	Resistência Térmica
Camada 01	Chapa Metálica - Container	0,5 cm	0
Camada 02	Isolante Poliuretano	8 cm	2,6660
Camada 03	Placas de Gesso	2 cm	0,0576

Tabela 35: Propriedades e Características da Cobertura

	Resistência Térmica Total	Atraso Térmico ϕ (horas)	Capacidade Térmica (kJ/m ² K) CTcob	Transmitância Térmica (W/m ² K) Ucob	Absortância α_{cob}
Cobertura	3,07	6,7	40,0	0,3	74,5

Tabela 36: Dados para a Cobertura

Cobertura	Ambiente	Transmitância Térmica da Cobertura (Ucob)	Capacidade Térmica da Cobertura (CTcob)	Absortância da Cobertura. (α_{cob})
	Suíte	0,36	21,0	0,25
	Sala / Cozinha	0,36	21,0	0,25
	Escritório / Hóspedes	0,36	21,0	0,25

6.2.3. Determinação das características das Paredes Externas

O container possui o fechamento vertical em aço. Buscando-se melhorar o desempenho térmico da edificação foi proposta um isolamento em poliuretano de 8 cm, entre o isolamento e a corrugação das chapas de aço há uma camada de ar de aproximadamente 04cm. O container será pintado na cor Palha. Nas áreas de permanência prolongada foi proposto um revestimento em placa cimentícia e Placas de OSB.

Figura 39: Detalhe Parede Externa

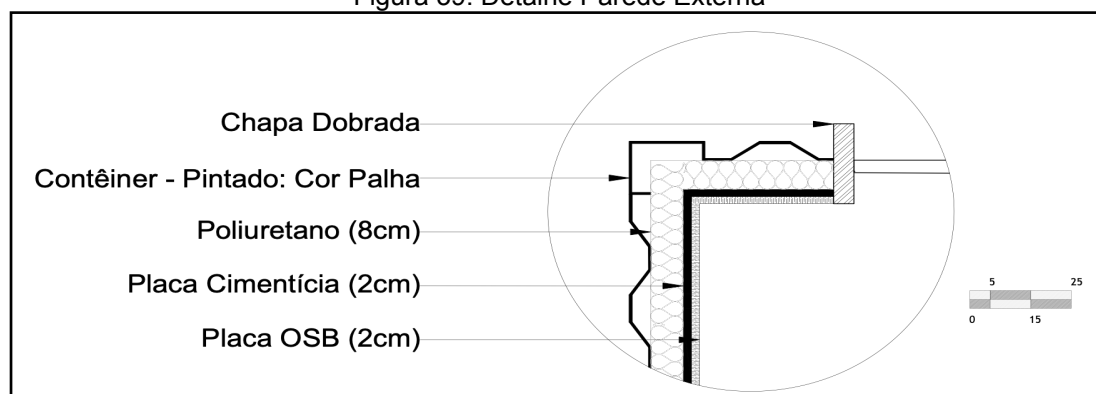


Figura 40: Propriedades Paredes Externa

EXTERIOR			SEU MATERIAL	
	CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA	
⊗	1	Placa de Alumínio 0,05	0	
⊗	2	Câmara de ar (>2 e ≤5)cm Fluxo Ascendente 0	0,14	
⊗	3	Poliuretano 8	2,6660	
⊗	4	Placa cimentícia 2	0,0220	
⊗	5	Forro madeira 2	0,1340	

Resistência Térmica Total: **3,13**

Atraso Térmico ϕ (horas): **8,2**

Capacidade Térmica (kJ/m²K): **53,4**

Transmitância Térmica (W/m²K): **0,3**




Fonte: PROJETEEE

Tabela 37: Aplicação Paredes Externas

Paredes Externas	Ambiente	Transmitância Térmica das Paredes (Upar)	Capacidade Térmica das Paredes (CTpar)	Absortância das Paredes (α par)
	Suíte	0,30	53,40	0,36
	Sala / Cozinha	0,30	53,40	0,36
	Escritório / Hóspedes	0,30	53,40	0,36

Tabela 38: Componentes e espessuras das paredes externas

	Componente	Espessura	Resistência Térmica
Camada 01	Chapa Metálica - Container	0,5 cm	0
Camada 02	Isolante Poliuretano	8 cm	2,6660
Camada 03	Placa Cimentícia	2 cm	0,0220
Camada 04	Placa OSB	2 cm	0,1340

Tabela 39: Propriedades e características das paredes externas

	Resistência Térmica Total	Atraso Térmico ϕ (horas)	Capacidade Térmica (kJ/m ² K)	Transmitância Térmica (W/m ² K)	Absortância
			CTcob	Ucob	α cob
Parede Externa	3,03	8,0	56,3	0,3	74,5

6.2.4. Determinação da Área das Paredes Externas

Tabela 40: Aplicação Área das Paredes Externas

Área das Paredes Externas	Ambiente	Norte (PambN)	Sul (PambS)	Leste (PambL)	Oeste (PambO)
	Suíte	0,00 m ²	04,20 m ²	03,44 m ²	0,00 m ²
	Sala / Cozinha	05,24 m ²	05,27 m ²	05,54 m ²	0,00 m ²
	Escritório / Hóspedes	02,78 m ²	02,78 m ²	0,00 m ²	04,38 m ²

6.2.5. Aplicação Área das Aberturas Externas

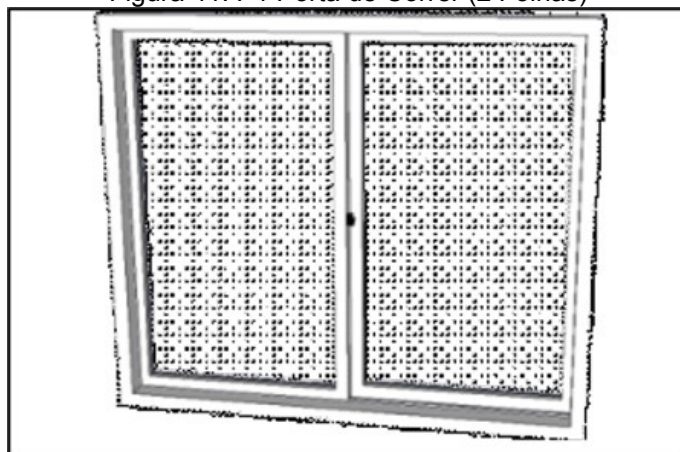
Tabela 41: Aplicação Área das Aberturas Externas

Área das Aberturas Externas	Ambiente	Norte (AAbN)	Sul (AAbS)	Leste (AAbL)	Oeste (AAbO)
	Suíte	0,00 m ²	7,28 m ²	2,10 m ²	0,00 m ²
	Sala / Cozinha	10,36 m ²	2,10 m ²	5,18 m ²	5,18 m ²
	Escritório / Hóspedes	5,18 m ²	5,18 m ²	0,00 m ²	2,10 m ²

6.2.6. Aplicação Características das Aberturas

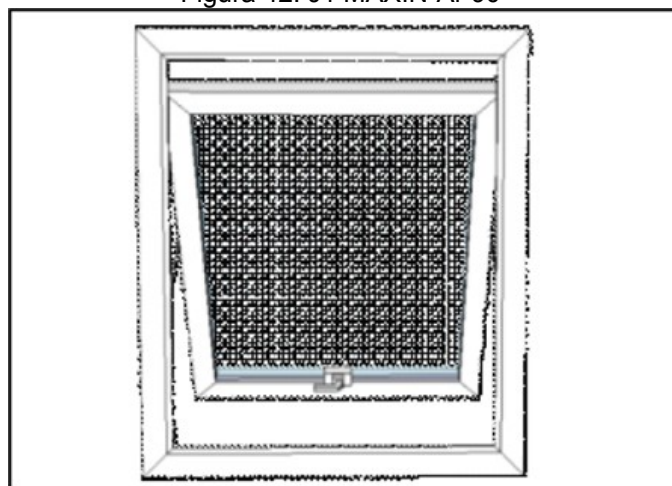
As esquadrias serão todas com caixilho em chapa dobrada, do tipo “blindex” incolor com aplicação de película de controle solar, sendo as janelas em vidro laminado de 8mm e as portas em vidro temperado de 8mm. Todas as aberturas possuirão persianas externas que irão cobrir 100% da abertura quando fechada.

Figura 41: P1 Porta de Correr (2 Folhas)



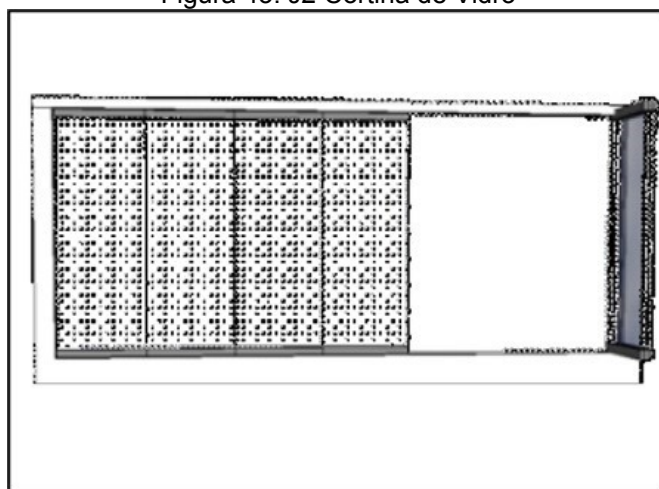
Fonte: RTQ-R- 2012

Figura 42: J1 MAXIN-Ar 90°



Fonte: RTQ-R- 2012

Figura 43: J2 Cortina de Vidro



Fonte: RTQ-R- 2012

Figura 44: Exemplo Veneziana Externa Madeira

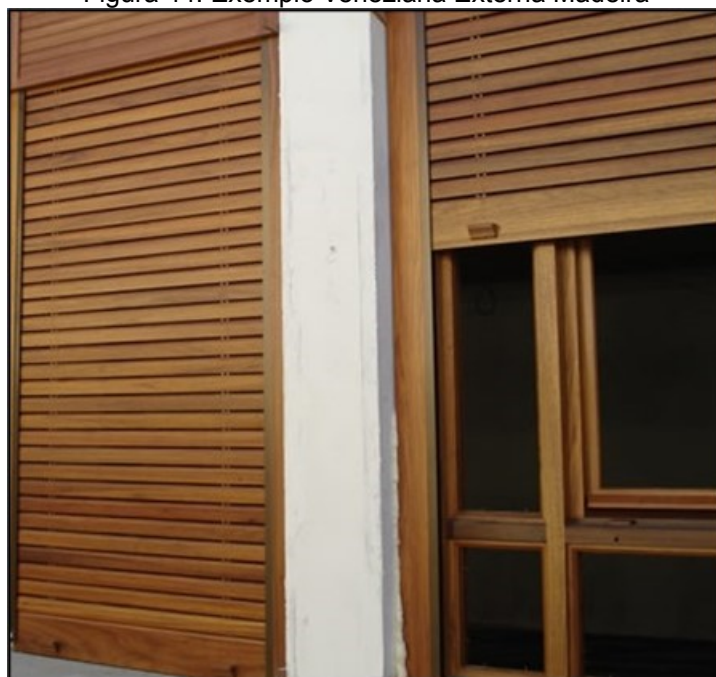


Tabela 42: Características das Esquadrias

Quadro de Esquadrias	Tipo de Abertura	Peitoril	Largura	Altura	Veneziana Externa Madeira
P1	Porta de Correr (02 Folhas) + MAXIM Ar	0,00 m	2,00 m	2,59 m	Sim
J1	MAXIM Ar 90°	0,65 m	0,85 m	1,50 m	Não
J2	Cortina de Vidro	1,10 m	2,00 m	1,05 m	Sim

Tabela 43: Porcentagem de Abertura Ventilação Natural

Quadro de Esquadrias	Tipo de Abertura	Porcentagem Abertura Iluminação Natural	Porcentagem Abertura Ventilação Natural	Porcentagem de Proteção Solar Externa
P1	Porta de Correr (02 Folhas) + MAXIM Ar	80%	45%	100%
J1	MAXIM Ar 90°	80%	80%	100%
J2	Cortina de Vidro	95%	95%	100%

Tabela 44: Aplicação Características das Aberturas

Características das Aberturas	somb	Fvent
	1	0,5

6.2.7. Aplicação Características Gerais

Tabela 45: Características Gerais

Características Gerais	Ambiente	Área das Paredes Internas	Pé Direito	C Altura
	Suíte	17,28 m ²	2,70 m	0,284
	Sala / Cozinha	19,79 m ²	2,70 m	0,126
	Escritório / Hóspedes	13,68 m ²	2,70 m	0,386

6.2.8. Aplicação Pré Requisito de Envoltória

Estes pré-requisito se referem aos ambientes de permanência prolongada. O não atendimento destes pré-requisitos implica em Nível C nos equivalentes da envoltória do ambiente.

Tabela 46: Pré Requisitos de Absortância solar, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para a Zona Bioclimática 03

Características Gerais	Ambiente	Capacidade Térmica Paredes Externas	Transmitância Térmica Paredes Externas	Absortância Solar Paredes Externas
	Suíte	53,40	0,30	0,36
	Sala / Cozinha	53,40	0,30	0,36
	Escritório / Hóspedes	53,40	0,30	0,36

6.2.9. Aplicação Iluminação Natural

Tabela 47: Aplicação- Percentual de Abertura para Iluminação Natural em relação área de piso (A)

Iluminação Natural	Ambiente	Área Ambiente	Área de Abertura para Iluminação Natural (M ²)	Atende 12,5%
	Suíte	9,50 m ²	7,79 m ²	82,00%
	Sala / Cozinha	21,50 m ²	19,68 m ²	91,53%
	Escritório / Hóspedes	07,00 m ²	7,79 m ²	111,29%

6.2.10. Aplicação Ventilação Natural

Tabela 48: Aplicação- Percentual de Abertura para Ventilação Natural em relação área de piso (A)

Ventilação Natural	Ambiente	Área Ambiente	Área de Abertura para Ventilação (M ²)	Atende 8%
	Suíte	9,50 m ²	4,43 m ²	46,63%
	Sala / Cozinha	21,50 m ²	9,95 m ²	46,28%
	Escritório / Hóspedes	07,00 m ²	5,53 m ²	79,00%

6.2.11. Aplicação Ventilação Cruzada e Banheiros com Ventilação Natural

Tabela 49: Ventilação Cruzada

Ventilação Cruzada	Área Aberturas Fachada Norte	Área Aberturas Fachada Sul	Área Aberturas Fachada Leste	Área Aberturas Fachada Oeste	A2/A1
	15,54 m ²	14,56 m ²	7,28 m ²	7,28 m ²	1,87

6.2.12. Análise de Ventilação Cruzada e Banheiros com Ventilação Natural

Nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8, a UH deve possuir ventilação cruzada proporcionada por sistema de aberturas compreendido pelas aberturas externas e internas. (INMETRO, 2012). O não atendimento a este pré-requisito implica em no

máximo nível “C” nos equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento do ambiente.

Portas principais e de serviço não serão consideradas como aberturas para ventilação. O projeto de ventilação natural deve promover condições de escoamento de ar entre as aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas (opostas ou adjacentes) e orientações da edificação, permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto e higiene.

As aberturas devem atender à proporção indicada na equação:

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25$$

Equação 8 - Proporção das Aberturas para Ventilação Natural. Fonte: RTQ-R 2012

Onde:

A₁: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m);

A₂: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m).

Tabela 50: RTQ-R - Pré Requisitos Ventilação Cruzada e Banheiros com Ventilação Natural

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Não se aplica
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	15,54
		Área Aberturas orientação Sul	14,56
		Área Aberturas orientação Leste	7,28
		Área Aberturas orientação Oeste	7,28
		A2/A1	1,873873874
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: RTQ-R- 2012

Análise Pré Requisitos do Sistema de Aquecimento de Água

Tabela 51: RTQ-R - Pré Requisitos Sistema de Aquecimento de Água

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Sim
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W ?	Sim
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	Não
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	8
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Sim
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	A

Fonte: RTQ-R- 2012

Como pré requisito para os níveis A e B o projeto de instalações hidrossanitária deve comprovar:

- Nas tubulações não metálicas para água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1,0cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK;
- As tubulações metálicas para água quente possuam isolamento térmico com espessura mínima, em centímetros (cm) determinada por tabela;

(INMETRO, 2012)

Quando a unidade habitacional (UH) possuir coletores solares, os mesmos deverão ser instalados conforme especificações, manual de instalação e projeto em relação a orientação e ao ângulo de . O RTQ-R aconselha as seguintes observações:

Observação 01: a orientação ideal dos coletores é voltada para o Norte geográfico com desvio máximo de até 30° desta direção, quando no hemisfério sul.

Observação 02: a inclinação ideal dos coletores é a da latitude local acrescida de 10°.

Tabela 52: Orientação e Inclinação Coletores Solares.

Orientação / Inclinação	Orientação / Graus °
Orientação dos Coletores	Norte Geográfico
Inclinação ideal dos Coletores	30°

Fonte: RTQ-R- 2012

O coletor solar especificado no projeto é o “KOCS PR 1.5”, do fabricante Komlog Importações LTDA. O modelo foi avaliado pelo INMETRO e conseguiu o selo “A”.

Tabela 53: Características do Coletor Solar

KOCS PR 1.5	Área do Coletor	Dimensões (mm)	Dimensões entre Tubos (mm)	Largura da Caixa	Material	Produção de Energia	Peso
	1,46 m ²	1073 x 1460 x 58	1417,7	1000	Cobre	84,3 Kw/mês por m ²	18,60 Kg

Figura 45: Tabela INMETRO - Coletor Solar

Komlog Importação Ltda	Komeco	KOCS PR 1.5	Banho	392	39,00	1,42	122,6	84,3	60	A	Alumínio
------------------------	--------	-------------	-------	-----	-------	------	-------	------	----	---	----------

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Coletor-Solar-Banho-PBE-2018.pdf>

Tabela 54: Características do Reservatório Térmico

KORT ES304 20BP	Material Reservatório	Material Isolamento	Capacidade	Diâmetro Externo	Comprimento Externo
	Inox	Poliuretano	200 Litros	70 cm	97,5 cm

Figura 46: Tabela INMETRO - Reservatório Térmico

Komlog Importação Ltda	Komeco	KORT ES304 20BP	Baixa Pressão	200	3000,0	0,16	49	5,60	975	700	Aço Inox	Poliuretano	005606/2017	26/1/2017
------------------------	--------	-----------------	---------------	-----	--------	------	----	------	-----	-----	----------	-------------	-------------	-----------

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE-Solar-2018-Reservatorios-Baixa-Pressao.pdf>

6.2.13. Análise Bonificação - Referente à Ventilação Natural

Tabela 55: Cálculo Porosidade Fachadas

Iniciativa	Área Fachada (M ²)	Área Abertura Ventilação (M ²)	Porosidade	Exigência
Porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas com orientações distintas.	-	-	-	
Norte	30,16	15,54	51,50%	20,00%
Sul	34,57	14,56	42,10%	20,00%
Leste	16,95	7,28	42,90%	20,00%
Oeste	16,95	7,28	42,90%	20,00%

6.2.14. Análise Bonificação - Referente à Iluminação Natural

Tabela 56: Cálculo Profundidade dos Ambientes

Iniciativa	Ambientes	Distância entre Piso e Altura Máxima de Iluminação	Profundidade do Ambientes	P<2,4 X Ha
Profundidade máxima da maioria dos ambientes de permanência prolongada	-	-	-	
-	Suíte	2,06	2,12	4,94
-	Sala / Cozinha	2,06	4,33	4,94
-	Escritório / Hóspedes	2,06	2,12	4,94

6.2.15. Aplicação Bonificação - Outras Bonificações

Tabela 57: Estratégias Economizadoras de Água

Iniciativa	Equipamentos	Economizadores	
Sistemas de uso de água da chuva e equipamentos economizadores	-	-	
-	Toneiras	Arejador de Vazão (6 Litros/Minuto)	
-	Chuveiros	Restritor de Vazão	
-	Bacia Sanitária	Duplo Acionamento	
			0,10

Tabela 58: Luminárias Selo PROCEL

Quant.	Fornecedor	Modelo	Tensão (V)	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)	Eficiência Energética	IRC	Temp. Da Cor (K)	Vida (h)
26	ALPER	ALP - LB - 12W - B - 150 - 014LM - 865	100	1440	12	120	80	3000 (Branca Morna)	25.000
12	ALPER	ALP - LT8 - 15 W - P - 145 - 019LM - 830	100	1950	15	130	80	3000 (Branca Morna)	25.000

Fonte: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BB70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA%7D>

Tabela 59: Ventiladores de Teto Selo PROCEL

Quant.	Fornecedor	Modelo	Material	Potência (W)	Vazão Média de Ar (m³/s)	Eficiência (m³/s)/W	Consumo Energia (KWh/Mês)
3	TRON	Eco Rio New	Metal	112	2,24	3000 (Branca Morna)	3,36

Fonte: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BB70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA%7D>

6.3. PLANILHA DE CÁLCULO E RESULTADO RTQ-R

6.3.1. Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais

Figura 47: Análise da Envoltória e dos Pré Requisitos dos Ambientes

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10
Ambiente	Identificação	adimensional
	Área útil do APP	m ²
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional
	Contato com solo	adimensional
	Sobre Pilotis	adimensional
Cobertura	Ucob	W/m ² .K
	CTcob	kJ/m ² .K
	αcob	adimensional
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K
	CTpar	kJ/m ² .K
	αpar	adimensional
Característica construtiva	CTbaixa	binário
	CTalta	binário
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²
	SUL	m ²
	LESTE	m ²
	OESTE	m ²
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²
	SUL	m ²
	LESTE	m ²
	OESTE	m ²
Características das Aberturas	Fvent	adimensional
	Somb	adimensional
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²
	Pé Direito	m
	C altura	adimensional
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário
	vid	binário
	Uvid	W/m ² .K
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano

Fonte: RTQ-R- 2012

6.3.2. Aplicação dos Pré-Requisitos da Envoltória

Figura 48: Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória

53,4	53,4	53,4
Não	Não	Não
Sim	Sim	Sim
Sim	Não	Sim
Não	Não	Não
9,5	21,5	7
7,79	19,68	7,79
82,00	91,53	111,29
sim	sim	sim
4,43	9,95	5,53
46,63	46,28	79,00
Sim	Sim	Sim
Porta de Correr + MAXIM Ar + Janela 3 Folhas	Porta de Correr + MAXIM Ar + Janela 3 Folhas	Porta de Correr + MAXIM Ar + Janela 3 Folhas
Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim

6.3.3. Análise Pontuação após avaliar os Pré Requisitos por Ambiente

Figura 49: Análise da Pontuação após Avaliar os Pré-Requisitos por Ambiente

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente	
	Envoltória para Verão	C
Envoltória para Inverno	C	3,00
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	3,00
A PONTUAÇÃO ACIMA NÃO É A NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA. AINDA É NECESSÁRIO PREENCHER ALGUNS PRÉ-REQUISITOS NA ABA "Pré-requisitos da UH"		

6.3.4. Aplicação Pontuação após avaliar os Pré-Requisitos por Ambiente

Figura 50: Aplicação da Pontuação após Avaliar os Pré-Requisitos por Ambiente

C	C	C
3,00	3,00	3,00
C	C	C
3,00	3,00	3,00
C	Não se aplica	C
3,00	0,00	3,00

6.3.5. Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória e Equivalente Numérico da Envoltória

Figura 51: Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória e Equivalente Numérico da Envoltória

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Não se aplica
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	15,54
		Área Aberturas orientação Sul	14,56
		Área Aberturas orientação Leste	7,28
		Área Aberturas orientação Oeste	7,28
		A2/A1	1,873873874
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

6.3.6. Aplicação da Pontuação após Avaliação dos Pré-Requisitos

Figura 52: Resultado da Pontuação após Avaliar Todos os Pré-Requisitos

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão	C 3,00	C 3,00
	Envoltória para Inverno	C 3,00	C 3,00
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C 3,00	C 3,00
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		C	C
		3,00	3,00

6.3.7. Aplicação das Bonificações

Figura 53: Aplicação das Bonificações de Ventilação Natural

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m ²)	15,54
		AATVS (m ²)	14,56
		AATVL (m ²)	7,28
		AATVO (m ²)	7,28
		ATFN (m ²)	30,16
		ATFS (m ²)	34,57
		ATFL (m ²)	16,95
		ATFNO (m ²)	16,95
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	51,5%
		Porosidade Sul	42,1%
		Porosidade Leste	42,9%
		Porosidade Oeste	42,9%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Sim
		Bonificação	0,12
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Sim
		Quais dispositivos?	Venezianas Móveis
		Bonificação	0,16
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
		Bonificação	0
	Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?	Não
		Bonificação	0

Figura 54: Aplicação das Bonificações de Iluminação Natural

Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_a$?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1

Figura 55: Aplicação das Outras Bonificações

Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0,1
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
		Bonificação	0,1
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Sim
		Bonificação	0,1
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Sim
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Sim
		Bonificação	0,1
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
		Bonificação	0

Figura 56: Pontuação Final das Bonificações

Total de bonificações	0,98
------------------------------	-------------

6.4. SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

6.4.1. Volume do Sistema de Armazenamento

Figura 57: Volume do Sistema de Armazenamento

Pessoas/dormitório	4	<i>peessoas</i>
N_{total} pessoas na edificação	4	<i>peessoas</i>
Volume/pessoa/dia	50	<i>litros/pessoa/dia</i>
V_{consumo}	200	<i>litros/dia</i>
T_{consumo}	40	<i>°C</i>
T_{armaz}	40	<i>°C</i>
T_{ambiente}	21	<i>°C</i>
V_{armaz}	200	<i>litros</i>
V_{água armazenada}	600	<i>litros</i>

Onde:

V_{armaz}: volume de armazenamento do sistema de aquecimento solar (litros).

V_{consumo}: volume de consumo diário de água a ser aquecida (litros/dia). Deve-se considerar no mínimo 50 litros/pessoa/dia e a existência de duas pessoas por dormitório social e uma pessoa por dormitório de dependências de serviço;

T_{consumo}: temperatura de consumo de utilização (°C). Deve ser adotado no mínimo 40°C (para as regiões Norte e Nordeste pode-se adotar 38°C).

T_{armaz}: temperatura de armazenamento da água (°C). Esta temperatura deve ser, no mínimo, igual à temperatura de consumo;

T_{ambiente}: temperatura ambiente média anual do ar externo do local de instalação (°C), de acordo com o Anexo D da NBR 15569.

6.4.2. Cálculo da Demanda de Energia Útil

Figura 58: Cálculo da Demanda de Energia Útil

<i>Mês</i>	<i>N (dias/mês)</i>	<i>T_{AF} (°C)</i>	<i>DE_{mês} (kWh/mês)</i>
<i>Jan</i>	31	22,6	125,14
<i>Fev</i>	28	22,8	111,73
<i>Mar</i>	31	22,3	127,30
<i>Abr</i>	30	20,9	132,94
<i>Mai</i>	31	17,9	158,94
<i>Jun</i>	30	16,6	162,86
<i>Jul</i>	31	16,6	168,29
<i>Ago</i>	31	18,1	157,50
<i>Set</i>	30	20,4	136,42
<i>Out</i>	31	21,8	130,89
<i>Nov</i>	30	21,7	127,37
<i>Dez</i>	31	22,2	128,02

Onde:

DE_{mês}: demanda de energia (kWh/mês);

V_{consumo}: consumo diário de água quente à temperatura de referência T_{ACS} (litros/dia);

N: número de dias do mês considerado (dias/mês);

T_{consumo}: temperatura utilizada para a quantificação do consumo de água quente (°C);

T_{AF}: temperatura da água fria da rede (°C). (T_{amb} - 2°)

6.4.3. Cálculo da radiação solar mensal incidente (Elmês)

Figura 59: Cálculo da Radiação Solar Mensal Incidente (Elmês)

<i>Mês</i>	<i>N (dias/mês)</i>	<i>H_{dia} (kWh/(m²xdia))</i>	<i>El_{mês} (kWh/m²)</i>
<i>Jan</i>	31	5,38	166,78
<i>Fev</i>	28	5,78	161,84
<i>Mar</i>	31	5,26	163,06
<i>Abr</i>	30	5,43	162,90
<i>Mai</i>	31	5,14	159,34
<i>Jun</i>	30	5,25	157,50
<i>Jul</i>	31	5,44	168,64
<i>Ago</i>	31	6,14	190,34
<i>Set</i>	30	5,79	173,70
<i>Out</i>	31	5,45	168,95
<i>Nov</i>	30	4,94	148,20
<i>Dez</i>	31	5,1	158,10

Onde:

E_lmês: energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m .mês));

H_{dia}: radiação solar incidente no plano inclinado (kWh/(m .dia)), obtida em mapas solarimétricos, variável em função da região (disponível no sitio do CRESESB ou Radasol para latitude e longitude do local);

N: número de dias do mês.

Cálculo Da Energia Absorvida Pelo Coletor

Figura 60: Cálculo da Energia Absorvida pelo Coletor

FR (τα)n	0,079	<i>adimensional</i>
$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)n}$	0,96	
$\frac{F'_R}{F_R}$	0,95	
F'R (τα)	0,072048	
Área disponível	29,46	<i>m²</i>
Área do coletor	1,46	<i>m²</i>
Nº coletores	8	
S_c	11,68	<i>m²</i>

Onde:

S_c: superfície de absorção do coletor (m);

F'R: fator adimensional, calculado por meio de Equação

6.4.4. Cálculo da Variável D1

Figura 61: Cálculo da Variável D1

Mês	$DE_{mês}$ (kWh/mês)	$EI_{mês}$ (kWh/m²)	$EA_{mês}$ (kWh/mês)	D_1
Jan	125,14	166,78	140,35	1,12
Fev	111,73	161,84	136,19	1,22
Mar	127,30	163,06	137,22	1,08
Abr	132,94	162,90	137,08	1,03
Mai	158,94	159,34	134,09	0,84
Jun	162,86	157,50	132,54	0,81
Jul	168,29	168,64	141,91	0,84
Ago	157,50	190,34	160,18	1,02
Set	136,42	173,70	146,17	1,07
Out	130,89	168,95	142,17	1,09
Nov	127,37	148,20	124,71	0,98
Dez	128,02	158,10	133,04	1,04

Onde:

$DE_{mês}$: demanda de energia (kWh/mês), calculada por meio da Equação;

$EA_{mês}$: energia solar mensal absorvida pelos coletores (kWh/mês), calculada por meio da Equação;

$EI_{mês}$: energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m .mês)).

6.4.5. Cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores (EPMês)

Figura 62: Cálculo Coeficiente Global de Perdas do Coletor

Mês	$DE_{mês}$ (kWh)	T_{AMB} (°C)	T_{AF} (°C)	Δt (horas)	K_1	K_2	$EP_{mês}$ (kWh)	D_2
Jan	125,14	24,6	22,6	744	1	1,2	5.485,69	43,84
Fev	111,73	24,8	22,8	672	1	1,2	4.971,97	44,50
Mar	127,30	24,3	22,3	744	1	1,2	5.457,20	42,87
Abr	132,94	22,9	20,9	720	1	1,1	5.152,51	38,76
Mai	158,94	19,9	17,9	744	1	1,0	5.039,38	31,71
Jun	162,86	18,6	16,6	720	1	1,0	4.757,36	29,21
Jul	168,29	18,6	16,6	744	1	1,0	4.915,94	29,21
Ago	157,50	20,1	18,1	744	1	1,0	5.058,37	32,12
Set	136,42	22,4	20,4	720	1	1,1	5.106,56	37,43
Out	130,89	23,8	21,8	744	1	1,2	5.409,72	41,33
Nov	127,37	23,7	21,7	720	1	1,1	5.226,03	41,03
Dez	128,02	24,2	22,2	744	1	1,2	5.447,71	42,55

Onde:

$EP_{mês}$: energia solar mensal não aproveitada pelos coletores (kWh/mês);

S_c : superfície do coletor solar (m²);

$F'r/Fr$: fator de correção do conjunto coletor/trocador (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,95);

T_{AMB} : temperatura média mensal do local de instalação do coletor (°C);

ΔT : período de tempo considerado (horas);

K_1 : fator de correção para armazenamento, calculado pela Equação

6.4.6. Cálculo da Fração Solar Anual

Figura 63: Cálculo da Fração Solar Anual

F	0,93
Fração solar anual	93,32%
Verificação do volume de armazenamento do projeto	
V_{armaz}	600
Nº coletores	8
Área do coletor	1,46
Área de coletores	11,68
V_{armaz}/área_{coletores}	51,37

6.4.7. Análise e Aplicação dos Pré Requisitos do Sistema de Aquecimento de Água

Figura 64: Análise e Aplicação dos Pré Requisitos do Sistema de Aquecimento de Água

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Sim
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W ?	Sim
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	Não
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	8
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Sim
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	A

Figura 65: Análise e Aplicação do Sistema de Aquecimento Solar

Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	600
	Qual é a área de coletores solares existente? (m ²)	11,68
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²)	51,37
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	
	Classificação	A
	5	

Figura 66: Pontuação Final de Aquecimento de Água

Nota final para o aquecimento de água	A
	5,00

6.5. Análise da classificação Final da UH

Figura 67: Pontuação Total da UH

Pontuação Total	Identificação	Unidade Habitacional Autônoma
	Envoltória para Verão	C
		3,00
	Envoltória para Inverno	C
		3,00
	Aquecimento de Água	A
		5,00
	Equivalente numérico da envoltória	C
		3,00
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C
	3,00	
Bonificações	0,98	
Região	Sudeste	
Coeficiente a	0,65	

Figura 68: Classificação Final e Pontuação Total da UH

Classificação final da UH	A
Pontuação Total	4,68

7. CONCLUSÃO

O uso do contêiner como elemento principal na residência é um fator de grande peso na certificação do RTQ-R. Por ser constituído em aço, sofre grande influência das temperaturas externas e da insolação, sendo necessário o uso de adaptações para que a edificação apresente melhor desempenho energético e de conforto.

As principais estratégias utilizadas visando o conforto dos usuários e o melhor desempenho energético da edificação foram, o uso de isolamento térmico nos fechamentos externos, a proposta de varandas sombreadas, a utilização de elementos sombreados externos às aberturas. Algumas soluções projetuais também apresentaram pequenos ganhos referentes a pontuação final do RTQ-R, sendo elas o contato direto da edificação com o solo e a ausência de pilotis.

O isolamento foi combinado tanto nas paredes externas e internas, como também na cobertura. Para que se obtenha temperaturas internas mais amenas no verão. Mesmo com todas as adaptações realizadas no contêiner, como o uso de isolamento (Poliuretano) e camadas internas de acabamento (Placas Cimentícias e Placas de OSB) a edificação não alcança os parâmetros mínimos referentes a “Pré-Requisitos da Envoltória”. O fator que mais contribuiu para o não alcance dos requisitos mínimos foi a “Capacidade Térmica” das paredes externas. O valor mínimo do pré requisito é de $130 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ e no projeto o valor alcançado foi de $53,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Portanto, as a nota máxima alcançada é de “C” na “Envoltória Verão”, “Envoltória Inverno” e “Envoltória se Refrigerada Artificialmente”.

Em relação a fundação da edificação o uso do *radier*, de acordo com as simulações numéricas realizadas na planilha do RQT-R, obtém-se a melhor pontuação. Quanto ao acabamento de superfícies externas, o ideal é que se use cores mais claras (absortância solar de 0,3), logo, refletoras, na zona bioclimática 3, para diminuir a absortância à radiação solar.

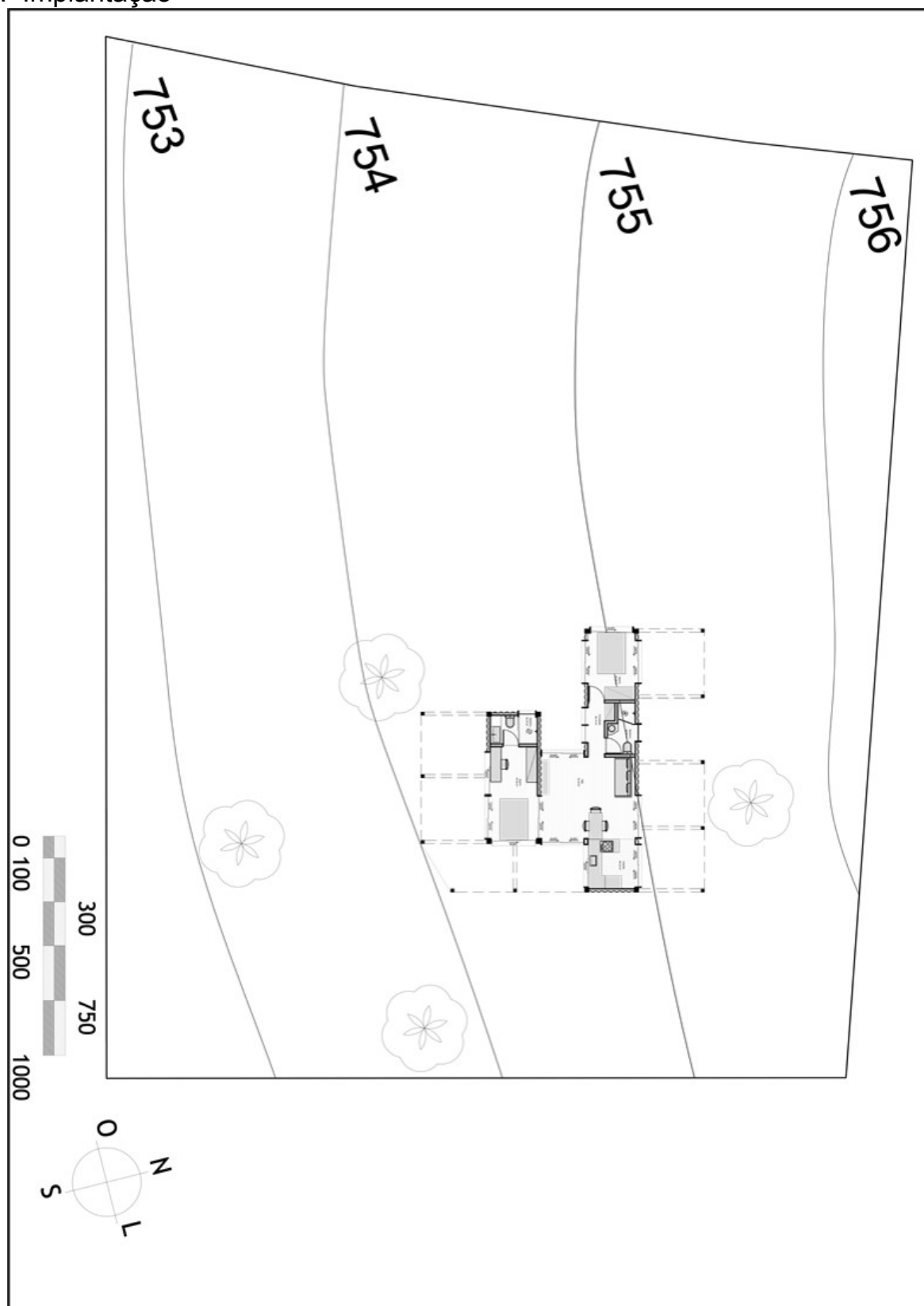
Verifica-se que o sistema de Aquecimento de Água possui um peso significativo na avaliação para a ZB 3. Ao adotarmos um sistema que atinge a maior pontuação o nível de eficiência final da unidade habitacional também sofreu um grande aumento. Após essa avaliação, a redução no consumo de energia elétrica, considerando o aquecimento de água, tem grande relevância na nota final da certificação. O sistema de aquecimento de água juntamente com as bonificações foi capaz de alterar a pontuação final da unidade habitacional de “C” para “A”.

Diferente do ProjeetEEE que aponta de forma mais específica e detalhada as estratégias projetuais, o RTQ-R ao avaliar diversos fatores referentes a unidade habitacional acaba se tornando uma ferramenta de uso constante durante a prática projetual. Algumas alterações e proposições não surtem efeitos na pontuação final, tornando o uso da tabela em uma série de tentativas e erro.

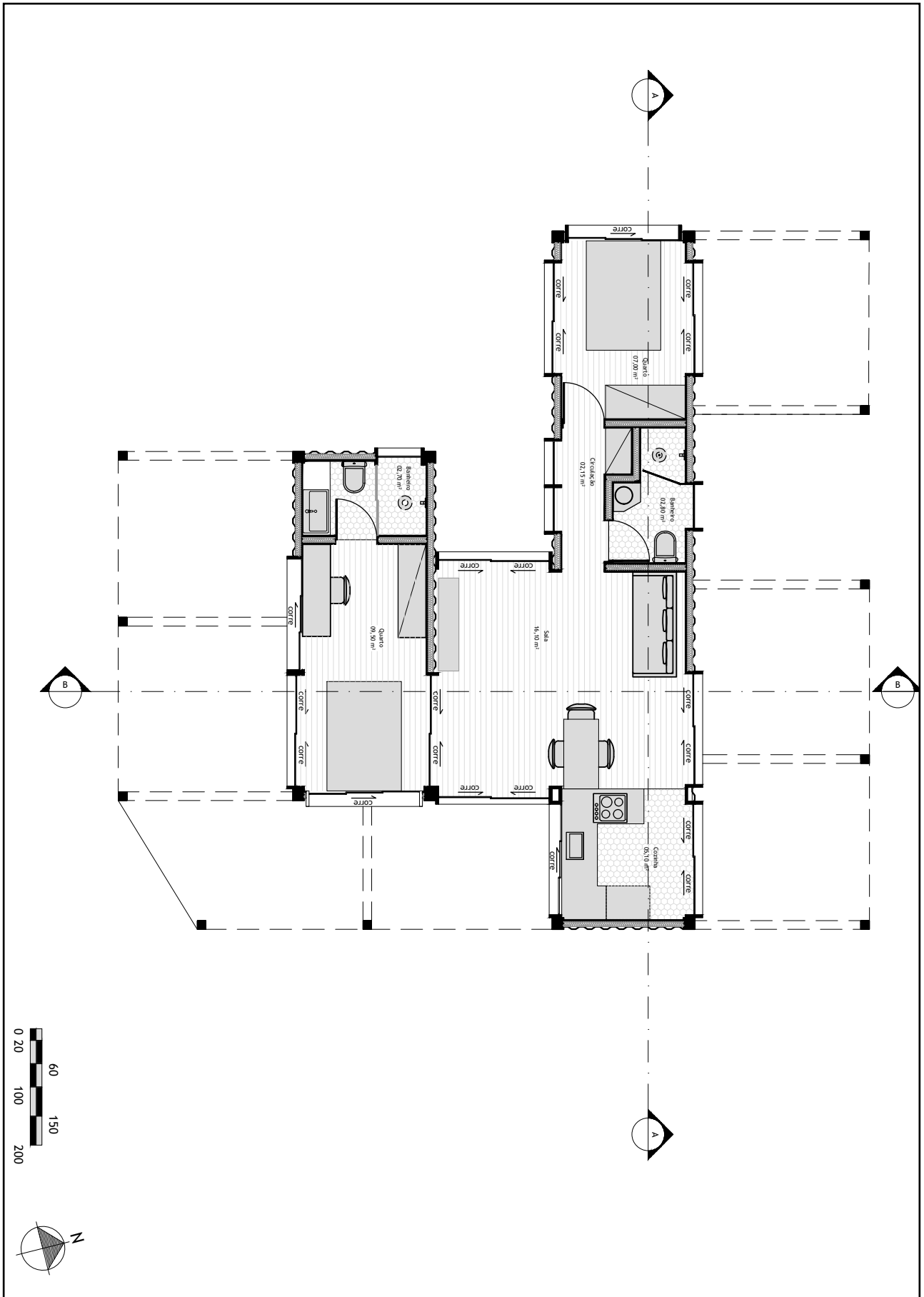
Reforça a importância das decisões de projeto do arquiteto, tanto no impacto do consumo energético como no conforto dos usuários. Nota-se que a existência da certificação já surte efeito na indústria que já cataloga seus produtos e também passam os mesmos por testes. Uma nova frente de trabalho é em conjunto com os clientes para soluções bioclimáticas, mais eficientes energeticamente e mais adequadas ao clima local, utilizando, para tanto, materiais e equipamentos mais adequados, podem desenvolver e fortalecer hábitos mais conscientes.

8. ANEXOS

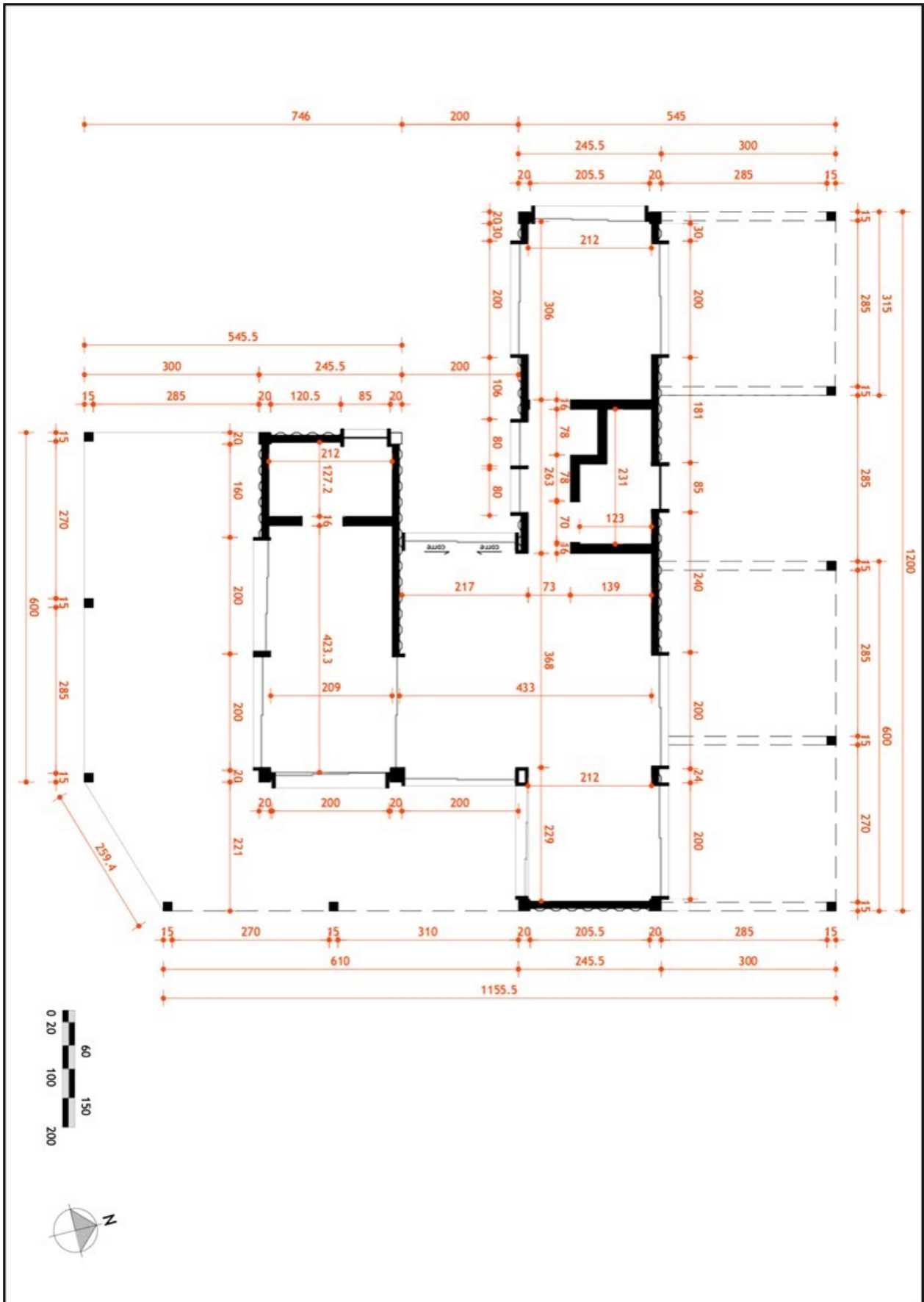
8.1. Implantação



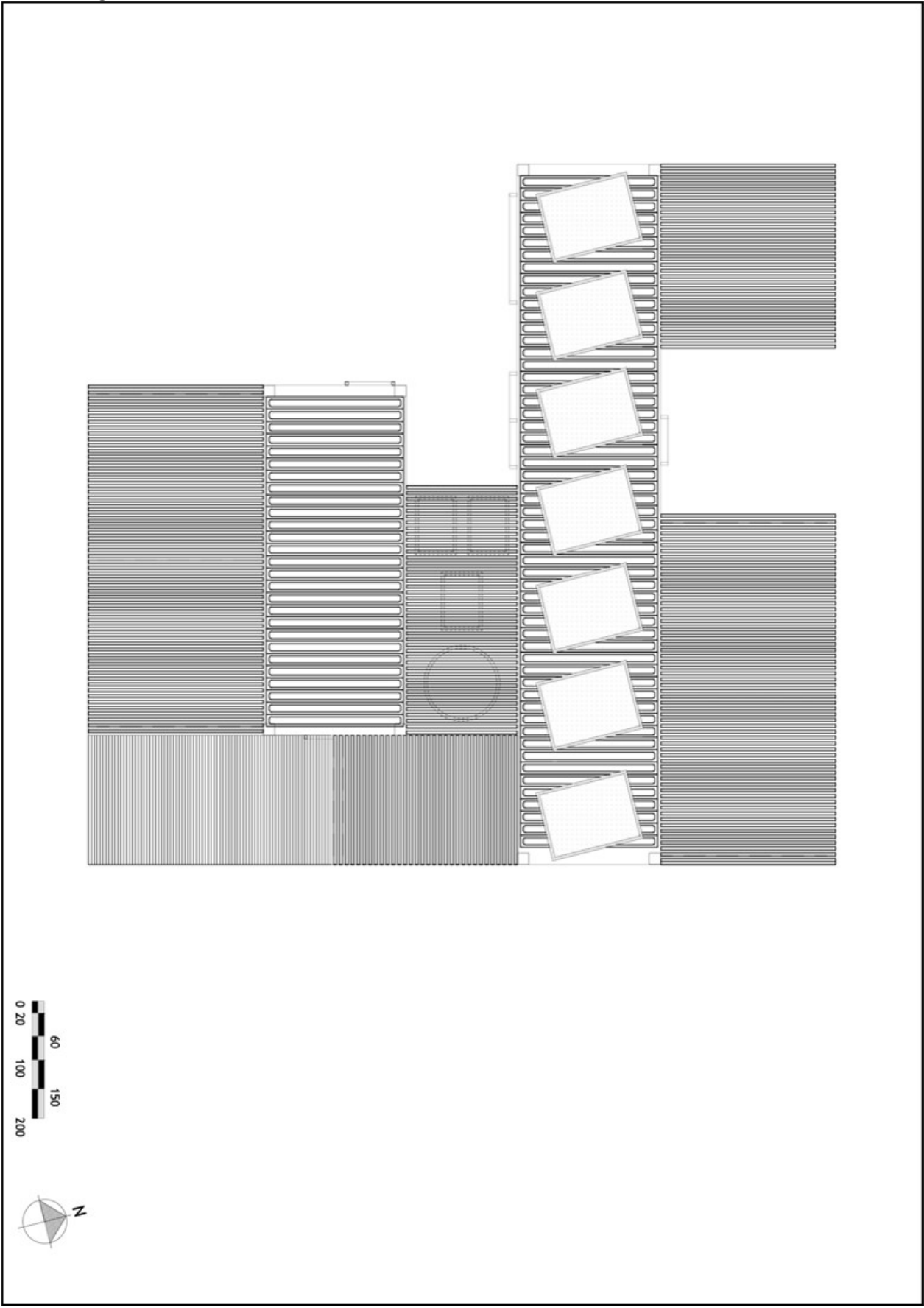
8.2. Planta de Layout



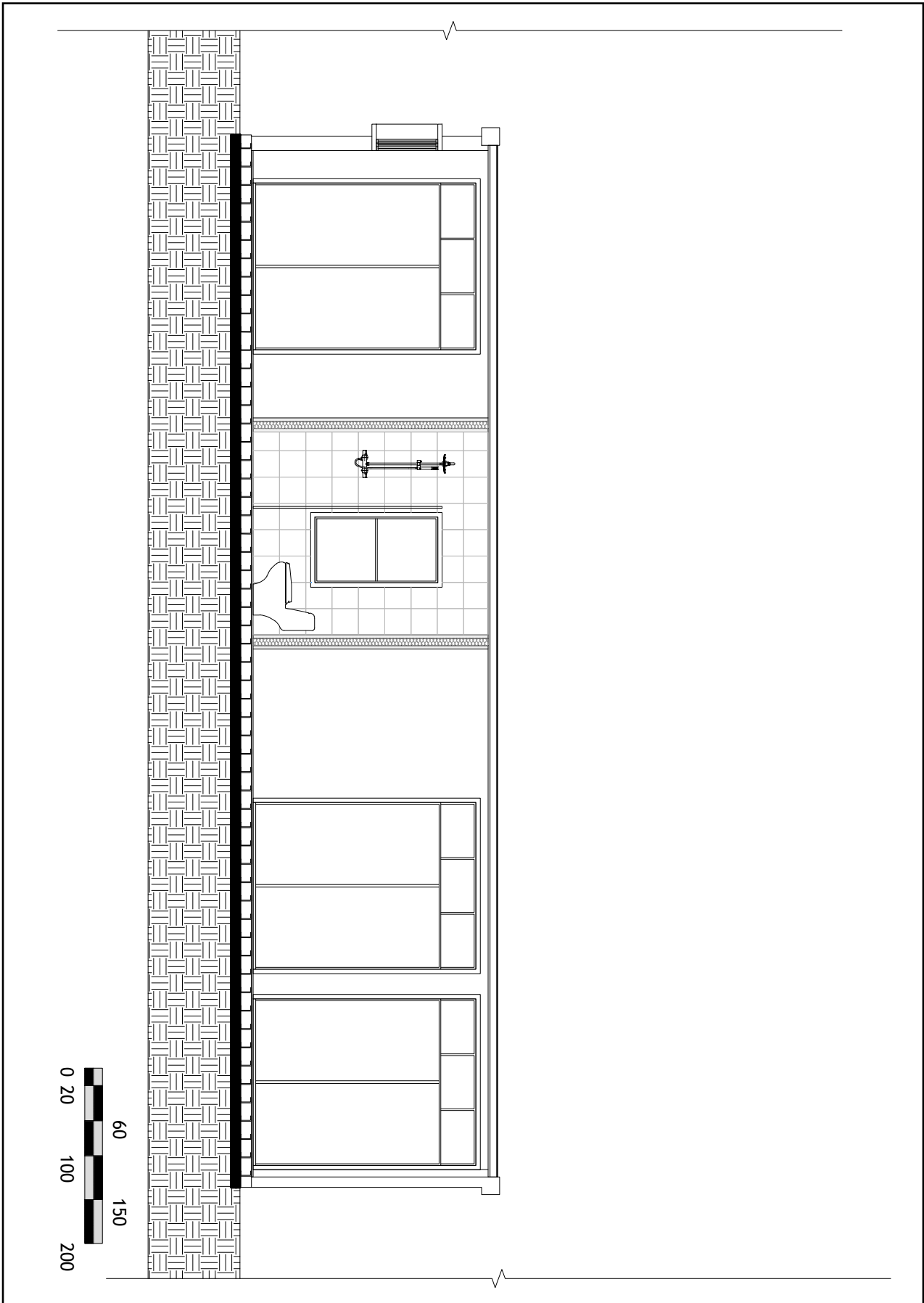
8.3. Planta Cotada



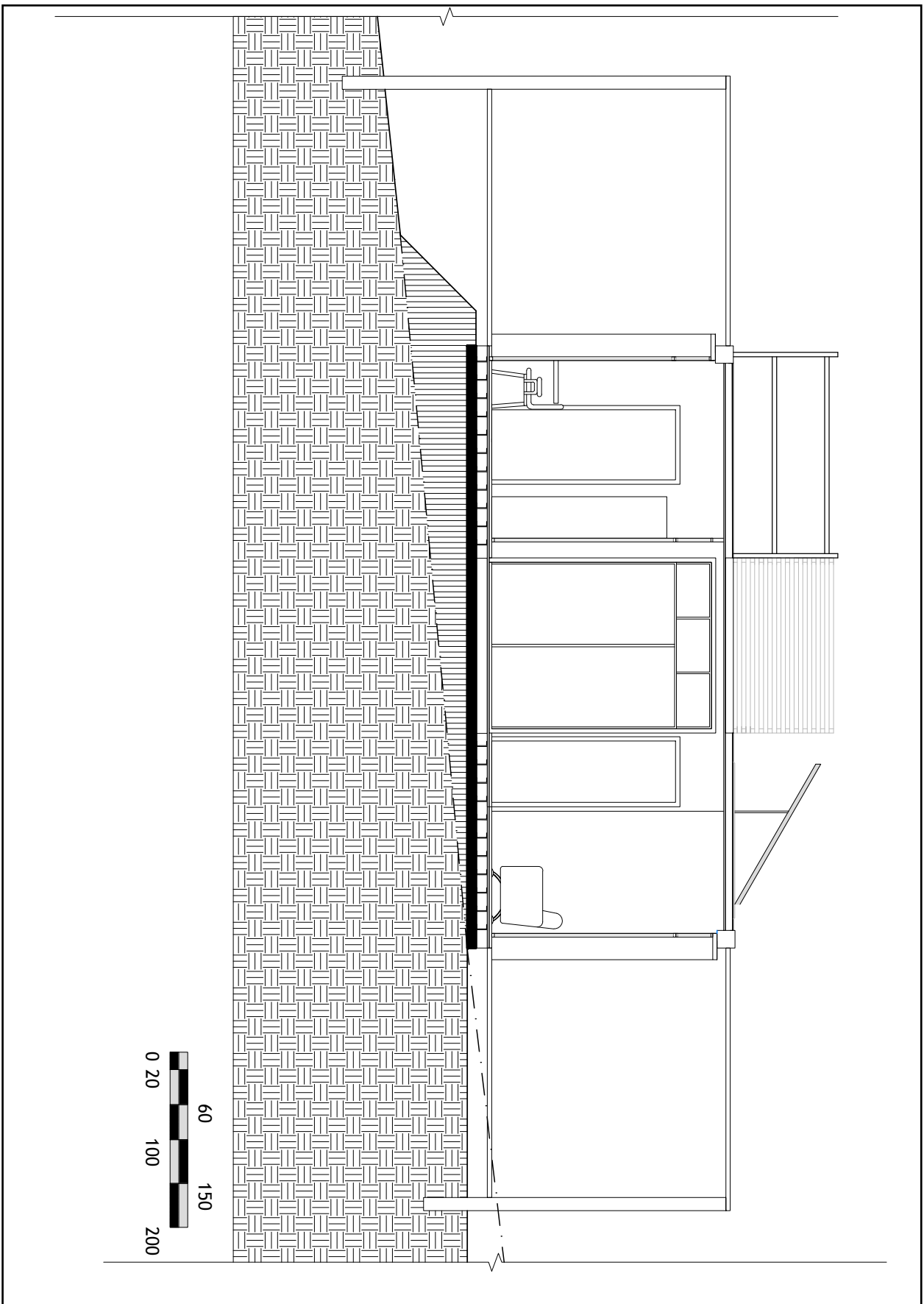
8.4. Diagrama de Cobertura



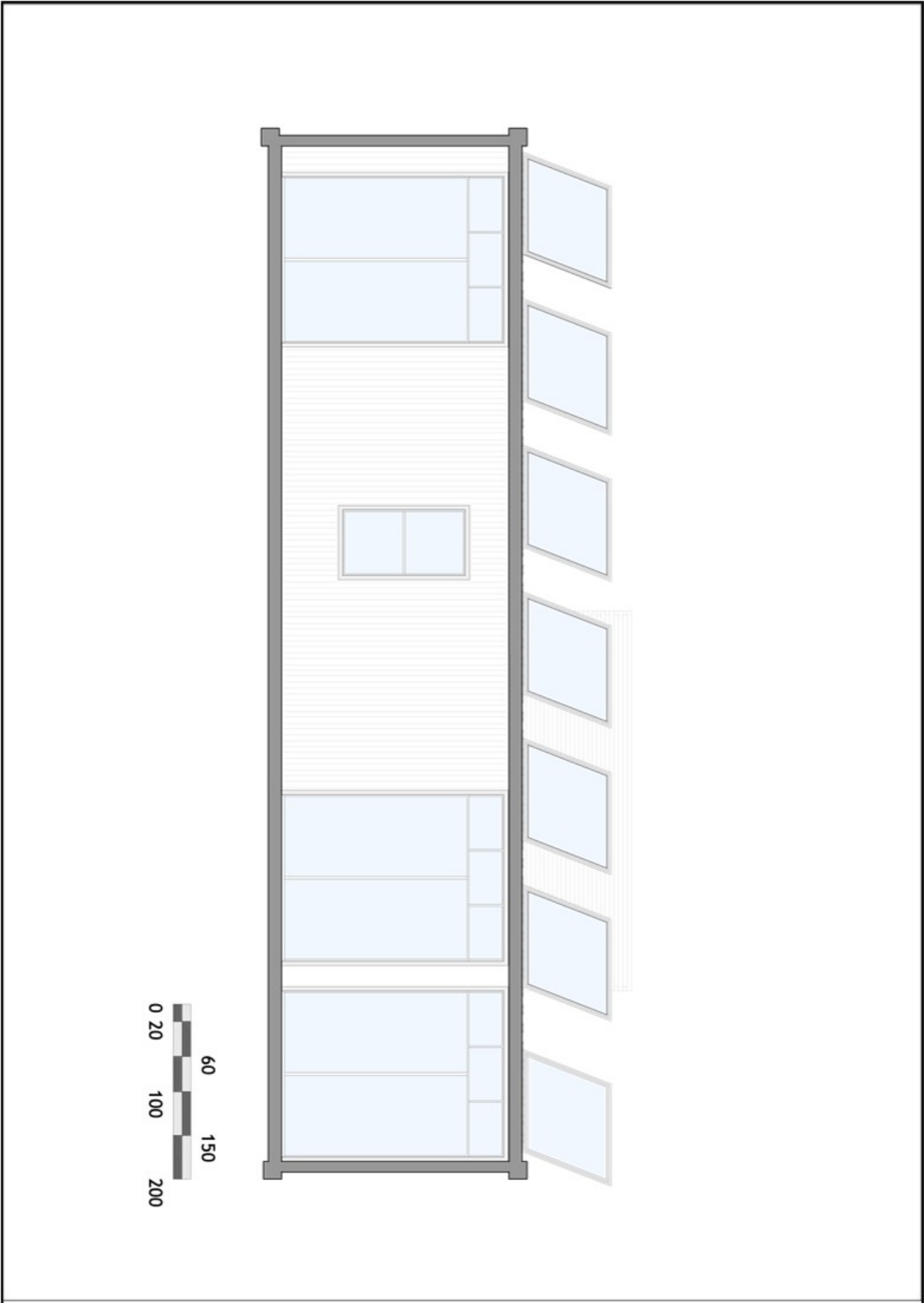
8.5. Corte AA



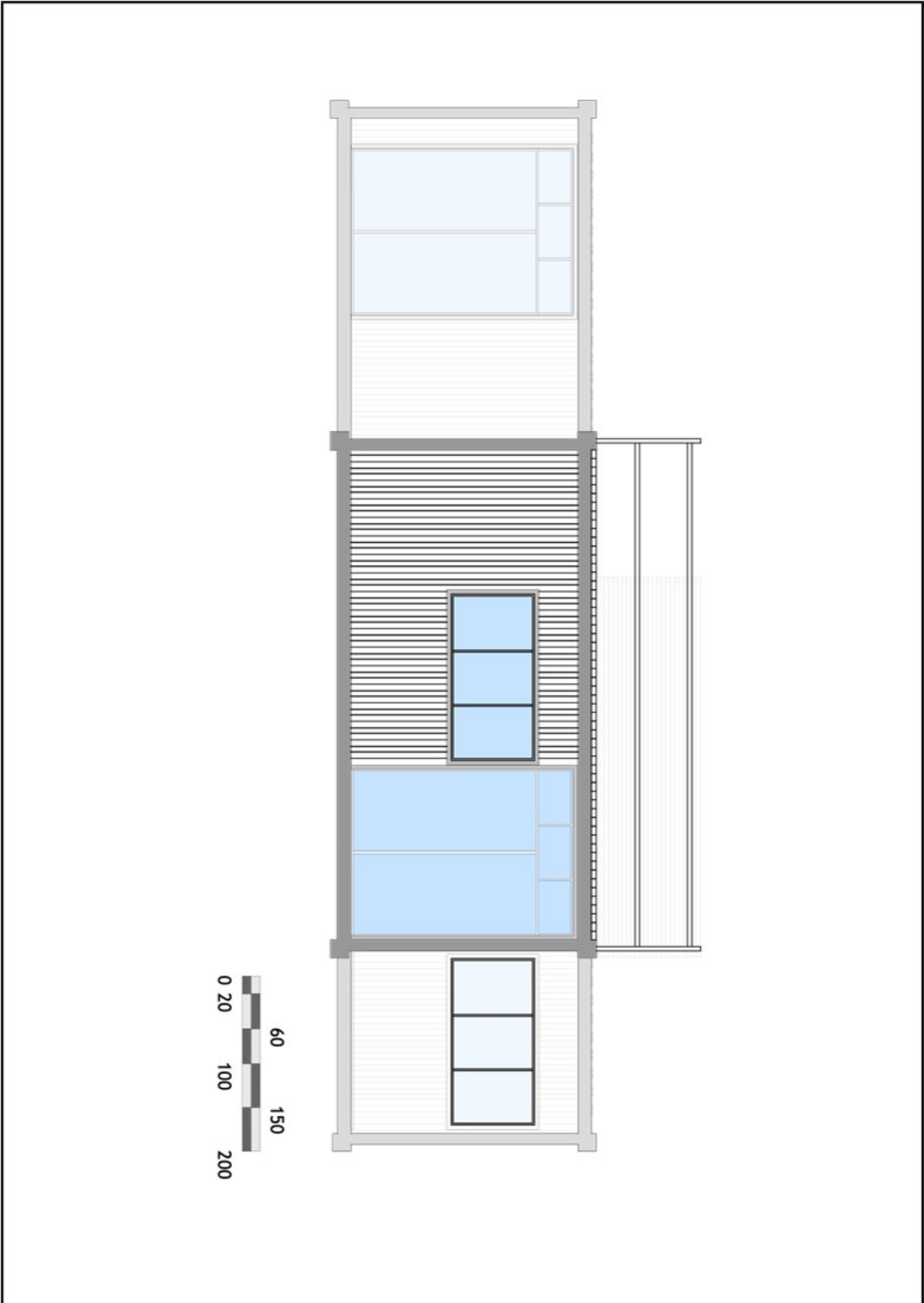
8.6. Corte BB



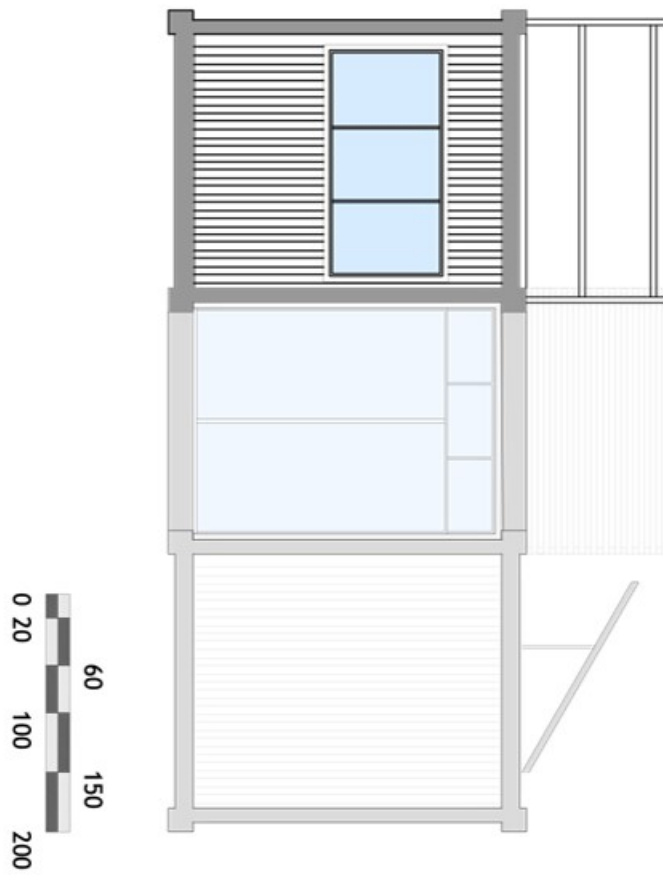
8.7. Fachada Norte



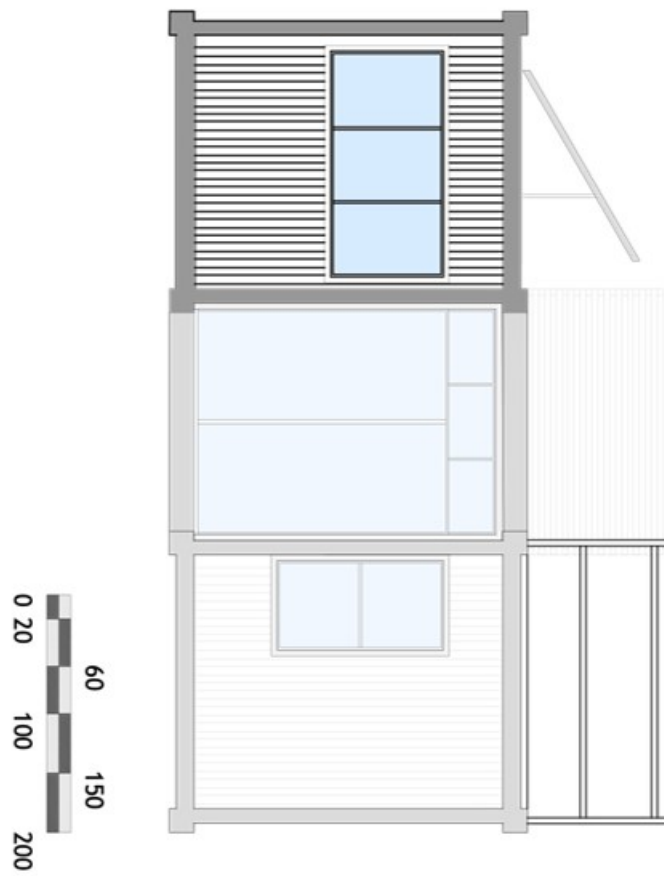
8.8. Fachada Sul



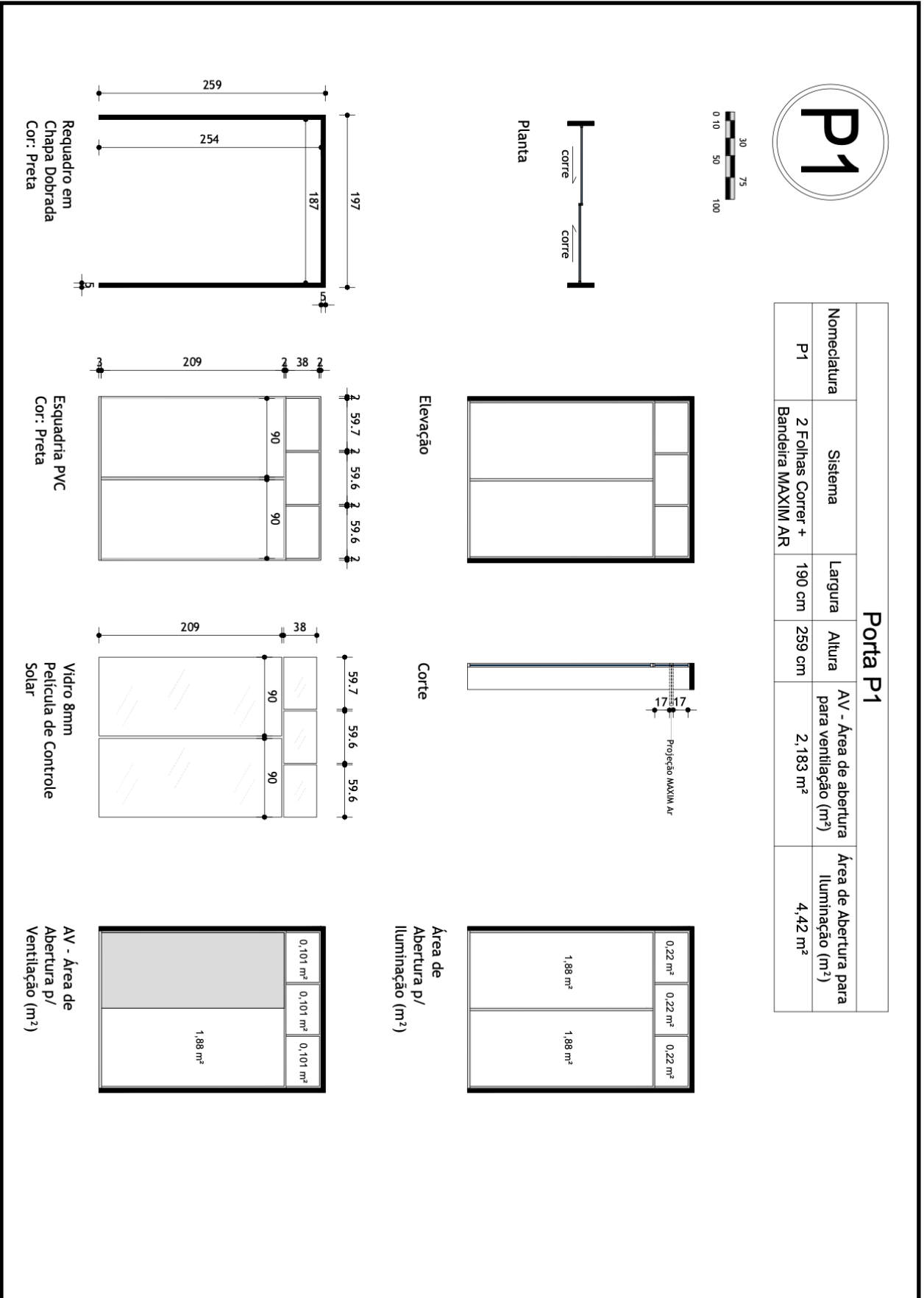
8.9. Fachada Leste

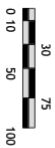
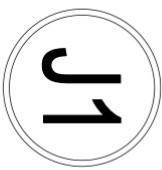


8.10.Fachada Oeste

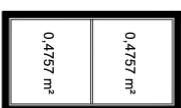
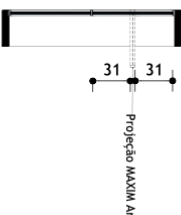
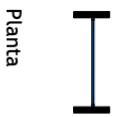


8.11. Quadro de Esquadrias

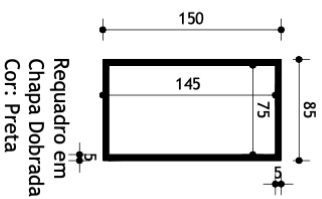




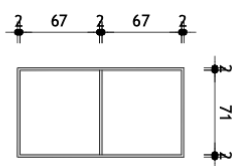
Janela J1				
Nomeclatura	Sistema	Largura	Altura	AV - Área de abertura para ventilação (m ²)
J1	2 Folhas Correr + Bandeira MAXIM AR	85 cm	150 cm	0,2201 m ²
				Área de Abertura para Iluminação (m ²)
				0,9514 m ²



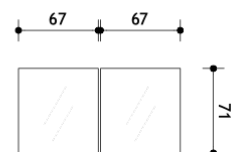
Área de Abertura p/ Iluminação (m²)



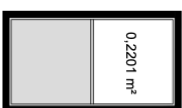
Reguadro em Chapa Dobrada
Cor: Preta



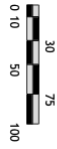
Esquadria PVC
Cor: Preta



Vidro 8mm
Película de Controle Solar



AV - Área de Abertura p/ Ventilação (m²)



Janela J2					
Nomenclatura	Sistema	Largura	Altura	AV - Área de abertura para ventilação (m ²)	Área de Abertura para Iluminação (m ²)
J2	3 Folhas Correr	170 cm	80 cm	1,05 m ²	1,64 m ²



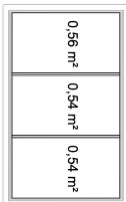
Planta



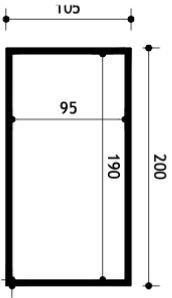
Elevação



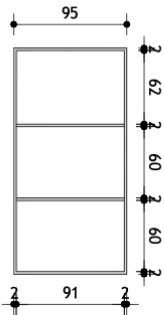
Corte



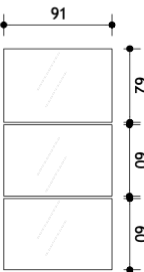
Área de Abertura p/ Iluminação (m²)



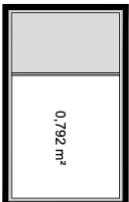
Requadro em Chapa Dobrada
Cor: Preta



Esquadria PVC
Cor: Preta



Vidro 8mm
Película de Controle Solar



AV - Área de Abertura p/ Ventilação (m²)

9. REFERÊNCIAS

ARCHDAILY: Como calcular a transmitância térmica valor U na envoltório de um edifício <<https://www.archdaily.com.br/br/899167/como-calculer-a-transmitancia-termica-valor-u-na-envoltoria-de-um-edificio>> Acesso em: 12 jan. 2021.

BARZAN, Antônio. Análise da eficiência energética de uma edificação residencial através da nova proposta brasileira de etiquetagem de edificações / Antonio Barzan; orientador. Roberto Lamberts, coordenadora, Ana Paula Melo, 2018. 64p.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2020**: ano-base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2012. Relatório Final.

CORREA, Celina Britto. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA. Adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural. Pelotas, Rio Grande do Sul: DROPS VITRUVIUS, 2001. ISSN 2175-6716

DEGANI, Clarice. Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira (2002, outubro). A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico. NUTAU - 2002 - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. São Paulo, Brasil.

GIRIUNAS, Kevin., SEZEN, Halil, DUPAIX, Rebecca. Evaluation, modeling, and analysis of shipping container building structures. Engineering Structures, v. 43, p. 48-57, 2012.

GRUNBERG, Paula Regina Mendes; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; TAVARES, Sérgio Fernando. Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. **Ambient. soc.**, São Paulo , v. 17, n. 2, p. 195-214, jun. 2014 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000200013&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 14 out. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200013>.

HUMPHREYS, Michael(1979), The variation of comfortable temperatures. Int. J. Energy Res., 3: 13-18. doi:10.1002/er.4440030103

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Edificações Residenciais - Unidade habitacional autônoma**. Rio de Janeiro, 2012

Disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/edificacoes.asp> Acesso em:03 Mai. 2020

_____. **Áreas de Uso Comum**. Rio de Janeiro, 2012

Disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/edificacoes.asp> Acesso em:03 Mai. 2020

PEREIRA, Iraci e SOUZA, Roberta. Proteção solar em edificações residenciais e comerciais - Desenvolvimento de Metodologia. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 2008, Fortaleza, CE

PIRES, Fernanda. Valor Econômico. 2015. Disponível em: <http://www.valor.com.br/internacional/3871772/movimento-decontaineres-no-porto-de-roterda-aumenta-58-em-2014>. Acesso em: 24 mar. 2021

SILVA, Arthur Santos; GHISI, Eneidir. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 215-230, Mar. 2014. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000100016&lng=en&nrm=iso>. access on 15 Oct. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000100016>.

SOARES, Carla Patrícia. Santos. Investigação do potencial de economia de energia com o uso de dispositivos de proteção solar no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

SOUZA, Roberta. Vieira. Gonçalves; SOARES, Carla. Patrícia. Santos; ALVES, Tatiana Paula Avaliação de dispositivos de sombreamento no RTQ-R do ponto de vista térmico e luminoso. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 139-159, out./dez. 2018. ISSN 1578-8621

VIANA, Françoise Santana; SOUZA, Henor Artur de; GOMES, Adriano Pinto. Residência em container: comparativo de estratégias para a melhoria do desempenho térmico. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 10, p. e019011, mar. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652794>. Acesso em: 27 mar. 2019. DOI:<https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652794>.