

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura

Ana Beatriz Corrêa dos Santos

**Análise de desempenho de projeto de edificação unifamiliar na cidade de Varginha-MG, conforme o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**

Belo Horizonte - MG

2018

Ana Beatriz Corrêa dos Santos

Análise de desempenho de projeto de edificação unifamiliar na cidade de Varginha-  
MG, conforme o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência  
Energética de Edificações Residenciais

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientadora: Ana Carolina de Oliveira Veloso

Belo Horizonte - MG

2018

## AGRADECIMENTOS

Agradeço todo o apoio da Dra. Ana Carolina Veloso durante a realização deste trabalho de conclusão e por todas as aulas, conversas e conselhos. Seu direcionamento eficaz, sua paciência, seus imensuráveis conhecimentos sobre o tema, além de sua personalidade leve, foram essenciais para o encerramento desta etapa.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Sustentabilidade do Ambiente Construído - UFMG, por todo o saber brilhantemente transmitido que levarei para sempre em minha carreira profissional;

Aos funcionários do Curso de Pós-Graduação em Sustentabilidade do Ambiente Construído – UFMG, em especial a Ana Maria, por auxiliar os alunos do curso da melhor forma possível;

A Laura e a Rita, por todo o suporte oferecido nas minhas idas a Belo Horizonte e companhia mais que agradável;

Aos meus pais, João Pedro e Ana Margarete por serem minha base e por despertarem em mim o gosto pelos estudos e a buscar cada vez mais conhecimento;

Ao Danilo por sempre me incentivar a buscar meus objetivos;

A Ingrid por todas as conversas sobre sustentabilidade;

A Camila, Larissa, Jessica e Thiago por estarem sempre próximos de mim, tornando qualquer jornada mais simples;

A minha família e amigos, por toda a torcida e votos de confiança;

E a Deus por toda a experiência vivida a qual pude aproveitar cada minuto.

## RESUMO

Este trabalho consiste na análise de eficiência energética segundo os requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) do projeto de uma residência unifamiliar proposta para a cidade de Varginha, Zona Bioclimática 2. A proposta inicial de projeto procurou atender ao padrão de construções do entorno, tal como os requisitos mínimos propostos pelo regulamento. Tomou-se como referência algumas estratégias para construções de acordo com o estabelecido no Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Uma vez realizada a análise, pelo método prescritivo do RTQ-R, verificou-se que mesmo com a maior classificação geral alcançada (A), o sistema de envoltória teve um equivalente numérico com classificação “B”. Assim, foram levantadas possíveis melhorias no sistema de envoltória, que possibilitaram a melhora da pontuação do sistema para “A”. Também foram levantados custos destas melhorias e de outros processos para que a certificação fosse realizada, tal como os possíveis preços de venda desta edificação.

**Palavras-chave:** RTQ-R, projeto residencial unifamiliar, eficiência energética.

## ABSTRACT

This study consists of the energy efficiency analysis according to requirements from the Technical Regulation of Quality for the Efficiency Level in Residential Buildings (RTQ-R), of a project for single-family house located in Varginha, Minas Gerais, Bioclimatic Zone 2. The first idea for this project intended to follow the construction standard of the neighborhood, as well as the minimum regulation requirements. Bioclimatic strategies were used according to the Brazilian Bioclimatic Zoning. After the analysis, using the prescriptive method from RTQ-R, it was verified that even when reaching the highest level of efficiency (A), the envelope system received “B” as rating. Possible improvements on the project were checked to increase the envelope rating to “A”. The costs of these modifications and other processes to reach the certification were listed, and the possible sale prices of this building.

**Key words:** RTQ-R, single-family house project, energy efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Energia elétrica por fonte no Brasil em 2016 .....	19
Figura 2 - Gráficos mostrando a evolução da estrutura de consumo de energia elétrica do setor residencial por categoria de uso dos aparelhos, região geográfica e para o Brasil .....	22
Figura 3 - Localização de Varginha-MG .....	26
Figura 4 - Localização do lote para projeto .....	27
Figura 5 - Vista frontal do lote .....	28
Figura 6 - Residências vizinhas ao lote no mesmo lado da calçada .....	29
Figura 7 - Residências vizinhas ao lote do outro lado da calçada .....	29
Figura 8 - Gráfico das temperaturas médias mensais em Varginha-MG .....	31
Figura 9 - Gráfico dos ventos predominantes em Varginha-MG .....	31
Figura 10 - Insolação e vento predominante no lote .....	33
Figura 11 - Planta proposta .....	37
Figura 12 - Fachada com muro frontal .....	38
Figura 13 - Fachada frontal .....	38
Figura 14 - Desenho esquemático Sistema 01 .....	40
Figura 15 - Desenho esquemático Sistema 02 .....	41
Figura 16 - Desenho esquemático Sistema 03 .....	41
Figura 17 - Mapa-chave da composição das paredes no projeto original .....	42
Figura 18 - Sistema de cobertura e suas propriedades térmicas .....	43
Figura 19 - Janelas pivotantes verticais .....	45
Figura 20 - Porta de correr sala .....	46
Figura 21 - Janela basculante para área de serviço .....	46
Figura 22 - Janela de correr de vidro integrada com veneziana, acionamento manual .....	47
Figura 23 - Porta de correr de vidro integrada com veneziana, acionamento manual .....	47
Figura 24 - Vistas com as esquadrias da área de serviço, banhos e quartos .....	48
Figura 25 - Vista com esquadrias da sala e circulação .....	48
Figura 26 - Reservatório e coletores UNISOL .....	50
Figura 27 - Tubo CPVC linha Aquatherm .....	51
Figura 28 - Isolamento polietileno baixa densidade .....	51

Figura 29 - Propriedades térmicas de referência por Zona Bioclimática .....	54
Figura 30 - Tabela de consumo/eficiência energética para Coletores Solares.....	62
Figura 31 - Tabela de consumo/eficiência energética para Reservatórios Térmicos	62
Figura 32 - Desenho esquemático do sistema de parede externa .....	67
Figura 33 - Desenho esquemático do sistema de parede interna .....	68
Figura 34 - Mapa-chave da composição das paredes no projeto alterado .....	69
Figura 35 - Sistema de cobertura com forro e suas propriedades térmicas .....	70
Figura 36 - Modelo de porta pantográfica.....	72
Figura 37 - Fachada frontal com novas pivotantes e cor mais escura (areia) .....	72
Figura 38 - Modelo de janela pantográfica .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade de geração em MW no Brasil .....	20
Tabela 2 - Geração elétrica em 2015 e 2016 em GWh .....	21
Tabela 3 - Parâmetro urbanísticos .....	34
Tabela 4 - Áreas e dimensões mínimas .....	35
Tabela 5 - Propriedades térmicas ponderas dos sistemas de envoltória, por ambiente de permanência prolongada.....	44
Tabela 6 - Absortância dos sistemas de envoltória por ambiente de permanência prolongada .....	45
Tabela 7 - Áreas de iluminação por tipo de esquadria .....	49
Tabela 8 - Áreas de ventilação por tipo de esquadria .....	49
Tabela 9 - Porcentagem da área de iluminação em relação à área de piso, por ambiente.....	54
Tabela 10 - Porcentagem da área de ventilação em relação à área de piso, por ambiente.....	55
Tabela 11 - Atendimento ao item de bonificação de profundidade para iluminação natural .....	63
Tabela 12 - Propriedades térmicas do sistema de parede externa e suas variações	67
Tabela 13 - Propriedades térmicas do sistema de parede interna e suas variações	68
Tabela 14 - Propriedades térmicas ponderas dos sistemas de envoltória, por ambiente de permanência prolongada no projeto alterado .....	70
Tabela 15 - Custos iniciais dos sistemas alterados .....	80
Tabela 16 - Custos finais dos sistemas alterados .....	81
Tabela 17 - Tabela síntese dos valores de venda, custo e lucro da residência, de acordo com mercado local. ....	82



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pré-requisitos da envoltória.....	53
Quadro 2 – Pré-requisitos da envoltória.....	55
Quadro 3 - Análise da eficiência da envoltória .....	58
Quadro 4 - Classificação geral do sistema de envoltória.....	59
Quadro 5 - Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água.....	60
Quadro 6 - Análise do sistema de aquecimento solar .....	62
Quadro 7 - Classificação geral para aquecimento de água.....	63
Quadro 8 - Pontuação final do projeto da UH.....	64
Quadro 9 - Atendimento aos pré-requisitos da envoltória, após modificações em projeto .....	74
Quadro 10 - Análise da eficiência da envoltória, após modificações em projeto .....	76
Quadro 11 - Classificação da envoltória, após modificações em projeto .....	77
Quadro 12 - Classificação final do projeto, após alterações.....	78

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa do tema .....	14
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos .....	15
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3.1	Arquitetura e eficiência energética.....	17
3.2	Consumo elétrico no Brasil .....	19
3.3	PBE Edifica e o setor residencial.....	23
3.3.1	RTQ-R .....	24
4	CONDICIONANTES DE PROJETO.....	26
4.1	Clima .....	30
4.2	Legislação local .....	33
5	O PROJETO .....	37
5.1	Envoltória.....	39
5.1.1	Paredes .....	40
5.1.2	Cobertura .....	43
5.1.3	Gerais .....	44
5.2	Esquadrias.....	45
5.2.1	Iluminação .....	49
5.2.2	Ventilação .....	49
5.3	Aquecimento de água.....	50
5.3.1	Tubulações de água quente .....	51
6	RTQ-R .....	52
6.1	Envoltória.....	52
6.1.1	Pré-requisitos específicos.....	52

6.1.2	Análise da eficiência da envoltória.....	56
6.1.3	Classificação para envoltória.....	59
6.2	Aquecimento de água.....	60
6.2.1	Pré-requisitos específicos.....	60
6.2.2	Sistema de aquecimento solar.....	61
6.2.3	Classificação para aquecimento de água.....	63
6.3	Bonificações.....	63
6.3.1	Iluminação natural: profundidade.....	63
6.3.2	Iluminação natural: refletância do teto.....	64
6.4	Nota final.....	64
7	MELHORIAS.....	65
7.1	Alterações em projeto.....	66
7.1.1	Paredes externas e internas.....	66
7.1.2	Forro de gesso.....	69
7.1.3	Gerais envoltória.....	70
7.1.4	Cores da fachada.....	71
7.1.5	Esquadrias.....	71
7.2	RTQ-R.....	73
7.2.1	Envoltória com correções.....	74
7.2.2	Nota geral.....	78
7.3	Custo das modificações no projeto e valores finais para a edificação.....	79
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
	REFERÊNCIAS.....	87
	APÊNDICES.....	90
	APÊNDICE A - Plantas de situação e implantação no terreno projeto inicial.....	91
	APÊNDICE B - Planta cobertura e vista lateral projeto inicial.....	92
	APÊNDICE C - Planta arquitetônica e vistas frontais projeto inicial.....	93

APÊNDICE D - Planta layout e esquadrias projeto inicial .....	94
APÊNDICE E - Cortes projeto inicial .....	95
APÊNDICE F - Plantas de situação e implantação no terreno projeto alterado .....	96
APÊNDICE G - Planta cobertura e vista lateral projeto alterado .....	97
APÊNDICE H - Planta arquitetônica e vistas frontais projeto alterado .....	98
APÊNDICE I - Planta layout e esquadrias projeto alterado .....	99
APÊNDICE J - Cortes projeto alterado .....	100
APÊNDICE K - Memória de cálculo do aquecimento solar de água .....	101
ANEXOS .....	105
ANEXO A – Portaria Inmetro 50/2013 Absortâncias .....	106
ANEXO B – Anexo I RTQ-R <i>somb</i> .....	107
ANEXO C – Orçamento e dimensionamento para sistema de aquecimento de água quente .....	108
ANEXO D – Base SINAPI MG 07/2018 .....	109

## 1 INTRODUÇÃO

Os primeiros questionamentos acerca do modelo de desenvolvimento econômico com exacerbado consumo de recursos naturais ocorreram na década de 1970, após os conturbados anos 1960, quando o movimento ambientalista ganhou visibilidade. Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) convoca a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo na Suécia. Esta conferência propôs o início das discussões acerca da preservação do meio ambiente (ONU, 2018). Mais tarde, o conceito de desenvolvimento sustentável em si, seria definido em 1987 no Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum”, o qual designava que o desenvolvimento sustentável busca equilíbrio entre “exploração de recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional”, de forma que possa atender às necessidades das gerações atuais e futuras.

Uma das vertentes para se alcançar o desenvolvimento sustentável é a produção de energia no mundo. Cada vez mais a vida moderna é dependente de sistemas elétricos/eletrônicos, aliando o rápido desenvolvimento tecnológico com a busca pelo conforto. O panorama atual mostra essa dependência tanto por parte do consumidor final, quanto das indústrias e empresas que movimentam a economia. A crescente demanda de consumo de energia elétrica prevê consequente aumento na capacidade de geração do país. Entre os anos 2010 a 2016, de acordo com os relatórios do Balanço Energético Nacional (BEN) das respectivas datas, ocorreu um crescimento na capacidade de produção de eletricidade de quase 34%. Vale salientar, que as fontes renováveis de energia - como eólica e solar - têm obtido expressivo crescimento em relação às mais poluentes - como a termoelétrica de carvão (BEN 2017).

Ainda que a matriz elétrica brasileira seja predominantemente renovável – 81,7% da produção de energia elétrica no Brasil vem de fontes limpas (BEN, 2017), enquanto a média mundial é de apenas 21,2% (Agência Internacional de Energia, 2014) - para todo tipo de meio de produção tem-se impactos. Como exemplo, pode-se citar a produção hidrelétrica, que corresponde à maior parcela de produção elétrica no país (68,1% - BEN 2017). Apesar de considerada como uma fonte limpa por não

emitir gases de efeito estufa, a construção das usinas reflete consequências drásticas no meio ambiente em que estão inseridas. O alagamento de grandes áreas para o represamento traz prejuízos a fauna e flora local, interferindo nesses ecossistemas, e também para populações humanas já instaladas, que precisam ser deslocadas para outras regiões (FRASÃO; BARRA; MENICONI, 2011).

O Governo Brasileiro tem tomado medidas para otimizar e reduzir o consumo elétrico, principalmente após a Crise do Racionamento Energético nos anos 2000, com ocorrências constantes de *black out* em várias cidades do país. Dentre as medidas tomadas, podem-se citar leis, índices de consumo máximo para alguns produtos elétricos (como refrigeradores), índices mínimos de eficiência energética para outros (aquecedores de água a gás) e programas de metas (PBE EDIFICA, 2018). No campo da construção civil, tem-se o início da etiquetagem de edifícios, o PBE Edifica (Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edifícios).

A criação da etiqueta para edificações surgiu da parceria entre o Programa Brasileiro de Etiquetagem e o Inmetro e Eletrobrás/PROCEL Edifica. A razão se deve por estas representarem 45% do consumo elétrico total do Brasil e ser um setor com possibilidade considerável de redução de consumo. (PROCEL, 2006)

Para a obtenção da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), os edifícios devem atender, de acordo com seu uso, aos requisitos estabelecidos nos documentos RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - 2009) ou RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - 2010). Até o presente momento, novembro de 2018, existem 216 etiquetas emitidas para edifícios comerciais, de serviços e públicos. Quanto aos edifícios residenciais tem-se quase 6000 ENCEs emitidas, distribuídas nas categorias de UH, edifício multifamiliar e áreas comuns.

A iniciativa tem fundamento, visto que o Programa Brasileiro de Etiquetagem tem um importante papel dentro das metas do Plano Nacional de Energia (PNE 2030) no que se refere à diminuição do consumo energético do Brasil por meio de medidas de eficiência energética. Hoje, várias empresas aprimoraram seus produtos para atender aos requisitos das mais altas classificações da etiqueta, como forma de mostrar ao consumidor suas vantagens. Em países europeus, onde a oferta

de energia se encontra fortemente atrelada ao preço de combustíveis fósseis, já é comum que na compra ou locação de um imóvel, a etiqueta de eficiência energética esteja presente, aumentando o conhecimento do consumidor final sobre o bem adquirido e, conseqüentemente, seu poder de decisão. A tendência é que esse cenário se repita também no Brasil.

Nesse contexto, a proposta deste trabalho de conclusão de curso de pós-graduação é a análise de um projeto residencial unifamiliar projetado para receber a etiqueta do PBE Edifica seguindo os requisitos do RTQ-R. A intenção é observar as possibilidades de projeto para uma edificação com uso mais eficiente de energia.

### 1.1 Justificativa do tema

As edificações brasileiras representam 45% do consumo elétrico total do país, e de acordo com o PROCEL é um dos setores com grande possibilidade de redução de consumo – cerca de 50% para edificações novas e de 30% para edificações existentes que passem por reformas (PROCEL, 2006).

Dessa forma, este trabalho pretende analisar formas de se alcançar um bom desempenho energético numa tipologia de edificação tão comum no país, ainda mais quando se observam as cidades interioranas. Levantar as estratégias necessárias, os principais desafios e impactos desse tipo de construções, colaboram para que cada vez mais se busque aprimorar os meios que possibilitem edificações cada vez mais eficientes em energia.

## 2 OBJETIVOS

Neste item são expostos os objetivos gerais e específicos deste trabalho de conclusão de curso.

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo principal é analisar a eficiência energética de um projeto residencial unifamiliar, proposto para um lote em bairro residencial classe média da cidade de Varginha-MG, cuja edificação possui a intenção de venda, com base no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. O projeto havia sido elaborado considerando estratégias para uma construção mais eficiente em consumo de energia, mas sendo verificada a necessidade de alterações para melhor desempenho; estas melhorias serão levantadas, tal como seus impactos no projeto e no custo da obra.

### 2.2 Objetivos específicos

Espera-se alcançar durante o estudo, os seguintes objetivos que permitirão que o objetivo geral seja concretizado:

- Verificar relevância do tema, explorando base teórica referente a relação entre arquitetura e eficiência energética, consumo elétrico no Brasil e a certificação de eficiência energética brasileira;
- Levantar as premissas de projeto, considerando tanto as condicionantes climáticas e legais do terreno;
- Elaborar um projeto residencial unifamiliar inicial;
- Analisar o projeto conforme o RQT-R;
- Verificar possibilidade de melhorias e aponta-las;
- Se necessário, analisar o projeto alterado conforme o RTQ-R para comprovar melhora no desempenho;



- Levantar custos das alterações;
- Discutir pontos positivos, negativos, viabilidade do projeto e alterações e desafios neste estudo.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Arquitetura e eficiência energética

A eficiência energética em um projeto de arquitetura pode ser alcançada em vários aspectos na construção civil. A etapa de projeto é a que mais permite exploração de soluções, visto que um bom planejamento leva em consideração características climáticas locais, o terreno e seu entorno, especificação de materiais, funcionalidade, entre outros. Portanto, pode-se afirmar que cada decisão de projeto é capaz de influenciar o desempenho térmico e luminoso dos ambientes internos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A arquitetura vernacular, por exemplo, surge como forma de aproveitamento das condições climáticas locais e de estratégias sustentáveis que permitem atingir a eficiência energética dentro de uma edificação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Van Legen (2014) traz em seu livro uma compilação de técnicas construtivas de acordo com as características climáticas nas quais o projeto está inserido. É notável a importância da orientação correta das fachadas, para favorecer a iluminação e ventilação na edificação, além da definição dos sistemas construtivos, como espessuras de paredes ou contato com o solo.

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014) a eficiência energética na arquitetura pode ser alcançada até mesmo dentro da tríade vitruviana de *firmitas*, *utilitas* e *venustas*. No princípio de *solidez*, tem-se a definição e racionalização de estruturas e materiais utilizados. A *funcionalidade* está relacionada com o “conforto térmico, visual e acústico”. Quanto a *estética*, o uso de elementos de arquitetura bioclimática na fachada (como brises, por exemplo) deixa à mostra a beleza de estratégias para eficiência energética.

Porém, em uma era globalizada, com fácil acesso à informação e industrialização de cadeias produtivas inteiras, observa-se uma tendência de as construções apresentarem características semelhantes em qualquer ponto do planeta. Isso se deve ao chamado ‘estilo internacional’, proveniente da era industrial. Porém, Van Legen, (2014) esclarece que uma técnica encontrada como solução em certa localidade pode apresentar-se como problema em outra.

Pode-se tomar como exemplo disto, as cortinas de vidro, marca de Mies van der Rohe, que percorreram o mundo, sendo a tipologia atribuída a edificações comerciais (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). O próprio arquiteto atribui como materiais para um edifício de escritórios o concreto armado, o ferro e o vidro como materiais construtivos (LEONI, 2011). Apesar de quando utilizado nas fachadas muitas vezes remeter à modernidade e sofisticação, e até mesmo render ricos efeitos luminosos sua utilização, muitas vezes é incompatível com a realidade do clima brasileiro. Por se tratar de um país predominantemente tropical, o vidro em fachadas, sem devidas proteções, aumenta a absorção de calor para dentro do edifício, causando desconforto nos usuários e/ou sobrecarregando o sistema de ar condicionado, fazendo com que este último consuma mais energia elétrica (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Alguns referenciais para se projetar e construir levando em consideração as especificidades do clima brasileiro, são as normas nacionais que preveem a comunicação entre edifício e clima. São elas a NBR15220 (Norma de Desempenho Térmico de Edificações - 2005) e a NBR15575 (Norma de Desempenho – Edificações Habitacionais - 2013). A primeira traz diretrizes básicas para se obter conforto térmico em edificações em qualquer uma das oito zonas bioclimáticas brasileiras (cada qual com suas características e necessidades diferentes). Ela tem caráter de consulta e base para projetistas. Já a norma de desempenho com foco nas habitações, traz requisitos mínimos de desempenho nos sistemas da edificação, incluindo o desempenho térmico de vedações verticais e coberturas. A norma NBR15575 tem caráter obrigatório e está em vigor desde 2013. Suas exigências percorrem propriedades térmicas como transmitância e capacidade térmica dos sistemas em questão, tendo como base a NBR15220.

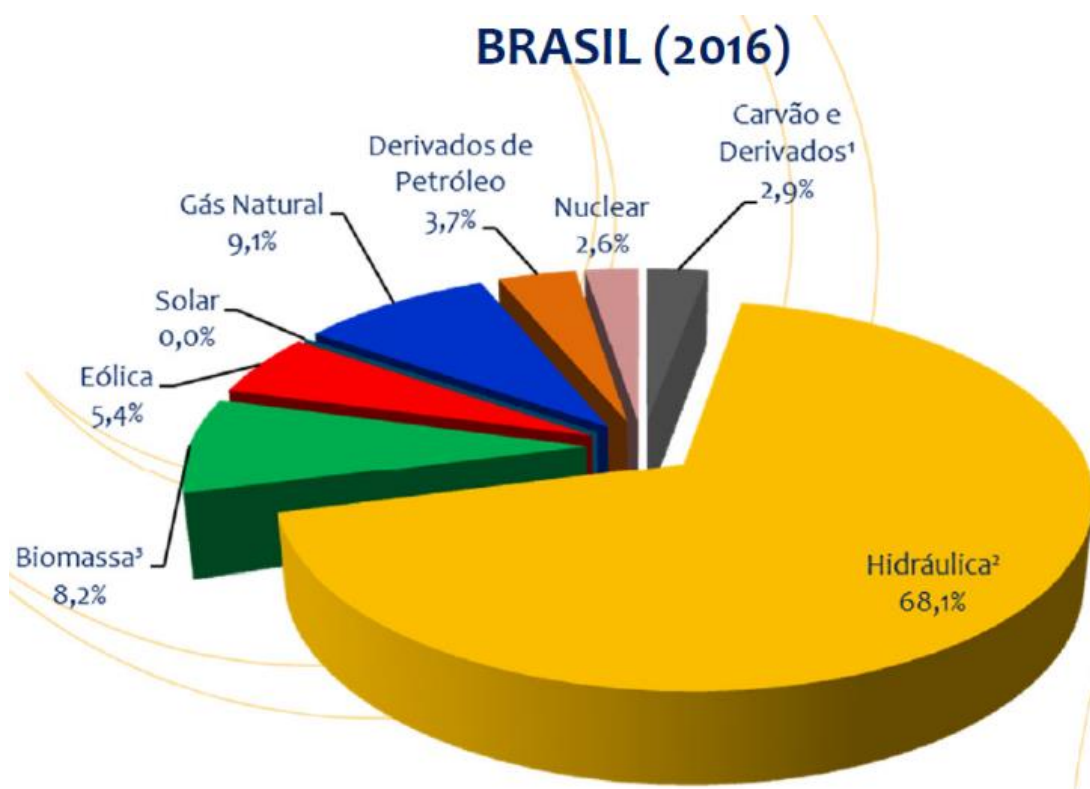
Ainda assim, Edwards (2005), cita três fatores de grande influência para se alcançar a eficiência energética nas edificações, que devem ser combinados entre si: a inovação tecnológica, políticas governamentais e os interesses pessoais. A inovação tecnológica abrange a aposta em novas fontes de energia (como solar e eólica) que pode tornar os edifícios produtores da própria energia que consomem, além de se projetar com mais qualidade pensando desde a implantação até sistemas de isolamento. A existência das mesmas, aliadas a políticas públicas que incentivem construções mais inteligentes, podem colaborar para criar uma nova demanda.

Porém, ainda é necessário o interesse do cliente combinada ao entusiasmo do projetista.

### 3.2 Consumo elétrico no Brasil

A matriz energética brasileira tem significativa colaboração de fontes renováveis, sendo 43,5% (BEN, 2017) de toda a produção energética no país. Este valor está acima da média mundial, onde a representação de fontes renováveis é de 13,5% (Agência Internacional de Energia, 2014). Quando se analisa a matriz elétrica do Brasil, o percentual da participação de fontes renováveis sobe para 81,7% (BEN, 2017), enquanto em relação ao mundo o índice é de apenas 21,2% (Agência Internacional de Energia, 2014). Isso se deve em grande parte ao grande potencial hidroelétrico nacional - fonte de 68,1% de energia elétrica (BEN, 2017) -, permitido pela vasta extensão territorial e abundância de cursos d'água.

Figura 1 - Energia elétrica por fonte no Brasil em 2016



Fonte: BEN, 2017.

A capacidade de geração de energia elétrica atual é de 150.338 MW, distribuída entre energia hidrelétrica, termoeletrica, nuclear, solar e eólica. Um dado interessante a respeito das termoeletricas brasileiras é que boa parte da produção vem da queima da biomassa da cana de açúcar, sendo uma fonte sem emissões de gases estufa. Entre 2015 e 2016, a capacidade de geração cresceu 6,7%, sendo expressivo o crescimento em um ano da capacidade da produção eólica e solar (BEN, 2017).

Quanto ao consumo, ao observar os dados referentes aos últimos dois anos, é notável o decréscimo da geração de energia elétrica. Porém, com uma análise mais aprofundada, essa queda se mostra em fontes derivadas de combustíveis fósseis, que tem principal destinação abastecer as indústrias. Nesta época de instabilidade econômica e política que o país atravessa, é esperado que a produção industrial caia e, conseqüentemente, seu consumo de energia elétrica. É possível comprovar a baixa industrial, quando de acordo com o BEN 2016 a indústria foi responsável pelo consumo de 196,6TWh e no balanço do ano seguinte, este consumo foi de 195,3TWh (BEN, 2017).

Tabela 1 - Capacidade de geração em MW no Brasil

<b>Capacidade de geração em MW</b>			
Fonte	2015	2016	$\Delta$ 16/15
Hidrelétrica	91.650	96.925	5,8%
Térmica	39.580	41.276	4,3%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%
Eólica	7.633	10.124	32,6%
Solar	21	24	13,1%
Capacidade disponível	140.874	150.338	6,7%

Fonte: BEN 2017.

Tabela 2 - Geração elétrica em 2015 e 2016 em GWh

<b>Energia elétrica gerada em GWh</b>			
Fonte	2015	2016	$\Delta$ 16/15
Hidrelétrica	359.743	380.911	5,9%
Gás Natural	79.490	56.485	-28,9%
Biomassa	47.394	49.236	3,9%
Derivados do Petróleo	25.657	12.103	-52,8%
Nuclear	14.734	15.864	7,7%
Carvão Vapor	18.856	17.001	-9,8%
Eólica	21.626	33.489	54,9%
Solar Fotovoltaica	59	85	44,7%
Outras	13.669	13.723	0,4%
<b>Geração total</b>	<b>581.228</b>	<b>578.898</b>	<b>-0,4%</b>

Fonte: BEN 2017.

As edificações em 2016 representaram 42,8% (BEN, 2017) do consumo elétrico total, mostrando crescimento de consumo nos setores residencial e público, e decréscimo no setor comercial/serviços, mais uma vez, podendo ser justificado pela forte crise econômica. É importante salientar, porém, que mesmo com a queda de consumo do setor comercial, o crescimento entre 2010 a 2016 foi de cerca de 28%, enquanto no mesmo período a indústria teve queda de 4% (BEN, 2017)

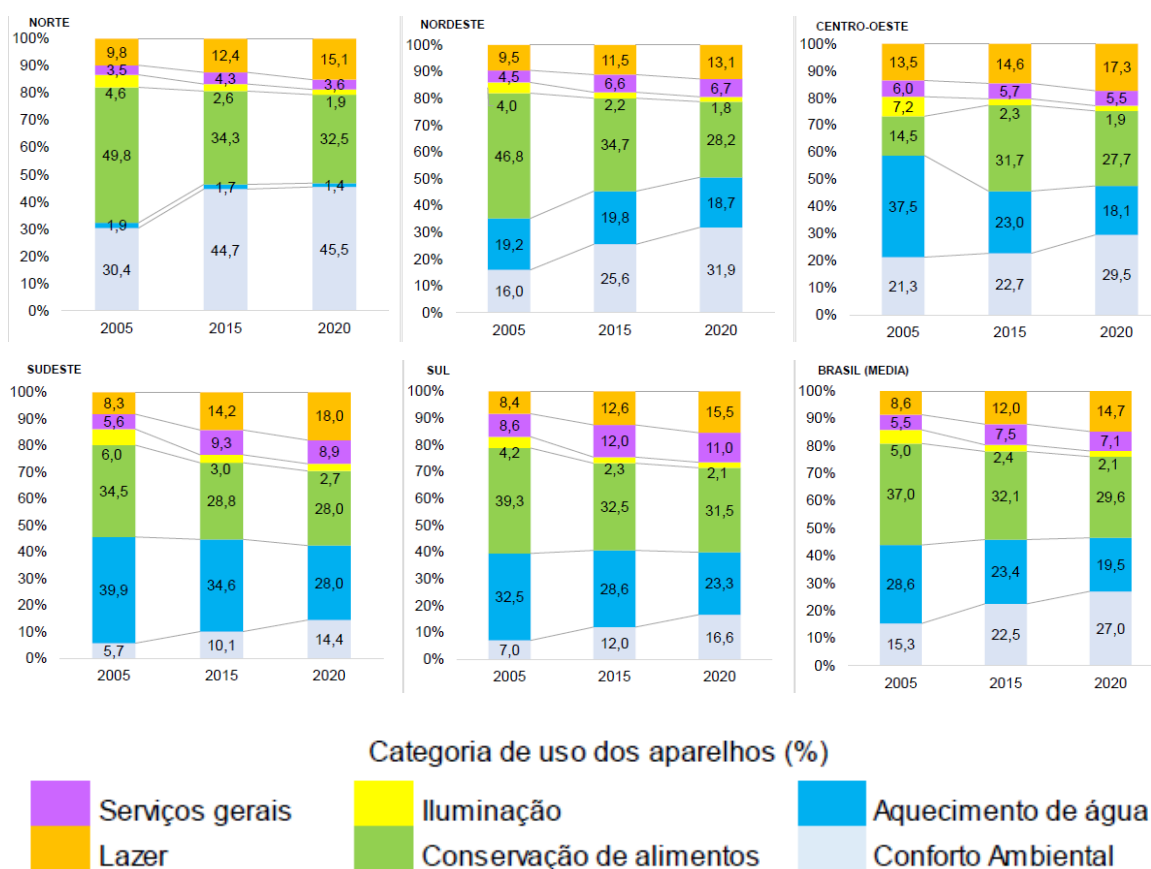
O Plano Nacional de Energia (MME, 2008) aponta na categoria de eficiência energética que o consumo de energia do setor residencial se dá no campo de refrigeração – sendo majoritariamente pela refrigeração de alimentos (geladeira ou freezer – e parte por refrigeração ambiental (ar condicionado). Em seguida, tem-se o consumo destinado para aquecimento de água.

No trabalho de Romero e Reis (2012) apontaram a iluminação, conforto térmico proporcionado por ventilador ou ar condicionado e aquecimento de água como usos finais da eletricidade na residências. Os autores ainda comentaram as barreiras enfrentadas no país para conservação de energia nos vários setores. Podem ser destacadas a falta de informação da população da população em relação a medidas de conservação de energia e a tendência de o consumidor dar preferência a

equipamentos de menor custo inicial, não necessariamente aos produtos/sistemas mais eficientes.

Abrahão e Souza (2016) mostram a estrutura do consumo por uso final de energia no setor residencial em cada unidade federativa do país, analisando dados de 2005 e 2015, e sua projeção para 2020. Percebeu-se que em todas as regiões houve redução do uso final de energia em iluminação tal como para conservação de alimentos, excetuando a região Centro. O consumo direcionado a conforto ambiental é proporcionalmente maior na região Norte. Inclusive, nota-se crescimento de consumo com destinação a conforto ambiente e ao lazer em todas as regiões. Aquecimento de água também apresentou diminuição, excluindo as regiões Norte e Nordeste que sofreram poucas alterações.

Figura 2 - Gráficos mostrando a evolução da estrutura de consumo de energia elétrica do setor residencial por categoria de uso dos aparelhos, região geográfica e para o Brasil



Fonte: Abrahão e Souza, 2016.

De forma geral é possível observar pelos gráficos, que os principais usos finais nas regiões brasileiras tal como a média nacional são: conservação de alimentos, aquecimento de água e conforto térmico (ABRAHÃO; SOUZA, 2016).

### 3.3 PBE Edifica e o setor residencial

O Programa Brasileiro de Etiquetagem surgiu em 1984, como avaliação da conformidade. O programa prevê a atribuição de etiquetas a produtos que atendam requisitos quanto a categorias relacionadas a desempenho. Possui atualmente 38 programas para certificação de produtos, automóveis e edificações (PBE EDIFICA, 2018).

Quanto às etiquetas para avaliação da eficiência energética, o processo teve início em 2001, a partir da Lei nº 10.295 de Eficiência Energética (outubro de 2001), regulamentada pelo Decreto nº 4.059 (dezembro de 2001). O objetivo era prever:

[...] níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica a ser fixada nos termos deste Decreto, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia. (Decreto nº4.059).

As etiquetas referentes à eficiência energética são denominadas de ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. O índice apresentado na etiqueta varia do mais eficiente ao menos eficiente.

No que se refere às edificações, para a obtenção da ENCE, estas devem estar em acordo com os parâmetros estabelecidos pelos Requisitos Técnicos para a Qualidade do Nível de Eficiência Energética, RTQ-C (para edificações comerciais, de serviços e públicas) ou RTQ-R (para edificações residenciais). O RTQ-C está em vigor desde o ano de 2009 e o RTQ-R, desde 2010 (PBE EDIFICA, 2018).

Para iniciar o andamento da avaliação é necessário entrar em contato com um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo Inmetro, que é o órgão com



legitimidade em emitir a etiqueta. Existem três OIAs ativos no momento, nas cidades de Pelotas/RS, São Paulo/SP e Natal/RN.

O número reduzido de Organismos de Inspeção é questionado por alguns autores. Para Tubelo et al (2013), o número de OIAs precisa se mostrar mais expressivo para maior abrangência de serviço especializado, colaborando com o crescimento do número de edificações certificadas. Wong e Krüger (2014) sugerem ainda em seu estudo comparativo entre certificações na União Europeia e no Brasil, que o baixo número de OIA's no país pode ter influência no preço pouco competitivo da certificação nacional.

### 3.3.1 RTQ-R

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) de 2010, prevê que a certificação possa ser realizada para:

- Edificações unifamiliares
- Edificações multifamiliares
  - Áreas comuns de uso eventual
  - Áreas comuns de uso frequente

No caso das edificações unifamiliares, tem-se uma ENCE referente a unidade habitacional autônoma. Nos edifícios multifamiliares, cada unidade habitacional possui a sua própria ENCE, e o edifício como um todo possui uma ENCE obtida da média ponderada das unidades habitacionais e outra atestando sobre as áreas comuns do condomínio.

Para a determinação do nível de eficiência energética nas edificações residenciais são analisados sua envoltória, sistema de aquecimento de água e possíveis bonificações (RTQ-R, 2010).

No regulamento, a envoltória traz pré-requisitos acerca das propriedades térmicas de paredes e coberturas (como transmitância, capacidade e absortância destes sistemas); e de ventilação e iluminação natural, verificando dimensões e

características das aberturas. A análise da eficiência pode ser feita pelo método prescritivo ou por meio de simulação, apresentando o desempenho da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração.

O RTQ-R ainda determina pré-requisitos para o sistema de aquecimento de água referentes às tubulações de água quente e reservatórios. Cada tipo de sistema de aquecimento possui suas determinadas exigências para atendimento ao regulamento. Caso a edificação não possua nenhum sistema de aquecimento de água, o equivalente numérico para esta categoria será de 2 (D) para as regiões Norte e Nordeste, e 1 (E) para as demais regiões.

Ainda é possível obter até 1,0 ponto de bonificação em itens como ventilação e iluminação naturais, uso racional de água, condicionamento de ar, entre outros.

Até o presente momento, novembro de 2018, existem 612 etiquetas para edifícios multifamiliares, 5080 para unidades habitacionais autônomas e 16 para áreas comuns (Inmetro, 2018).

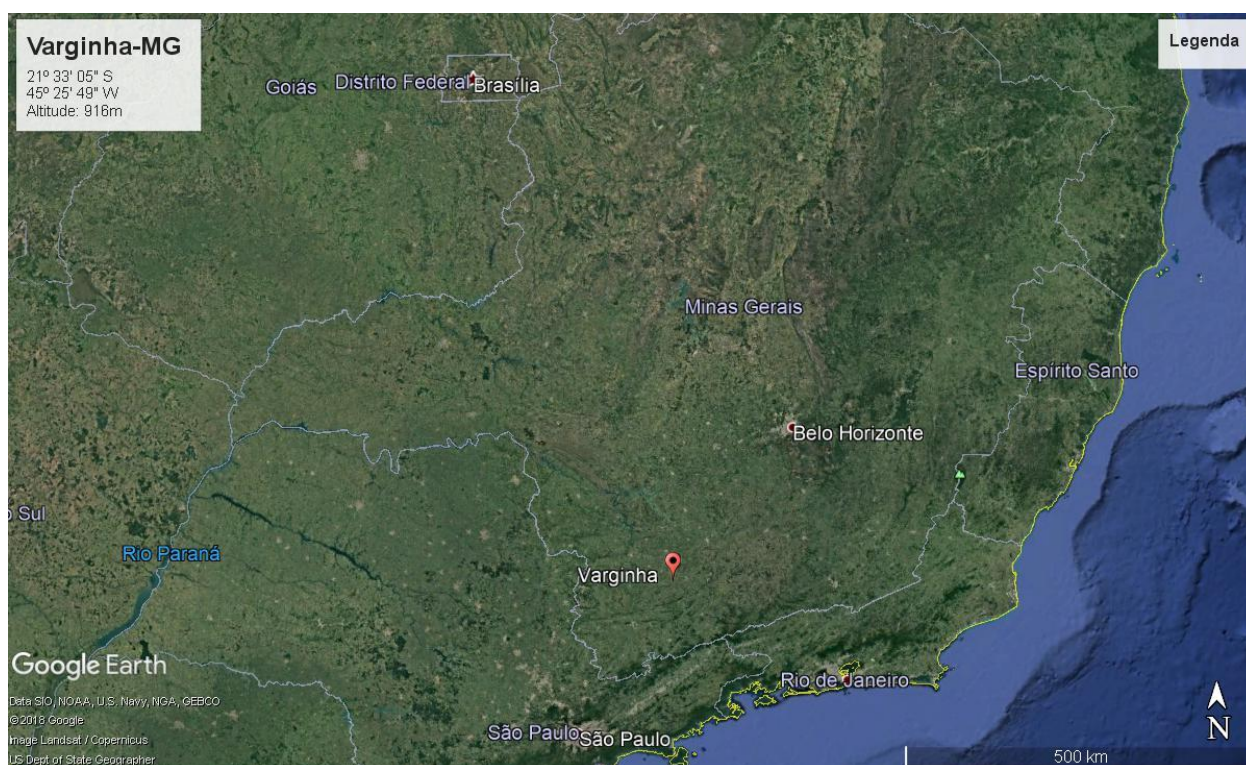
O Regulamento Brasileiro se diferencia de outros processos para atendimento de eficiência energética. Tubelo et al (2013) em seu estudo comparativo entre RTQ-R e o *Passivhaus*, aponta que, enquanto o método desenvolvido na Alemanha estipula valores máximos de consumo, por meio de atendimento a padrões mínimos da envoltória, focando mais no conforto térmico em si; a etiqueta brasileira concentra seus esforços na conservação de energia por meio de melhorias na envoltória e estimulando sistemas de aquecimento de água que não utilizem eletricidade, focando em valores mínimos de consumo. Fica clara a diferença conceitual entre eles quando os autores demonstram que o *Passivhaus* foi pensando para edificações hermeticamente isoladas com sistema de exaustão mecânica, enquanto o RTQ-R enfatiza uma edificação ventilada naturalmente, mesmo que possua possibilidade de fechamento para essas aberturas nas regiões mais frias. Esse fato se deve às diferenças climáticas entre estes países, de forma que as temperaturas mais amenas no Brasil possibilitem a utilização de recursos naturais.

## 4 CONDICIONANTES DE PROJETO

O projeto residencial unifamiliar a ser apresentado, foi elaborado em um lote urbano da cidade de Varginha, no Sul do estado de Minas Gerais.

A cidade se formou a partir de ranchos de repouso que ficavam no trajeto dos bandeirantes paulistas, por volta de 1763. A cidade começa a crescer a partir do século XIX, quando é introduzido o cultivo de café, atividade importante na cidade até os dias atuais, juntamente com suas ramificações de torrefação e exportação (VARGINHA, 2017). Varginha possui 123mil habitantes, de acordo com o Censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010) e hoje possui um parque industrial mais diversificado. Está equidistante de três capitais estaduais: Belo Horizonte – MG, São Paulo – SP e Rio de Janeiro – RJ, separada por 350km aproximadamente de cada uma delas.

Figura 3 - Localização de Varginha-MG



Fonte: Google Earth.

O lote escolhido para o projeto se localiza no Bairro Residencial Belo Horizonte, um loteamento recente, abrigando uma população classe média. O terreno tem área de 10m de frente por 25m de comprimento. No bairro existem proprietários de lotes que constroem suas próprias casas, mas também se encontra empreendedores que constroem edificações unifamiliares com objetivo de venda. O perfil de moradores do bairro é de núcleos familiares com ou sem filhos.

Figura 4 - Localização do lote para projeto



Fonte: Base de satélite Google Earth, com adequações da autora, 2018.

A fachada frontal do lote é Leste, sendo este então orientado a Norte e Sul nos maiores comprimentos e a Oeste nos fundos. Essa orientação foi baseada nos conceitos do RTQ-R, o qual é o foco deste trabalho.

Figura 5 - Vista frontal do lote



Fonte: Acervo pessoal da autora.

É possível perceber pela Figura 05, que no lado esquerdo do lote (lado Sul), a edificação vizinha foi construída sem afastamento neste lado. O vizinho do lado direito, em contrapartida, situou seu afastamento lateral para o lado da divisa com o lote do estudo.

O terreno possui uma caída no sentido transversal, acompanhando a inclinação da calçada de 11% de inclinação, possuindo um desnível de 1,07metro de uma ponta a outra do alinhamento frontal. No sentido longitudinal ocorre desnível de alguns centímetros, não considerada uma inclinação relevante.

Figura 6 - Residências vizinhas ao lote no mesmo lado da calçada



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Figura 7 - Residências vizinhas ao lote do outro lado da calçada



Fonte: Acervo pessoal da autora.

O projeto elaborado foi pensado para uma unidade habitacional com objetivo de venda. Procurou-se que a residência siga um padrão similar às edificações circundantes ao terreno, apresentando as seguintes características:

- Área aproximada de 100m<sup>2</sup>;
- Térrea;
- Fachada contemporânea;
- Garagem para dois carros;
- Sala e cozinha integradas;
- Dois quartos e uma suíte;
- Banheiro social;
- Área de serviço.

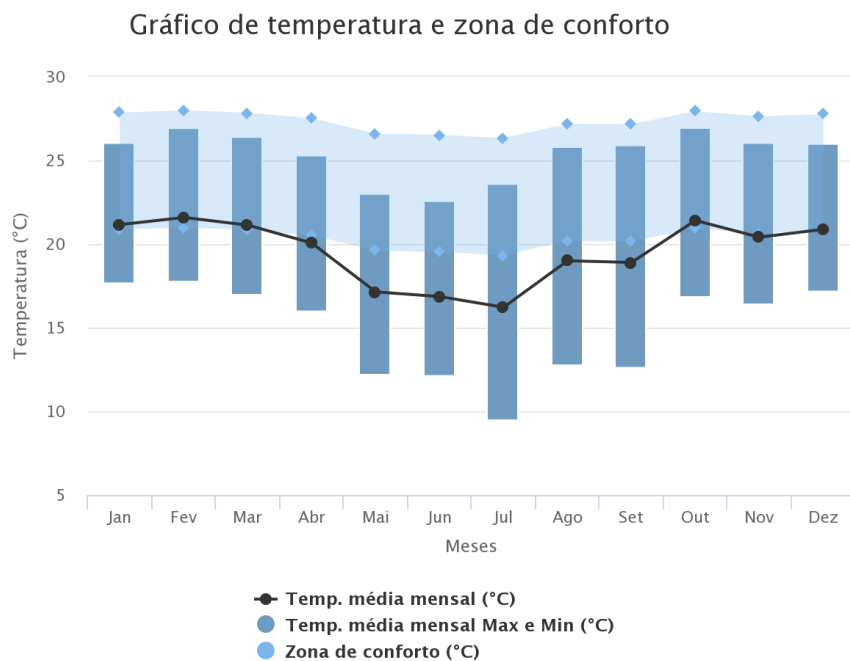
#### 4.1 Clima

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), Varginha está localizada no clima tropical de altitude, clima que apresenta temperaturas médias entre 18°C e 22°C. Possui chuvas mais intensas no verão e o inverno pode ser mais rigoroso, devido às altas altitudes do planalto atlântico.

A cidade faz parte da Zona Bioclimática 2, conforme classificação da NBR15220, 2005, que comprova a característica local de temperaturas mais amenas, com possível desconforto térmico causado predominantemente pelo frio. As menores temperaturas ocorrem no mês de julho, começando a cair a partir de abril e se restabelecendo partir de setembro. Durante os outros seis meses do ano, as temperaturas médias permanecem dentro da zona de conforto.

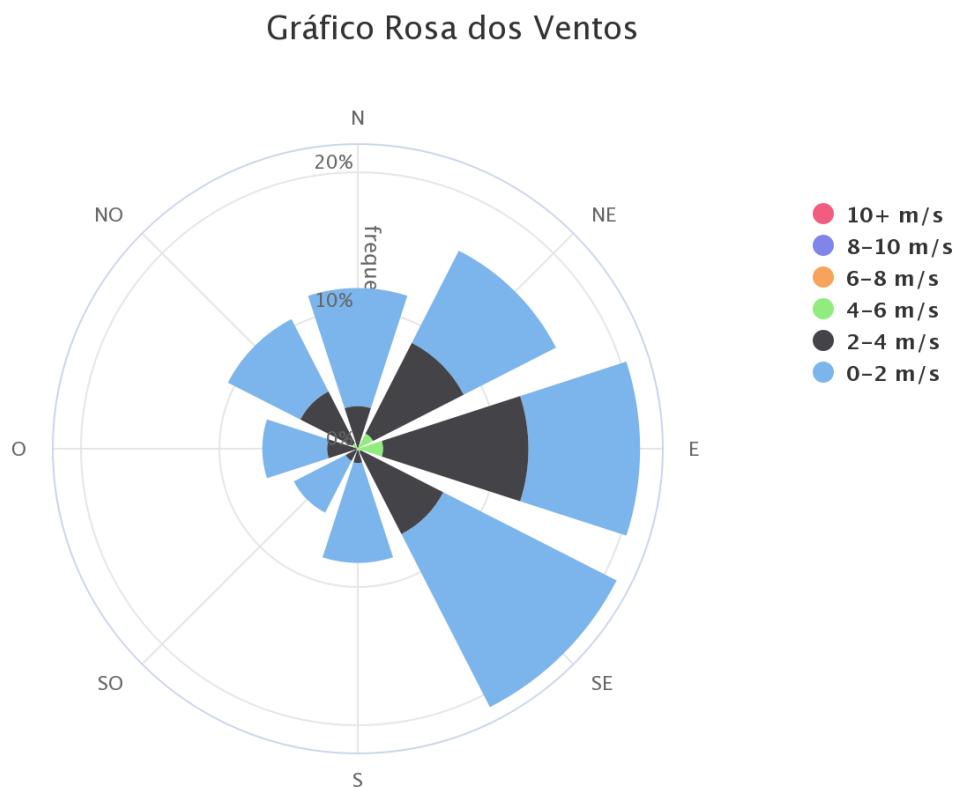
Os ventos predominantes na cidade vêm principalmente de Leste, com variações a Nordeste e Sudeste. A velocidade geral fica entre 2 a 4m/s, raramente chegando a 6m/s.

Figura 8 - Gráfico das temperaturas médias mensais em Varginha-MG



Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/>.

Figura 9 - Gráfico dos ventos predominantes em Varginha-MG



Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/>.

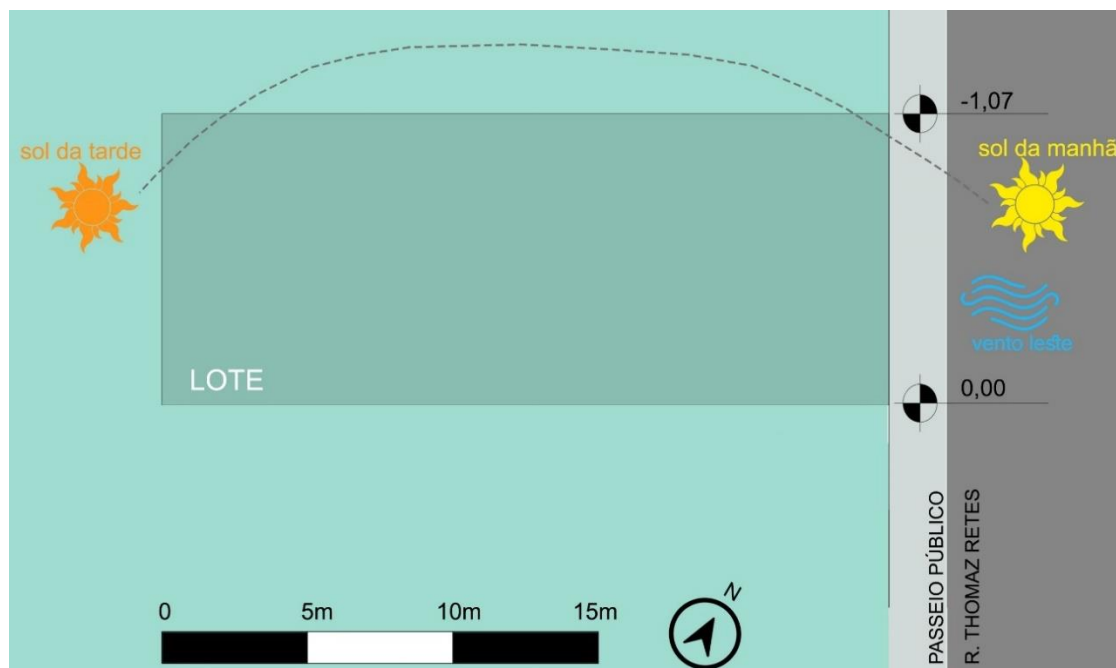


Foram levantadas as principais estratégias bioclimáticas para a localidade, tomando como base a NBR15220, Lamberts, Dutra e Pereira (2014) e a plataforma do Projeteer (acesso em 2018), sendo elas:

- Aberturas média para ventilação:  $15\% < \text{abertura} < 25\%$ , da área de piso, com controle de fechamento.
- Inércia térmica: esta estratégia tem como objetivo diminuir amplitude de temperaturas dentro da edificação. Envoltórias nessas condições atuam coletando calor, e aquecendo a edificação quando o meio externo se encontra mais fresco; da mesma forma que depois de um período com exposição ao frio, mantem as temperaturas mais amenas na edificação quando o exterior apresenta maiores temperaturas. A inércia térmica é possível por meio de envoltórias mais isoladas, com alta capacidade térmica e até mesmo aproveitar a inércia térmica do solo.
- Aquecimento passivo: pode ocorrer de forma direta ou indireta. Um exemplo de aquecimento passivo direto é, quando no inverno, as aberturas permitem a entrada de insolação nos ambientes para aquecimento. O uso de cores com maior absorvância, em compensação, é considerada um forma indireta, pois as paredes externas absorvem calor para que este seja liberado ao ambiente interno.
- Ventilação natural: durante os meses de verão, tem-se a necessidade da ventilação dos ambientes, por meio de espaços externos amplos, evitar barreiras para os ventos predominantes e permitir boa distribuição de ar posicionando adequadamente as aberturas.

O lote utilizado para o projeto arquitetônico, possui seu alinhamento frontal orientado a Leste, direção principal dos ventos na cidade. Tem-se portanto o interesse de permitir aberturas nessa fachada para captação de ventilação. As orientações Norte e Sul se encontram nos maiores comprimentos do terreno, onde serão exploradas para alocar as maiores áreas de aberturas para iluminação e insolação durante o inverno e ventilação. Pretende-se abrir janelas para Oeste apenas para fins de ventilação natural, mas em ambientes transitórios, para evitar desconfortos causados pelo ganho de calor.

Figura 10 - Insolação e vento predominante no lote



Fonte: elaborada pela autora, 2018.

Inicialmente, a envoltória proposta seguirá os parâmetros previstos para a Zona Bioclimática 2 para paredes ( $U \leq 3,00\text{W/m}^2\text{K}$ , na NBR15220, e  $U \leq 2,50\text{W/m}^2\text{K}$  /  $CT \geq 130,00\text{kJ/m}^2\text{K}$ , no RTQ-R) e cobertura ( $U \leq 2,00\text{W/m}^2\text{K}$ , na NBR15220, e  $U \leq 2,30\text{W/m}^2\text{K}$ , no RTQ-R), sendo realizadas modificações, se necessário.

A NBR15575 foi consultada para as condicionantes construtivas da Zona Bioclimática 2, e ela apresenta as mesma exigências para propriedades térmicas que o RTQ-R.

#### 4.2 Legislação local

A legislação de parcelamento (VARGINHA, 1997), uso e ocupação (VARGINHA, 1999) do município de Varginha e seu Código de Obras (VARGINHA, 1998) foram consultados para a elaboração do projeto. O uso do lote é caracterizado como R1 – Residencial 1: Unifamiliar misto até 2 pavimentos. Observou-se atendimentos aos parâmetros urbanísticos listados, sendo apresentados na tabela síntese que segue.

Tabela 3 - Parâmetro urbanísticos

Parâmetro	Valor	Obs:
Recuo frontal (m)	0	a área destes recuos poderá ser utilizada como garagem, no máximo 2/3 da testada do lote.
Recuo lateral (m)	1,5	Em um dos lados. A área deste recuo poderá ser utilizada como garagem permitindo apenas usar uma profundidade de 5,00 m.
Recuo de fundo (m)	0	
Vagas (uni)	1	
Gabarito (m)	7	medida em altura, contada a partir do nível da rua onde se situa a entrada principal à edificação até a cobertura do último andar, excetuando obras da caixa d'água, casa de máquinas, platibandas e telhado.
Taxa de ocupação	0,7	
Taxa de permeabilidade	0,1	

Fonte: Varginha, 1997 e Varginha, 1999 (adaptado).

Considerando o lote com 250m<sup>2</sup> e seus valores da taxa de ocupação e de permeabilidade, é possível ter uma ocupação de até 175m<sup>2</sup> no terreno e área permeável de pelo menos 25m<sup>2</sup>.

O código de obras da cidade (VARGINHA, 1998), ainda dispõe de áreas e dimensões mínimas para edificações. São elas:

Tabela 4 - Áreas e dimensões mínimas

(Continua)

Cômodos		Área de piso (m <sup>2</sup> )	Menor Dimensão	Pé-Direito	Vão de Iluminação	Vão de Ventilação	Observações
Dormitórios, salas de estar e outras		6	2	2, 5	1/6A	1/12 A	Nas edificações residenciais, pelo menos um destes compartimentos terá área mínima de 9,00m <sup>2</sup> (nove metros quadrados). Os dormitórios não poderão ter abertura direta para garagem. Nos edifícios residenciais com mais de 02 (dois) pavimentos será exigido pé-direito min. de 2,70 (dois metros e setenta centímetros).
Cozinhas e Copas		4	1,5	2, 5	1/6A	1/12 A	A cozinha não deverá comunicar-se diretamente com os dormitórios. Os banheiros não poderão comunicar-se diretamente com a cozinha e sala de refeição. Nas edificações residências unifamiliares é exigido que as paredes sejam impermeáveis até a altura de 1,80 (um metro e oitenta centímetros). Nos edifícios residenciais com mais de 02 (dois) pavimentos será exigido pé-direito mínimo de 2,70 (dois metros e setenta centímetros).
Área de Serviço		2	1,5	2, 5	1/8A	1/16 A	
Garagem		-	-	2, 4	1/20A	1/20 A	O pé-direito nas rampas deverá ser de 2,40 (dois metros e quarenta centímetros)
Quarto de empregada		5	1,8	2, 5	1/6A	1/12 A	
Instalações Sanitárias							Cada pavimento c/ mais de um compartimento de utilização prolongada terá no mínimo uma instalação sanitária.

Tabela 4 - Áreas e dimensões mínimas

(Conclusão)

Cômodos		Área de piso (m <sup>2</sup> )	Menor Dimensão	Pé-Direito	Vão de Iluminação	Vão de Ventilação	Observações
Vaso e Lavatório		1,2	0,9	2, 5	1/8 da área do pisso.	1/16 da área do pisso.	Edifícios de escritórios, consultórios e similares terão pelo menos uma instalação sanitária privativa, por sala ou um conjunto de instalações sanitárias agrupadas por sexo, na proporção de um conjunto para cada 10 (dez) salas ou 400m <sup>2</sup> (quatrocentos metros quadrados) de área construída.
Vaso, Lavatório e Chuveiro		1,6	0,9	2, 5			Compartimentos de chuveiros terão paredes impermeáveis. Em conjuntos de aparelhos da mesma espécie, as celas serão separadas por paredes de altura máxima de 1,20 (um metro e vinte centímetros). Quando for privativo do dormitório, o compartimento do banheiro e sanitário poderá ser ligado diretamente ao mesmo. Os banheiros e sanitários não poderão ter comunicação direta com cozinha, copa ou despensas.

Fonte: Varginha, 1998 (adaptado).

## 5 O PROJETO

Com base nas diretrizes levantadas, foi elaborado o projeto arquitetônico para uma residência unifamiliar de 127m<sup>2</sup>, contendo o seguinte programa:

- sala integrada com cozinha;
- área de serviço;
- banho social;
- 2 quartos de solteiro;
- suíte
- circulação
- garagem para 02 carros;

Figura 11 - Planta proposta



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Procurou-se nas fachadas trazer um ar contemporânea e mais atrativo a possíveis compradores, seguindo uma identidade identificada no bairro. Foram utilizados cores neutras, variando entre tons de cinza e bege, combinados a materiais como porcelanatos texturizados, vidro e metal.

Figura 12 - Fachada com muro frontal



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 13 - Fachada frontal



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Em sua concepção, houve a tentativa de se projetar já levando em consideração estratégias de arquitetura bioclimática que foram estudadas neste trabalho, para que a unidade, quando testada pelo regulamento, já apresentasse um bom desempenho, além de trazer maior conforto aos seus moradores. Isso, aliada a sistemas construtivos e materiais tradicionalmente encontrados na cidade e região.

Optou-se por projetar parte da edificação sem afastamento lateral de um dos lados, de acordo com o que prevê a legislação da cidade, para aumentar a área útil da sala. Na lateral que isso ocorre, o vizinho definiu este lado como seu recuo lateral obrigatório, diferentemente do outro vizinho, que já havia construído sem afastamento. Nesse caso, não foi considerado de interesse do projeto que duas unidades habitacionais compartilhassem uma parede divisória.

A sala e a cozinha integradas seguem a ideia de um conceito aberto e mais apropriado a receber visitas, fator requisitado atualmente pelos clientes. Estes ambientes juntos formam um único de permanência prolongada.

Tomou-se o cuidado de permitir que a unidade se adapte às necessidades de uma pessoa com mobilidade reduzida e/ou cadeirante, com base na NBR9050.

As aberturas foram dispostas para permitir ventilação natural e cruzada dos ambientes – todos eles possuem janela voltada para o exterior. Tem-se a menor porcentagem de aberturas a oeste, procurando evitar o ganho térmico exacerbado do Sol da tarde. As aberturas para leste atuam na captação do vento principal e permitem a luz no período da manhã. As fachadas mais permeáveis são a norte e a sul. Os quartos foram locados na fachada norte para permitir maior iluminação dos mesmos e que possam ser aquecidos pelo Sol gradualmente no inverno. A fachada sul possui ampla visão para o recuo lateral obrigatório, onde foi projetado o jardim.

## 5.1 Envoltória

Nesta seção, são expostos os sistemas definidos para paredes e cobertura, que fazem parte da envoltória do edifício.



### 5.1.1 Paredes

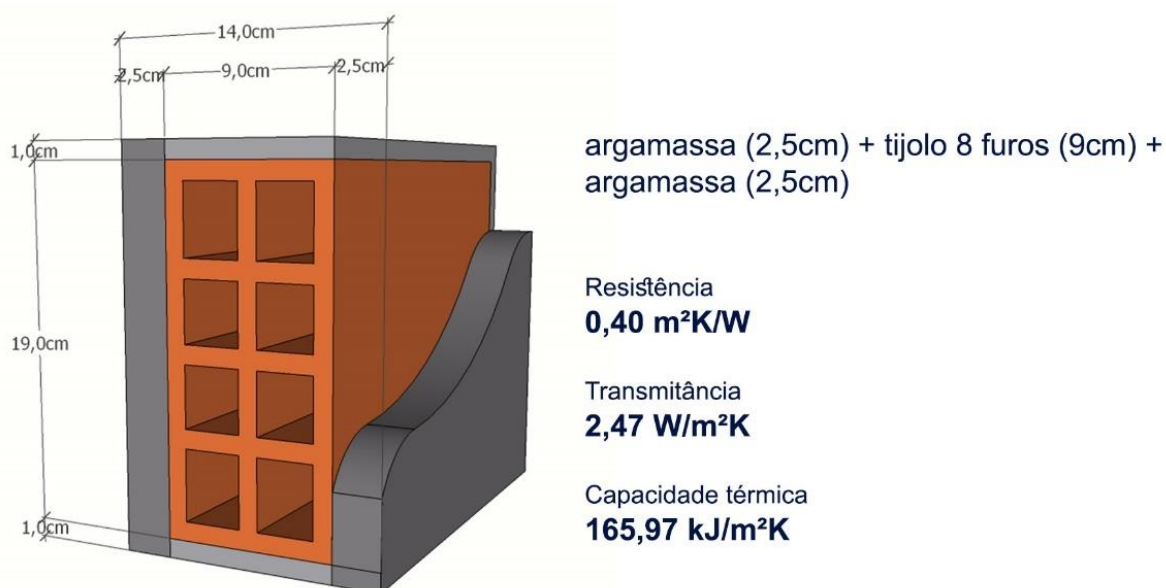
O sistema geral de envoltória, definido a princípio, utilizou o tijolo de 8 furos com dimensões de 9cm X 14cm x 29cm, com argamassa interna e externa – espessura de 2,5cm em cada lado, totalizando uma espessura final de 14cm na parede proposta. Além das paredes externas, esse mesmo sistema foi utilizado para as paredes internas.

Foram realizados os cálculos das propriedades térmicas do sistema de envoltória com base na NBR15220, obtendo resultados para resistência térmica, transmitância e capacidade térmica.

A parede formada apenas pelo tijolo e argamassa foi denominada 'sistema 01'. Considerou-se que além destes componentes, em certos trechos das paredes ocorreria a instalação de porcelanato cerâmico (para base de cálculo utilizou-se uma espessura de 7mm, considerando a média dos produtos encontrados no mercado), sendo a instalação feita de um dos lados da parede (sistema 02) e em ambos os lados (sistema 03). Portanto, tem-se os seguintes sistemas de paredes:

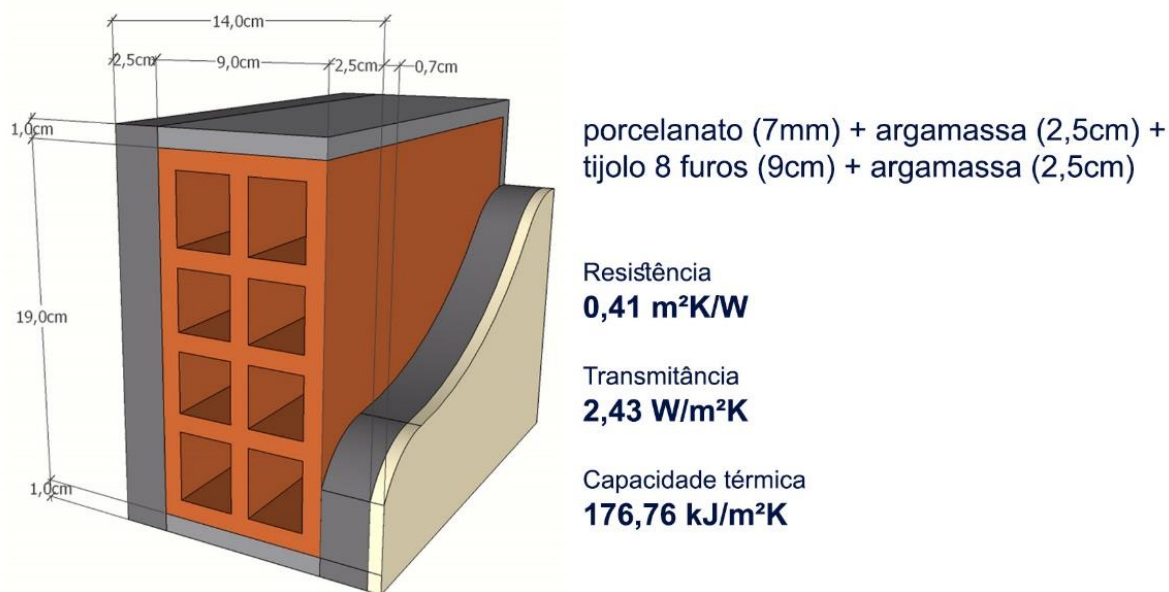
- Sistema 01: apenas alvenaria com acabamento de argamassa.

Figura 14 - Desenho esquemático Sistema 01



- Sistema 02: alvenaria com acabamento cerâmico de um dos lados.

Figura 15 - Desenho esquemático Sistema 02



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

- Sistema 03: alvenaria com acabamento cerâmico dos dois lados.

Figura 16 - Desenho esquemático Sistema 03

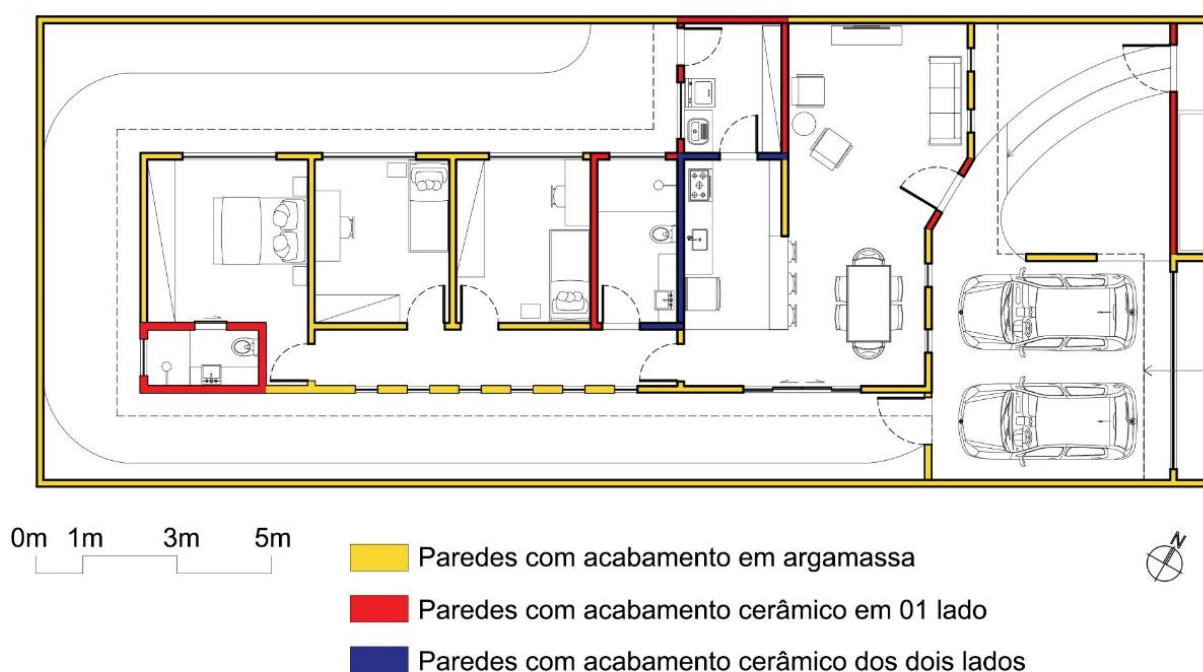


Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Observando que:

- As paredes externas são majoritariamente formadas pelo 'sistema 01', com trechos compostos pelo 'sistema 02', apresentando o porcelanato na face interna ou externa;
- Nas paredes internas estão presentes os três sistemas, mas tal como no caso das paredes externas, o sistema predominante é o 01.

Figura 17 - Mapa-chave da composição das paredes no projeto original



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Os valores para absorvância das paredes externas foram consultados no Anexo da Portaria INMETRO nº50/2013. Estão presentes dois tipos de acabamento, sendo o primeiro deles a pintura em tinta acrílica fosca na cor 'pérola' e o porcelanato com textura amadeirada, em tom considerado pela autora próximo a cor 'tabaco'. Estes materiais possuem absorvância de 0,22 e 0,78, respectivamente.

### 5.1.2 Cobertura

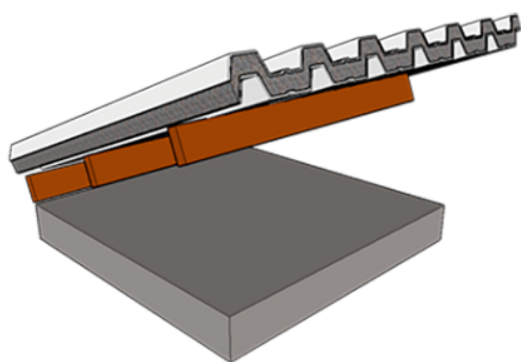
O sistema de cobertura escolhido foi o de cobertura de telha sanduíche com preenchimento de poliuretano, com câmara de ar maior que 5cm, sobre laje maciça de concreto com 10cm.

A telha confere uma inclinação menor (10%) ao telhado, tendo impacto diretamente na altura final do mesmo. Como o conceito do projeto previa uma construção contemporânea, era de interesse que o telhado fosse embutido por platibanda, sendo, portanto, um sistema compatível com o partido arquitetônico.

Salvo o pergolado com placa de policarbonato que protege a porta de entrada da residência, todo o restante da construção possui este sistema de cobertura.

Os dados térmicos referentes à cobertura foram retirados do site do Projeteee, plataforma *online* que reúne estratégias construtivas para um projeto arquitetônico de maior eficiência energética, podendo ser observados na imagem a seguir:

Figura 18 - Sistema de cobertura e suas propriedades térmicas



#### Pisos e Coberturas

**Laje maciça 10 cm | Câmara de ar (> 5.0 cm) | Telha metálica com poliuretano 4 cm**

Resistência

**1.818** m<sup>2</sup>K/W

Transmitância

**0.55** W/m<sup>2</sup>.K

Atraso Térmico

**12.1** h

Capacidade Térmica

**230** J/K

### 5.1.3 Gerais

Com vista nos valores encontrados para paredes e coberturas, foram realizadas as médias ponderadas da transmitância e da capacidade térmica dos sistemas, que são:

Tabela 5 - Propriedades térmicas ponderadas dos sistemas de envoltória, por ambiente de permanência prolongada

<b>Cômodo</b>	<b>Tipo</b>	<b>U [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>CT [kJ/m<sup>2</sup>K]</b>
Sala	Externa	2,46	167,07
	Interna	2,40	179,18
	Cobertura	0,55	230,00
	Ambiente	-	188,77
Quarto 01	Externa	2,47	165,97
	Interna	2,45	171,47
	Cobertura	0,55	230,00
	Ambiente	-	181,77
Quarto 02	Externa	2,47	165,97
	Interna	2,47	165,97
	Cobertura	0,55	230,00
	Ambiente	-	177,88
Suíte	Externa	2,47	165,97
	Interna	2,45	172,43
	Cobertura	0,55	230,00
	Ambiente	-	181,43

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Para efeito de cálculo da envoltória no RTQ-R, são considerados os valores de transmitância e capacidade térmica das paredes externas e cobertura. Os valores encontrados para as paredes internas são utilizados para definição da componente binária que indica se o sistema como um todo apresenta capacidade térmica alta (acima de 250kJ/m<sup>2</sup>K) ou baixa (abaixo de 50kJ/m<sup>2</sup>K), por meio de média ponderada com as paredes externas e a cobertura.

A absorvância para as paredes externas de cada cômodo, considerando os materiais e as médias ponderadas, quando necessárias, foram de:

Tabela 6 - Absortância dos sistemas de envoltória por ambiente de permanência prolongada

<b>Cômodo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Absortância [adimensional]</b>
Sala	Paredes	0,24
	Cobertura	0,30
Quarto 01	Paredes	0,22
	Cobertura	0,30
Quarto 02	Paredes	0,22
	Cobertura	0,30
Suíte	Paredes	0,22
	Cobertura	0,30

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

## 5.2 Esquadrias

As esquadrias para os vários cômodos da casa são listadas abaixo:

Sala integrada com cozinha: 4 janelas pivotantes verticais de vidro temperado 5mm (1,60m x 0,50m), sem esquadria, com peitoril em granito branco Dallas, na fachada leste; e porta de vidro com esquadria de alumínio, com quatro folhas (2,16m x 2,50m), sendo duas fixas e duas de correr, na fachada sul.

Figura 19 - Janelas pivotantes verticais



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 20 - Porta de correr sala



Fonte: <http://www.sasazaki.com>.

Área de serviço: janela basculante de 1,00m x 1,20m.

Figura 21 - Janela basculante para área de serviço



Fonte: [www.soportasejanelas.com.br](http://www.soportasejanelas.com.br).

Quartos 01 e 02: nos quartos de solteiro, foram utilizadas as janelas de correr com persiana integrada, de vidro simples 3mm e esquadria de alumínio branco (dimensão de 2,00m x 1,20m) – acionamento manual.

Suíte: porta de correr com persiana integrada, de vidro simples 4mm e esquadria de alumínio branco (dimensão de 2,00m x 2,17m) – acionamento manual.

Figura 22 - Janela de correr de vidro integrada com veneziana, acionamento manual



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

Figura 23 - Porta de correr de vidro integrada com veneziana, acionamento manual



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

Banho social e banho suíte: janelas basculantes de vidro temperado 5mm sem esquadria, com peitoris de granito branco Dallas, nas dimensões de 1,20m x 0,70m e 0,80m x 0,80m, respectivamente.



Figura 24 - Vistas com as esquadrias da área de serviço, banhos e quartos



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Circulação: o corredor voltado para sul, recebe 6 janelas pivotantes verticais de vidro temperado 5mm (1,60m x 0,50m), sem esquadria, com peitoril em granito branco Dallas.

Figura 25 - Vista com esquadrias da sala e circulação



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

### 5.2.1 Iluminação

Foram calculados os descontos das esquadrias para iluminação natural dos ambientes, com base na tabela do Anexo II do RTQ-R:

Tabela 7 - Áreas de iluminação por tipo de esquadria

<b>Cômodo</b>	<b>Esquadria</b>	<b>Vão total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Desconto</b>	<b>Área iluminada (m<sup>2</sup>)</b>
Sala	J Pivô	3,20	0,90	2,88
	P Correr	5,16	0,70	3,61
Área Serviço	J Basculante	1,20	0,65	0,78
Quarto 01	J Integrada	2,40	0,75	1,80
Quarto 02	J Integrada	2,40	0,75	1,80
Banho Social	J Bâscula	0,84	0,90	0,76
Suíte	P Integrada	4,34	0,75	3,25
Banho Suíte	Bâscula vidro	0,56	0,90	0,50
Circulação	J Bâscula	4,80	0,90	4,32

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

### 5.2.2 Ventilação

As esquadrias também foram descontadas das aberturas, para cálculo da abertura final para ventilação, de acordo com o mesmo anexo do item anterior.

Tabela 8 - Áreas de ventilação por tipo de esquadria

(Continua)

<b>Cômodo</b>	<b>Esquadria</b>	<b>Vão total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Desconto</b>	<b>Área ventilada (m<sup>2</sup>)</b>
Sala	J Pivô	3,20	0,90	2,88
	P Correr	5,16	0,40	2,06
Área Serviço	J Basculante	1,20	0,70	0,84
Quarto 01	J Integrada	2,40	0,40	0,96

Tabela 8 - Áreas de ventilação por tipo de esquadria

(Conclusão)

Cômodo	Esquadria	Vão total (m <sup>2</sup> )	Desconto	Área ventilada (m <sup>2</sup> )
Quarto 02	J Integrada	2,40	0,40	0,96
Banho Social	J Bâscula	0,84	0,90	0,76
Suíte	P Integrada	4,34	0,40	1,73
Banho Suíte	Bâscula vidro	0,56	0,90	0,50
Circulação	J Bâscula	4,80	0,90	4,32

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

### 5.3 Aquecimento de água

Para aquecimento da água dos chuveiros, optou-se pelo aquecimento solar. Solicitou-se dimensionamento e orçamento de coletores e reservatórios em lojas especializadas nesse serviço na cidade de Varginha, optando-se pelo conjunto de menor investimento financeiro e que ao mesmo tempo tivesse coletores com ENCE A, e reservatório com Selo Procel.

Foi definido, portanto, o conjunto da marca UNISOL, com 3 coletores modelo BRA de dimensões 2m x 1m, e reservatório de baixa pressão com capacidade para 600l.

Figura 26 - Reservatório e coletores UNISOL



Fonte: Imagens disponibilizadas pelo representante.

### 5.3.1 Tubulações de água quente

As tubulações de água quente foram dimensionadas a partir de conhecimento prévio em instalações sanitárias prediais. Levou-se em consideração o número de moradores estimado da casa e o consumo diário de 45l – para chuveiros. A tubulação de água quente para chuveiro foi especificada como de 15mm da linha Aquatherm da Tigre de CPVC com isolamento de polietileno de baixa densidade (10mm espessura). A condutividade térmica final do sistema foi de 0,04W/mK.

Figura 27 - Tubo CPVC linha Aquatherm



Fonte: <https://www.tigre.com.br/>.

Figura 28 - Isolamento polietileno baixa densidade



Fonte: <https://www.embrar.com.br/>.

## 6 RTQ-R

Para verificar o atendimento do projeto da UH aos requisitos do regulamento técnico, utilizou-se o método prescritivo que consta no próprio RTQ-R. Para auxílio dos mesmos, o site do PBE Edifica disponibiliza planilhas de cálculo elaborada em parceria com o LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações). Neste estudo foram utilizadas as planilhas para cálculo de desempenho da UH e cálculo do sistema de aquecimento solar de água.

### 6.1 Envoltória

Este item traz o desempenho da envoltória da UH perante o regulamento, levando em consideração seus pré-requisitos e análise de eficiência.

#### 6.1.1 Pré-requisitos específicos

O RTQ-R dispõe de pré-requisitos específicos que devem ser atendidos por todos os ambientes de permanência prolongada.

A unidade possui medição individual de água e energia, por se denominar uma residência independente de outras.

O requisito de ventilação cruzada prevê que o somatório das áreas de aberturas para ventilação situadas na orientação com maior área de abertura para ventilação (A1) quando dividir o somatório das áreas de abertura para ventilação situadas nas demais fachadas (A2) deve resultar em um número maior ou igual a 0,25. No caso do projeto, a fachada sul possui maior permeabilidade para ventilação, e o item é atendido com o resultado de 1,33, aproximadamente.

Todos os ambientes projetados possuem ventilação natural, atendendo o requisito de que pelo menos 50% dos banheiros deva ser ventilado naturalmente – com exceção dos lavabos.

Quadro 1 - Pré-requisitos da envoltória

<b>Pré Requisitos da Envoltória</b>	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	<b>Ventilação Cruzada</b>	Área Aberturas orientação Norte	4,41
		Área Aberturas orientação Sul	6,48
		Área Aberturas orientação Leste	2,88
		Área Aberturas orientação Oeste	1,34
		A2/A1	1,331790123
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	<b>Banheiros com Ventilação Natural</b>	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

Os ambientes de permanência prolongada devem atender ainda a requisitos de propriedades térmicas, áreas mínimas para aberturas de iluminação e ventilação.

Na Figura 29, foi possível observar os valores de referência para transmitância e capacidade térmica dos sistemas de parede e cobertura para Zona Bioclimática 2.

Ainda que o RTQ-R possua exigências de áreas de aberturas mínimas para iluminação e ventilação em ambientes de permanência prolongada, tomou-se o cuidado de todos os ambientes possuírem essas áreas mínimas, conforme as Tabelas 9 e 10.

Figura 29 - Propriedades térmicas de referência por Zona Bioclimática

**Tabela 3.1: Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas (Fonte: NBR 15.575-4, NBR 15.575-5 e NBR 15220-3)**

Zona Bioclimática	Componente	Absorvância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m <sup>2</sup> K)]	Capacidade térmica [kJ/(m <sup>2</sup> K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

Fonte: RTQ-R, 2012.

Tabela 9 - Porcentagem da área de iluminação em relação à área de piso, por ambiente

Cômodo	Área útil (m <sup>2</sup> )	Área iluminada (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Sala	36,14	2,88	18,43
		3,61	
Área Serviço	5,71	0,78	13,66
Quarto 01	9,95	1,80	18,09
Quarto 02	9,95	1,80	18,09
Banho Social	5,91	0,76	12,79
Suíte	13,11	3,25	24,83
Banho Suíte	2,86	0,50	17,62
Circulação	4,80	4,32	46,75

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Tabela 10 - Porcentagem da área de ventilação em relação à área de piso, por ambiente

Cômodo	Área útil (m <sup>2</sup> )	Área ventilada (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Sala	36,14	2,88 2,06	13,95
Área Serviço	5,71	0,84	14,71
Quarto 01	9,95	0,96	9,65
Quarto 02	9,95	0,96	9,65
Banho Social	5,91	0,76	12,79
Suíte	13,11	1,73	13,24
Banho Suíte	2,86	0,50	17,62
Circulação	4,80	4,32	46,75

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Dessa forma, temos os seguintes resultados:

#### Quadro 2 – Pré-requisitos da envoltória

(Continua)

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	167,07	165,97	165,97	165,97
		Upar, CTpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctcob e acob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	-	-	-	-
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]	6,66	1,8	1,8	3,255



## Quadro 2 - Pré-requisitos da envoltória

(Conclusão)

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória		Ai/Auamb (%)	18,43	18,09	18,09	24,83
		Atende 12,5%?	sim	sim	sim	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	5,04	0,96	0,96	1,736
		Av/Auamb (%)	13,95	9,65	9,65	13,24
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	04 JANELAS PIVO VIDRO INCOLOR 5MM SEM ESQUADRIA 1,60 x 0,50 / PORTA DE CORRER, 4 FOLHAS MÓVEIS, VIDRO INCOLOR 5MM 2,16 x 2,00	JANELA DE CORRER COM PERSIANA INTEGRADA, 2 FOLHAS MÓVEIS, VIDRO INCOLOR 3MM, ACIONAMENTO MANUAL	JANELA DE CORRER COM PERSIANA INTEGRADA, 2 FOLHAS MÓVEIS, VIDRO INCOLOR 3MM, ACIONAMENTO MANUAL	PORTA DE CORRER COM PERSIANA INTEGRADA, 2 FOLHAS MÓVEIS, VIDRO INCOLOR 4MM, ACIONAMENTO MANUAL
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

## 6.1.2 Análise da eficiência da envoltória

O desempenho da envoltória é analisado a partir das características térmicas, construtivas, dimensões gerais e áreas de abertura de cada ambiente de permanência prolongada. Com base nelas, são realizados os cálculos de indicador graus-hora para resfriamento, consumo relativo para aquecimento e

consumo relativo para refrigeração. Este último possui caráter informativo, mas deve ser calculado mesmo que a UH não seja condicionada artificialmente.

Em 'situação do piso e cobertura', é indicado se o ambiente possui cobertura voltada pra o exterior ou não, e se o piso se encontra ou não em contato com o chão, ou sobre pilotis. No caso, a residência é térrea, tendo cobertura voltada para o exterior em todos os ambiente (exceto no banho social, onde tem-se a caixa-d'água) e a construção está em contato com o solo.

As propriedades térmicas da cobertura e paredes foram calculadas e apresentadas no item 5.1.3 deste estudo e utilizadas na planilha. Elas também definiram as variáveis de capacidade térmica alta ou baixa como 'zero', pois a capacidade térmica ponderada variou de 177,88 kJ/m<sup>2</sup>K a 196,96kJ/m<sup>2</sup>K nos ambientes.

Pelo projeto arquitetônico foi possível levantar as áreas de paredes (externas e internas). Delas foram descontadas as áreas de portas e janelas.

Os dados das esquadrias permitiram a determinação do  $e$  e do  $somb$  (variável que define a existência de proteção solar externa nas aberturas). O  $e_{vent}$  foi extraído da relação entre abertura de ventilação e o vão total da esquadria. Quanto ao  $somb$ , foi considerado 1 nos quartos pela existência da veneziana que fecha completamente o vão. Na sala, as esquadrias possuem vedação de vidro, e apesar de algumas aberturas estarem alocadas abaixo de beirais ou prolongamento para a laje da garagem, de acordo com o Anexo I – Somb do RTQ-R, disponível no site do PBE Edifica, os ângulos de proteção sugeridos para a cidade (utilizando dados de Machado-MG, pela proximidade das coordenadas e altitude) para fachadas leste e sul são iguais a 'zero' (ver Anexo B). Portanto, nesse caso, o  $somb$  para esse ambiente será 'zero'.

As características de isolamento são referentes às zonas bioclimáticas 1 e 2 apenas, por se tratar de regiões mais frias em relação às demais. Nesta primeira etapa de projeto, foram especificados apenas vidros simples e temperados, sem uso de vidros de alto desempenho térmico/acústico. Os sistemas de paredes e cobertura não se enquadram como isolados, por não possuírem transmitância térmica menor ou igual a 1 W/m<sup>2</sup>K.

Quadro 3 - Análise da eficiência da envoltória

(Continua)

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB2	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	adimensional	SALA	QUARTO 1	QUARTO 2	SUÍTE
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	36,14	9,95	9,95	13,11
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	1	1	1	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	0,55	0,55	0,55	0,55
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	230,00	230,00	230,00	230,00
	αcob	adimensional	0,30	0,30	0,30	0,30
Paredes Externas	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	2,46	2,47	2,47	2,47
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	167,07	165,97	165,97	165,97
	αpar	adimensional	0,24	0,22	0,22	0,22
Características construtivas	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m <sup>2</sup>	10,67	5,61	5,61	5,24
	SUL	m <sup>2</sup>	8,94	0,00	0,00	2,52
	LESTE	m <sup>2</sup>	16,92	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	9,74
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>		2,40	2,40	4,34
	SUL	m <sup>2</sup>	5,40	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	3,20	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,51	0,40	0,40	0,40
	Somb	adimensional	0,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m <sup>2</sup>	28,62	25,82	25,82	21,15
	Pé Direito	m	2,80	2,80	2,80	2,80
	C altura	adimensional	0,077	0,281	0,281	0,214
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	5,7	5,7	5,7	5,7

Quadro 3 - Análise da eficiência da envoltória

(Conclusão)

Ambiente	Identificação	adimensional	SALA	QUARTO 1	QUARTO 2	SUÍTE
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	36,14	9,95	9,95	13,11
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
			5064	4290	4290	4777
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
			19,599	24,246	24,246	24,345
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	Não se aplica 0,000	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
				5,069	5,069	0,404

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

### 6.1.3 Classificação para envoltória

Após análise da envoltória do desempenho da envoltória somado ao atendimento aos pré-requisitos (da edificação como um todo e por cômodo), encontrou-se que a classificação geral da envoltória é B, com equivalente numérico 4,00.

Quadro 4 - Classificação geral do sistema de envoltória

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
		<b>B</b>	<b>B</b>
		4,00	4,00

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

## 6.2 Aquecimento de água

Como descrito anteriormente, é previsto que a unidade possua aquecimento solar das águas de chuveiro, funcionando na maior parte do ano – em dias nublados tem-se a opção de chuveiros elétricos.

### 6.2.1 Pré-requisitos específicos

O atendimento aos pré-requisitos é apresentado na tabela 16.

Vale ressaltar que o item “A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m<sup>2</sup>K)/W?” não é exigido do sistema de aquecimento solar (RTQ-R, 2012, p. 77), que é o caso do projeto. O reservatório especificado para o sistema de aquecimento solar utilizado possui Selo Procel. Portanto, apesar de a planilha ter acusado a classificação E, esta nota não tem impacto na pontuação geral da avaliação do aquecimento de água.

Quadro 5 - Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água

(Continua)

<b>Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água</b>	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 <sup>2</sup> K)/W ?	Não
	Atende?	<b>Não</b>

## Quadro 5 - Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água

(Conclusão)

<b>Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água</b>	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	Sim
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	1,5
	Espessura do isolamento (cm)	1
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Sim
	<b>A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:</b>	<b>E</b>

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

## 6.2.2 Sistema de aquecimento solar

O sistema de aquecimento solar foi verificado tendo como base o dimensionamento previsto no orçamento da loja representante (3 coletores de 2m x 1m e um reservatório de baixa pressão de 600l de capacidade, ambos da marca Unisol) e na planilha de cálculo do LabEEE, que se encontra no Apêndice deste trabalho. De acordo com esta planilha, o sistema dimensionado atende a uma fração solar de 97,05% ao ano.

Os coletores e reservatório foram checados nas tabelas do PBE Edifica, e foi confirmado que os coletores possuem ENCE A e o reservatório, Selo Procel.

Figura 30 - Tabela de consumo/eficiência energética para Coletores Solares

Marca	Modelo	Aplicação	Pressão de Funcionamento		Área Externa do Coletor m <sup>2</sup>	Produção Média mensal de Energia		Eficiência Energética Média(%)	Classificação
			(kPa)	(mca)		Por Coletor (kWh/mês)	Por m2 (Específica kWh/mês.m2)		
UNISOL	BRA 1,0 x 1,0	Banho	392	40,00	1,00	83,0	83,0	60,8	A
UNISOL	BRA 1,5 x 1,0	Banho	392	40,00	1,50	124,5	83,0	60,8	A
UNISOL	BRA 1,7 X 1,0	Banho	392	40,00	1,70	141,1	83,0	60,8	A
UNISOL	BRA 2,0 x 1,0	Banho	392	40,00	2,00	166,0	83,0	60,8	A

Fonte: PBE Edifica.

Figura 31 - Tabela de consumo/eficiência energética para Reservatórios Térmicos

Marca	Modelo	Opções de seleção: AP / BP	Capacidade (litros)	Potência da Resistência	Perda Específica de	Pressão de Funcionamento		Dimensões Externas (mm)		Material do Corpo Interno	Material do Isolamento
						kPa	(mca)	Comprimento	Diâmetro		
Unisol	400-NIVEL-BP-D68	Baixa Pressão	400	3,0	0,17	49,4	5	1430	680	Aço Inox	Poliuretano
Unisol	800-NIVEL-BP-D84	Baixa Pressão	800	5,0	0,13	49,4	5	1720	840	Aço Inox	Poliuretano
Unisol	600-NIVEL-BP-D68	Baixa Pressão	600	3,0	0,16	49,4	5	2080	680	Aço Inox	Poliuretano
Unisol	500-NIVEL-BP-D68	Baixa Pressão	500	3,0	0,16	49,4	5	1755	680	Aço Inox	Poliuretano
Unisol	300-NIVEL-BP-D68	Baixa Pressão	300	3,0	0,2	49,4	5	1130	680	Aço Inox	Poliuretano

Fonte: PBE Edifica.

Quadro 6 - Análise do sistema de aquecimento solar

<b>Sistema de aquecimento Solar</b>	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 <sup>2</sup> )	6
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m <sup>2</sup> )	100,00
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	100
<b>Classificação</b>	<b>A</b>	
	5	

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

### 6.2.3 Classificação para aquecimento de água

O sistema de aquecimento de água recebeu classificação A (EqvNum. 5,00).

#### Quadro 7 - Classificação geral para aquecimento de água

<b>Nota final para o aquecimento de água</b>	<b>A</b>
	5,00

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

### 6.3 Bonificações

Foram computados pontos de bonificação em iluminação natural, onde a unidade atende ao quesito de profundidade (0,2 ponto de bônus) e refletância do teto (0,1 ponto).

#### 6.3.1 Iluminação natural: profundidade

Obedecendo a fórmula de  $P \leq 2,4 \times h$ , onde P é profundidade e h o pé direito, foi calculado o atendimento deste item, para os ambientes de permanência prolongada mais a área de serviço (a cozinha está inserida na sala).

Tabela 11 - Atendimento ao item de bonificação de profundidade para iluminação natural

<b>Cômodo</b>	<b>P real</b>	<b>ha</b>	<b>P max</b>
Sala	3,81	2,2	5,28
Quarto 01	3,48	1,93	4,632
Quarto 02	3,48	1,93	4,632
Suíte	3,48	1,93	4,632
Área serviço	2,07	2,05	4,92

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.



### 6.3.2 Iluminação natural: refletância do teto

A cor definida para o teto da edificação é branca (refletância de 80% - 0,8), atendendo, portanto, ao item de refletância do teto ser maior que 0,6 nos ambientes de permanência prolongada mais área de serviço.

### 6.4 Nota final

A unidade habitacional com os sistemas descritos nos itens anteriores, obteve classificação A, com pontuação de 4,54.

Quadro 8 - Pontuação final do projeto da UH

<b>Pontuação Total</b>	Identificação	
	Envoltória para Verão	B
		3,60
	Envoltória para Inverno	B
		4,00
	Aquecimento de Água	A
		5,00
	Equivalente numérico da envoltória	B
		3,83
	Envoltória se refrigerada artificialmente	A
	5,00	
Bonificações	0,30	
Região	Sudeste	
Coeficiente a	0,65	
Classificação final da UH		A
Pontuação Total		4,54

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

## 7 MELHORIAS

Apesar do resultado geral da ENCE ter sido satisfatório (A) notou-se que a envoltória da residência poderia ter um desempenho superior ao obtido (B), pois este é o item que teria um maior impacto no conforto dos usuários da residência. Nessa condição, foram propostas melhorias para o sistema de envoltória, que foram identificadas como as que maior causariam impacto, não apenas na pontuação do sistema, mas que trouxesse maior conforto térmico aos moradores. Os pontos listados para sofrer alterações foram:

- Aumentar isolamento e capacidade térmica de paredes e cobertura;
- Aumentar a absorvância das paredes externas para melhor desempenho de aquecimento;
- Aumentar a área útil de ventilação natural nos ambientes para melhor desempenho de resfriamento ( $F_{vent}$ );
- Permitir sombreamento total das aberturas da sala ( $somb = 1,00$ );

Foi verificado também que, na suíte, a existência de uma parede externa para oeste, proporcionalmente com um grande comprimento, impactou a performance deste ambiente, permitindo maiores trocas entre um ambiente de permanência prolongada e o meio externo. Acredita-se que, no projeto original ela interfere principalmente no desempenho para resfriamento, ganhando calor para a suíte. Quando se aumenta o  $F_{vent}$  neste cômodo, a troca térmica acontece no sentido contrário, perdendo calor para o meio externo. O item 7.2 traz estas observações por meio da planilha corrigida.

Porém, era de interesse da projetista que as modificações propostas não alterassem o partido arquitetônico do projeto, mantendo a disposição dos cômodos e o aspecto formal da edificação. Portanto, a parede da suíte a oeste permaneceu nesta etapa de melhorias, servindo como referência para projetos futuros.

## 7.1 Alterações em projeto

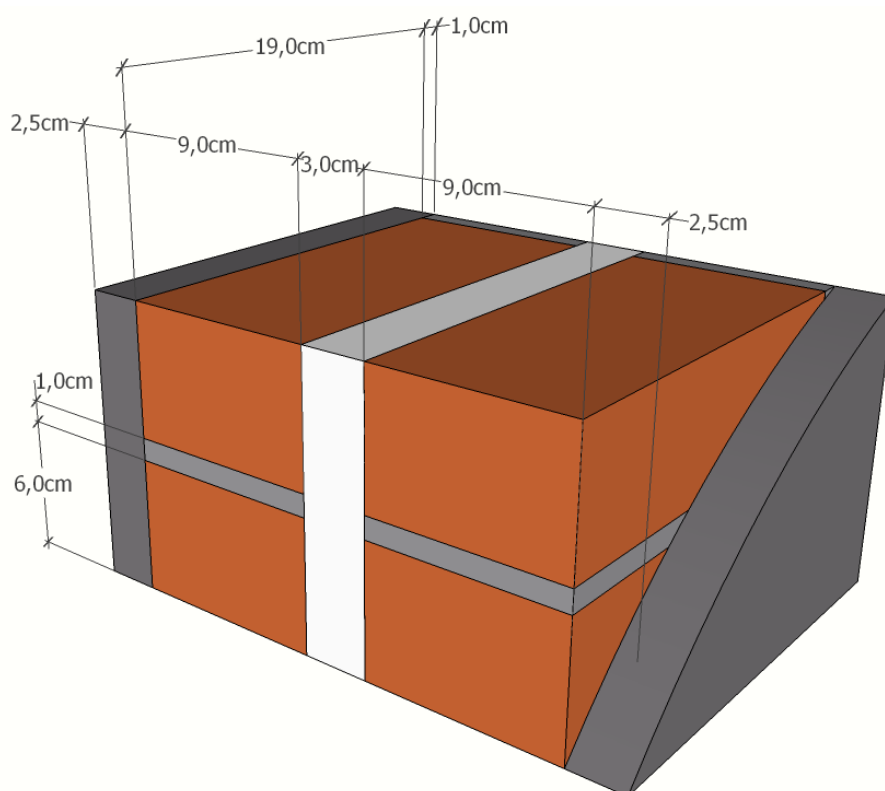
As melhorias realizadas em projeto são discriminadas nos próximos itens, tal como a influência nos custos da edificação.

### 7.1.1 Paredes externas e internas

As variáveis Isol (isolamento de paredes externas e coberturas, tendo transmitância térmica igual ou menor a  $1,00\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) e  $CT_{alta}$  (capacidade térmica dos sistema – paredes externas, internas e cobertura – maior que  $250\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$ ) mostraram influência sob o desempenho da envoltória. Dessa forma, seguindo ainda as orientações de inércia térmica sugerida para a zona bioclimática em questão, optou-se por elementos mais pesados para paredes tanto internas, como externas.

As paredes externas precisavam ao mesmo tempo, ter uma transmitância térmica baixa e uma capacidade térmica alta. Aumentando a massa da parede, com parede dupla de tijolos maciços (9cm x 6cm x 19cm) e acabamento em argamassa dos dois lados, foi possível aumentar a capacidade térmica do sistema. Mas o isolamento, com transmitância menor que  $1,00\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , só foi possível com a proposição de material isolante entre as fiadas, no caso, foi utilizada placa de EPS de 3cm de espessura. A espessura final desta parede é de 26cm. O desenho esquemático do novo sistema vem a seguir:

Figura 32 - Desenho esquemático do sistema de parede externa



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Para cálculo das propriedades térmicas, considerou-se três situações: apenas o sistema de tijolos, EPS e argamassa; com instalação de acabamento cerâmico de um dos lados da parede; e instalação de acabamento cerâmico dos dois lados da parede.

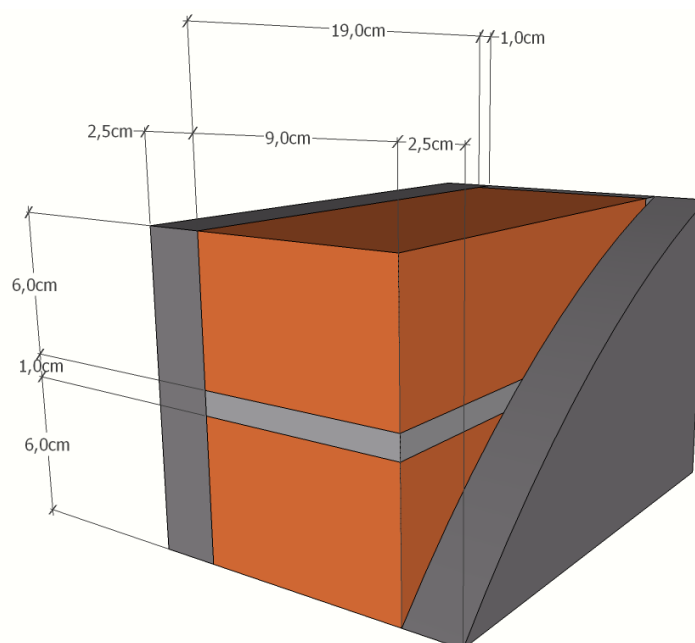
Tabela 12 - Propriedades térmicas do sistema de parede externa e suas variações

Propriedades parede externa	Parede	+ cerâmica em 01 lado	+ cerâmica em 02 lados
Resistência térmica R [ $m^2K/W$ ]	1,16	1,16	1,17
Transmitância térmica U [ $W/m^2K$ ]	0,86	0,86	0,85
Capacidade térmica CT [ $kJ/m^2K$ ]	406,35	416,67	427,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

As paredes internas necessitavam aumentar sua capacidade térmica, para que quando fosse feita a média ponderada das capacidades dos sistemas de paredes e cobertura, a capacidade térmica geral ficasse acima de 250kJ/m<sup>2</sup>K). Como as paredes internas não demandam atendimento a transmitância térmica e procurando não interferir na área útil dos cômodos, o sistema de uma fiada de tijolos maciços (9cm x 6cm x 19cm), com acabamento de argamassa dos dois lados, foi suficiente. A espessura final deste sistema foi de 14cm, assim como no sistema originalmente previsto.

Figura 33 - Desenho esquemático do sistema de parede interna



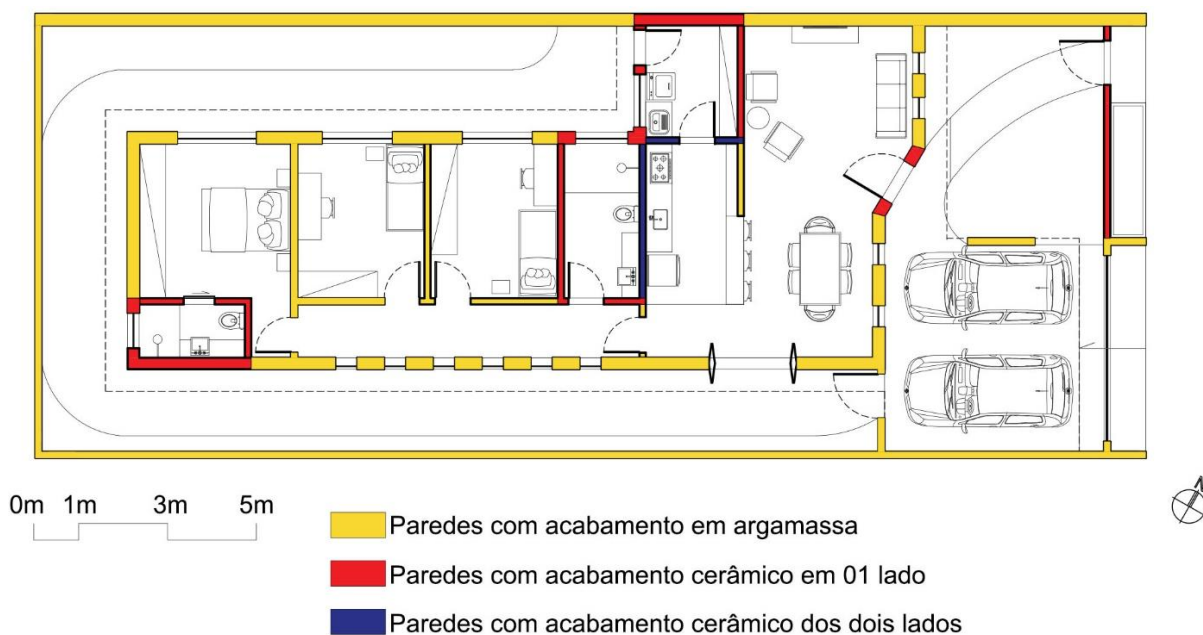
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Tabela 13 - Propriedades térmicas do sistema de parede interna e suas variações

Propriedades parede interna	Parede	+ cerâmica em 01 lado	+ cerâmica em 02 lados
Resistência térmica R [m <sup>2</sup> K/W]	0,31	0,32	0,32
Transmitância térmica U [W/m <sup>2</sup> K]	3,22	3,16	3,10
Capacidade térmica CT [kJ/m <sup>2</sup> K]	252,73	263,05	273,36

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 34 - Mapa-chave da composição das paredes no projeto alterado



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

### 7.1.2 Forro de gesso

O sistema de cobertura proposto anteriormente já atendia a variável de isolamento ( $U = 0,55W/m^2K$ ), mas requeria aumento da capacidade térmica para aumentar a média ponderada com os sistemas de paredes.

Assim sendo, a proposta em projeto foi de subir 20cm do nível da laje (3,00m entre piso e laje), permitindo a instalação do forro de gesso e consequentemente de uma câmara de ar maior que 5cm (entreforro de 17cm).

Figura 35 - Sistema de cobertura com forro e suas propriedades térmicas



Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/>.

### 7.1.3 Gerais envoltória

Após realização das médias ponderadas das propriedades térmicas para os sistemas de envoltória, foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 14 - Propriedades térmicas ponderadas dos sistemas de envoltória, por ambiente de permanência prolongada no projeto alterado

(Continua)

Cômodo	Tipo	U [W/m <sup>2</sup> K]	CT [kJ/m <sup>2</sup> K]
Sala	Externa	0,86	407,02
	Interna	3,14	265,56
	Cobertura	0,50	274,4
	Ambiente	-	314,18
Quarto 01	Externa	0,86	406,35
	Interna	3,20	256,51
	Cobertura	0,50	274,4
	Ambiente	-	276,04

Tabela 14 - Propriedades térmicas ponderadas dos sistemas de envoltória, por ambiente de permanência prolongada no projeto alterado

(Conclusão)

<b>Cômodo</b>	<b>Tipo</b>	<b>U [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>CT [kJ/m<sup>2</sup>K]</b>
Quarto 02	<i>Externa</i>	0,86	406,35
	Interna	3,22	252,73
	Cobertura	0,50	274,4
	Ambiente	-	273,29
Suíte	Externa	0,86	406,35
	Interna	3,19	157,18
	Cobertura	0,50	274,4
	Ambiente	-	302,27

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

#### 7.1.4 Cores da fachada

Para melhorar o desempenho para aquecimento, a mudança de cores da fachada para cores com maior absorvância permite maior conforto nos ambientes durante os meses mais frios do ano.

A sala, de acordo com o projeto, recebeu pintura no tom areia e o porcelanato com textura de madeira próximo ao tom tabaco se manteve. A absorvância final para este ambiente foi de 0,47.

Para o restante dos ambientes (quartos), bastou um tom pouco mais escuro, o branco gelo, com uma absorvância final do sistema de 0,30.

#### 7.1.5 Esquadrias

Na sala, as modificações tiveram dois objetivos: aumentar o  $F_{vent}$  para desempenho no verão e permitir o sombreamento total das aberturas, diminuindo as trocas térmicas entre ambiente interno e externo.

As janelas pivotantes, propostas originalmente em vidro temperado, foram substituídas por pivotantes de madeira em veneziana não ventilada, na



mesma dimensão de 1,60 x 0,50m anterior. O  $F_{\text{vent}}$  desta esquadria fica em torno de 0,85.

Além dela, a porta de correr com quatro folhas de vidro foi substituída por uma porta modelo pantográfica, de madeira com folhas em veneziana ventilada e folhas em vidro comum de 4mm, nas dimensões de 2,16 x 2,00m. Este modelo de porta permite fechamento total da abertura de ventilação, sombreamento total da abertura com as folhas de veneziana e possui pouca obstrução para iluminação e ventilação – sua abertura apresenta um aproveitamento de 0,84 em relação ao vão total para ambos.

Figura 36 - Modelo de porta pantográfica



Fonte: <http://difabricaesquadriasmadeira.com.br>.

Figura 37 - Fachada frontal com novas pivotantes e cor mais escura (areia)



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Os quartos e suíte receberam janelas de madeira, modelo pantográfica como a porta da sala. Elas também são em madeira, com folhas camarão de venezianas e de vidro, sendo janelas de 1,20 x 1,60m para os quartos e 1,20 x 1,80m para a suíte. O  $F_{vent}$  nesses ambientes subiu de 0,40 para 0,84. O aumento dessa variável permitiu a redução do vão da abertura da suíte, não necessitando mais ser uma porta.

Figura 38 - Modelo de janela pantográfica



Fonte: <http://www.dkesquadrias.net.br/>.

Uma outra vantagem que a esquadria pantográfica oferece, é permitir uma abertura quase que total do vão, sem ocupar tanto espaço interno quanto uma janela/porta simples de folhas de abrir.

## 7.2 RTQ-R

Com vista nas modificações propostas, a planilha da unidade habitacional foi atualizada, analisando os novos dados para a envoltória. O sistema de aquecimento solar e bonificações não sofreram alterações.

## 7.2.1 Envoltória com correções

As planilhas para envoltória foram alteradas, e os resultados podem ser observados a seguir:

Quadro 9 - Atendimento aos pré-requisitos da envoltória, após modificações em projeto

(Continua)

<b>Pré Requisitos da Envoltória</b>	Medição individual de água?		Sim			
	Medição individual de energia?		Sim			
	<b>Ventilação Cruzada</b>	Área Aberturas orientação Norte	5,8			
		Área Aberturas orientação Sul	7,95			
		Área Aberturas orientação Leste	2,72			
		Área Aberturas orientação Oeste	1,34			
		A2/A1	1,240251572			
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim			
	<b>Banheiros com Ventilação Natural</b>	Nº BWC	2			
		Nº Banheiros com ventilação natural	2			
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim				
<b>Pré-requisitos por ambiente</b>						
<b>Pré Requisitos da Envoltória</b>	<b>Paredes externas</b>	CT paredes externas	377,41	377,41	377,41	377,41
		Upar, CTpar e apar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	<b>Cobertura</b>	Ucob, Ctcob e acob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	<b>Fatores para iluminação e ventilação natural</b>	O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?					

Quadro 9 - Atendimento aos pré-requisitos da envoltória, após modificações em projeto

(Conclusão)

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]	6,35	1,61	1,61	1,81
		Ai/Auamb (%)	17,98	16,18	16,18	13,81
		Atende 12,5%?	sim	sim	sim	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	6,35	1,61	1,61	1,81
		Av/Auamb (%)	17,98	16,18	16,18	13,81
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	04 JANELAS PIVOTANTES DE 0,5X1,6 (FOLHA DE VENEZIANA NÃO VENTILADA DE EUCALIPTO) / PORTA PANTOGRÁFICA DE 2,0 X 2,16 / ESQUADRIA EM MADEIRA DE EUCALIPTO COM VIDRO SIMPLES 4MM	JANELA PANTOGRÁFICA DE 1,6 X 1,2 / ESQUADRIA EM MADEIRA DE EUCALIPTO COM VIDRO SIMPLES 4MM	JANELA PANTOGRÁFICA DE 1,6 X 1,2 / ESQUADRIA EM MADEIRA DE EUCALIPTO COM VIDRO SIMPLES 4MM	JANELA PANTOGRÁFICA DE 1,8 X 1,2 / ESQUADRIA EM MADEIRA DE EUCALIPTO COM VIDRO SIMPLES 4MM
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

Quadro 10 - Análise da eficiência da envoltória, após modificações em projeto

(Continua)

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB2	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	adimensional	SALA	QUARTO 1	QUARTO 2	SUÍTE
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	35,31	9,95	9,95	13,11
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	1	1	1	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	0,50	0,50	0,50	0,50
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	274,40	274,40	274,40	274,40
	αcob	adimensional	0,30	0,30	0,30	0,30
Paredes Externas	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	0,86	0,86	0,86	0,86
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	407,02	406,35	406,35	406,35
	αpar	adimensional	0,47	0,30	0,30	0,30
Características construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1	1
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m <sup>2</sup>	11,43	6,66	6,66	8,10
	SUL	m <sup>2</sup>	11,04	0,00	0,00	2,70
	LESTE	m <sup>2</sup>	17,79	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	10,44
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>		1,92	1,92	2,16
	SUL	m <sup>2</sup>	4,32	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	3,20	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,84	0,84	0,84	0,84
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m <sup>2</sup>	30,18	27,78	27,78	22,89
	Pé Direito	m	3,00	3,00	3,00	3,00
	C altura	adimensional	0,085	0,302	0,302	0,229
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	1	1	1	1
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	5,7	5,7	5,7	5,7

Quadro 10 - Análise da eficiência da envoltória, após modificações em projeto

(Conclusão)

Ambiente	Identificação	adimensional	SALA	QUARTO 1	QUARTO 2	SUÍTE
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	35,31	9,95	9,95	13,11
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	A	A	A
			1735	2093	2093	2246
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	A	A	A	B
			14,857	15,056	15,056	17,019
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	Não se aplica 0,000	A	A	A
				0,470	0,470	-2,824

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

As melhorias proporcionaram aumento do desempenho térmico para resfriamento e aquecimento em praticamente todos os ambientes, excetuando-se apenas o desempenho para inverno na suíte. O ocorrido deve-se ao fato comentando anteriormente deste ambiente possuir superfície de troca de calor com o meio externo proporcionalmente maior que nos outros ambientes (a parede oeste).

Ainda assim, a envoltória atingiu uma performance superior à do sistema projetado originalmente, obtendo classificação A.

Quadro 11 - Classificação da envoltória, após modificações em projeto

(Continua)

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		A
		5,00	5,00
Envoltória para Inverno		A	A
		4,60	4,60

Quadro 11 - Classificação da envoltória, após modificações em projeto

(Conclusão)

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		A	A
		5,00	5,00
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
		A	A
		4,78	4,78

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

## 7.2.2 Nota geral

Com as devidas alterações no sistema de envoltória, somada ao sistema de aquecimento de água e às bonificações, a nova pontuação do projeto da edificação é de 5,16, com ENCE A.

Quadro 12 - Classificação final do projeto, após alterações

(Continua)

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	A
		5,00
	Envoltória para Inverno	A
		4,60
	Aquecimento de Água	A
		5,00
	Equivalente numérico da envoltória	A
		4,78

## Quadro 12 - Classificação final do projeto, após alterações

(Conclusão)

<b>Pontuação Total</b>	Identificação	
	Envoltória se refrigerada artificialmente	A
		5,00
	Bonificações	0,30
	Região	Sudeste
	Coeficiente a	0,65
Classificação final da UH		A
Pontuação Total		5,16

Fonte: Planilha de cálculo LabEEE preenchida pela autora, 2018.

### 7.3 Custo das modificações no projeto e valores finais para a edificação

Com base nos preços de mercado, realizou-se um levantamento de custos simples para comparar o impacto das melhorias de projeto referentes a envoltória e às esquadrias, que foram os sistemas que sofreram modificações. A alteração das cores da fachada não foi considerada neste levantamento de custos, pois foi compreendido que a mudança não acarretaria em acréscimos de valores, apenas a substituição da cor. A pesquisa abrangeu:

- lojas físicas na cidade de Varginha; para consulta de esquadrias e forro de gesso;
- base de dados do SINAPI MG (2018); para avaliar preços de composições de paredes e insumos como EPS, placa de granito e vidro simples (Anexo IV).

A Tabela 15 apresenta os valores para o sistema de envoltória e esquadrias, da proposta original. Como explicitado, as esquadrias foram orçadas em lojas da cidade. O sistema de parede considerou uma média de duas composições do SINAPI, por não existir na tabela uma opção de alvenaria com tijolo furado de 29cm de comprimento. A média foi realizada entre as composições de tijolo com 19cm e de 39cm de comprimento.



Tabela 15 - Custos iniciais dos sistemas alterados

item	uni	qnt	preço uni	total
Paredes 14cm	m <sup>2</sup>	223,944	R\$ 46,20	R\$ 10.346,21
subtotal - envoltória				R\$ 10.346,21
Janelas pivo 0,50 x 1,60	uni	4	R\$ 250,00	R\$ 1.000,00
Peitoril granito	m <sup>2</sup>	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00
Porta correr 2,16 x 2,50	uni	1	R\$ 3.092,50	R\$ 3.092,50
Janela integrada 2,00 x 1,20	uni	2	R\$ 1.365,00	R\$ 2.730,00
Porta integrada 2,17 x 2,00	uni	1	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
subtotal - esquadrias				R\$ 12.662,50
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 23.008,71</b>

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Os custos de alterações do projeto para melhor classificação no RTQ-R vêm na tabela 16. Nesta tabela, o sistema de envoltória levou em conta a parede interna de tijolos maciços, a parede dupla externa de tijolos maciços com isolamento por EPS, além do forro de gesso, acrescentado nos ambientes. A composição do SINAPI referente a alvenaria de tijolos maciços foi adequada a realidade do projeto, pois esta composição considera um sistema de parede com os tijolos assentados de forma que sua maior dimensão determina a espessura total da parede. No caso do projeto, a espessura transversal (9cm) do tijolo é a utilizada no sentido da espessura. Como a planilha não apresenta valores para a placa de EPS de 3cm, que foi a especificada, somou-se os valores para as placas de 1cm e 2cm de espessura.

As esquadrias pantográficas foram orçadas em eucalipto tratado em madeira da cidade. Como a fábrica produz estas esquadrias usualmente com as folhas de vidro de correr, foi requisitado o preço delas com as folhas de vidro também com abertura camarão, para manter o  $F_{vent}$ . A fábrica entrega as esquadrias sem vidros, portanto os valores seguem separadamente, com base no SINAPI. As janelas pivotantes da sala foram orçadas na mesma fábrica.

Tabela 16 - Custos finais dos sistemas alterados

item	uni	qnt	preço uni	total
Parede interna	m <sup>2</sup>	29,56	R\$ 80,21	R\$ 2.371,01
Parede externa - tijolos	m <sup>2</sup>	301,08	R\$ 80,21	R\$ 24.149,63
Parede externa - EPS	m <sup>2</sup>	150,54	R\$ 6,11	R\$ 919,80
Forro de gesso 3mm	m <sup>2</sup>	68,32	R\$ 57,00	R\$ 3.894,24
subtotal - envoltória				R\$ 31.334,67
Janela pivote madeira veneziana não ventilada 0,50 x 1,60	uni	4	R\$ 980,00	R\$ 3.920,00
Porta pantográfica eucalipto 2,16 x 2,00	uni	1	R\$ 3.800,00	R\$ 3.800,00
Vidro simples 4mm	m <sup>2</sup>	3,654	R\$ 70,00	R\$ 255,78
Janela pantográfica eucalipto 1,2 x 1,6	uni	2	R\$ 3.185,00	R\$ 6.370,00
Vidro simples 4mm	m <sup>2</sup>	2,996	R\$ 70,00	R\$ 209,72
Janela pantográfica suíte eucalipto 1,2 x 1,8	uni	1	R\$ 3.465,00	R\$ 3.465,00
Vidro simples 4mm	m <sup>2</sup>	1,712	R\$ 70,00	R\$ 119,84
subtotal - esquadrias				R\$ 18.140,34
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 49.475,01</b>

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Como é possível perceber, o principal impacto se deu na envoltória, com maior peso da parede dupla. Além de ser consideradas duas fileiras de tijolos, o tijolo maciço por si só, possui menores dimensões que o tijolo furado, sendo necessárias mais unidades para completar um metro quadrado de parede. Somente o sistema de parede na alteração do projeto fica em R\$27.440,43, representando quase o triplo do valor do sistema anterior. O forro de gesso é tido como um custo “a mais”, considerando que o restante da cobertura se mantém.

As esquadrias tiveram uma diferença de custos proporcionalmente menor, mas ainda assim, as novas esquadrias de madeira propostas representaram um acréscimo de R\$5.477,84, cerca de 24% a mais.

Para a edificação receber a certificação do RTQ-R, realizando ou não essas alterações propostas, deve-se ainda observar o valor referente ao sistema de aquecimento de água, de R\$3.640,00 (à vista).

Além dele, a Fundação Vanzolini (um dos OIA's ativos atualmente) foi contatada para se estimar o custo da certificação para esta residência. O valor que a Fundação repassou como possível para este caso foi de R\$10.000,00.

Procurou-se, por meio de contato com sete imobiliárias da cidade, estimar os valores de construção e venda de residências no bairro residencial Belo Horizonte. Percebeu-se que as edificações no local aproximam seus custos do padrão baixo R1 da tabela do SINDUSCON MG (2018), e que o preço de venda do metro quadrado construído sai em torno de R\$1.879,24. O terreno de 250m<sup>2</sup> tem preço médio de R\$90.000,00, de acordo com as informações fornecidas pelas imobiliárias.

Portanto, quanto aos custos, reconhecendo que a tabela do CUB/m<sup>2</sup> para edificação padrão baixo R1 traz o valor de R\$1.404,24/m<sup>2</sup> (SINDUSCON MG, 2018), a residência, que possui em média 127m<sup>2</sup>, teria sua obra avaliada em R\$178.338,48. Somando-se o valor de um terreno, o custo geral da edificação seria de R\$268.338,48.

O valor de venda calculado para esta residência foi de R\$328.663,88, considerando o preço de venda por m<sup>2</sup> e o valor do terreno. Assim sendo, o lucro inicial ficaria em R\$60.325,40.

Tabela 17 - Tabela síntese dos valores de venda, custo e lucro da residência, de acordo com mercado local.

	R\$/m <sup>2</sup>	Área [m <sup>2</sup> ]	Valores referênci	Valores projeto original	Valores projeto alterado
Valor de venda	1.879,24	127	<b>328.663,88</b>	-	-
Obra	1.404,24	127	178.338,48	191.978,48	218.444,78
Terreno	-	-	90.000	90.000	90.000
Custo			268.338,48	<b>281.978,48</b>	<b>308.444,78</b>
Lucro			60.325,40	<b>46.685,40</b>	<b>20.219,10</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na primeira proposta de projeto, tem-se que os valores referentes aos sistemas de envoltória já estejam embutidos no custo da obra, sendo acrescidos

apenas o custo do sistema de aquecimento de água e da certificação do PBE Edifica. A diferença é de R\$13.640,00, representando portando um acréscimo de 8% no custo da edificação. Seu custo final seria de R\$281.978,48, e o lucro final reduziria para R\$46.685,40 – representando cerca de 77% do lucro inicialmente calculado. Este cálculo do lucro não leva em consideração uma possível valorização do imóvel, obtida em razão da certificação e eficiência energética.

Quando num segundo momento optou-se por mudanças na envoltória para alcançar um melhor desempenho na etiqueta, além do sistema de aquecimento solar e da certificação, soma-se a diferença entre os sistemas de envoltória, que foi de R\$26.466,30. Dessa forma, o custo para a certificação do projeto alterado seria de R\$40.106,30, elevando o custo final da edificação em 22%. O valor referente ao custo é de R\$308.444,78, e o lucro final de R\$20.219,10 (34% do lucro inicial). Mais uma vez, é desconsiderada uma possível valorização do imóvel.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho cumpriu o objetivo proposto de avaliar o desempenho e eficiência energética do projeto.

A proposta original procurou utilizar sistemas e produtos mais facilmente encontrados no mercado local. Este projeto foi classificado como A, mas se reconhece que o sistema de aquecimento de água e as bonificações tiveram grande importância para o resultado final. Apesar dos sistemas de envoltória atenderem aos limites das propriedades térmicas segundo o regulamento, eles não foram suficientes para alcançar a classificação máxima referente à categoria.

Para determinar uma eficiência maior do sistema, constatou-se que o ideal seria seguir mais a fundo a premissa de inércia térmica sugerida para a Zona Bioclimática 2, resultando em um sistema bem isolado e com alta capacidade térmica. As modificações na envoltória para melhoria da performance da mesma foram pontuais, apesar do maior custo. O forro de gesso é um elemento de fácil instalação na região e as paredes com os tijolos maciços não requerem uma capacitação técnica diferenciada – talvez um maior cuidado com o isolamento de EPS entre as fiadas. Este estudo considerou a substituição total do sistema de paredes, não verificando a possibilidade e até mesmo viabilidade dessas alterações ocorrerem de forma mais pontual nos ambientes e permanência prolongada, diminuindo o consumo de materiais, mão-de-obra e consequentes custos.

Acredita-se que a maior dificuldade foi em relação as esquadrias. Foi apontado durante a avaliação, que o projeto necessitava de esquadrias com Fator de Ventilação maior que os utilizados anteriormente. O mercado, apesar das variedades de modelos, apresenta preferencialmente esquadrias com menos da metade da área do vão aproveitada para ventilação natural. Para que a característica formal do projeto fosse mantida, optou-se pela procura de esquadrias que permitissem abertura maior para ventilação e que tivessem possibilidade de sombreamento total. Os modelos de esquadrias pantográfica atenderam com êxito a proposta, porém são mais difíceis de serem encontradas.

Os modelos presentes na madeireira da cidade ainda necessitaram alteração nas folhas de vidro – que normalmente são produzidas em duas folhas de correr – refletindo diretamente no preço dos produtos. As janelas pivotantes da sala precisaram ser feitas sob medida, uma vez que a fábrica produz janelas pivotantes de madeira apenas com vedação de vidro, o que não alteraria a variável *somb* de 0,00 para 1,00. Um outro ponto a ser levado em consideração, diz respeito à manutenção das peças, afinal, as esquadrias de alumínio originalmente propostas não demandam manutenção anual como as peças de madeira, seja lixando ou aplicando verniz.

Nesta edificação, foi detectado que os ambientes de permanência prolongada sofreram forte influência da *somb*, apresentando melhora no desempenho quando a variável fosse igual a 1. No caso de salas, áreas de convivência de uma residência de forma geral, o uso de esquadrias que permitem proteção total da abertura não é comum por questões estéticas. É presumido que o uso de brises externos fossem mais interessantes para compor a fachada, porém o uso dos mesmos possibilita um *somb* máximo de 0,5, que seria insuficiente para aumentar o desempenho do ambiente. Neste mesmo raciocínio, o uso de brises nos quartos poderia permitir maior controle da iluminação natural, visto a possibilidade de se obter uma iluminação difusa, sem bloquear totalmente a abertura, caso a insolação no ambiente chegasse a incomodar o usuário.

Numa análise posterior, questiona-se o uso das janelas pivotantes na circulação quanto a sua estabilidade e resistência numa área com fluxo de ar. Acredita-se que seja necessário maior aprofundamento dos estudos de movimentação de ventos nessa residência.

As propriedades térmicas para especificações de materiais/produtos e para uso nos cálculos foram em sua grande maioria retiradas de medidas padrões de normas técnicas. Notou-se uma profunda carência destes dados nos próprios catálogos técnicos dos fabricantes. Os sistemas que utilizaram informações dos fabricantes foram o aquecimento de água e tubulações de água quente.

O fato de a intenção inicial para a residência ser de venda pode apresentar algumas ressalvas quanto aos acréscimos de custo, na faixa de 22% do valor da construção (no cenário em que a edificação apresenta o melhor desempenho), que a certificação implica. Mesmo no projeto original, deve-se considerar que os custos ficam 8% mais altos, referentes ao aquecimento de água e à certificação em si. Apesar de ser uma diferença de custo menor que a do projeto alterado, implica em um maior investimento por parte do empreendedor.

Fica clara a necessidade uma análise econômica e imobiliária mais aprofundada para determinar uma possível valorização do empreendimento com as melhorias propostas e desempenho energético satisfatório, perante o PBE Edifica, para se determinar a viabilidade da certificação para um imóvel à venda. Uma análise dessas pode, além de indicar a interferência no lucro, se o mercado local irá absorver a disponibilidade de imóveis mais eficientes, porém, talvez mais caros. A possível valorização de venda do imóvel pode esbarrar no caráter imediatista do consumidor de procurar o 'produto' mais barato, já apresentado por Roméro e Reis (2012).

## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Karla; SOUZA, Roberta. Uso final de energia elétrica do setor residencial no Brasil por região geográfica. Belo Horizonte, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. BEN - Balanço Energético Nacional. Brasília, disponível em: <http://www.epe.gov.br>, acesso em: agosto, 2017.

BRASIL. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R). Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria no 18, de 16 de janeiro de 2012., 2010b.

BRASIL. Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria no 372, de 17 de setembro de 2010, 2010a.

EDWARDS, Bryan. Rough guide to sustainability. Londres, RIBA Enterprises Ltd., 2005.

FRASÃO, Lucas; BARRA, Mário; MENICONI, Tadeu. Entenda como a geração de energia elétrica afeta o meio ambiente. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2011/03/entenda-como-geracao-de-energia-eletrica-afeta-o-meio-ambiente.html>>. Acesso em: agosto 2017.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R., Eficiência Energética na Arquitetura. Rio de Janeiro, PW Editores, 2014. (3ª edição)

LEONI, Giovanni. Mies van der Rohe / Giovanni Leoni; [tradução: Gustavo Hitzschky]. – 1. Ed. – São Paulo: Folha de São Paulo, 2011. 80 p, : il. (algumas color.); 26cm. – (Coleção Folha Grandes Arquitetos; v. 12)



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2007. 408 p. ISSN: 978-85-60025-02-2, disponível em: <http://www.epe.gov.br>, acesso em: agosto, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). A ONU e o meio ambiente. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: agosto 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Relatório Brundtland. Disponível em: <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. Acesso em: agosto 2017.

PBE EDIFICA. O que é a etiqueta PBE Edifica? Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/>. Acesso em: agosto 2017.

PROCEL. Selo Procel Edificações. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>. Acesso em: agosto 2017.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. O programa brasileiro de etiquetagem. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/pbe/index.php>. Acesso em: agosto 2017.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico dos. Eficiência energética em edifícios. Barueri, SP: Manole, 2012.

SINAPI. Referência de Preços e Custos. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: outubro de 2018.

SINDUSCON. Tabela do CUB. Disponível em: <http://www.sinduscon-mg.org.br/cub/tabela-do-cub/>. Acesso em: dezembro de 2018.

TUBELO, Renata C. S.; RODRIGUES, Lucelia T.; GILLOTT, Mark. A Comparative Study of the Brazilian Energy Labelling System and the Passivhaus Standard for Housing. Buildings, Suíça, v. 4, p. 207-221, mar/mai 2014.

VAN LEGEN, Johan. Manual do arquiteto descalço. - ed.- São Paulo: B4 Ed., 2014.

VARGINHA, Câmara Municipal de. Varginha, sua História e sua Gente. Edição: 1982.

VARGINHA, Prefeitura de. <<http://www.varginha.mg.gov.br/a-cidade/historia>> Acesso em: agosto 2017.

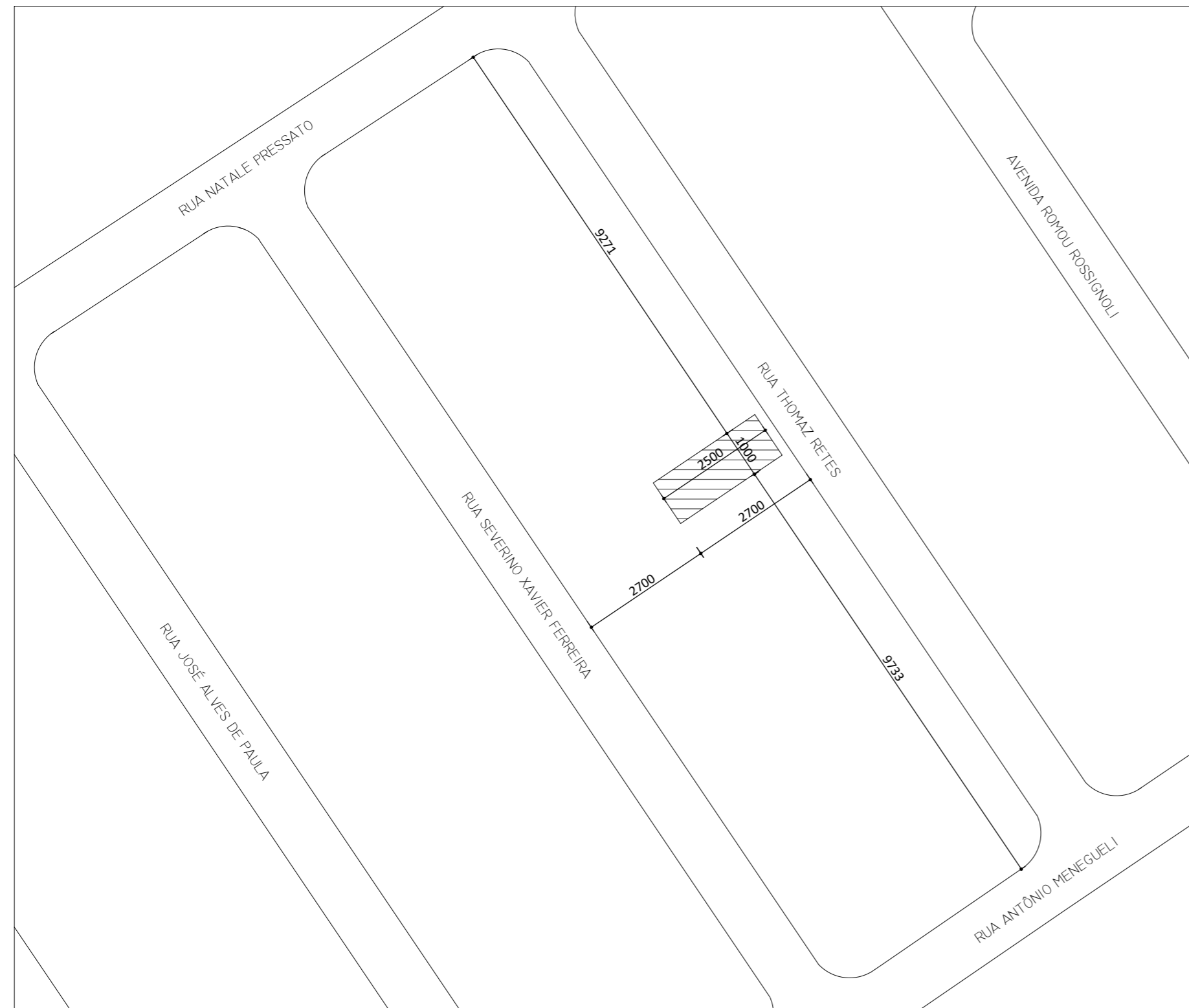
VARGINHA. Lei nº 2.867 de 02 janeiro de 1997. Regulamento do parcelamento do solo urbano no município de Varginha. Disponível em: <<http://www.varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/leis/84-1997/2257-lei-2867>>. Acesso em: julho de 2018.

VARGINHA. Lei nº3.006 de 27 de março de 1998. Dispõe sobre o código de obras habitacionais. Disponível em: < <http://www.varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/leis/85-1998/2273-lei-3006>>. Acesso em: julho de 2018.

VARGINHA. Lei nº3.181 de 08 de setembro de 1999. Dispõe sobre uso e ocupação do solo urbano do município de Varginha e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/leis/86-1999/1574-lei-3181>>. Acesso em: julho de 2018.

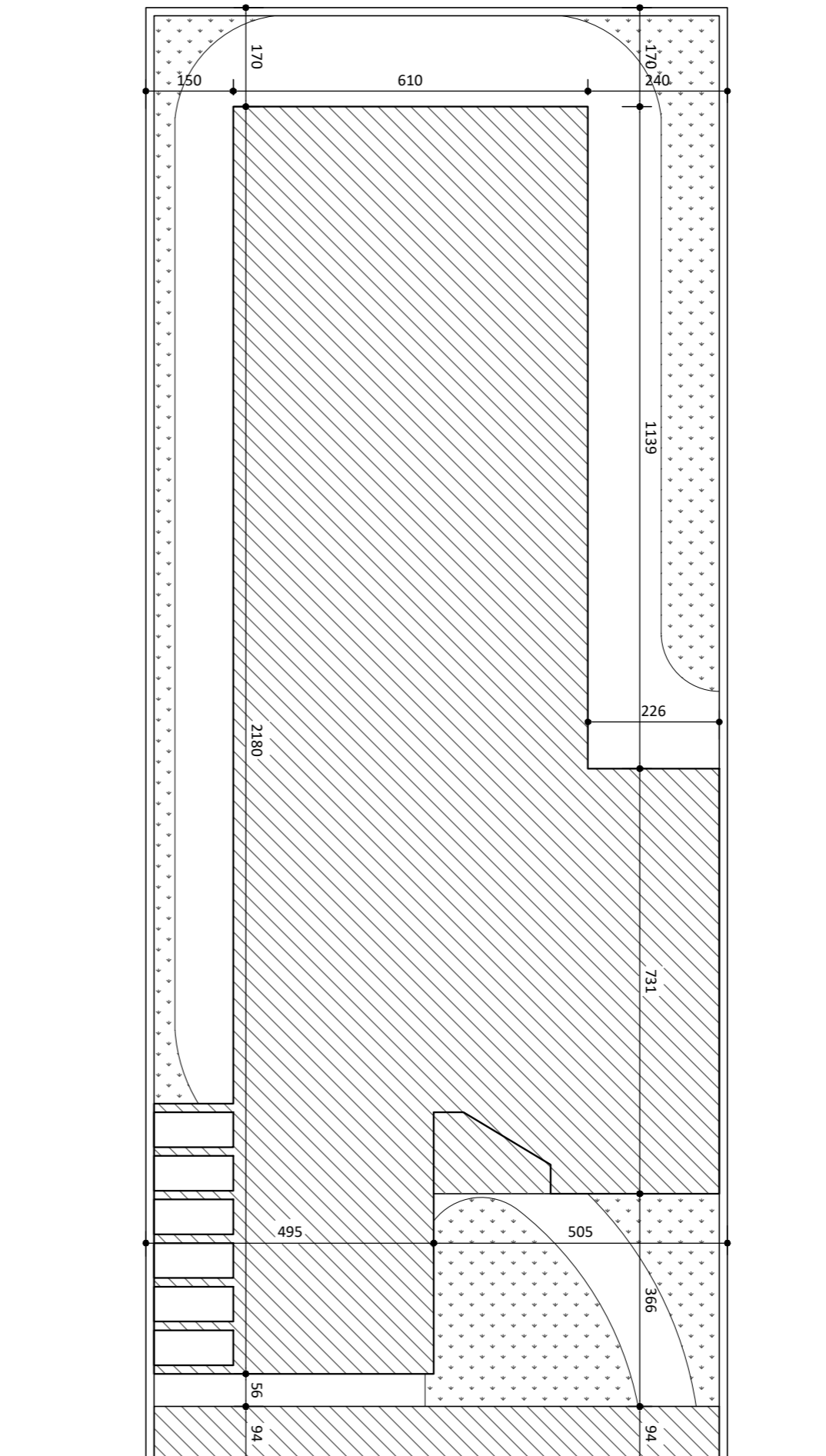
WONG, Ing Liang; KRÜGER, Eduardo. Comparing energy efficiency labelling systems in the EU and Brazil: Implications, challenges, barriers and opportunities. Energy Policy, Estados Unidos, v. 109, p. 310-323, nov/2016 – jul/2017

## APÊNDICES



PLANTA  
SITUAÇÃO

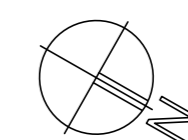
ESC 1/1000



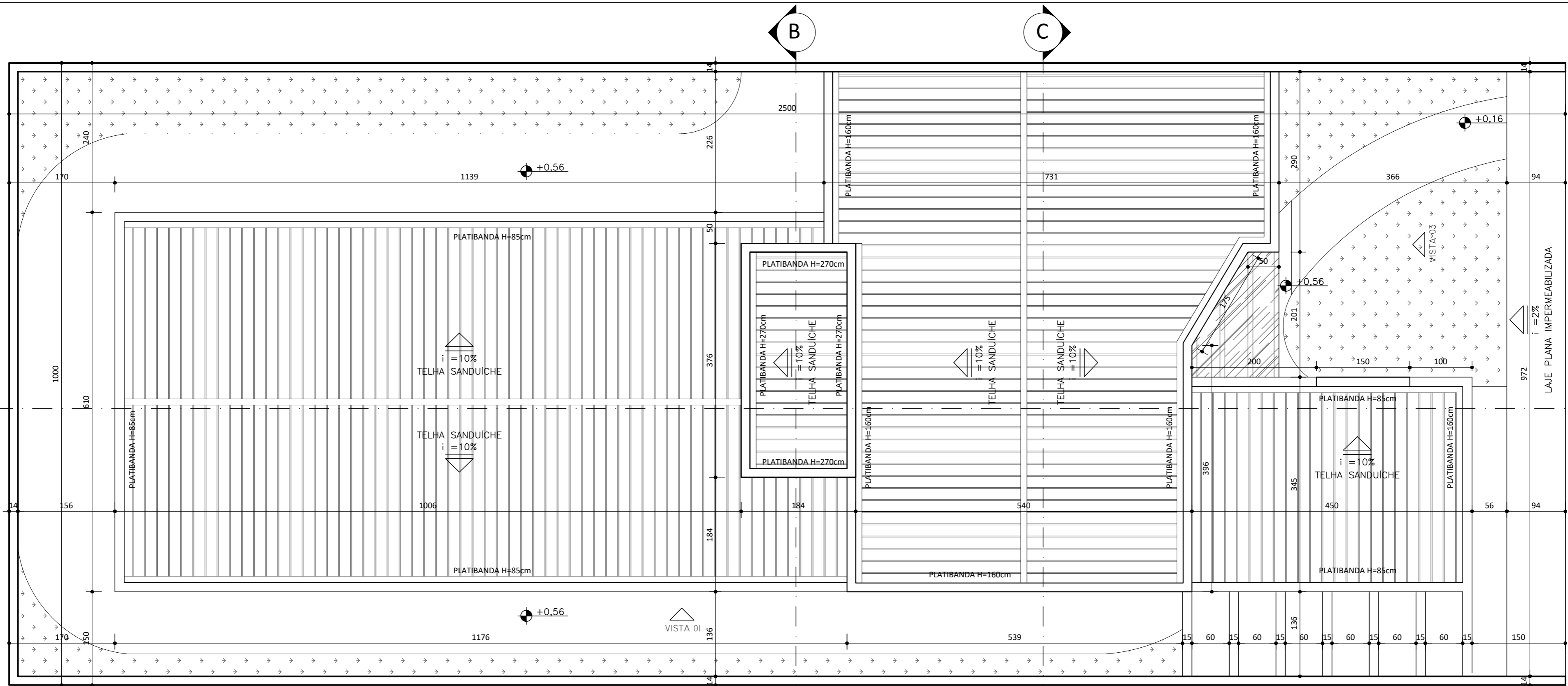
ÁREA TERRENO: 250M<sup>2</sup>  
 ÁREA CONSTRUÇÃO: 127M<sup>2</sup>  
 ÁREA OCUPADA: 151,85M<sup>2</sup>  
 ÁREA PERMEÁVEL: 33,46M<sup>2</sup>  
 TAXA DE OCUPAÇÃO: 60,74%  
 TAXA DE PERMEABILIDADE: 13,38%

PLANTA  
IMPLANTAÇÃO

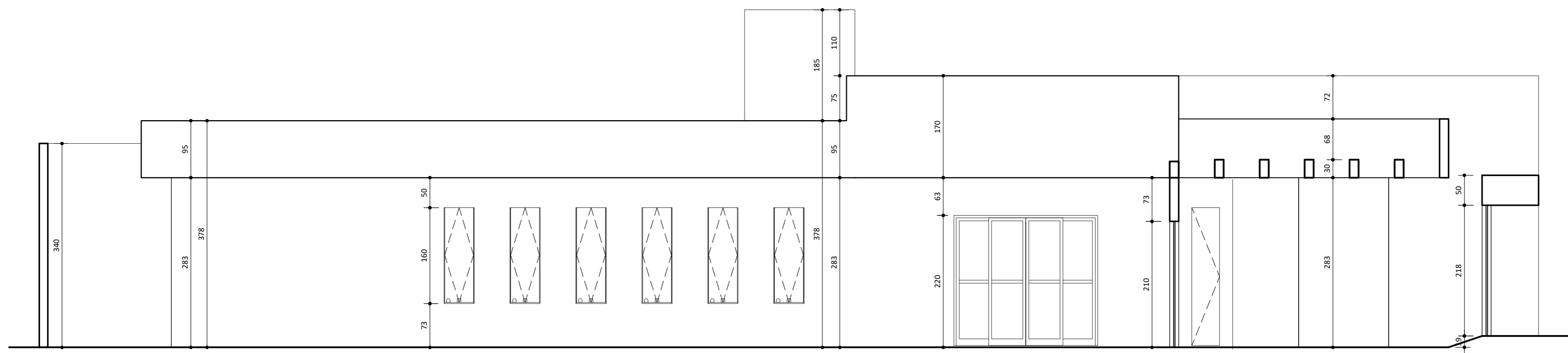
ESC 1/100



PASSEIO PÚBLICO  
RUA THOMAZ RETES

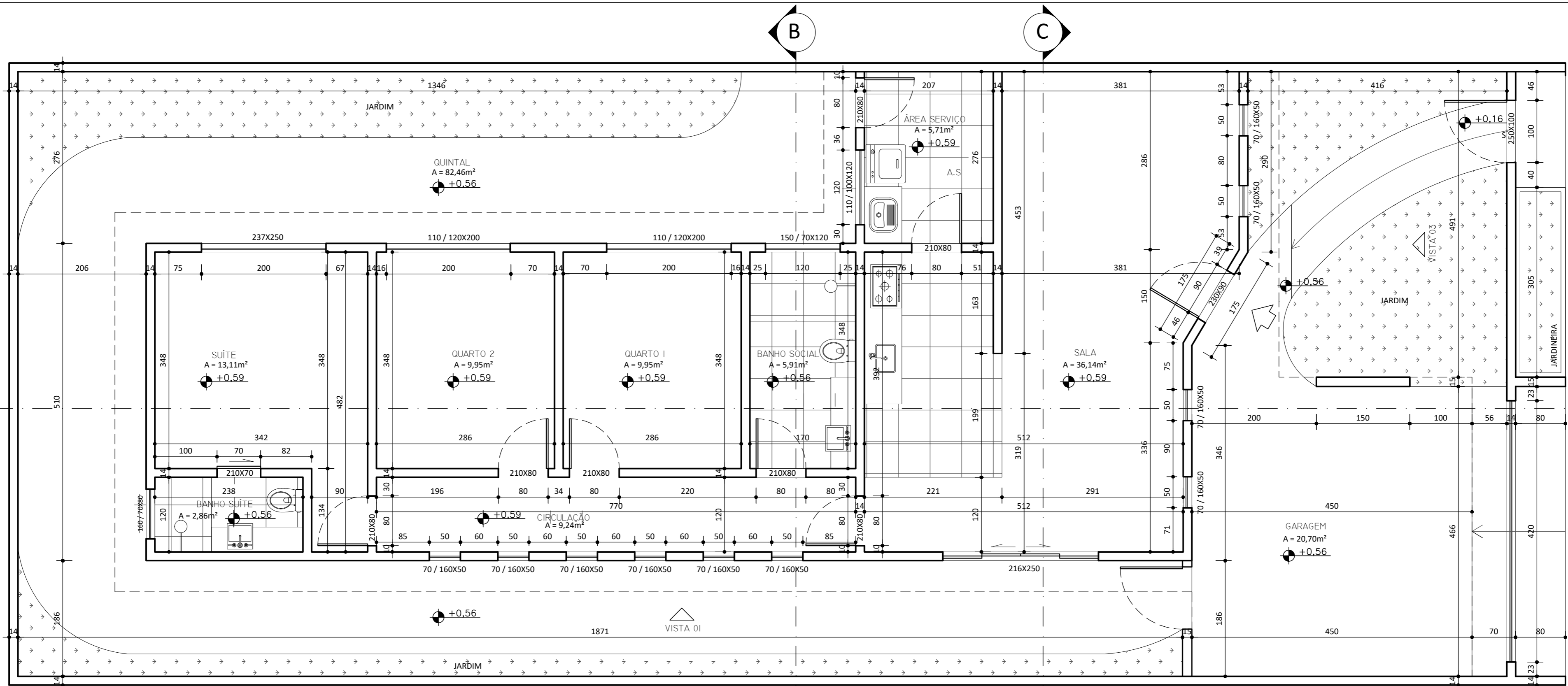


PLANTA  
COBERTURA  
ESC 1/50

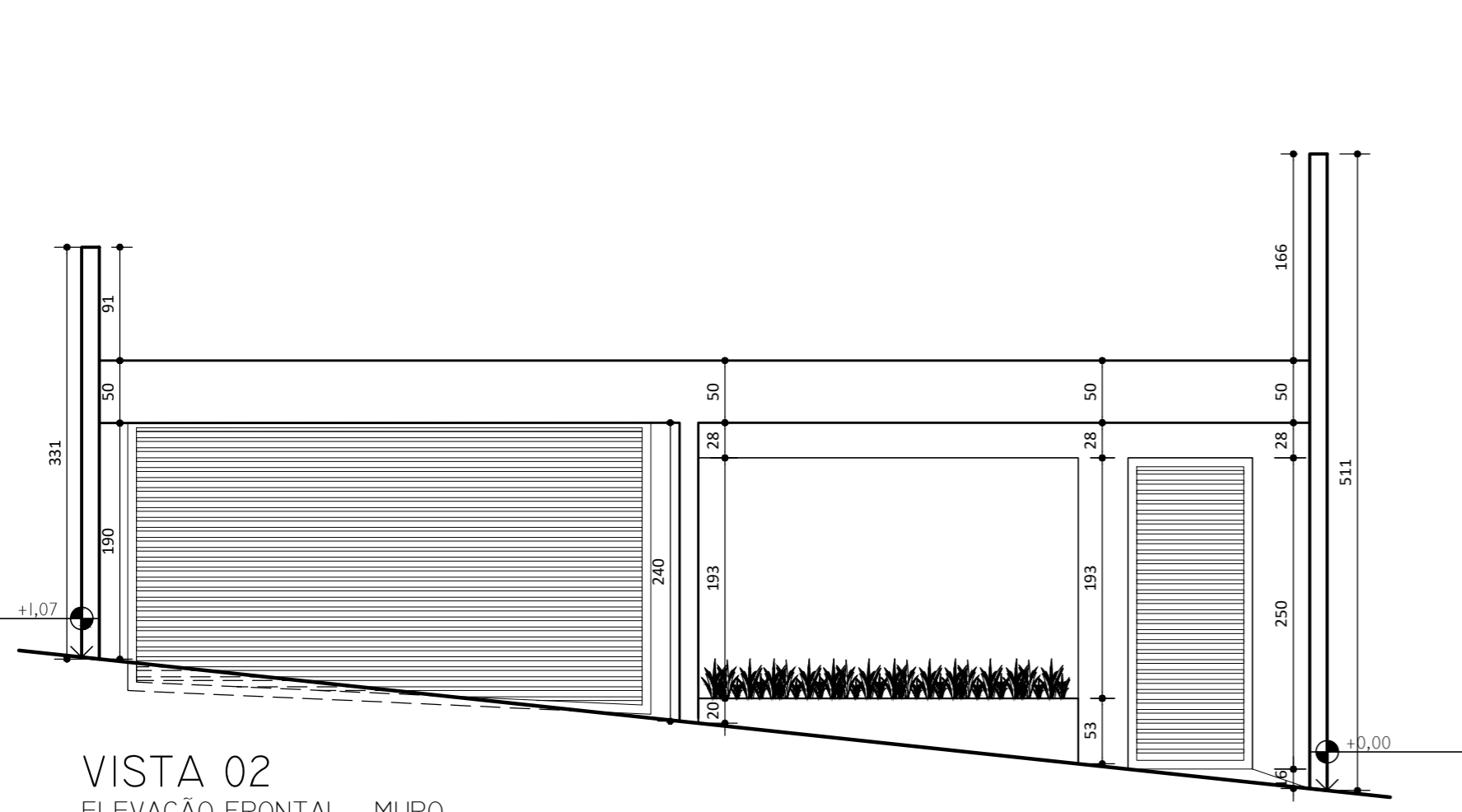


VISTA 01  
ELEVAÇÃO LATERAL  
ESC 1/50

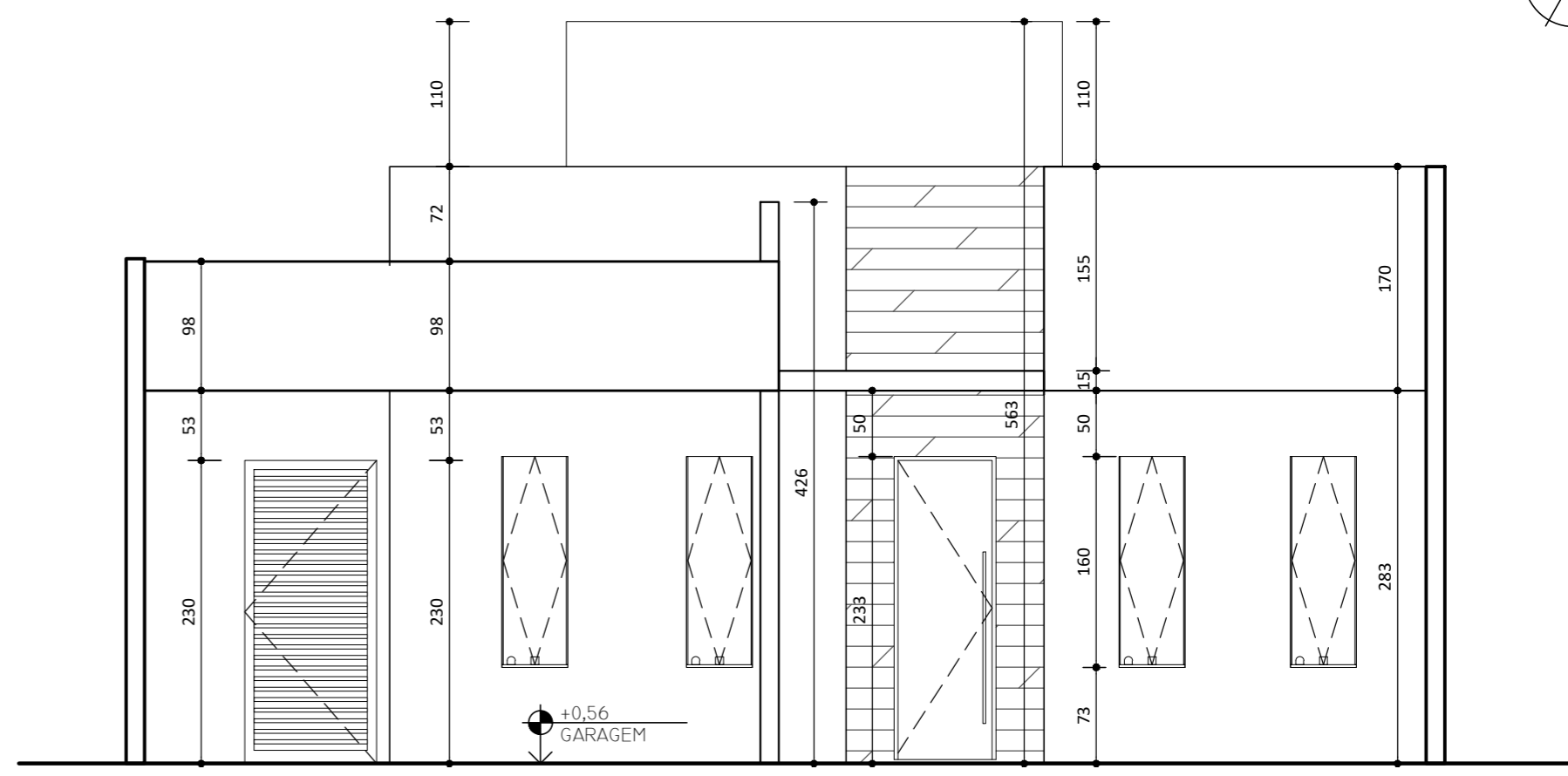
TCC\_EST\_CAD\_REV08.dwg



PLANTA  
ARQUITETÔNICO  
ESC 1/50

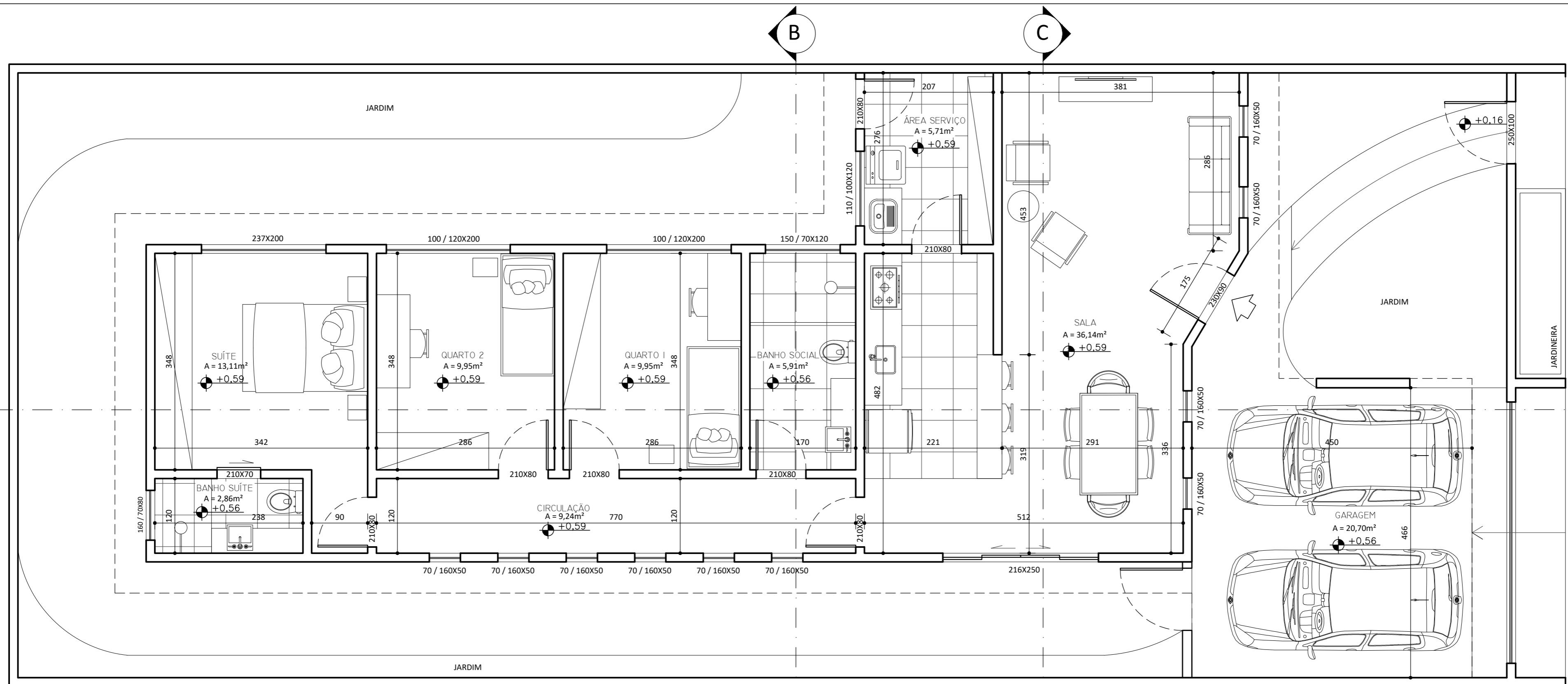


VISTA 02  
ELEVAÇÃO FRONTAL - MURO  
ESC 1/50



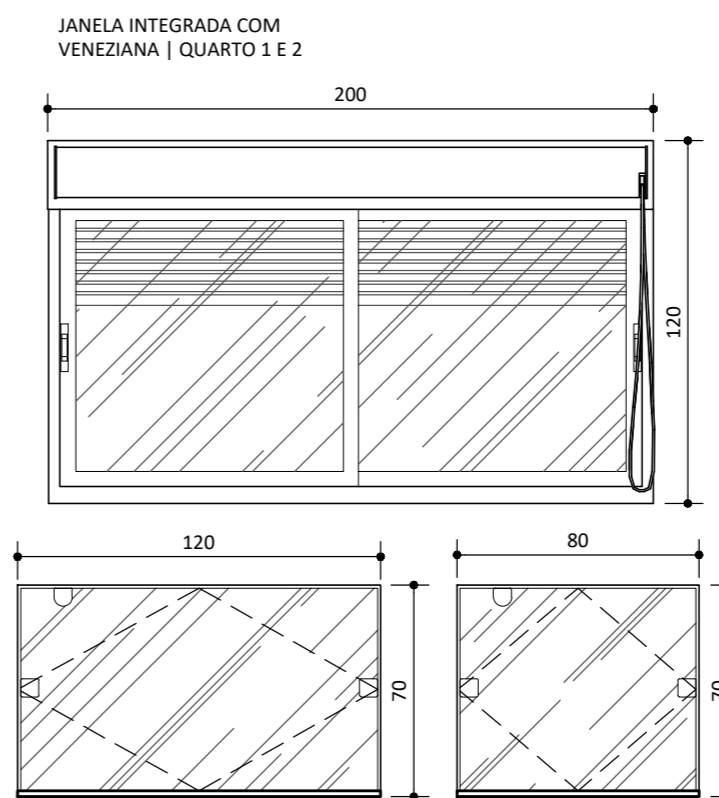
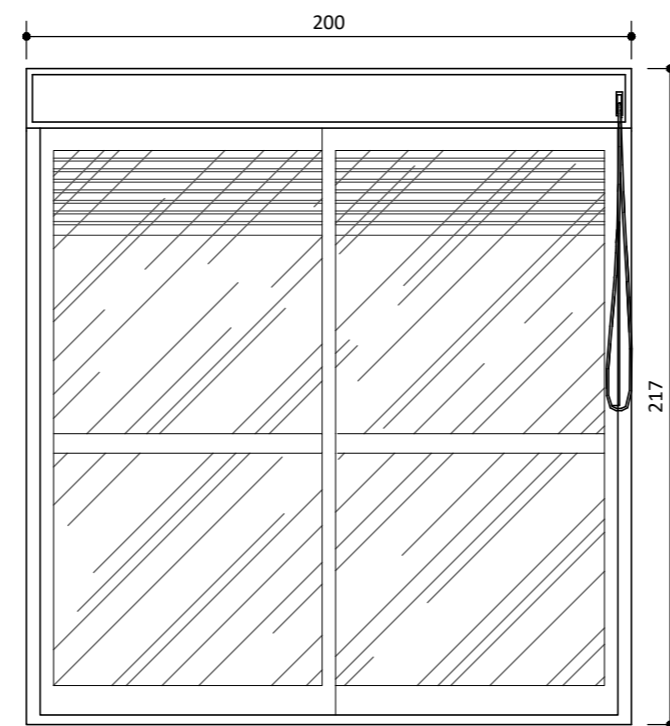
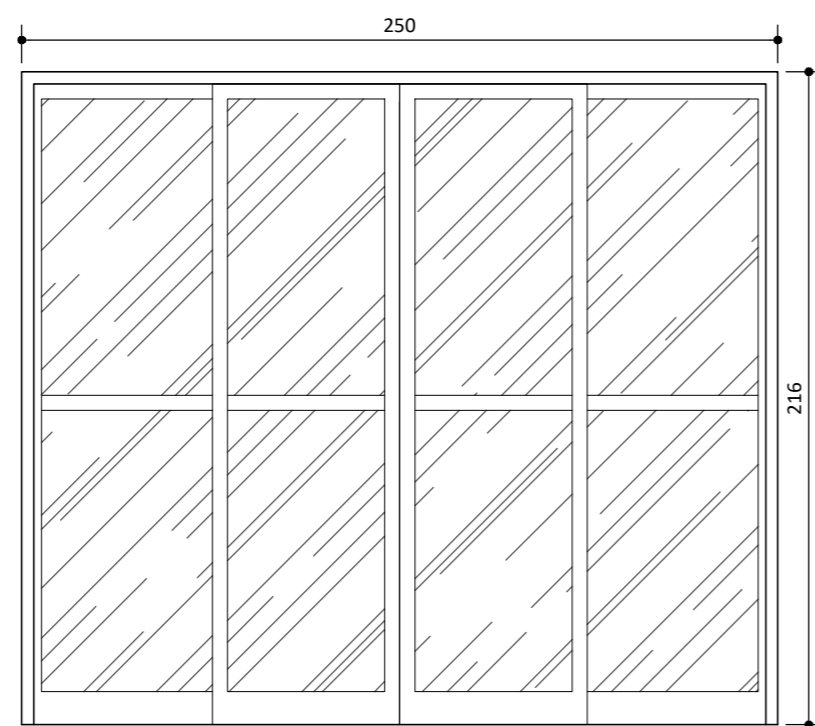
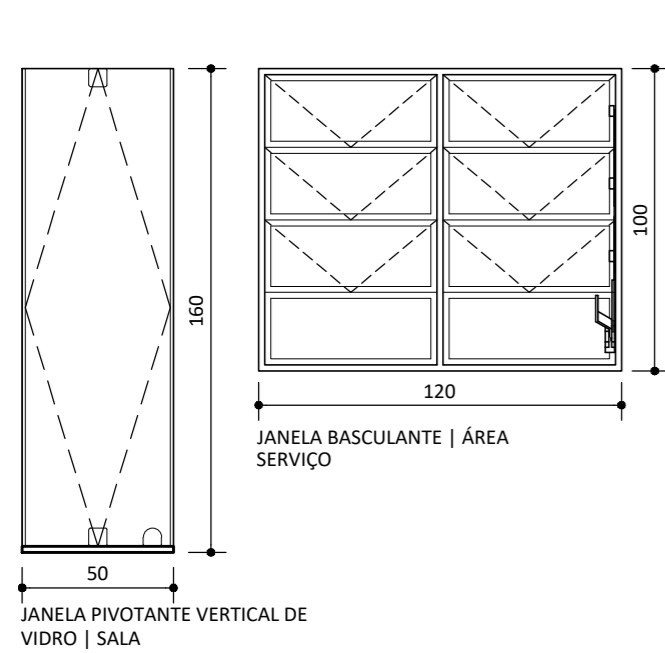
VISTA 03  
ELEVAÇÃO FRONTAL  
ESC 1/50

TCC\_EST\_CAD\_REV08.dwg



PLANTA  
LAYOUT

ESC 1/50

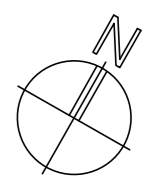


PORTA 04 FOLHAS CORRER | SALA

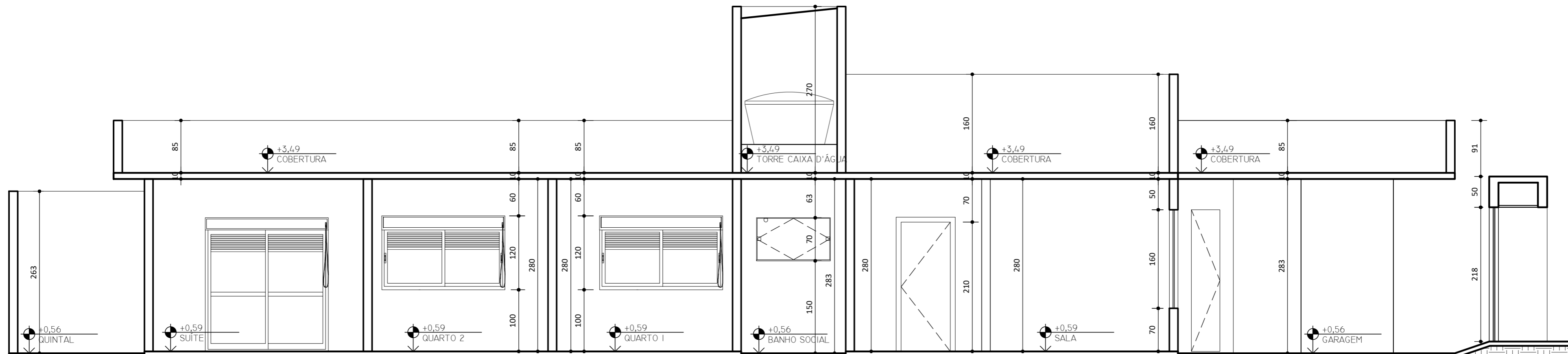
PORTA INTEGRADA COM VENEZIANA | SUÍTE

JANELA PIVOTANTE VIDRO | BANHO SOCIAL

JANELA PIVOTANTE VIDRO | BANHO SUÍTE

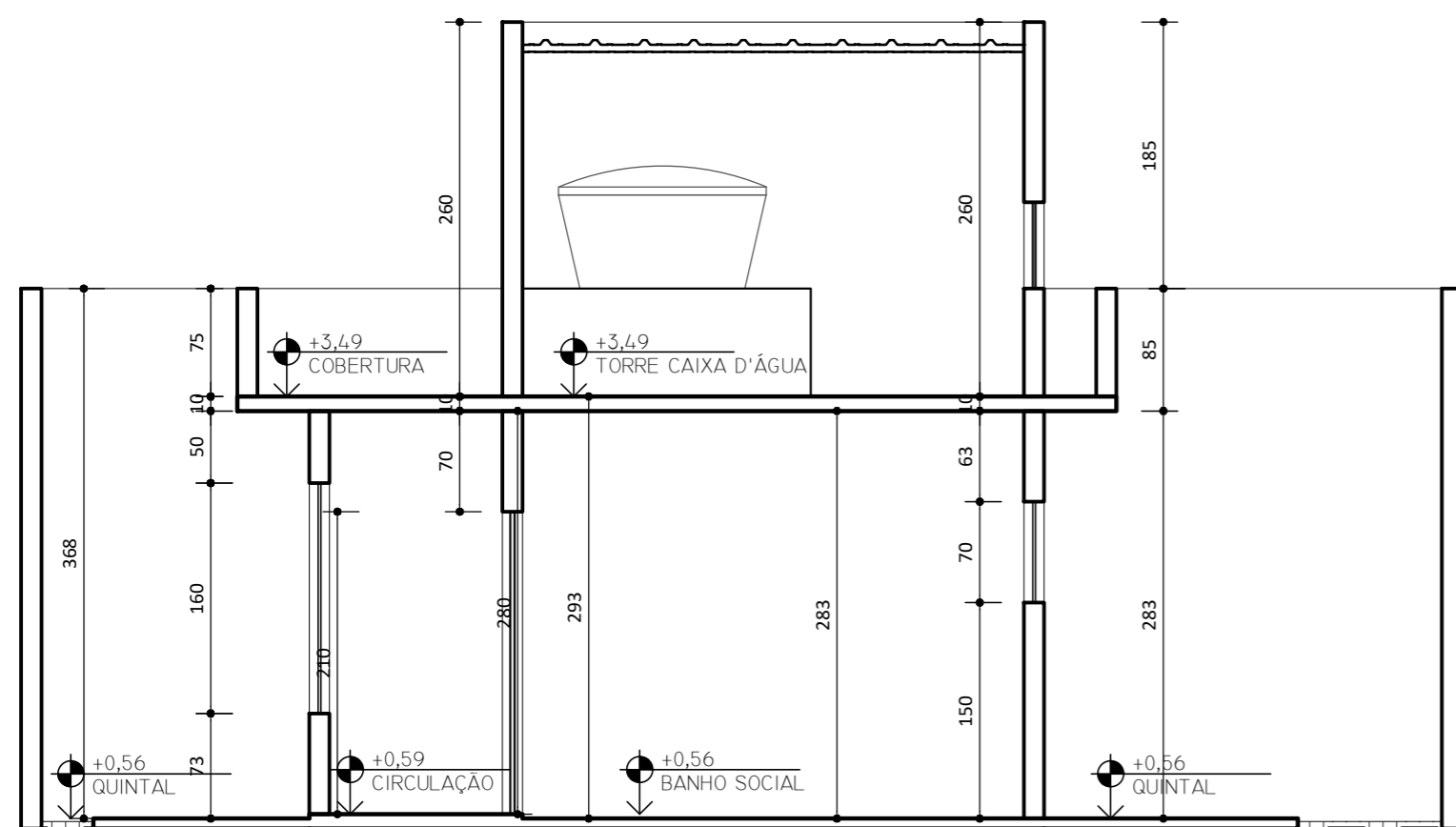


TCC\_EST\_CAD\_REV08.dwg



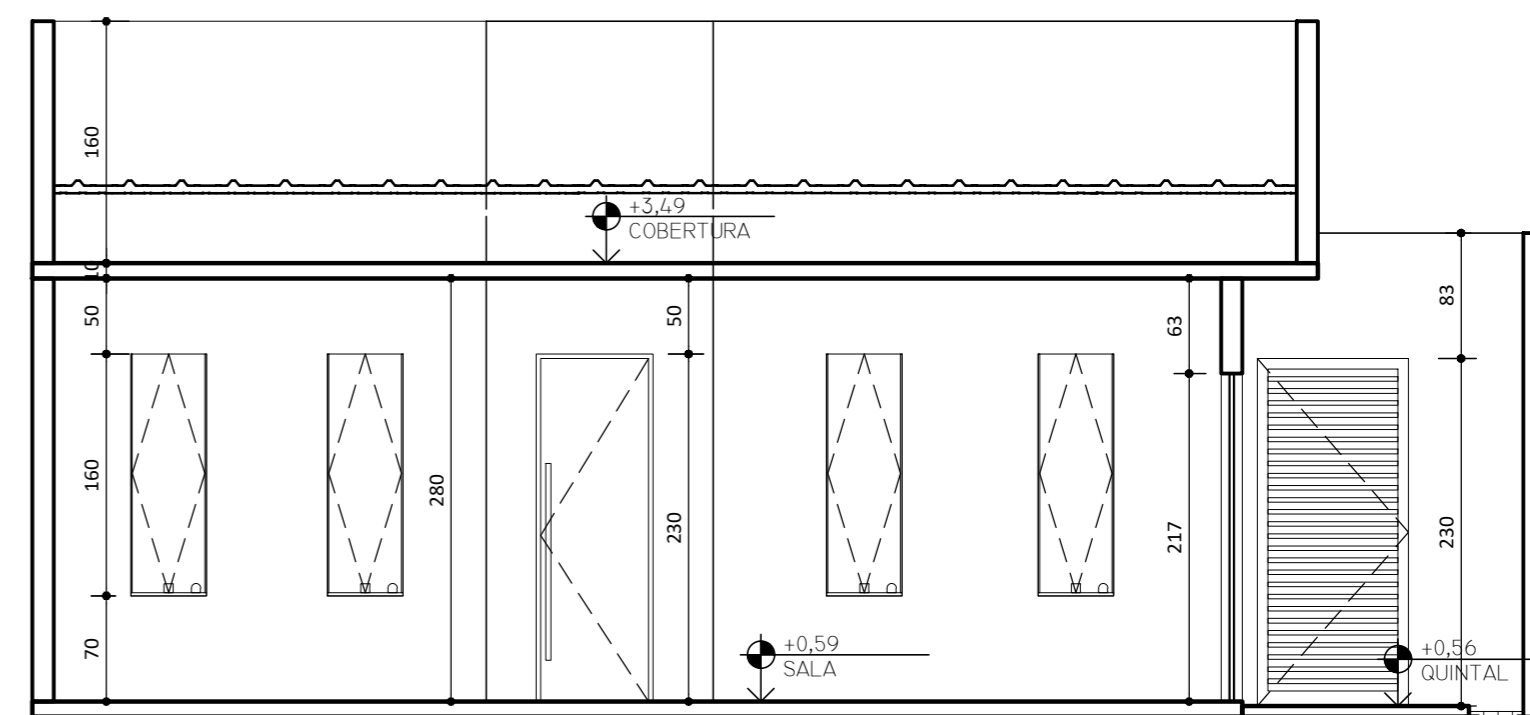
CORTE LONGITUDINAL

AA  
ESC 1/50



CORTE TRANSVERSAL

BB  
ESC 1/50

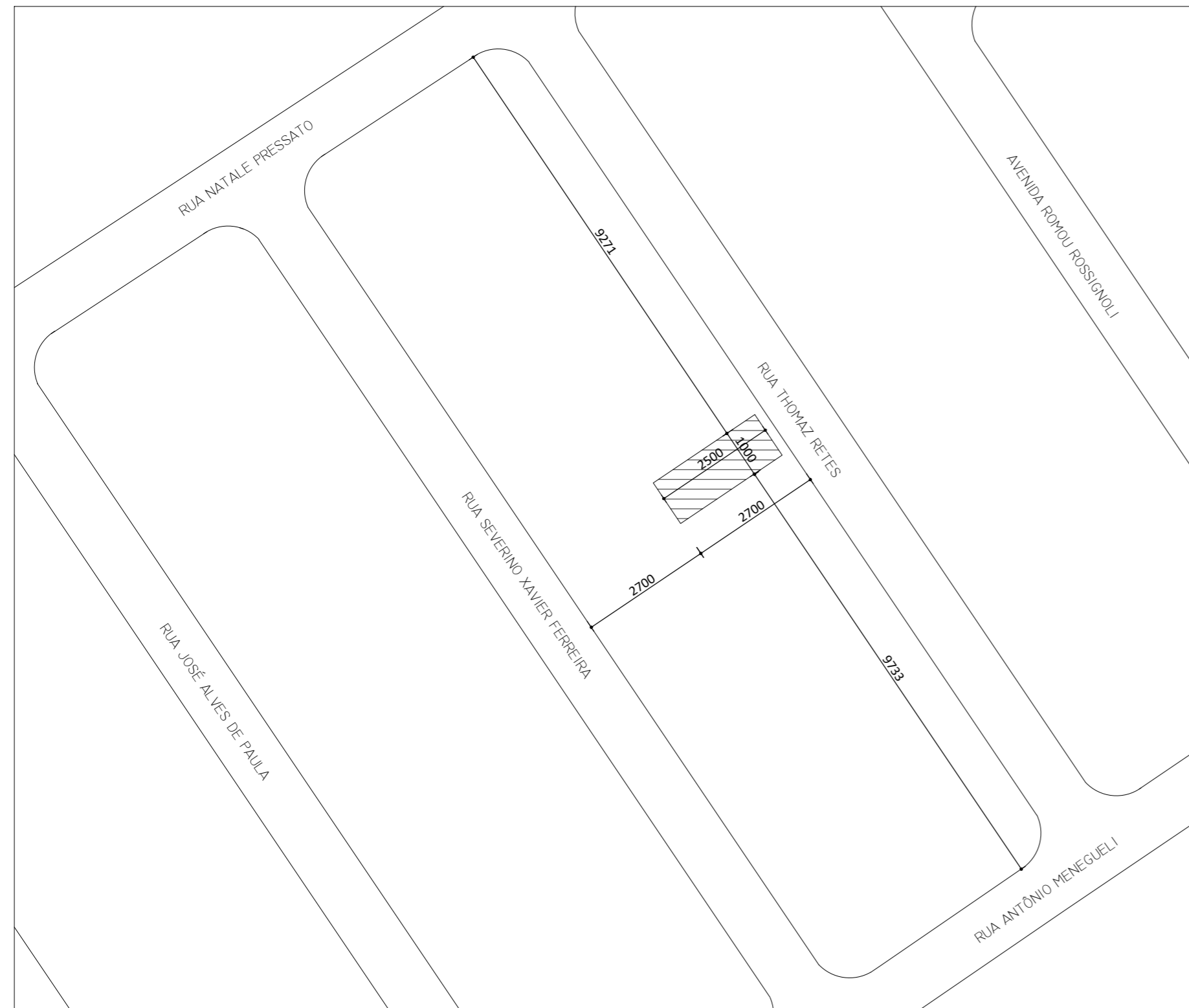


CORTE TRANSVERSAL

CC  
ESC 1/50

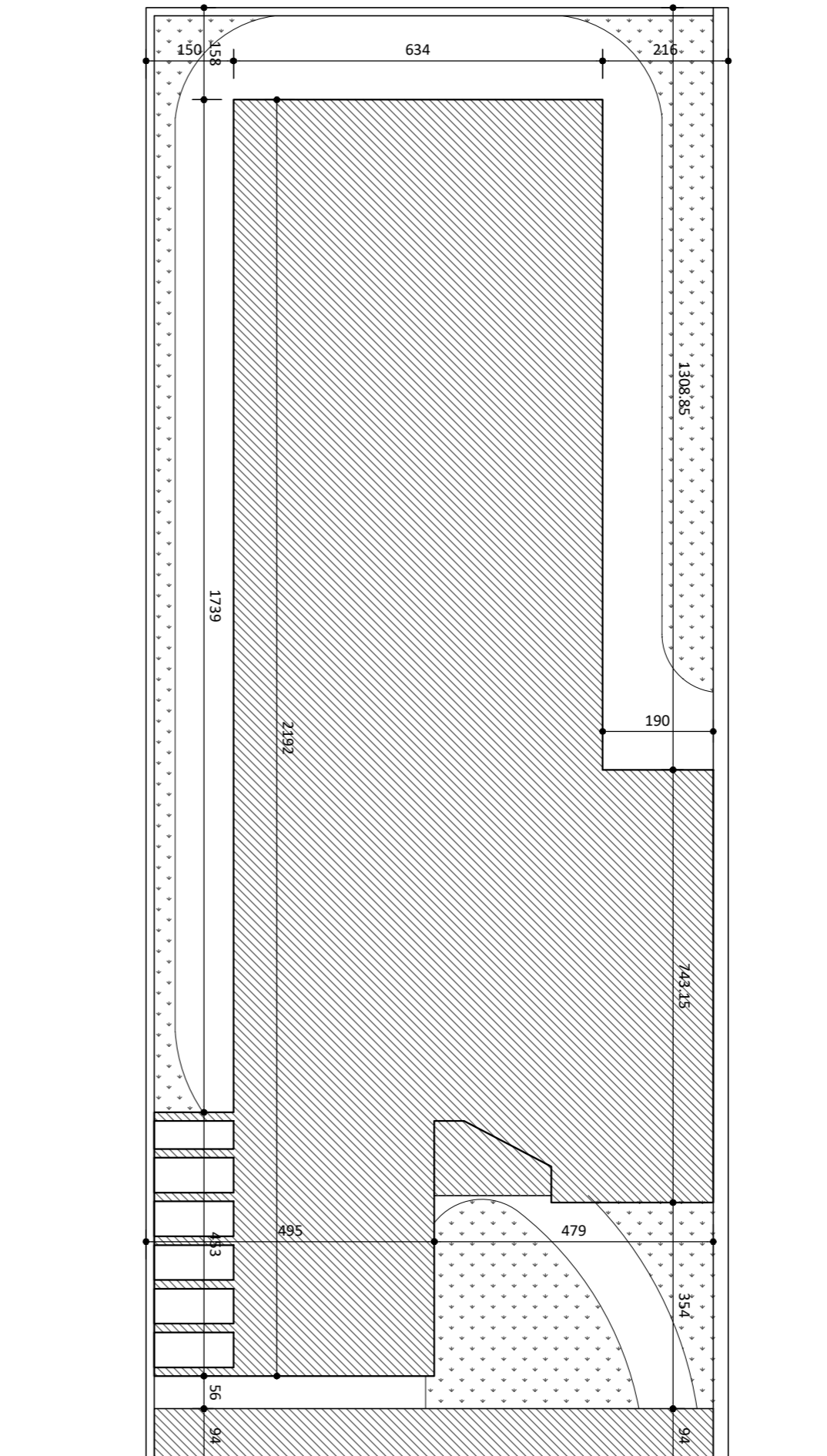
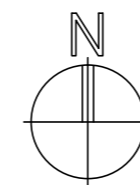
TCC\_EST\_CAD\_REV08.dwg





PLANTA  
SITUAÇÃO

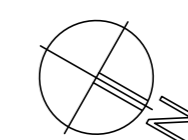
ESC 1/1000

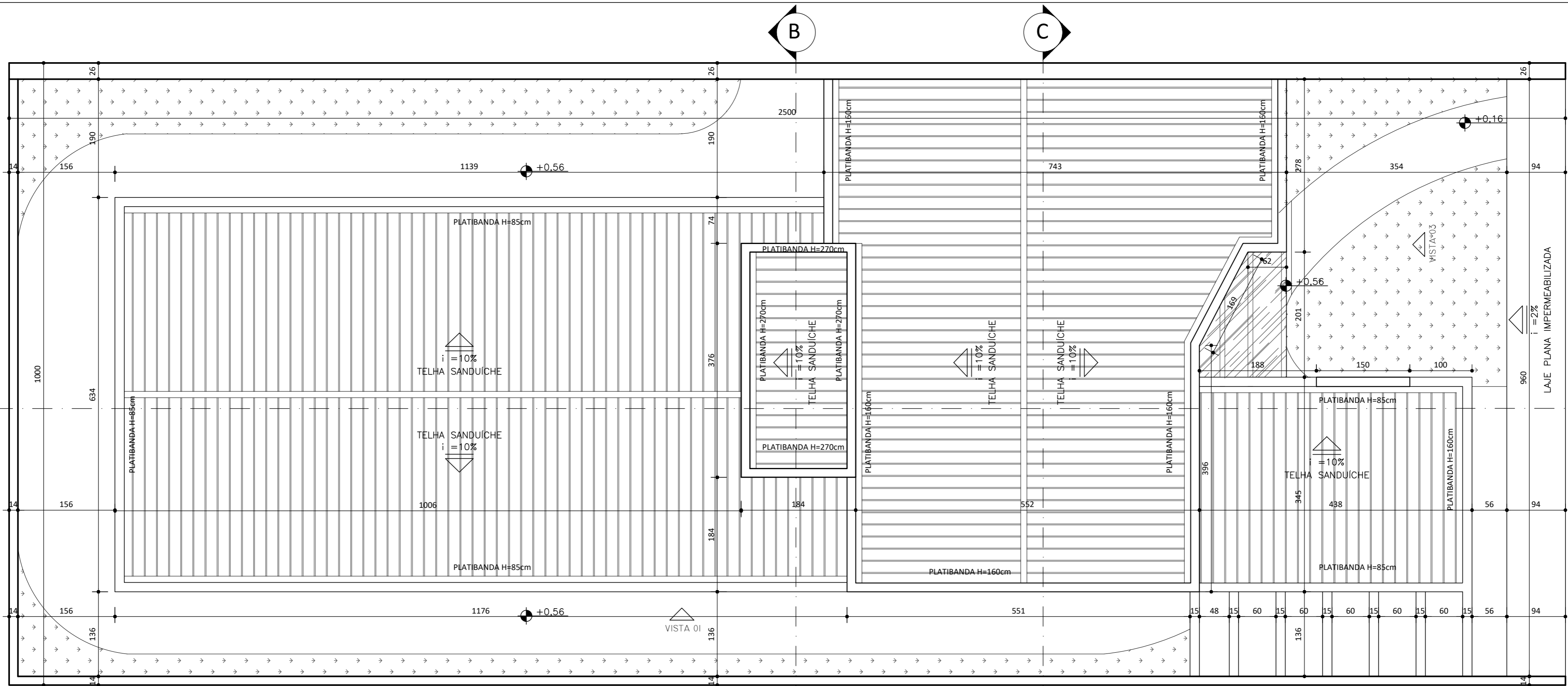


ÁREA TERRENO: 250m<sup>2</sup>  
 ÁREA CONSTRUÇÃO: 130,10m<sup>2</sup>  
 ÁREA OCUPADA: 152,70m<sup>2</sup>  
 ÁREA PERMEÁVEL: 32,14m<sup>2</sup>  
 TAXA DE OCUPAÇÃO: 61,08%  
 TAXA DE PERMEABILIDADE: 12,86%

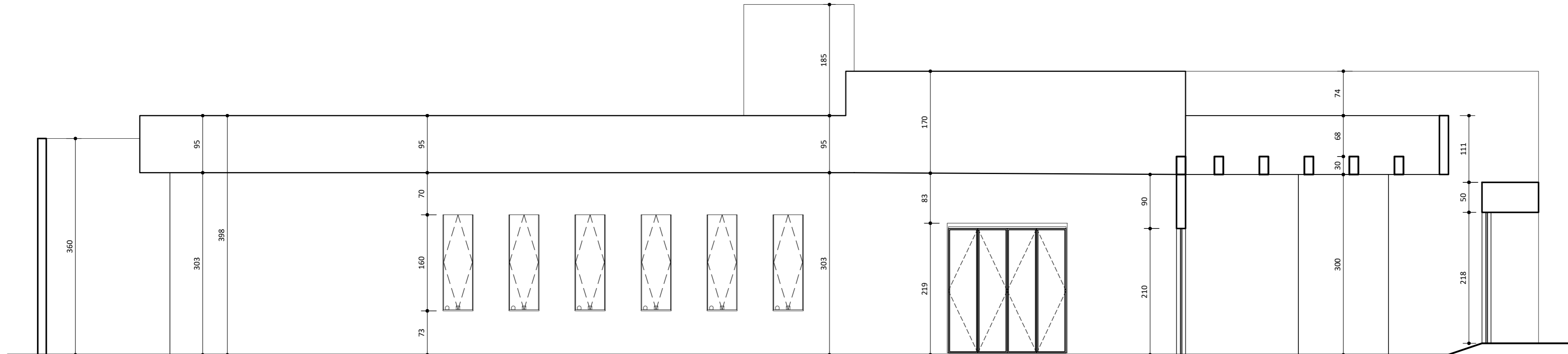
PLANTA  
IMPLANTAÇÃO

ESC 1/100

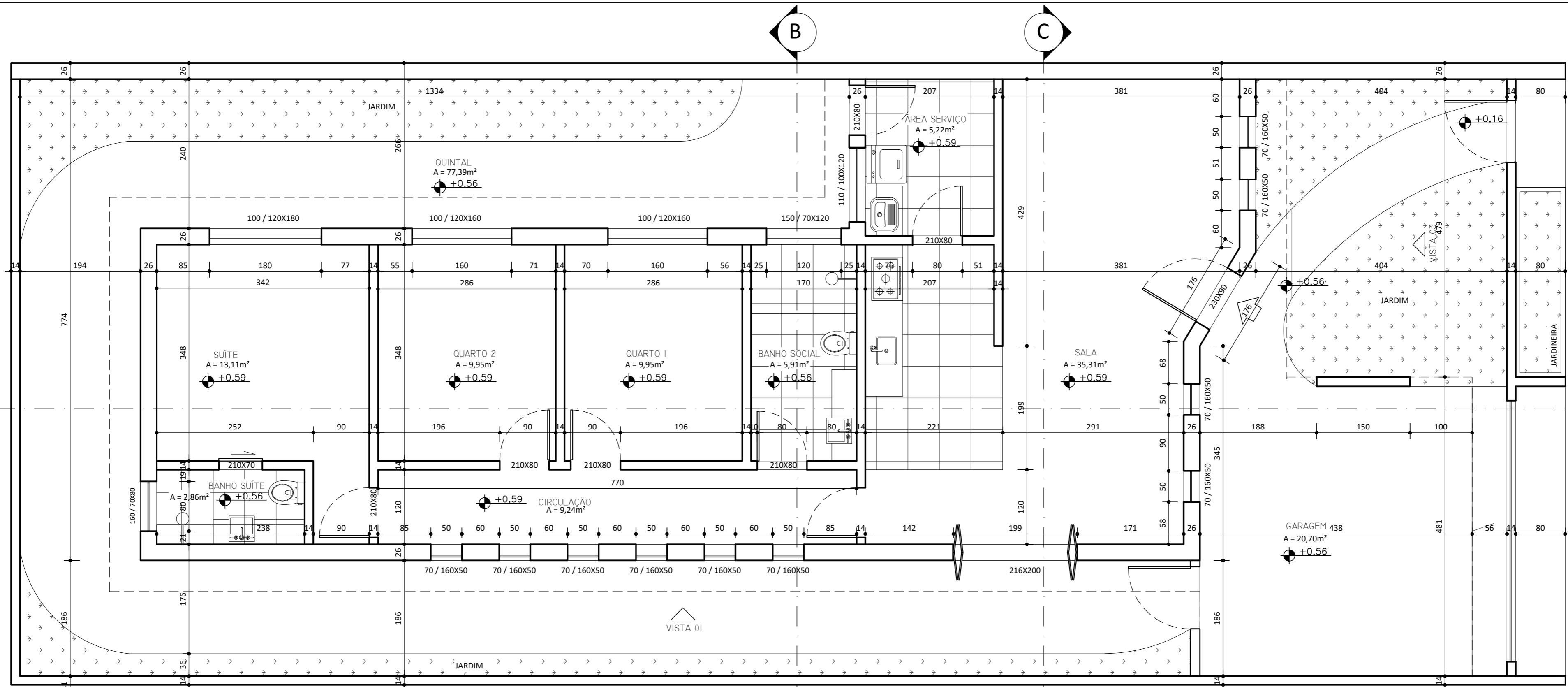




PLANTA  
COBERTURA  
ESC 1/50



VISTA 01  
ELEVAÇÃO LATERAL  
ESC 1/50



PLANTA  
ARQUITETÔNICO  
ESC 1/50

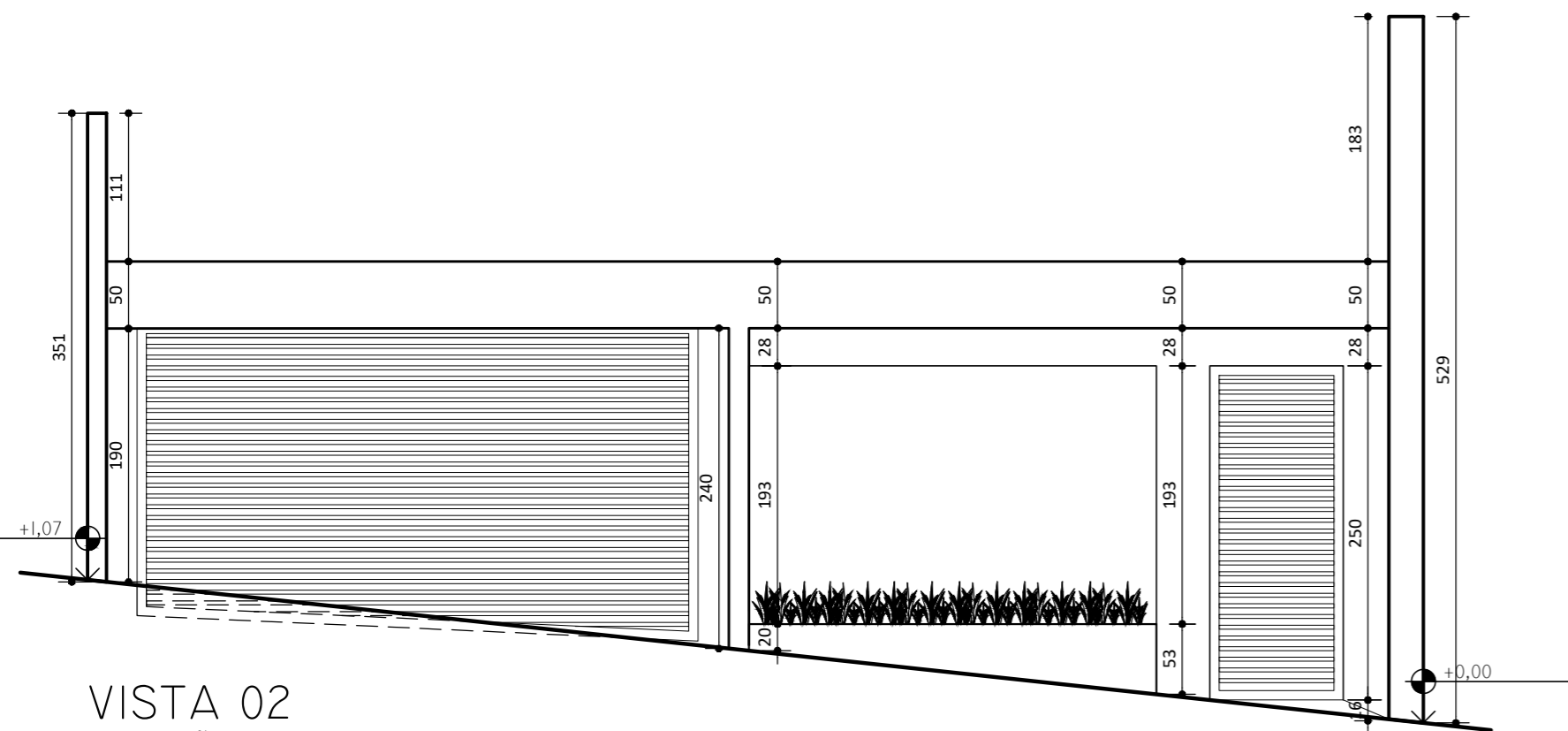
VISTA 02

A

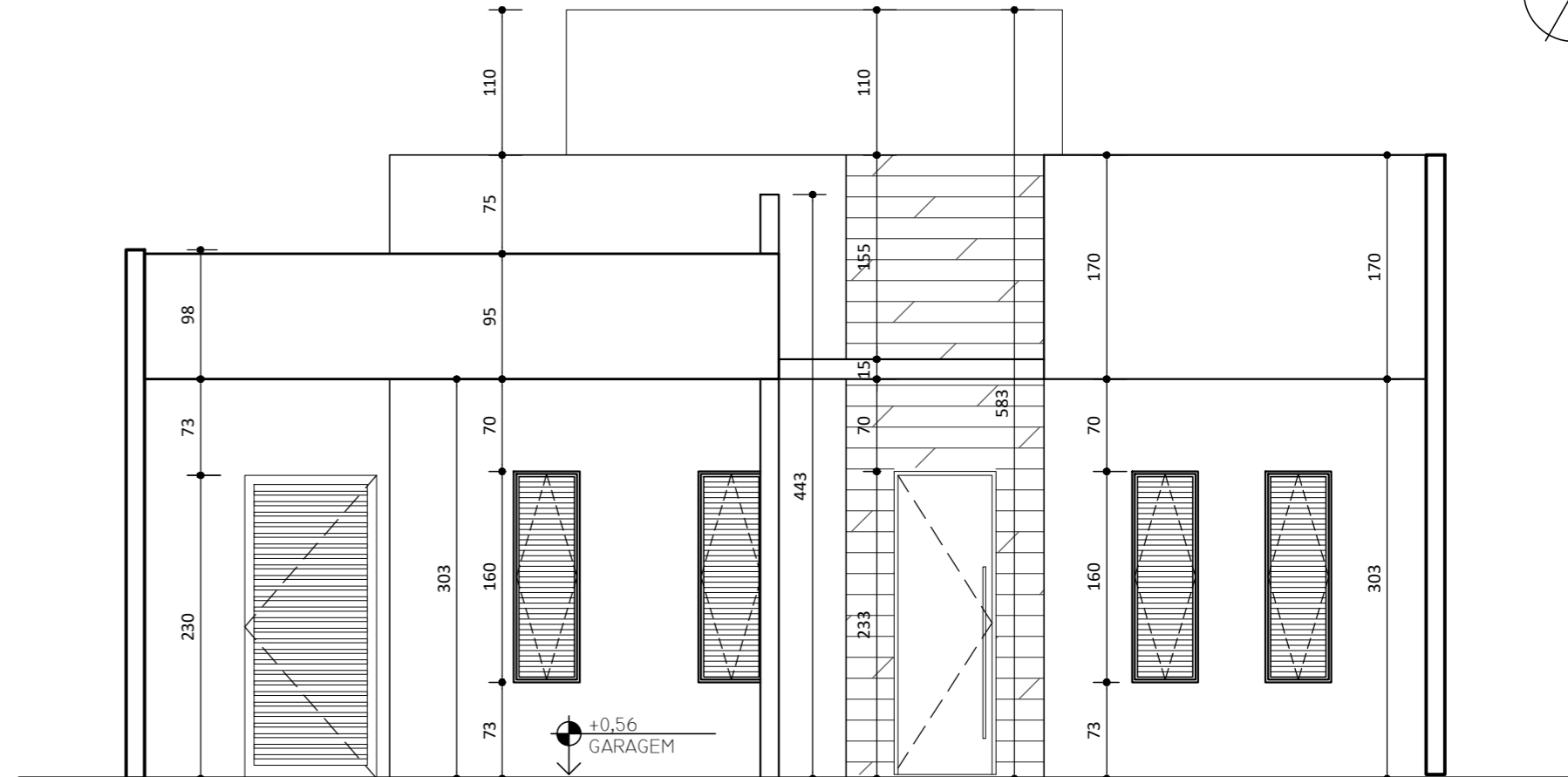
B

C

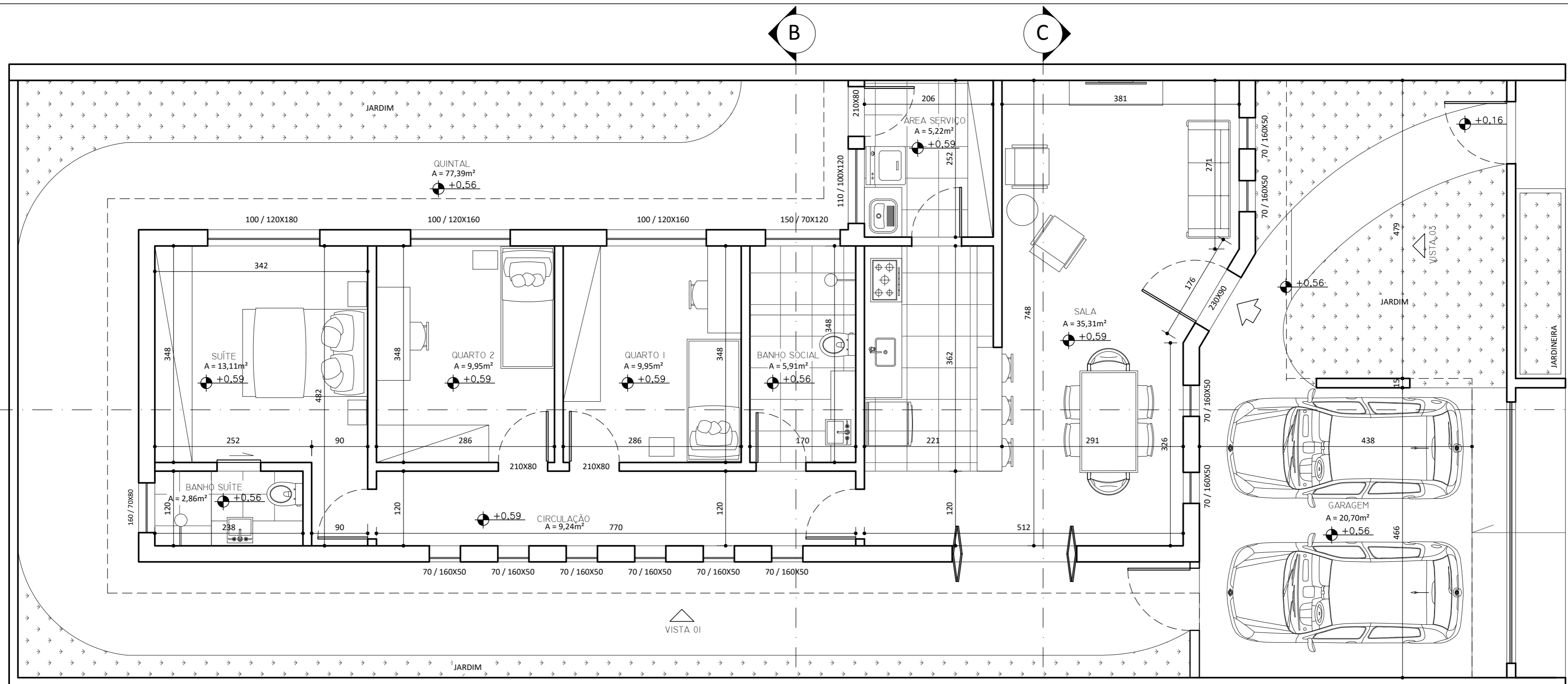
VISTA 03



VISTA 02  
ELEVAÇÃO FRONTAL - MURO  
ESC 1/50

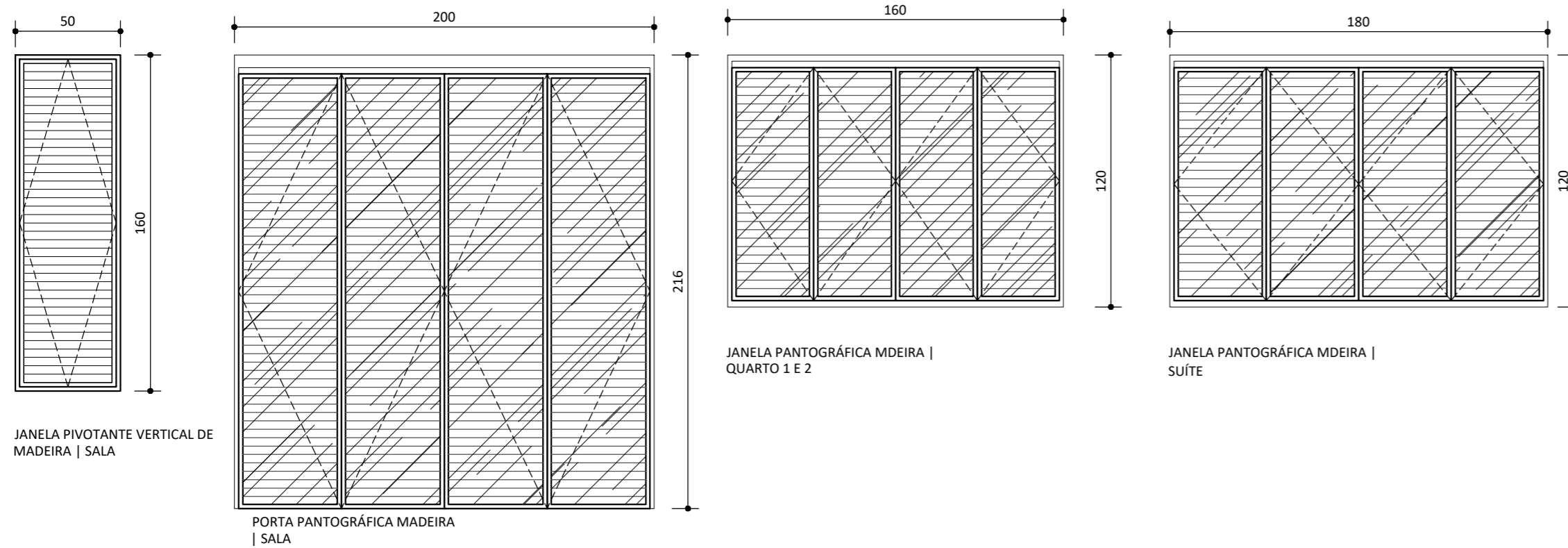


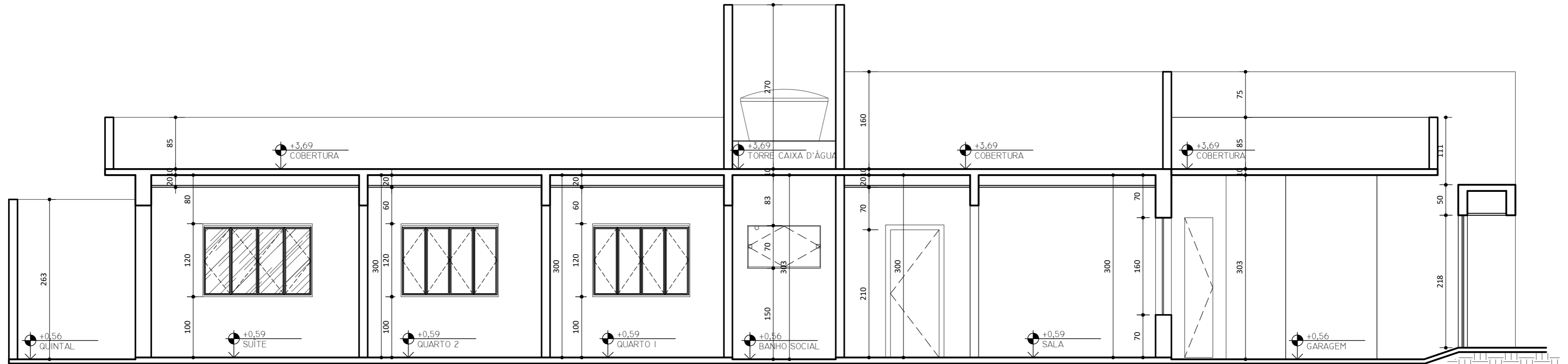
VISTA 03  
ELEVAÇÃO FRONTAL  
ESC 1/50



PLANTA  
LAYOUT

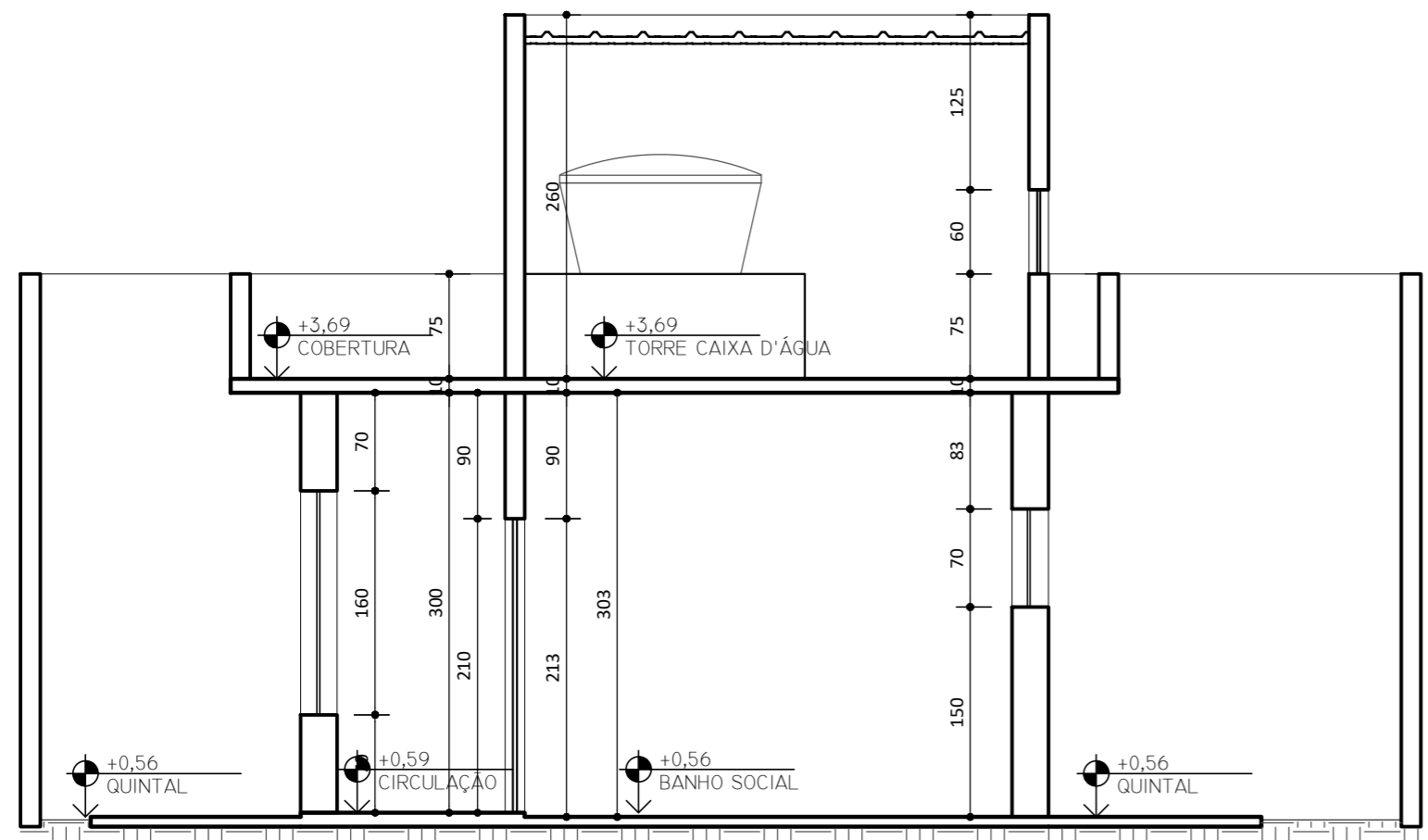
ESC 1/50





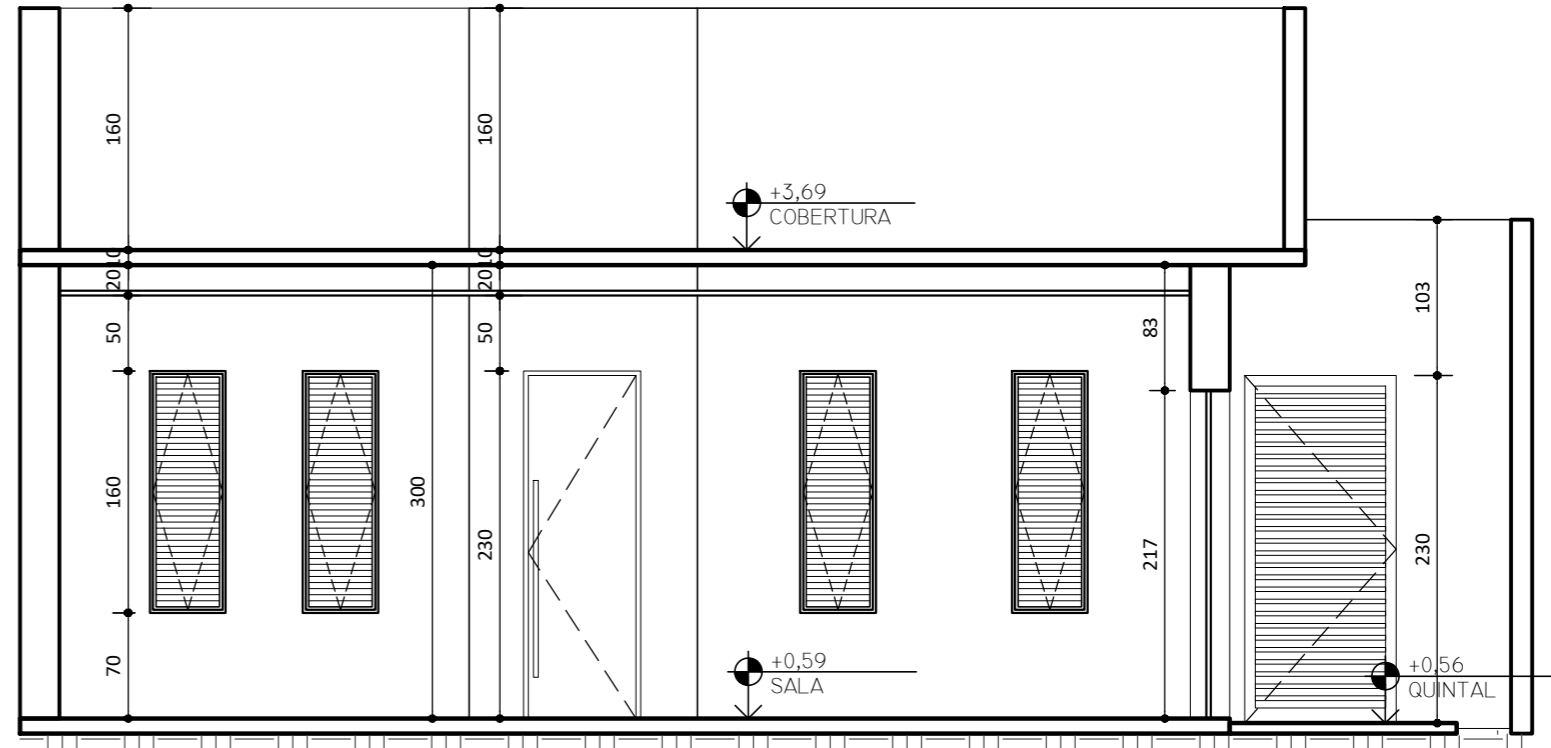
CORTE LONGITUDINAL

AA  
ESC 1/50



CORTE TRANSVERSAL

BB  
ESC 1/50



CORTE TRANSVERSAL

CC  
ESC 1/50

TCC\_EST\_CAD\_REV08.dwg

## APÊNDICE K - Memória de cálculo do aquecimento solar de água



### Análise do Sistema de Aquecimento Solar de Água RTQ - Edificações Residenciais

Pessoas/dormitório	2	pe
N <sub>total pessoas na edificação</sub>	6	pe
Volume/pessoa/dia	100	litr
V <sub>consumo</sub>	600	os/dia
T <sub>consumo</sub>	40	°C
T <sub>armaz</sub>	40	°C
T <sub>ambiente</sub>	20,1	°C
V <sub>armaz</sub>	600	os
V <sub>água armazenada</sub>	1.000	os

Mês	N (dias/mês)	$F$	$T_A$ (°C)	$E_{mês}$ (kWh/mês)
Jan	31	,6	20	18,57
Fev	28	,7	20	76,12
Mar	31	,2	20	27,20
Abr	30	,6	18	46,83
Mai	31	,7	15	24,30
Jun	30		14	42,88
Jul	31	,2	14	56,66
Ago	31	,8	15	22,14
Set	30	,8	17	63,54
Out	31	,5	19	42,31
Nov	30	,9	19	19,69
Dez	31	,3	20	25,05

$$DE_{mês} = Q_{dia} \times N \times (T_{ACS} - T_{AF}) \times 1,16 \times 10^{-3}$$

Mês	N (dias/mês)	$H_d$ $(kWh/(m^2 \times dia))$	$I_{mês}$ (kWh/m <sup>2</sup> )
Jan	31	5,	69,88
Fev	28	71	59,88

$$EI_{mês} = H_{dia} \times N$$

<b>Mar</b>	31	89	4,	51,59
<b>Abr</b>	30	61	4,	38,30
<b>Mai</b>	31	94	3,	22,14
<b>Jun</b>	30	7	3,	11,00
<b>Jul</b>	31	97	3,	23,07
<b>Ago</b>	31	83	4,	49,73
<b>Set</b>	30	05	5,	51,50
<b>Out</b>	31	39	5,	67,09
<b>Nov</b>	30	21	5,	56,30
<b>Dez</b>	31	67	5,	75,77

<b>FR (<math>\tau\alpha</math>)<sub>n</sub></b>	0,763	<i>dimensional</i> <sup>ad</sup> $F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \times \left[ \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \times \frac{F'_R}{F_R}$	
$\left[ \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right]$	0,96		
$\frac{F'_R}{F_R}$	0,95		
<b>F'R (<math>\tau\alpha</math>)</b>	0,695856		
<b>Área disponível</b>	29,19		<sup>2</sup> <i>m</i>
<b>Área do coletor</b>	2		<sup>2</sup> <i>m</i>
<b>Nº coletores</b>	3		<sup>2</sup> <i>m</i>
<b>S<sub>c</sub></b>	6	<sup>2</sup> <i>m</i>	

<b>Mês</b>	<b>DE<sub>mês</sub></b> (kWh/mês)	<b>El</b> <i>mês</i> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>A<sub>mês</sub></b> (kWh/mês)	<b>1</b>
<b>Jan</b>	418,57	9,88	09,27	,6944947
<b>Fev</b>	376,12	9,88	67,52	,77476227
<b>Mar</b>	427,20	1,59	32,91	,4815116
<b>Abr</b>	446,83	8,30	77,42	,29225595
<b>Mai</b>	524,30	2,14	09,95	,97263823
<b>Jun</b>	542,88	1,00	63,44	,8536695
<b>Jul</b>	556,66	3,07	13,83	,9230648
<b>Ago</b>	522,14	9,73	25,14	,1972729
<b>Set</b>	463,54	1,50	32,53	,36458248
<b>Out</b>	442,31	7,09	97,62	,57723458
<b>Nov</b>	419,69	6,30	52,57	,55490211
<b>Dez</b>	425,05	5,77	33,86	,72654626

$$EA_{mês} = S_c \times F'_R(\tau\alpha) \times EI_{mês}$$

$$D_1 = \frac{EA_{mês}}{DE_{mês}}$$

$F_R U_L$	6,607	/(m <sup>2</sup> .K)      W
$\frac{F'_R}{F_R}$	0,95	
$F'_R U_L$	0,00627665	

$$F'_R U_L = F_R U_L \times \frac{F'_R}{F_R} \times 10^{-3}$$

$S_c$	6	2	m
V <sub>água armazenada</sub>	1.000	OS	litro
$T_{ACS}$	40		°C
FR (τα) <sub>n</sub>	0,763		
F'R (τα)	0,695856		

Mês	$DE_{mês}$ (kWh)	AMB °C	AF °C	t horas	1	2	$P_{mês}$ kWh	2
Jan	418,57	2,6	0,6		,819036259	,109612403	,30	,0126576 15
Fev	376,12	2,7	0,7		,819036259	,113040103	,31	,0141116 57
Mar	427,20	2,2	0,2		,819036259	,095989717	,26	,0123129 54
Abr	446,83	0,6	8,6		,819036259	,042871537	,11	,0114319 24
Mai	524,30	7,7	5,7		,819036259	,951859052	,83	,0092173 81
Jun	542,88	6,0	4		,819036259	,901428571	,67	,0086043 69
Jul	556,66	6,2	4,2		,819036259	,90725537	,69	,0084254 91
Ago	522,14	7,8	5,8		,819036259	,954890511	,84	,0092736 65
Set	463,54	9,8	7,8		,819036259	,017107232	,03	,0108560 02
Out	442,31	1,5	9,5		,819036259	,072484076	,19	,0117421 6
Nov	419,69	1,9	9,9		,819036259	,085864277	,23	,0124655 75
Dez	425,05	2,3	0,3		,819036259	,099382239	,27	,0123978 07

$$D_2 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}} \quad K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 T_{AC} + 3,86 T_{AF} - 2,32 T_{AMB})}{(100 - T_{AMB})}$$

Mês	$D_1$	$D_2$	
Jan	1,694494703	0,012657615	,143947685
Fev	1,774762265	0,014111657	,173804524
Mar	1,481511599	0,012312954	,055842901

$$D_1 = \frac{EA_{mês}}{DE_{mês}}$$

$$D_2 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}}$$



<b>Abr</b>	1,292255946	011431924	0,966253176
<b>Mai</b>	0,972638229	009217381	,78825262
<b>Jun</b>	0,853669496	008604369	,712698046
<b>Jul</b>	0,923064796	008425491	,7574439
<b>Ago</b>	1,197272898	009273665	,917092175
<b>Set</b>	1,364582479	010856002	,001869868
<b>Out</b>	1,577234584	01174216	,097090712
<b>Nov</b>	1,55490211	012465575	,087668103
<b>Dez</b>	1,726546263	012397807	,156130363

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245(D_1)^2 + 0,0018(D_2)^2 + 0,0215(D_1)^3$$

<b>Mês</b>	<b><math>DE_{mês}</math> (kWh)</b>	<b><math>f</math></b>	<b><math>U_{mês}</math> (kWh)</b>
<b>Jan</b>	418,57	143947685	78,83
<b>Fev</b>	376,12	173804524	41,49
<b>Mar</b>	427,20	055842901	51,06
<b>Abr</b>	446,83	966253176	31,75
<b>Mai</b>	524,30	78825262	13,28
<b>Jun</b>	542,88	712698046	86,91
<b>Jul</b>	556,66	7574439	21,64
<b>Ago</b>	522,14	917092175	78,85
<b>Set</b>	463,54	001869868	64,40
<b>Out</b>	442,31	097090712	85,25
<b>Nov</b>	419,69	087668103	56,48
<b>Dez</b>	425,05	156130363	91,41
<b>TOTAL</b>	<b>5.565,29</b>		<b>.401,35</b>

$$EU_{mês} = f \times DE_{mês}$$

<b>F</b>	<b>0,970543831</b>
<b>Fração solar anual</b>	<b>97,05%</b>

$$F = \frac{\sum_1^{12} EU_{mês}}{\sum_1^{12} DE_{mês}}$$

<b>Verificação do volume de armazenamento do projeto</b>	
<b>V<sub>armaz</sub></b>	1.000
<b>Nº coletores</b>	3
<b>Área do coletor</b>	2
<b>Área de coletores</b>	6
<b>V<sub>armaz</sub>/área<sub>coletores</sub></b>	<b>166,67</b>

m

2

## ANEXOS

## ANEXO A – Portaria Inmetro 50/2013 Absortâncias

ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 50/ 2013

## b) Revestimentos de paredes e coberturas (tintas):

Tipo	Número	Cor	Nome	$\alpha$	Tipo	Número	Cor	Nome	$\alpha$
Acrílica 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	28,7
	16		Tabaco	78,1		55		Marrocos	54,7
	17		Terracota	64,6		56		Mel	41,8
Acrílica 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.

\*  $\alpha$ : 300 a 2500 nm (Espectro solar total).

Fonte dos dados de revestimentos de paredes e coberturas (tintas):

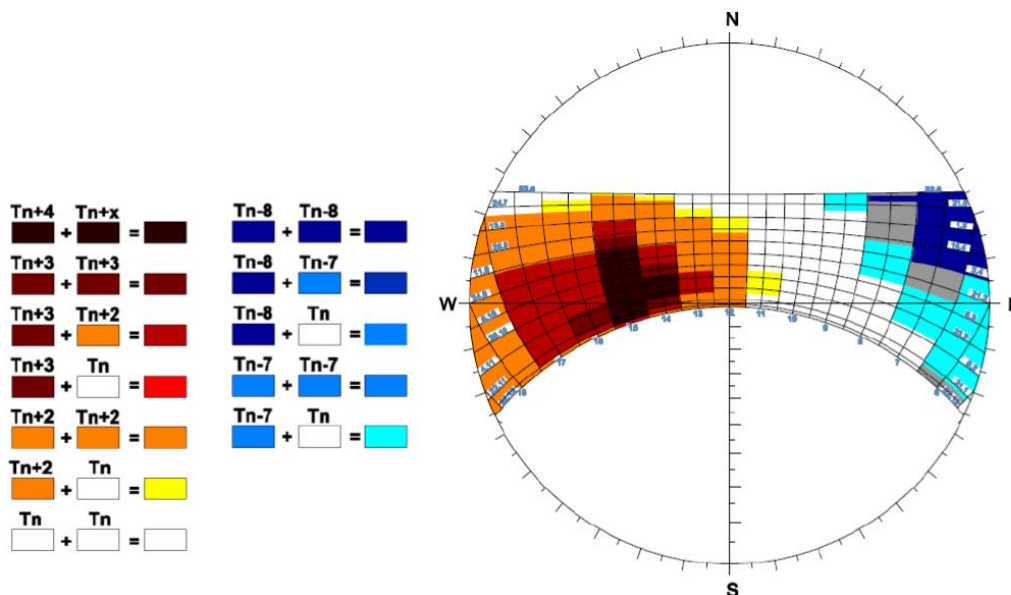
DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

Atualizado em 27/11/2017

ANEXO B – Anexo I RTQ-R *somb*


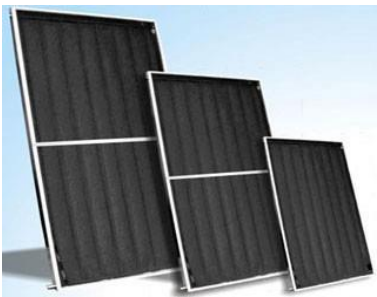
3.1.11.21. Machado – MG

Latitude: 21,40° Sul - Zona Bioclimática: 2



FACHADA NORTE Machado		FACHADA OESTE Machado		FACHADA SUDESTE Machado	
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais		Edificações Residenciais	
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso	
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
30°	--	10°	--	--	
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso	
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
45°	--	10°	--	--	
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)	
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
--	--	--	--	--	
FACHADA SUL Machado		FACHADA NORDESTE Machado		FACHADA NOROESTE Machado	
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais		Edificações Residenciais	
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso	
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso	
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
10°	20°	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)	
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
--	20°	--	20°	--	
FACHADA LESTE Machado		FACHADA SUDESTE Machado			
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso			
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$		
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso			
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
--	--	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)			
$\alpha$	$\beta d$	$\beta e$	$\gamma d$	$\gamma e$	
--	--	--	--	--	

ANEXO C – Orçamento e dimensionamento para sistema de aquecimento de água quente

DESCRIÇÃO	IMAGEM	10 X	5 X	3 X	2X
01 Reservatório 600 lts Baixa Pressão – Selo Procel – Marca Unisol		R\$ 1.945,00	R\$ 1.840,00	R\$ 1.790,00	R\$ 1.750,00
03 coletores 2,00 x 1,00 – Modelo Bra – Selo Procel – Classificação Inmetro “A” – Marca Unisol		R\$ 2.100,00	R\$ 1.985,00	R\$ 1.930,00	R\$ 1.890,00

**02 - GARANTIAS:**

Os produtos e equipamentos fornecidos serão garantidos contra defeitos de fabricação, a saber:

Reservatório e placas	03 (Três) anos – fabricante contra defeito de fabricação.
-----------------------	---

**03 - PRAZO DE ENTREGA DOS ITENS:**

20 (Vinte) dias

***Este orçamento refere-se exclusivamente ao fornecimento dos materiais constantes acima. A empresa não executa e não se responsabiliza pelas obras de construção e instalação de equipamentos, que deverão ser contratadas diretamente pelo cliente.***

## ANEXO D – Base SINAPI MG 07/2018

PAREDE DE TIJOLO MACIÇO					
COD	DESCRIÇÃO	UNI	QNT	VL UNI	VL TTL
7258	TIJOLO CERAMICO MACICO *5 X 10 X 20* CM	UN	160,000	0,26	41,60
87335	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM MISTURADOR DE EIXO HORIZONTAL DE 300 KG. AF_06/2014	M3	0,022	342,03	7,52
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,600	19,45	31,12
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,700	13,75	23,37
PAREDE DE TIJOLO FURADO					
34557	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,42	1,50	0,63
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇAO DIRETA)	CENTO	0,005	33,66	0,16
37592	BLOCO CERAMICO DE VEDAÇÃO COM FUROS NA VERTICAL, 9 X 19 X 39 CM - 4,5 MPA (NBR 15270)	UN	13,6	1,02	13,87
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,010	406,98	4,23
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,59	19,45	11,47
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,295	13,75	4,05
87495	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,099	61,04	6,05
87503	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,354	51,92	18,37
87511	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,208	68,84	14,30

87519	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,339	56,82	19,26
EPS					
11615	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 10 MM, 1000 X 500 MM	M2			1,67
3408	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 20 MM, 1000 X 500 MM	M2			4,44
GRANITO					
20232	SOLEIRA EM GRANITO, POLIDO, TIPO ANDORINHA/ QUARTZ/ CASTELO/ CORUMBA OU OUTROS EQUIVALENTES DA REGIAO, L= *15* CM, E= *2,0* CM	M			67,42
VIDRO SIMPLES 4MM					
10492	VIDRO LISO INCOLOR 4MM - SEM COLOCACAO	M2			68,83