

**CENTRO UNIVERSITARIO FAMINAS
ENGENHARIA CIVIL**

LUCAS DOS REIS ROSA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA DE
ALVENARIA ESTRUTURAL NO DIMENSIONAMENTO DE UM
SOBRADO RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MURIAÉ - MG

2025

LUCAS DOS REIS ROSA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA DE
ALVENARIA ESTRUTURAL NO DIMENSIONAMENTO DE UM
SOBRADO RESIDENCIAL**

Trabalho apresentado como requisito
para a Conclusão do Curso de
Bacharelado em Engenharia Civil do
Centro Universitário FAMINAS.

Orientador: Arlan do Carmo Mendonça

MURIAÉ - MG

2025

ROSA, Lucas Dos Reis

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA DE ALVENARIA ESTRUTURAL NO DIMENSIONAMENTO DE UM SOBRADO RESIDENCIAL / Lucas Dos Reis Rosa; Arlan DO Carmo Mendonça (orient.). - Muriaé, MG, 2025.
86p.

Orientador: Prof. Esp. Arlan DO Carmo Mendonça.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)
– Centro Universitário FAMINAS, 2025.

1. ALVENARIA ESTRUTURAL. 2. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL. 3. EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR. 4. VIABILIDADE TÉCNICA. I. MENDONÇA, Arlan DO Carmo, Prof. Esp., orient. II. Título.

Catálogo da Publicação

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do Centro Universitário FAMINAS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a). Bibliotecária Cristina de Souza Maia CRB6- 2294

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria ao longo de toda a minha jornada acadêmica. Sem Sua presença em minha vida, nada disso teria sido possível.

Agradeço também à minha família, pelo amor incondicional, pelo apoio constante nos momentos de dificuldade e por sempre acreditarem em mim, mesmo nos dias em que eu próprio duvidei.

Aos meus amigos, que me acompanharam durante a graduação, dividindo aprendizados, desafios e conquistas, deixo minha gratidão pelas conversas, incentivos e pela companhia fundamental nessa trajetória.

Expresso ainda meus sinceros agradecimentos ao meu professor orientador Arlan do Carmo Mendonça, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e pelas orientações valiosas que contribuíram diretamente para a realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, participaram desta caminhada, meu muito obrigado.

RESUMO

ROSA, Lucas Dos Reis. **Avaliação da viabilidade técnica do sistema de alvenaria estrutural no dimensionamento de um sobrado residencial.** Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário FAMINAS, 2025.

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a avaliação do método construtivo de alvenaria estrutural aplicada ao dimensionamento de um sobrado residencial de dois pavimentos, com área aproximada de 100 m². O estudo consistiu no desenvolvimento do projeto estrutural completo, abrangendo a definição e análise dos esforços atuantes, verificações de segurança conforme requisitos normativos, bem como a elaboração das plantas de modulação e elevação das paredes. A metodologia adotada baseou-se nos critérios estabelecidos pelas normas brasileiras vigentes para o sistema construtivo, contemplando análise de tensões, compatibilização estrutural e atendimento às limitações de resistência dos elementos. Para isso, são abordados aspectos históricos, características dos materiais, elementos estruturais, critérios de modulação, ações atuantes e diretrizes normativas vigentes, de modo a contextualizar a aplicação do método e subsidiar o dimensionamento proposto. Os resultados indicaram valores de tensão que permitiriam a adoção de blocos com resistência característica inferior a 4 Mpa, entretanto, devido à exigência normativa de resistência mínima, adotaram-se blocos de 4 MPa. Concluiu-se que o método construtivo se mostra viável para edificações de pequeno porte, desde que observadas suas peculiaridades, tais como rigor na modulação, continuidade de paredes resistentes e atendimento aos critérios de estabilidade e desempenho previstos em norma. A aplicação prática possibilitou compreender de forma aprofundada as especificidades do sistema e reforçou sua adequação como alternativa eficiente em projetos residenciais.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural; Viabilidade econômica; Dimensionamento estrutural; Edificação unifamiliar.

ABSTRACT

ROSA, Lucas Dos Reis. **Evaluation of the technical feasibility of the structural masonry system in the design of a two-story residential house.** Undergraduate Thesis in Civil Engineering. FAMINAS University Center, 2025

This Undergraduate Thesis presents the technical feasibility assessment of structural masonry applied to the design of a two-story residential building with an approximate floor area of 100 m². The study consisted of developing the complete structural design, including the definition and analysis of acting loads, safety verifications in accordance with the methodology was based on the criteria established by current Brazilian standards for structural masonry, including stress analysis, structural compatibility, and compliance with element-resistance limitations. To support the proposed design, the study also discusses historical aspects, material characteristics, structural elements, modulation criteria, acting loads, and current regulatory guidelines. The results indicated stress values that would allow the adoption of blocks with characteristic strength lower than 4 MPa; however, due to minimum requirements established by standards, blocks with a 4 MPa strength rating were adopted. It is concluded that structural masonry is a viable method for small-scale buildings, provided that its specific requirements are followed, such as precise modulation, continuity of load-bearing walls, and compliance with stability and performance standards. The practical application enabled a deeper understanding of the system's particularities and reinforced its suitability as an efficient alternative for residential projects.

Keywords: Structural masonry; Economic feasibility; Structural design; Single-family housing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bloco ou unidade	21
Figura 2: Argamassa	22
Figura 3: Graute	23
Figura 4: Armadura de aço.....	23
Figura 5: Modulação Horizontal- Primeira Fiada	26
Figura 6: Amarração de parede em “L”	28
Figura 7: Amarração de parede em “T”	29
Figura 8: Sistema de paredes transversais	30
Figura 9: Sistema de paredes celulares	30
Figura 10: Sistema complexo	31
Figura 11: Ações atuantes nas paredes da edificação	32
Figura 12: Ações atuantes nas paredes da edificação	35
Figura 13: Mapa de Isopletas.....	35
Figura 14: Ação do vento e seus efeitos na alvenaria estrutural	37
Figura 15: Região de construção do sobrado	40
Figura 16: Fachada Frontal e Lateral	41
Figura 17: Planta Baixa do Pavimento Térreo.....	42
Figura 18: Planta Baixa do Pavimento Superior.....	43
Figura 19: Planta baixa da primeira fiada Pavimento Térreo	45
Figura 20: Planta baixa da segunda fiada Pavimento Térreo.....	46
Figura 21: Planta baixa da Primeira fiada Pavimento Superior	47
Figura 22: Planta baixa da segunda fiada Pavimento Superior	47
Figura 23: Área de influência das paredes no pavimento térreo	49
Figura 24: Área de influência das paredes no pavimento superior	50
Figura 25: Esquema das direções que o vento incide sobre o edifício	55
Figura 26: Áreas efetivas frontais dos pavimentos para vento na direção X....	57
Figura 27: Áreas efetivas frontais dos pavimentos para o vento na direção Y .	57
Figura 28: Representação dos painéis de contraventamento na direção X	59
Figura 29: Representação dos painéis de contraventamento na direção Y	59
Figura 30: Esquema de ação das forças de arrasto na direção X.....	71
Figura 31: Esquema de ação das forças de arrasto na direção Y.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modulações comumente utilizadas.....	25
Tabela 2: Coeficientes para redução de ações variáveis	39
Tabela 3: Coeficientes de ponderação para combinações normais de ações..	39
Tabela 4: Dimensões e propriedades dos grupos de paredes para o pavimento Térreo	51
Tabela 5: Dimensões e propriedades dos grupos de paredes para o pavimento superior	51
Tabela 6: Dimensões lineares dos grupos de paredes por pavimento	52
Tabela 7: Velocidades e fatores considerados	55
Tabela 8: Momentos de inércia e módulos de resistência à flexão dos painéis de contraventamento na direção X	61
Tabela 9: Momentos de inércia e módulos de resistência à flexão dos painéis de contraventamento na direção Y	62
Tabela 10: Valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes (f_{vk}).	67
Tabela 11: Ações das lajes sobre os grupos de paredes para o pavimento Térreo	68
Tabela 12: Ações das lajes sobre os grupos de paredes para o pavimento superior	69
Tabela 13: Ações totais nos grupos de paredes.....	69
Tabela 14: Ações devidas ao desaprumo no pavimento térreo e superior	70
Tabela 15: Forças de arrasto na direção X da edificação	70
Tabela 16: Forças de arrasto na direção Y da edificação.....	70
Tabela 17: Inércia dos painéis de contraventamento na direção X juntamente com a percentagem de ação horizontal que cada painel recebe	72
Tabela 18: Inércia dos painéis de contraventamento na direção Y juntamente com a percentagem de ação horizontal que cada painel recebe	72
Tabela 19: – Momentos fletores devidos ao vento nos pavimentos superior e térreo.....	73

Tabela 20: Momentos fletores devidos ao desaprumo nos pavimentos superior e térreo.....	73
Tabela 21: Resistências características do bloco para os grupos de paredes .	74
Tabela 22: Verificação da compressão causada pela flexo-compressão na direção X.....	75
Tabela 23: Verificação da compressão causada pela flexo-compressão na direção Y	75
Tabela 24: Verificação da tração causada pela flexo-compressão na direção X	76
Tabela 25: Verificação da tração causada pela flexo-compressão na direção Y	76
Tabela 26: Verificação do cisalhamento na direção X para o pavimento térreo	77
Tabela 27: Verificação do cisalhamento na direção Y para o pavimento. térreo	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos Gerais.....	15
1.2	Objetivos específicos	15
1.3	Justificativa.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	Sistemas Construtivos	17
2.2	Alvenaria Estrutural.....	18
2.3	Panorama Histórico.....	19
2.4	Classificação	19
2.4.1	Alvenaria Estrutural Armada	19
2.4.2	Alvenaria Estrutural Não Armada.....	20
2.4.3	Alvenaria Estrutural Protendida	20
2.5	Materiais Constituintes.....	20
2.5.1	Bloco.....	20
2.5.2	Argamassa.....	21
2.5.3	Graute.....	22
2.5.4	Armadura	23
2.6	Elementos Estruturais	23
2.7	Coordenação Modular.....	24
2.7.1	Coordenação Modular Horizontal	25
2.7.2	Coordenação Modular Vertical.....	26
2.8	Amarração.....	27
2.8.1	Amarração em L	28

2.8.2	Amarração em T	28
2.9	Sistemas Estruturais de Paredes	29
2.9.1	Paredes Transversais	30
2.9.2	Paredes Celulares	30
2.9.3	Sistema Complexo	31
2.10	Ações	31
2.11	Classificação das ações	33
2.11.1	Ações Permanentes	33
2.11.2	Ações Variáveis	33
2.11.3	Ações excepcionais	34
2.12	Ações Horizontais	34
2.12.1	Ação do vento	34
2.12.2	Desaprumo	37
2.13	Ações verticais	38
2.14	Combinação de ações	38
3	METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE	40
3.1	Características do projeto	40
3.2	Definições preliminares	40
3.2.1	Projeto arquitetônico	40
3.2.2	Projeto de Modulação	44
3.3	Análise Estrutural	48
3.3.1	Cálculo das Ações	48
3.3.2	Ações Verticais	48
3.3.3	Ações Horizontais	52
3.4	Combinação de Ações e Verificações	61
3.4.1	Para o Dimensionamento à Compressão Simples	62

3.4.2	Para o Dimensionamento à Flexo-Compressão	64
3.4.3	Verificação da Tração na Flexo-Compressão	66
3.4.4	Dimensionamento ao Cisalhamento	66
4	RESULTADOS	68
5	CONCLUSÃO.....	79
6	REFERÊNCIAS.....	80
	APÊNDICE A – ESQUEMAS ARQUITETÔNICOS	84
	APÊNDICE B – PROJETOS DE MODULAÇÃO.....	85
	APÊNDICE C – ELEVAÇÕES DAS PAREDES ESTRUTURAIS	86

1 INTRODUÇÃO

A construção civil exerce papel estratégico no desenvolvimento econômico, na geração de empregos e na transformação social, sendo um dos setores que mais impactam diretamente a qualidade de vida da população. Além de atender à demanda por moradia e infraestrutura, o setor da construção civil busca oferecer soluções que aliem conforto, eficiência e viabilidade econômica para os usuários.

O concreto armado surgiu como uma revolução na engenharia civil, a partir do final do século XIX e início do século XX. Esse sistema, que combina as propriedades de resistência à compressão do concreto com a resistência à tração do aço, permitiu o surgimento de estruturas mais resistentes, esbeltas e com maior liberdade arquitetônica.

Por outro lado, a alvenaria estrutural, embora seja uma técnica muito antiga, com registros desde as civilizações egípcia e romana, passou por importantes transformações até se consolidar como uma alternativa viável e eficiente no cenário contemporâneo. Esse sistema, caracterizado pela utilização dos próprios blocos como elementos estruturais, sem a necessidade de pilares e vigas convencionais, se destaca por sua racionalização construtiva, agilidade na execução e potencial de economia de materiais como formas, aço e concreto, além da redução de desperdícios e da otimização da mão de obra (Silva, 2020). Contudo, sua viabilidade econômica está condicionada a fatores como altura da edificação, dimensões dos vãos e as ações do vento. No Brasil, o uso moderno da alvenaria estrutural começou a ganhar destaque na década de 1970, impulsionado por políticas habitacionais voltadas para a produção em larga escala, como o programa “Minha Casa, Minha Vida” (RODRIGUES; MATUTI, 2018).

Atualmente, a construção civil brasileira passa por um processo de evolução e modernização, impulsionado pela busca por maior produtividade, racionalização e eficiência construtiva. O avanço da industrialização, o uso de ferramentas digitais de projeto e a adoção de métodos construtivos otimizados

têm reforçado a necessidade de soluções que conciliem desempenho estrutural, economia de materiais e compatibilidade com a realidade executiva das obras.

Nesse cenário, a alvenaria estrutural destaca-se como um sistema construtivo capaz de integrar estrutura e vedação em um único elemento, reduzindo etapas construtivas, simplificando processos e possibilitando maior controle tecnológico. Sua aplicação tem se mostrado especialmente relevante em edificações de pequeno e médio porte, como residências unifamiliares, conjuntos habitacionais e edificações seriadas.

1.1 Objetivos Gerais

Avaliar a viabilidade técnica da aplicação da alvenaria estrutural no dimensionamento de um sobrado residencial, considerando seus critérios de modulação, limitações geométricas, requisitos normativos e desempenho estrutural, bem como as particularidades relacionadas ao processo construtivo

1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver o projeto estrutural do sobrado em alvenaria estrutural, contemplando modulação, elevação de paredes e definição dos elementos resistentes.
- Apresentar uma breve revisão bibliográfica do sistema de alvenaria estrutural descrevendo, de forma sucinta, suas principais características e particularidades.
- Selecionar o bloco estrutural adequado à tipologia proposta, considerando limites de tensão e requisitos mínimos normativos

1.3 Justificativa

A escolha do sistema construtivo exerce influência direta no desempenho estrutural, no comportamento funcional da edificação, na racionalização do processo executivo e na qualidade final da obra. Diante da crescente demanda por edificações habitacionais, especialmente de pequeno porte, torna-se fundamental a adoção de sistemas construtivos que apresentem confiabilidade técnica, compatibilidade com as normas vigentes e eficiência estrutural.

Nesse contexto, a alvenaria estrutural destaca-se como um sistema amplamente empregado em edificações residenciais, especialmente em construções de baixa altura, por integrar as funções de estrutura e vedação em um único elemento. Essa característica impõe maior rigor nas etapas de concepção, dimensionamento e detalhamento do projeto, uma vez que decisões tomadas ainda na fase de projeto influenciam diretamente o comportamento estrutural e a segurança da edificação ao longo de sua vida útil.

Considerando a necessidade de soluções construtivas tecnicamente adequadas, este estudo se justifica pela análise do sistema de alvenaria estrutural aplicado a uma edificação residencial de pequeno porte. A avaliação baseia-se no atendimento aos critérios normativos, nas verificações estruturais exigidas, no comportamento das paredes sob a ação dos carregamentos e na adequação dos elementos construtivos adotados, como blocos, argamassas, graute e armaduras, quando aplicáveis.

Dessa forma, busca-se demonstrar que, quando corretamente projetada e dimensionada, a alvenaria estrutural constitui uma solução tecnicamente viável para edificações residenciais, garantindo segurança, desempenho estrutural e conformidade com os parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas Construtivos

A escolha de um sistema construtivo impacta diretamente na qualidade, nos custos e na produtividade da obra. De acordo com Silva (2020), sistemas construtivos podem ser definidos como o conjunto de processos, técnicas e materiais organizados de forma a garantir a estabilidade, segurança e funcionalidade das edificações. Entre as alternativas empregadas no cenário brasileiro, a alvenaria estrutural destaca-se pela capacidade de integrar função estrutural e de vedação em um único elemento, possibilitando racionalização do processo executivo e redução de etapas construtivas.

A adoção desse sistema exige atenção à compatibilização de projetos, ao controle tecnológico dos materiais, à modulação dos elementos e à capacitação da mão de obra envolvida. Sua escolha está diretamente relacionada ao contexto da obra, às necessidades arquitetônicas, ao nível de padronização do empreendimento e às condições econômicas e logísticas disponíveis.

A alvenaria estrutural apresenta particularidades que a distinguem de outros métodos construtivos, especialmente no que se refere à organização dos elementos estruturais, aos materiais empregados, aos processos executivos e aos critérios de dimensionamento. Este capítulo apresenta uma caracterização abrangente do sistema, abordando conceitos fundamentais, evolução histórica, materiais e componentes utilizados, vantagens, limitações, aspectos normativos e diretrizes aplicáveis ao uso da alvenaria estrutural em edificações de pequeno porte.

2.2 Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é um método que alia resistência estrutural às funções de vedação. Para Silva (2020), trata-se de um sistema racionalizado que utiliza blocos com dimensões padronizadas, projetados para suportar as cargas verticais e horizontais da edificação, sendo complementadas, quando necessário, com armaduras em pontos específicos. Essa abordagem reduz a necessidade de formas e escoramentos, o que pode agilizar a execução e diminuir custos, especialmente em obras seriadas como conjuntos habitacionais.

Já para Nese & Tauil (2010), a alvenaria estrutural pode ser definida como o conjunto de blocos sobrepostos unidos por argamassa, resultando em elementos verticais com função estrutural e de vedação. Trata-se de um sistema construtivo completo e racionalizado, cujo desempenho se baseia predominantemente na absorção de esforços compressivos, podendo admitir tração em zonas específicas e controladas (Ramalho & Corrêa, 2003).

A alvenaria estrutural é caracterizada pela modulação e padronização, o que permite maior controle de qualidade, redução de desperdícios e otimização da mão de obra. Como analisado por Bicalho (2014), sua aplicação é mais vantajosa em projetos repetitivos, como conjuntos habitacionais ou edifícios de múltiplos andares com plantas padronizadas. No entanto, para edificações com geometrias complexas ou mudanças de layout, o concreto armado convencional se mostra mais adequado devido à sua versatilidade e maior liberdade projetual. Além disso, esse sistema demanda de um planejamento minucioso, já que alterações posteriores nas alvenarias estruturais são limitadas ou inviáveis.

Ademais, a execução deve seguir rigorosamente o projeto para garantir a integridade da estrutura.

2.3 Panorama Histórico

A alvenaria estrutural é um método construtivo milenar, utilizado desde as primeiras civilizações humanas. Inicialmente, consistia na sobreposição de blocos ou pedras, formando paredes com capacidade de sustentação. Exemplarmente, monumentos históricos como as Pirâmides de Gizé (aproximadamente 2600 a.C.) e o Coliseu de Roma (70 d.C.) empregaram esse sistema (Beckenkamp, 2013).

No final do século XIX, o Edifício Monadnock, em Chicago (1889–1891), consolidou-se como um marco na aplicação da alvenaria estrutural em edificações de múltiplos pavimentos. A construção, com 16 andares e 65 metros de altura, tornou-se referência ao extrapolar os limites convencionais da técnica (Ramalho & Corrêa, 2003). No Brasil, a adoção do sistema se intensificou a partir da década de 1960, especialmente na cidade de São Paulo.

2.4 Classificação

Conforme Nese e Tauil (2010), o sistema divide-se em três categorias: alvenaria estrutural armada, não armada e protendida.

2.4.1 Alvenaria Estrutural Armada

É um conjunto de blocos cerâmicos ou de concreto, interligados com argamassa, que incorporam armaduras passivas grauteadas nas regiões solicitadas, resistindo dessa forma, aos esforços de compressão e esforços horizontais do vento.

2.4.2 Alvenaria Estrutural Não Armada

Possui a mesma estrutura de blocos da alvenaria estrutural armada, entretanto, não utiliza armaduras estruturais, exceto em vergas e contravergas.

2.4.3 Alvenaria Estrutural Protendida

Utiliza armaduras pré tensionadas para induzir compressões preexistentes e melhorar o desempenho estrutural, sendo mais comum em grandes edifícios.

2.5 Materiais Constituintes

A eficiência da alvenaria estrutural depende da interação entre seus componentes. Segundo a ABNT NBR 16868-1 (2020) os principais constituintes da alvenaria estrutural são: blocos, argamassa, graúte e armadura.

2.5.1 Bloco

Segundo Bastos (2021), blocos ou também denominados unidades, figura 1, são os elementos principais do sistema e devem atender requisitos normativos quanto à resistência e compressão. De acordo com Parsekian e Soares (2011), as unidades representam de 80 a 95% do volume de alvenaria.

Figura 1: Bloco ou unidade



Fonte: Blok (s.d.)

Os blocos, podem ser constituídos de diferentes materiais. Segundo Ramalho & Corrêa (2003), os blocos de concreto são os mais utilizados, conhecidos pela alta resistência, seguidos pelos cerâmicos e, em menor escala, os sílico-calcáreos.

A resistência à compressão é a principal propriedade avaliada nesse tipo de estrutura. Dessa forma, a ABNT NBR 6136:2016 estipula que para blocos vazados de alvenaria estrutural, a resistência de compressão deve ser igual ou superior a 4 MPa. Porém, para os blocos cerâmicos, a ABNT NBR 15270 2023 estabelece o valor mínimo de 3 MPa.

Empregar materiais que atendam à essas resistências características proporcionam maior confiabilidade entre o dimensionamento do projeto e sua real execução. Dessa forma é possível garantir de maneira mais assertiva, segurança, qualidade e tempo de vida útil de uma edificação.

2.5.2 Argamassa

A argamassa, conforme figura 2, é uma mistura homogênea composta por cimento, cal, areia e água em diferentes proporções, dependendo da aplicação.

Figura 2: Argamassa



Fonte: ConstruindoDECOR (2018)

De acordo com Bastos (2021), a argamassa tem como funções principais a coesão entre blocos e o amortecimento de tensões. Ela age como uma cola, permitindo unir diversos materiais e, aprimorando a adesão e resistência global da estrutura.

A argamassa pode ser encontrada no mercado de forma industrializada (usinada) ou preparada diretamente no canteiro de obras. Outrossim, podem ser incorporadas em sua composição, aditivos que agregam propriedades específicas às argamassas, podendo melhorar sua trabalhabilidade, aumentar ou diminuir o tempo de pega, entre outras características. Segundo Bastos (2021), a argamassa deve possuir boa resistência, durabilidade e capacidade de retenção de água para ser empregada com melhor eficiência. De acordo com ABNT NBR 16868-1 (2020), ela deve possuir a resistência mínima de 1,5 Mpa.

2.5.3 Graute

O graute, representado na figura 3, é nome dado a uma mistura de alta resistência. Trata-se de um concreto fluido com agregados miúdos, usados para preencher os vazios dos blocos e incorporar as armaduras, garantindo integridade, estabilidade e resistência. Segundo a ABNT NBR 16868-1 (2020), o graute deve apresentar resistência mínima de 15 Mpa.

Figura 3: Graute



Fonte: Carvalho (2025)

2.5.4 Armadura

Armaduras, conforme figura 4, se referem às barras e vergalhões de aço, iguais às empregadas em sistemas estruturais de concreto armado. São inseridas nos vazios dos blocos grauteados. De acordo com Beckenkamp(2013), têm como principal função resistir aos esforços de tração e conferir maior rigidez ao sistema.

Figura 4: Armadura de aço



Fonte: 123PROJETEI,(2021)

2.6 Elementos Estruturais

Os elementos estruturais utilizados são os blocos ou unidades. A escolha dos blocos é determinante para a resistência e o desempenho da construção.

Blocos de concreto e cerâmicos são amplamente utilizados, e cada tipo oferece características específicas que podem beneficiar diferentes projetos. A modulação, ou seja, o planejamento dimensional dos blocos e paredes, é essencial para a racionalização da construção. A ausência de modulação resulta em perdas materiais, aumento de custos e comprometimento estrutural (Ramalho & Corrêa, 2003).

2.7 Coordenação Modular

A coordenação modular representa um conceito essencial na alvenaria estrutural. Segundo Bastos (2021), se refere ao processo de ajuste das dimensões do projeto arquitetônico baseando-se nas dimensões dos blocos e módulos utilizados.

A modulação favorece a padronização dos elementos, contribuindo para a diminuição do desperdício de materiais, para a otimização do tempo de execução e para redução dos custos, mas para isso, é fundamental escolher blocos cujas dimensões estejam compatíveis com o projeto. Em obras de maior porte, a aplicação da modulação reduz significativamente a necessidade de cortes e adaptações com peças fora do padrão.

A unidade de alvenaria é caracterizada por três dimensões principais: largura, comprimento e altura. A largura e o comprimento correspondem à definição do módulo horizontal, também chamado de módulo em planta. Por sua vez, a altura determina o módulo vertical. Diferentemente do concreto, que permite ser moldado em diversas formas e tamanhos, as paredes executadas em alvenaria estrutural apresentam restrições, devendo seguir medidas que sejam múltiplos das dimensões da própria unidade. (DUARTE, 2012)

A família de blocos cerâmicos é o conjunto de componentes necessários para a construção das alvenarias e suas amarrações, que tem como característica comum à mesma largura. A família mais empregada é a de 14 cm, sendo esta subdividida em duas categorias com comprimento de 29 cm e

comprimento de 39 cm. Quando as dimensões do projeto arquitetônico não seguem a modulação, a utilização de módulos menores facilita os ajustes necessários. Por isso, é recomendado adotar medidas múltiplas de 15 cm, que se mostram mais adequadas.

A tabela 1, a seguir, apresenta as modulações mais comumente utilizadas.

Tabela 1: Modulações comumente utilizadas

Dimensão modular (cm)	Dimensão nominal (cm)	Dimensão dos vãos (planta de arquitetura)
15x30	14x29	Todos múltiplos de 15 cm
20x40	19x39	Todos múltiplos de 20 cm, normalmente utilizados em galpões ou depósitos, reservatórios, arrimos
15x40	14x39	Em geral múltiplos de 20 cm, porém é necessário fazer a modulação, pois podem ocorrer vãos diferentes

Fonte: Parsekian e Soares (2011, p.100)

Para garantir uma modulação mais eficiente, é fundamental reduzir ao máximo o uso de peças especiais. No entanto, em alguns casos, essas peças são essenciais para assegurar uma distribuição mais eficiente das cargas verticais, contribuindo diretamente para o melhor desempenho estrutural da alvenaria.

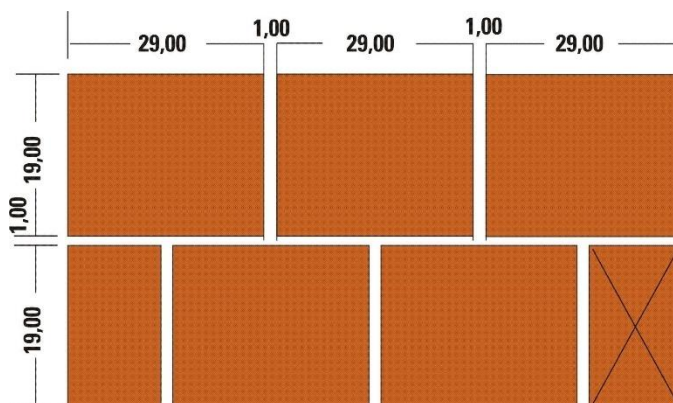
2.7.1 Coordenação Modular Horizontal

A modulação horizontal consiste em dispor os elementos na planta de edificação, como paredes e vãos. Essa organização está ligada diretamente à funcionalidade dos ambientes, estética e otimização dos espaços.

Segundo Melo (2020), a disposição dos blocos principais em um plano de parede deve ser realizada utilizando o sistema de “juntas amarradas”. Isso significa que as juntas verticais devem apresentar um deslocamento mínimo

equivalente a $\frac{1}{3}$ do comprimento dos blocos. A utilização de “juntas a prumo” não é permitida na alvenaria estrutural, uma vez que compromete seu desempenho. A Figura 5 ilustra como deve ser feita a distribuição dos blocos principais na parede, adotando corretamente as juntas amarradas.

Figura 5: Modulação Horizontal- Primeira Fiada



Fonte: Melo (2020)

Segue-se desenhando sucessivamente módulos de 14 cm + 1cm ou 19 cm +1 cm de junta até os encontros de paredes, onde deverão ser observadas as amarrações-padrão. Deve-se seguir amarrando cômodo por cômodo até o fechamento total da edificação.

2.7.2 Coordenação Modular Vertical

A modulação vertical tem como finalidade estabelecer as distâncias verticais da edificação, como a altura das portas, das janelas e do pé-direito. Esse tipo de modulação é crucial para integridade estrutural. Seu objetivo principal é garantir o correto posicionamento dos elementos de carga ao longo da altura da construção (Gomes, sd).

Assim como na modulação horizontal, essas dimensões devem ser múltiplas das medidas dos blocos. Segundo Luiz Fernando Costa Nonato (UFMG, 2014), a modulação vertical tem como objetivo definir as distâncias

verticais da edificação, considerando as dimensões dos blocos, sendo ideal que essas medidas sejam múltiplas de 20 cm. Dessa forma, é necessária que todas as medidas verticais do projeto sejam múltiplos desse valor.

A aplicação da modulação vertical pode ser feita de duas maneiras: a primeira considera a distância de piso a teto, e a segunda, de piso a piso. Independentemente do método adotado, a última fiada das paredes será composta por blocos tipo “U” ou “J”, utilizados para viabilizar o apoio e a execução da laje, levando em conta tanto a sua espessura quanto a posição da parede, seja ela interna ou externa.

2.8 Amarração

Um aspecto fundamental no desempenho da alvenaria estrutural é o sistema de amarrações, que garante a adequada interação entre as paredes. As amarrações têm influência direta na distribuição das tensões, possibilitando que as ações sejam transferidas de uma parede mais solicitada para outra menos carregada. Esse comportamento colabora para a equalização dos esforços, resultando em uma estrutura mais equilibrada e eficiente.

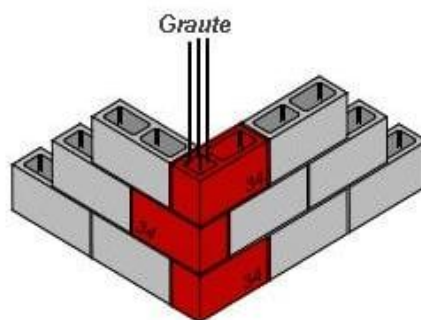
Essa uniformização de tensões é especialmente vantajosa sob o ponto de vista econômico, já que, por critérios operacionais e de segurança, a resistência dos blocos escolhida para um determinado pavimento precisa ser suficiente para atender à parede mais solicitada. Portanto, quando as cargas são distribuídas de forma mais uniforme, é possível otimizar o dimensionamento e os custos dos materiais (BASTOS, 2021).

Além disso, para garantir a estabilidade e o desempenho adequado da edificação, é imprescindível adotar boas práticas construtivas, como o escalonamento das fiadas de blocos. Este procedimento evita o alinhamento das juntas verticais, promovendo o travamento eficiente das paredes e contribuindo para o comportamento monolítico da estrutura.

2.8.1 Amarração em L

A amarração em “L”, apresentada na figura 6, a seguir, ocorre quando duas paredes se encontram formando um ângulo de 90 graus, como em quinas externas ou internas de ambientes.

Figura 6: Amarração de parede em “L”



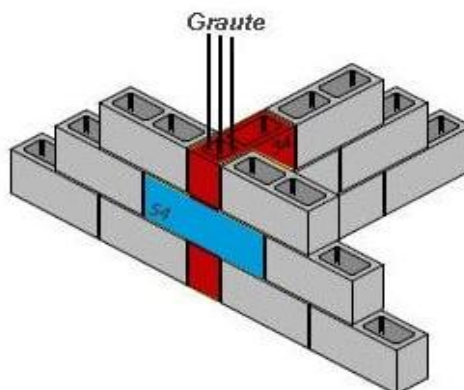
Fonte: ALTOQI (2024)

Os blocos são sobrepostos de forma intertravada alternando suas posições entre as fiadas, para que uma parede auxilie na estabilidade da outra. Essa configuração garante resistência contra esforços horizontais e melhora a transmissão das cargas. Nesse tipo de amarração na alvenaria estrutural, são colocados blocos de concreto especiais, com dimensões de 14x34 (largura x comprimento) nas fiadas dos cantos das paredes.

2.8.2 Amarração em T

Esse tipo de amarração, apresentada na figura 7, ocorre quando uma parede se encontra com outra formando uma espécie de “T”, muito comum em divisões internas de ambientes.

Figura 7: Amarração de parede em “T”



Fonte: ALTOQI (2024)

A parede transversal (secundária) se une à parede principal com sobreposição de blocos, alternando suas posições nas fiadas para garantir a continuidade e estabilidade. Assim como na amarração em “L”, essa técnica assegura uma boa transmissão de cargas e estabilidade lateral. Neste tipo de amarração, os blocos especiais são usados nos encontros das paredes. Na primeira fiada, os blocos de concreto são utilizados com dimensões de 14x29(largura x comprimento) enquanto na segunda fiada, são usados os de 14x44 (largura x comprimento).

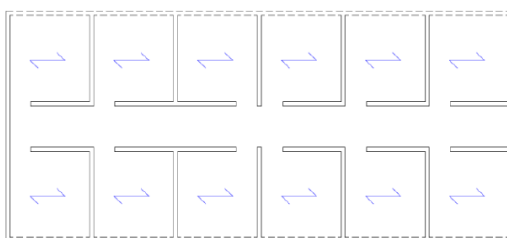
2.9 Sistemas Estruturais de Paredes

A escolha e distribuição das paredes estruturais influencia diretamente na concepção, segurança e operacionalidade do projeto. De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), os arranjos estruturais das paredes, se classificam em três sistemas: paredes transversais, paredes celulares e sistemas complexos.

2.9.1 Paredes Transversais

Neste sistema, representado na figura 8, as paredes externas na direção de maior comprimento não estruturais e as lajes são armadas em uma só direção, de forma a apoiarem-se sobre as paredes estruturais

Figura 8: Sistema de paredes transversais



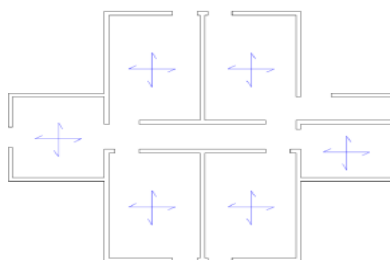
Fonte: Ramalho e Côrrea (2003)

Essa configuração proporciona o direcionamento das cargas para as paredes internas, facilitando a transmissão dos esforços para os pavimentos inferiores.

2.9.2 Paredes Celulares

Esse arranjo, apresentado na figura 9, possui como característica, a fato de todas as paredes desempenharem função estrutural.

Figura 9: Sistema de paredes celulares



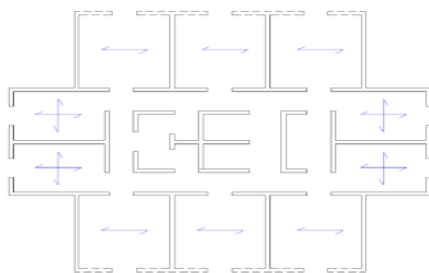
Fonte: Ramalho e Côrrea (2003)

As lajes podem ser dimensionadas com armadura em uma única direção ou em duas direções, conforme as necessidades do projeto. As paredes formam células, distribuindo as cargas uniformemente, conferindo maior rigidez ao conjunto.

2.9.3 Sistema Complexo

Consiste na combinação dos sistemas anteriores, usual em projetos com exigências estruturais específicas. Um modelo para exemplificação é apresentado a seguir, na figura 10.

Figura 10: Sistema complexo



Fonte: Ramalho e Côrrea (2003)

Esse sistema é vantajoso para projetos que demandam alguns painéis externos sem função estrutural, permitindo, contudo, que áreas internas mantenham maior rigidez por meio de paredes estruturais.

2.10 Ações

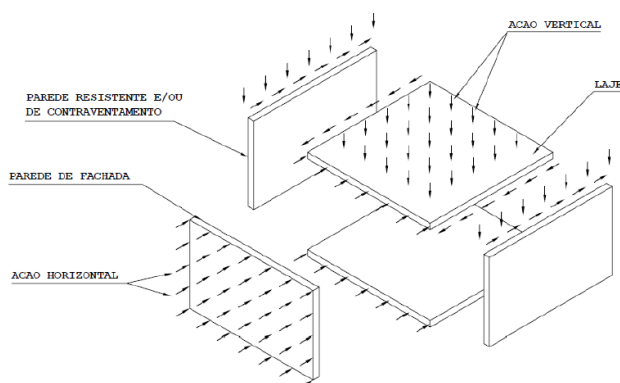
A NBR 1596:2011 item 5.1 estabelece a obrigatoriedade e a importância da qualidade de um projeto, execução e correto dimensionamento de uma edificação de alvenaria estrutural. É necessário que a estrutura seja capaz de

absorver as solicitações e ações excepcionais que podem ocorrer ao longo de sua vida útil.

Os esforços que atuam sobre os elementos estruturais da alvenaria, principalmente nas paredes, são obtidos por meio da análise estrutural da edificação. De maneira geral, essas paredes estão majoritariamente submetidas a esforços de compressão, decorrentes tanto do peso próprio dos elementos quanto das cargas das lajes que elas suportam.

Além dos esforços de compressão, é necessário levar em conta as ações horizontais provocadas pelo vento, que geram forças perpendiculares às paredes externas, originando esforços de flexão nesses elementos. As cargas horizontais são transferidas pelas lajes na forma de tensões de cisalhamento, que são direcionadas às paredes internas transversais. Posteriormente, esses esforços são transmitidos aos pavimentos inferiores, até serem devidamente absorvidos pelas fundações da edificação. A figura 11, representa os principais esforços aos quais as paredes devem resistir.

Figura 11: Ações atuantes nas paredes da edificação



Fonte: CAMACHO (2006)

2.11 Classificação das ações

2.11.1 Ações Permanentes

As ações permanentes são aquelas cujos valores permanecem praticamente constantes durante toda a vida útil da edificação. Segundo a ABNT NBR 16868-1(2020), essas ações podem ser divididas em diretas e indiretas.

- Ações permanentes diretas: São compostas basicamente pelo peso próprio da estrutura, além do peso de elementos construtivos fixos, como revestimentos, contrapisos, forros, acabamentos e revestimentos cerâmicos. Também se incluem os pesos dos materiais empregados na construção e, quando aplicável, o empuxo da terra (LAVANDOSKI, 2011). A ABNT NBR 16868-1 (2020) recomenda a adoção do valor de 14 kN/m^3 como peso específico para a alvenaria de blocos de concreto vazados. Para alvenaria de blocos cerâmicos, a ABNT NBR 16868-1(2020) recomenda o valor de 12 kN/m^3 . Em ambos os casos, deve-se acrescentar o peso do graute, se existente.
- Ações permanentes indiretas: As ações permanentes indiretas são as ações impostas pelas imperfeições geométricas, que podem ser consideradas globais ou locais.

2.11.2 Ações Variáveis

Segundo a ABNT NBR 16868-1 (2020), ações variáveis são aquelas que sofrem variações significativas ao longo da vida útil da estrutura. As principais são as cargas acidentais e a ação do vento.

As cargas acidentais estão relacionadas ao uso da edificação, como o peso de pessoas, móveis, máquinas e veículos. Também são consideradas ações variáveis indiretas, como a variação de temperatura e ações dinâmicas (LAVANDOSKI, 2011).

2.11.3 Ações excepcionais

De acordo com Pinheiro (2010), ações excepcionais são aquelas de curta duração e baixa probabilidade de ocorrência, mas que devem ser consideradas em alguns projetos. Exemplos incluem explosões, incêndios e abalos sísmicos.

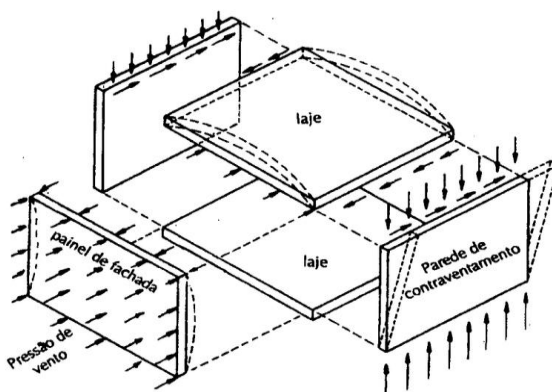
2.12 Ações Horizontais

Segundo Lavandoski (2011), as principais ações horizontais que devem ser consideradas no dimensionamento estrutural são aquelas provenientes do vento e do desaprumo. Para o estudo em questão serão consideradas apenas as ações horizontais do vento.

2.12.1 Ação do vento

A ação do vento em edificações de alvenaria estrutural deve ser avaliada conforme a NBR 6123 (2023), que estabelece os critérios para determinação das forças horizontais. Esse cálculo considera fatores como velocidade básica do vento, categoria do terreno, topografia, geometria da edificação e área de incidência. As cargas horizontais são transferidas para as paredes estruturais, que, devido à sua elevada rigidez, resistem aos esforços de forma eficiente quando devidamente travadas e distribuídas. A figura 12, a seguir, demonstra a ação do vento e seu efeito sobre a alvenaria estrutural.

Figura 12: Ações atuantes nas paredes da edificação

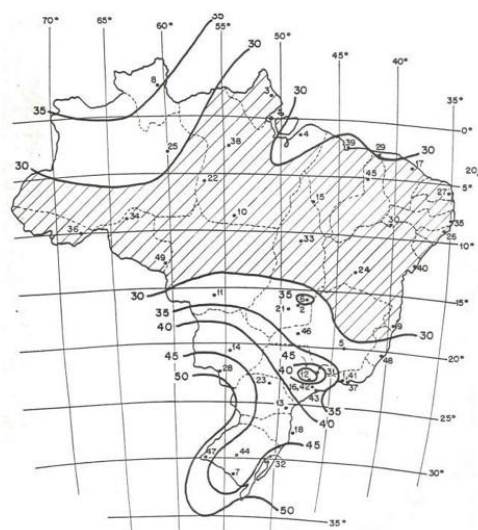


Fonte: CAMACHO (2006)

Para o cálculo da força do vento atuante sobre a estrutura, considera-se os seguintes procedimentos, baseado na norma ABNT NBR 6123:2023:

1. A velocidade básica do vento, V_0 , correspondente ao local da construção é obtida conforme o disposto na seção 5.1 da norma utilizando-se do mapa de isopletras, conforme apresentado abaixo:

Figura 13: Mapa de Isopletras



Fonte: NBR 6123:2023

2. A velocidade característica do vento é calculada a partir da multiplicação da velocidade básica do vento por três fatores específicos: S_1 , S_2 e S_3 de acordo com os dispostos em 5.2 a 5.5 na ABNT NBR 6123:2023. Na equação 1.0 é mostrado o cálculo da velocidade característica do vento:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3 \quad (1.0)$$

onde:

S_1 – é o fator que leva em consideração as variações do relevo do terreno;

S_2 – é o fator que leva em conta a rugosidade do terreno, a variação da velocidade do vento com a altura e as dimensões da edificação;

S_3 – é o fator estatístico, que considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação.

3. A partir da velocidade característica do vento, pode-se determinar a pressão dinâmica (q) pela equação 1.1:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (1.1)$$

sendo:

q dado em N/m^2 e V_k em m/s .

4. Após a determinação da pressão dinâmica do vento, determina-se a força de arrasto, que é a componente global na direção do vento, em cada pavimento do edifício pela equação 1.2:

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A_e \quad (1.2)$$

onde:

F_a – força de arrasto;

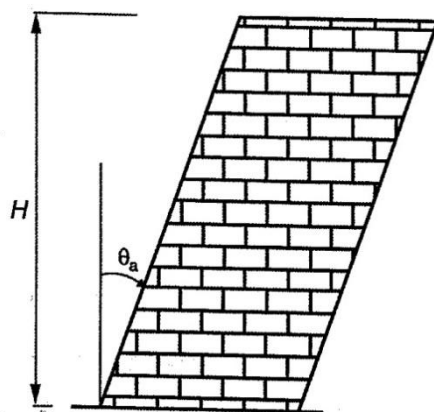
C_a – coeficiente de arrasto, determinado, determinado pela situação mais crítica em cada direção, conforme o item 6.3 da norma.

A_e – é a área frontal efetiva, ou seja, a área da projeção ortogonal da edificação sobre um plano perpendicular à direção do vento.

2.12.2 Desaprumo

De acordo com a ABNT NBR 16868-1 (2020), que trata do projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto, o desaprumo é o desvio máximo permitido da verticalidade das paredes. A norma estabelece que para edifícios de andares múltiplos, deve ser considerado um desaprumo global através do ângulo de desaprumo θ_a , em radianos, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 14: Ação do vento e seus efeitos na alvenaria estrutural



Fonte: MOHAMAD et al. (s.d.).

Em que o ângulo de desaprumo θ_a é calculado pela equação 1.3. Porém segundo ABNT NBR 16868-1 (2020) este valor é limitado ao valor máximo de $1/40H$.

$$\theta_a = \frac{1}{100\sqrt{H}} \leq \frac{1}{40H} \quad (1.3)$$

Sendo H a altura total da edificação em metros.

O controle do desaprumo é essencial para garantir a correta transmissão dos esforços verticais, prevenindo o surgimento de patologias como fissuras, deslocamentos ou até mesmo falhas estruturais. Desvios excessivos podem gerar redistribuição de cargas para elementos não projetados para isso, comprometendo tanto a estabilidade quanto a durabilidade da edificação. Dessa forma, respeitar os limites normativos de desaprumo é uma exigência fundamental para assegurar a segurança e o desempenho estrutural da construção.

2.13 Ações verticais

De acordo com a ABNT NBR 8681 (2003), as ações verticais são classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais, conforme sua variação no tempo.

2.14 Combinação de ações

De acordo com o item 8.9 da ABNT NBR 16868-1 (2020), no dimensionamento dos elementos estruturais em alvenaria, é imprescindível considerar todas as combinações de ações que possam gerar os efeitos mais desfavoráveis sobre a estrutura.

Cada ação deve ser considerada com seu valor característico, multiplicado pelos seus respectivos coeficientes de ponderação, conforme estabelecido nas tabelas 2 e 3 da própria NBR 16868-1 (2020), além das diretrizes gerais da norma ABNT NBR 8681:2003, que trata especificamente da combinação de ações para o projeto de estruturas.

Para o Estado Limite Último (ELU), que representa a condição de segurança contra o colapso, a combinação de ações para carregamentos

permanente e variáveis devem ser calculadas por meio da equação 1.4, apresentada a seguir.

$$F_d = \gamma_g F_{G,k} + \gamma_q (F_{Q1,k} + \sum \Psi_{0j} F_{Qj,k}) \quad (1.4)$$

Onde:

F_d – é o valor de cálculo para a combinação última;

γ_g – é o ponderador das ações permanentes

$F_{G,k}$ – é o valor característico das ações permanentes;

γ_q – é o ponderador das ações variáveis

$F_{Q1,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como principal;

$\Psi_{0j} F_{Qj,k}$ – representa os valores reduzidos das demais ações variáveis.

Na Tabela 2 e 3 estão representados os coeficientes Ψ_0 , γ_g e γ_q de minoração e ponderação, respectivamente, para algumas situações.

Tabela 2: Coeficientes para redução de ações variáveis

Ações		Ψ_0
Cargas acidentais em edifícios	Edifícios residenciais	0,5
	Edifícios comerciais	0,7
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8
Vento	Pressão do vento para edificações em geral	0,6

Fonte: (ABNT NBR 16868-1 (2020))

Tabela 3: Coeficientes de ponderação para combinações normais de ações

Categoria da ação	Tipo de estrutura	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Permanentes	Edificações Tipo 1 ^a e pontes em geral	1,35	0,9
	Edificações Tipo 2 ^b	1,40	0,9
Variáveis	Edificações Tipo 1 ^a e pontes em geral	1,50	–
	Edificações Tipo 2 ^b	1,40	–

^a Edificações Tipo 1 são aquelas em que as cargas acidentais superam 5 kN/m².

^b Edificações Tipo 2 são aquelas em que as cargas acidentais não superam 5 kN/m².

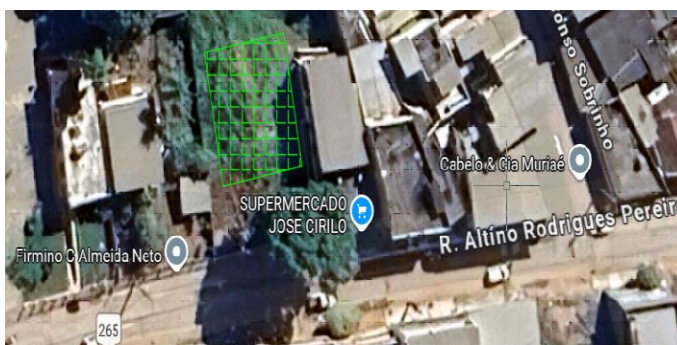
Fonte: (ABNT NBR 16868-1 (2020))

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE

3.1 Características do projeto

O projeto arquitetônico considerado para o dimensionamento foi um sobrado localizado no Bairro João XXIII em Muriaé, na região demarcada conforme figura 14. Ele possui área construída total de 100,12 m², sendo 65,25 m² referente ao pavimento térreo e 34,87 m² ao superior. Ademais, foi considerado um pé direito de 2,80 m e lajes maciças em concreto armado com 10 cm de espessura. Vale ressaltar que não foi levado em consideração os aspectos urbanísticos do plano diretor da cidade de Muriaé.

Figura 15: Região de construção do sobrado

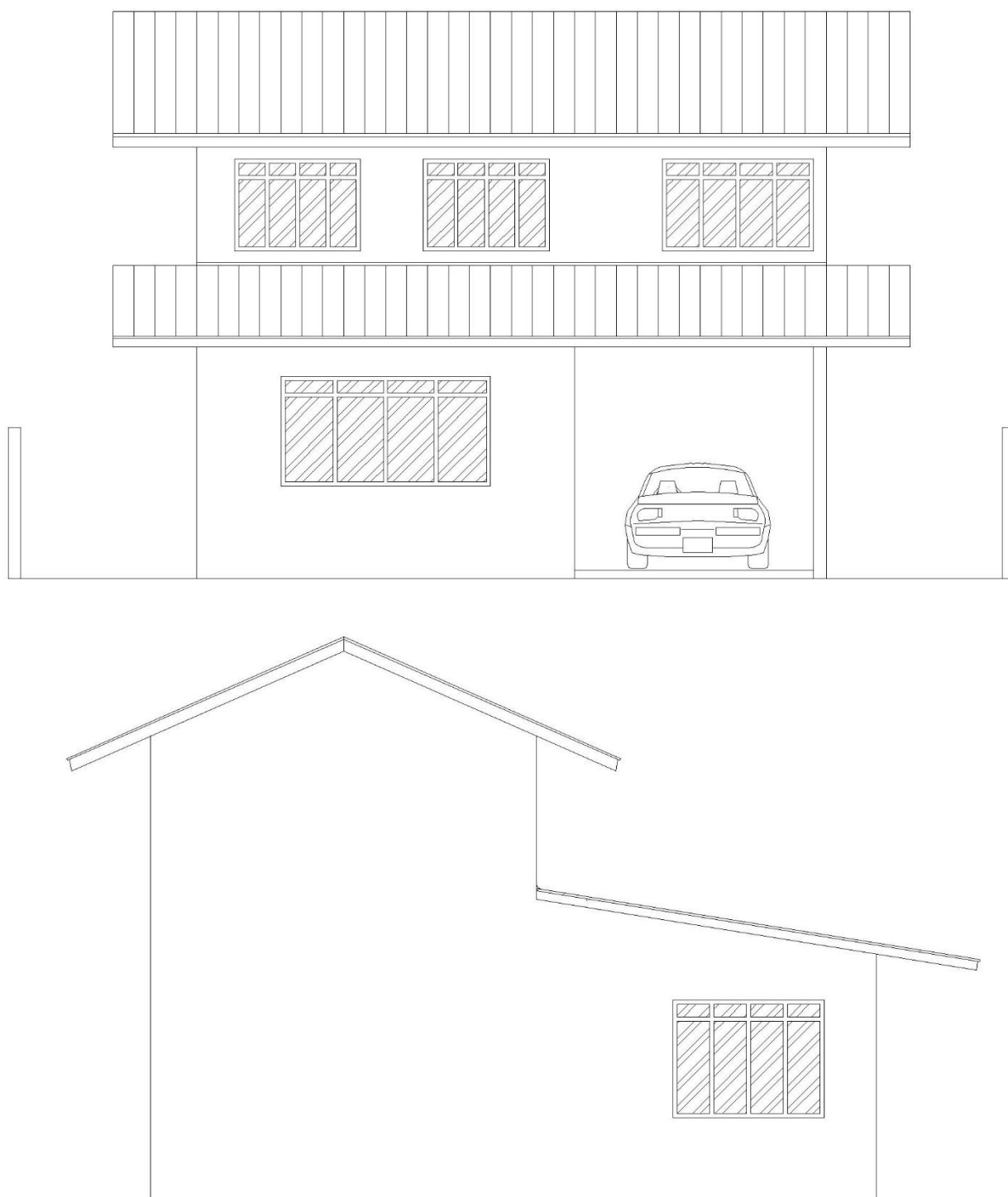


Fonte: Google Maps, 2025.

3.2 Definições preliminares

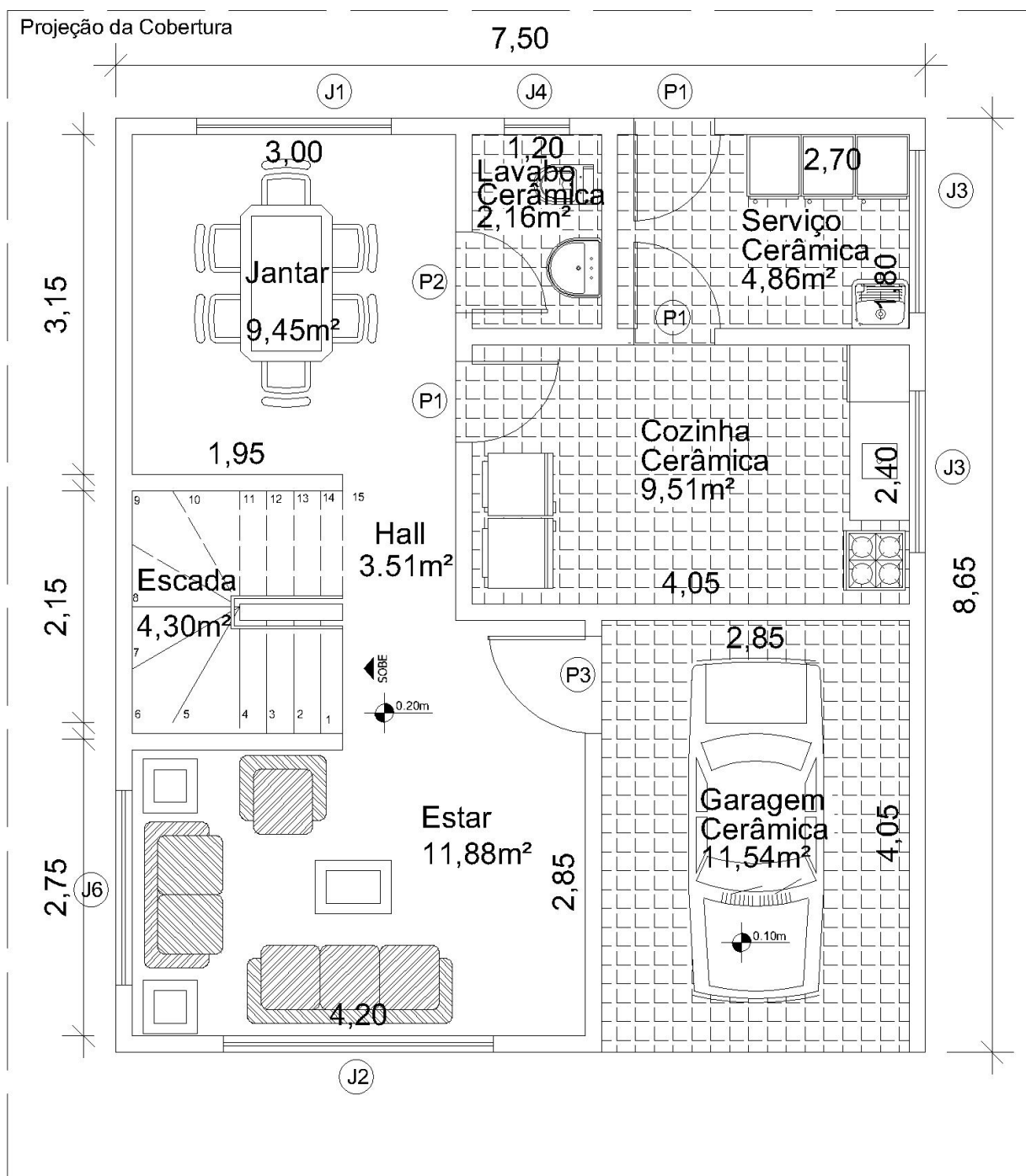
3.2.1 Projeto arquitetônico

Nas figuras 15, 16 e 17 são apresentadas as plantas principais do projeto arquitetônico, sendo elas respectivamente, fachadas frontal e lateral, planta baixa do pavimento térreo e do pavimento superior. As pranchas detalhadas se encontram no APÊNDICE A.

Figura 16: Fachada Frontal e Lateral

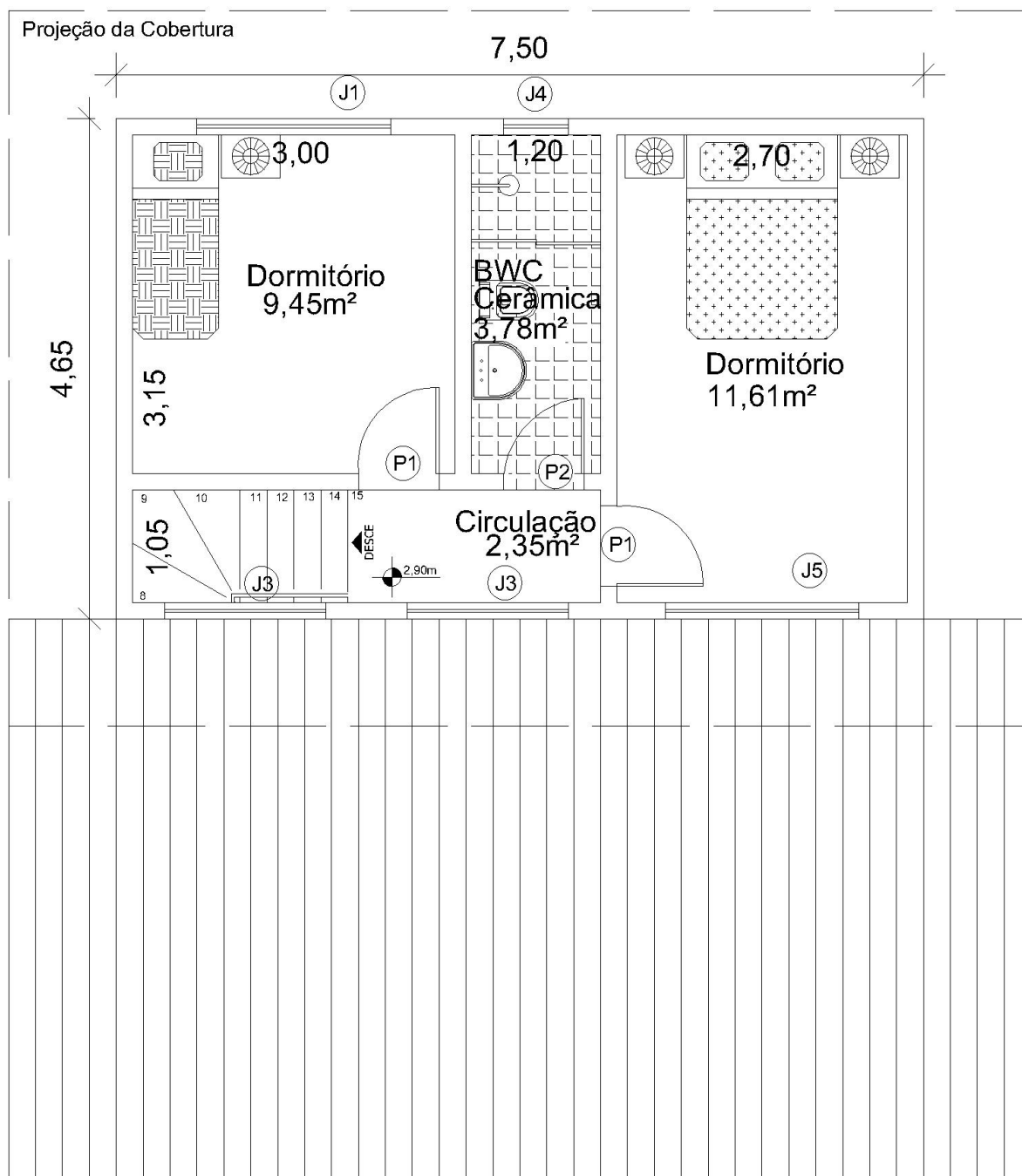
Fonte: Autor

Figura 17: Planta Baixa do Pavimento Térreo



Fonte: Autor

Figura 18: Planta Baixa do Pavimento Superior



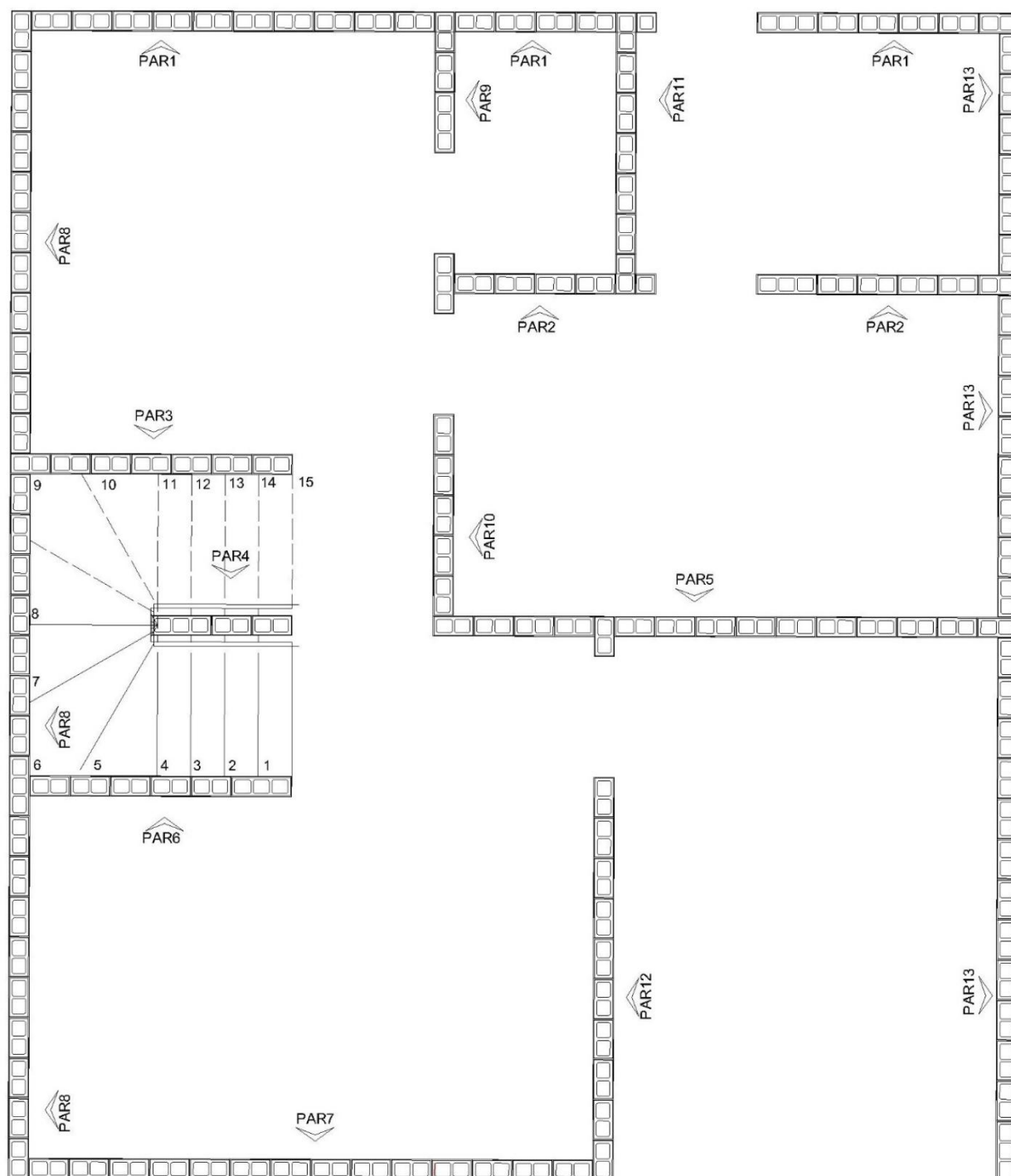
Fonte: Autor

3.2.2 Projeto de Modulação

Para a construção em questão, após a concepção do projeto arquitetônico, foram feitos os ajustes necessários nas dimensões para obter a modulação do projeto para o bloco adotado, que é o M15 da família 29. Os elementos que a compõem são blocos com dimensões 14x19x29, 14x19x14 e 14x19x44. Observa-se que a família 29 possui dimensão modular no comprimento igual a da largura (15 cm). Desse modo, foi adotado o bloco vazado de concreto simples para a execução da alvenaria, o bloco tipo canaleta para a execução de vergas, contravergas, e o meio bloco compensador destinado para ajuste de modulação, com dimensões 14x19x14.

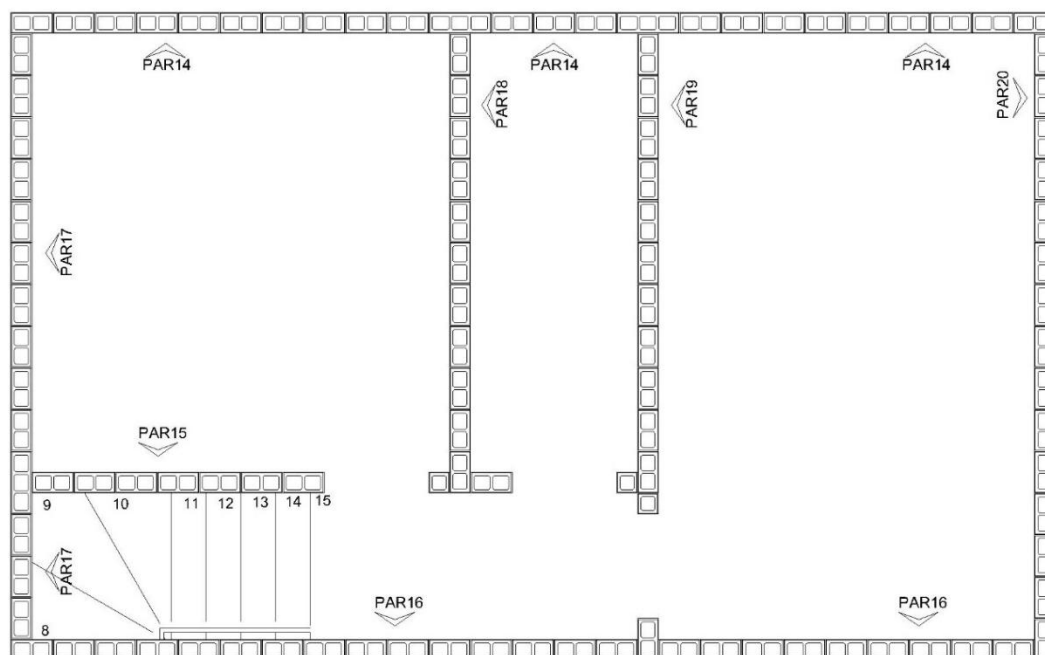
Apresentam-se a seguir, nas figuras 18, 19, 20 e 21, as plantas de primeira e segunda fiadas de blocos tanto para o pavimento térreo quanto para o superior. No APÊNDICE B e APÊNDICE C são apresentadas, respectivamente as pranchas do projeto de modulação e as elevações das paredes da edificação, desenvolvidas com o software Autocad.

Figura 20: Planta baixa da segunda fiada Pavimento Térreo



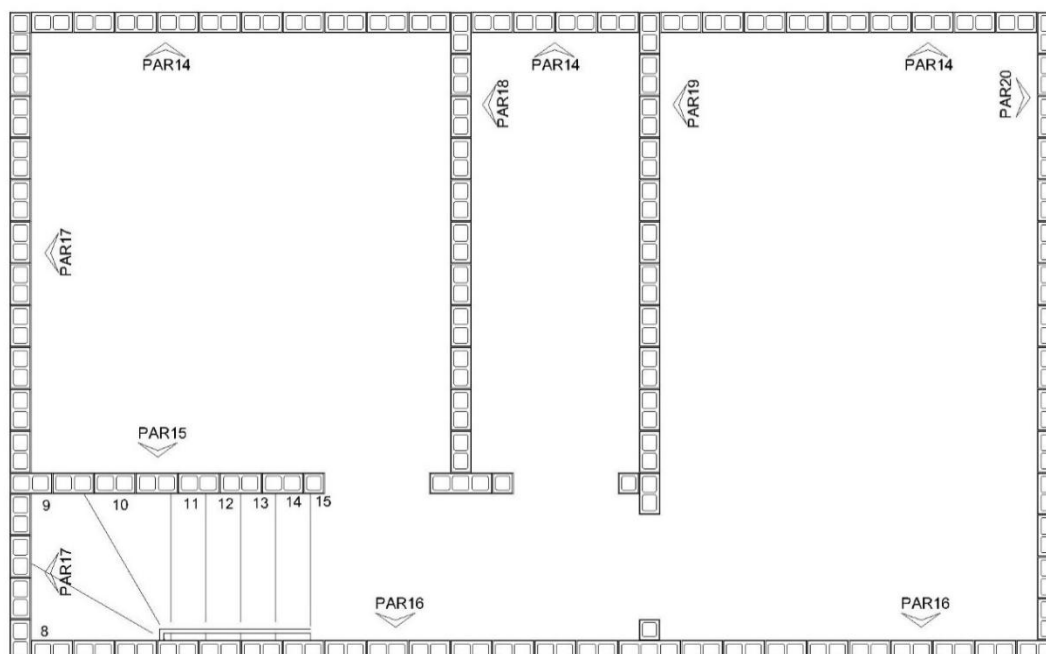
Fonte: Autor

Figura 21: Planta baixa da Primeira fiada Pavimento Superior



Fonte: Autor

Figura 22: Planta baixa da segunda fiada Pavimento Superior



Fonte: Autor

3.3 Análise Estrutural

3.3.1 Cálculo das Ações

3.3.2 Ações Verticais

As ações verticais consideradas nas paredes do edifício em alvenaria estrutural são as das lajes e o peso próprio das paredes e dos pontos de graute considerados.

3.3.2.1 Ações das lajes

As ações das lajes que são transferidas para as paredes estruturais são divididas em duas categorias:

a) Ações Permanentes

As ações permanentes consideradas são:

- Peso próprio das lajes;
- Peso próprio do revestimento e/ou pavimentação;
- Peso próprio de eventuais paredes de vedação sobre as lajes;

b) Ações Variáveis

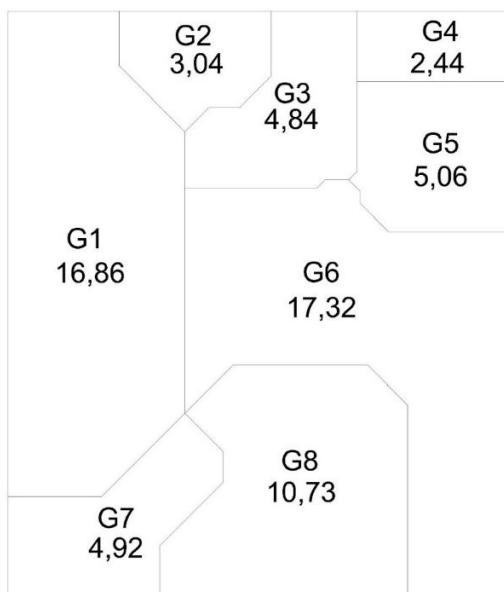
As ações variáveis consideradas são:

- Sobrecarga de utilização;

O levantamento das ações é feito de acordo com a ABNT NBR 6120:2019 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações.

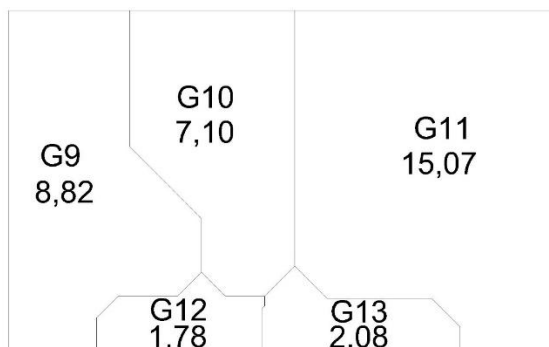
As reações das lajes sobre as paredes foram obtidas utilizando-se a metodologia das áreas de influência, baseada no critério das linhas de ruptura e a subdivisão das paredes em grupos associados. O critério das linhas de ruptura é um método geométrico simplificado para a determinação das áreas de influência das lajes, amplamente utilizado em projetos de edificações usuais, especialmente em alvenaria estrutural. O procedimento consiste no traçado de linhas retas com inclinação de aproximadamente 45° , 60° e 90° a partir dos cantos da laje em direção aos apoios, dividindo-a em regiões associadas a cada parede portante. Cada região delimitada corresponde à área de influência do respectivo elemento estrutural, permitindo estimar, de forma adequada, a transferência de cargas da laje para as paredes. As áreas de influência consideradas para a edificação assim como as subdivisões dos grupos de paredes estão apresentadas na figura 22 e na figura 23. Sendo assim, tem-se que a reação por unidade de área em determinado grupo de parede é a carga da laje multiplicada pela sua área de influência.

Figura 23:Área de influência das paredes no pavimento térreo



Fonte: Autor

Figura 24: Área de influência das paredes no pavimento superior



Fonte: Autor

Apresenta-se a seguir um exemplo das etapas de cálculo das cargas para os grupos de paredes.

Cálculo para o Grupo 9:

- Cargas Permanentes:

Peso próprio da laje: 2,5 kN/m²;

Peso de revestimento e/ou pavimentação: 1,5 kN/m²;

Peso de paredes de vedação: 2,5 kN/m²;

Área de influência: 8,82 m²;

Comprimento de parede de vedação: 0 m;

Pé-direito: 2,80 m.

O grupo 9 tem uma carga total permanente de:

$$\left(2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \times 8,82 \text{ m}^2 + 0 \text{ m} \times 2,80 \text{ m} \times 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 35,28 \text{ kN}.$$

Nas tabelas 4 e 5, apresentam uma síntese dos parâmetros dimensionais considerados para cada grupo de paredes, realizadas com o auxílio do Excel.

Tabela 4: Dimensões e propriedades dos grupos de paredes para o pavimento Térreo

Grupo	Paredes Associadas	Ações Devidas à Laje			Ações Devidas à Alvenaria	Área de Influência (m²)	Comprimento da Parede (m)	Comprimento Total de Parede (m)
		Peso Próprio da Laje (kN/m²)	Peso Próprio do Revestimento (kN/m²)	Sobrecarga de Utilização (kN/m²)	Peso Proprio (kN/m²)			
1	PX1	2,50	1,50	1,50	2,50	16,86	0,60	11,85
	PX7						1,95	
	PX8						1,05	
	PX10						1,95	
	PY1						6,30	
2	PX2	2,50	1,50	1,50	2,50	3,04	1,05	1,95
	PY3						0,90	
3	PX3	2,50	1,50	1,50	2,50	4,84	0,60	4,35
	PX5						1,50	
	PY4						0,45	
	PY6						1,80	
4	PX4	2,50	1,50	1,50	2,50	2,44	1,80	2,10
	PY8						0,30	
5	PX6	2,50	1,50	1,50	2,50	5,06	1,80	2,55
	PY9						0,75	
6	PX9	2,50	1,50	1,50	2,50	17,32	4,20	10,38
	PY5						1,50	
	PY10						4,68	
7	PX11	2,50	1,50	1,50	2,50	4,92	1,20	1,80
	PY2						0,60	
8	PX12	2,50	1,50	1,50	2,50	10,73	1,35	4,20
	PY7						2,85	

Fonte: Autor

Tabela 5: Dimensões e propriedades dos grupos de paredes para o pavimento superior

Grupo	Paredes Associadas	Ações Devidas à Laje			Ações Devidas à Alvenaria	Área de Influência (m²)	Comprimento da Parede (m)
		Peso Próprio da Laje (kN/m²)	Peso Próprio do Revestimento (kN/m²)	Sobrecarga de Utilização (kN/m²)	Peso Proprio (kN/m²)		
9	PX13	2,50	1,50	1,50	2,50	8,82	0,60
	PX16						2,10
	PX18						0,30
	PY11						4,65
10	PX14	2,50	1,50	1,50	2,50	7,10	1,05
	PX17						0,60
	PY12						3,15
11	PX15	2,50	1,50	1,50	2,50	15,07	3,45
	PY13						3,45
	PY14						4,65
12	PX19	2,50	1,50	1,50	2,50	1,78	0,75
13	PX20	2,50	1,50	1,50	2,50	2,08	1,05

Fonte: Autor

3.3.2.2 Peso Próprio das Paredes

O levantamento do peso próprio para cada grupo de paredes foi feito sem o desconto das aberturas, ou seja, como se elas não ocorressem e incluindo o peso próprio do graute nelas. Não considerar as aberturas é plausível, uma vez que nestes locais atuam as cargas de peso da esquadria, verga e contra-verga. A peso próprio do graute foi calculado pelo produto de seu peso com altura do pé direito dos pavimentos, assim como as paredes sem grauteamento. A tabela 6, apresenta as dimensões levantadas para auxílio do cálculo do peso próprio de cada grupo de paredes em cada pavimento. Eventualmente, essa carga é somada às reações provenientes das lajes para totalizar o montante de cargas verticais atuantes nos grupos de paredes.

Tabela 6: Dimensões lineares dos grupos de paredes por pavimento

Pavimento	Grupo	Comp. Total do Grupo (m)	Comp. dos Vãos (m)	Comp. Total (m)	Núm. De Pontos de Graute	Peso Próprio do Graute (kN)
Superior	9	7,65	2,03	9,68	6,00	0,90
	10	4,80	1,95	6,75	6,00	0,90
	11	11,55	1,87	13,42	7,00	0,90
	12	0,75	1,50	2,25	2,00	0,90
	13	1,05	2,02	3,07	3,00	0,90
Térreo	1	11,85	4,43	16,28	7,00	0,90
	2	1,95	1,58	3,53	4,00	0,90
	3	4,35	1,82	6,17	8,00	0,90
	4	2,10	1,13	3,23	3,00	0,90
	5	2,55	1,88	4,43	4,00	0,90
	6	10,38	3,53	13,91	7,00	0,90
	7	1,80	1,80	3,60	3,00	0,90
	8	4,20	2,77	6,97	3,00	0,90

Fonte: Autor

3.3.3 Ações Horizontais

Para o dimensionamento do sobrado em questão foram consideradas as ações horizontais devidas ao desaprumo (ação permanente indireta devida a imperfeições geométricas globais) e as devidas ao vento (ação variável).

3.3.3.1 Desaprumo

O desaprumo foi calculado de acordo com a ABNT NBR 16868-1 (2020).

Cálculo do projeto:

- Ângulo de desaprumo (θ_a):

$$\theta_a = \frac{1}{100\sqrt{H}} \leq \frac{1}{40H} \quad (1.5)$$

$$\theta_a = \frac{1}{100\sqrt{5,8}} \leq \frac{1}{40 \times 5,8}$$

$$\theta_a = 0,004152 \text{ rad}$$

Com o ângulo calculado, pode-se determinar a força horizontal do desaprumo em cada pavimento com a seguinte equação

$$F_{des} = \Delta P \cdot \theta_a \quad (1.6)$$

3.3.3.2 Vento

Para a determinação da ação do vento, utilizou-se a ABNT NBR 6123:2023. O local considerado para a construção em questão é a região de Muriaé.

Pressão Dinâmica (q):

Velocidade básica do vento V_0 :

$$V_0 = 33,0 \text{ m/s (valor obtido na Figura 1 da ABNT NBR 6123:2023)}$$

Fator topográfico S_1 :

$S_1 = 1,0$ (terreno plano fracamente acidentado).

Fator de rugosidade S_2 :

O fator de rugosidade depende da altura da edificação em relação ao solo. Portanto para cada pavimento tem-se um fator S_2 .

Para a determinação dos fatores S_2 , foi utilizada a fórmula apresentada no item 5.3.3 da ABNT NBR 6123:2023 com as seguintes considerações:

- Categoria IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados;

- Classe A – Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Sendo assim, definiu-se S_2 como 0,78 e 0,71 respectivamente, para o pavimento superior e térreo.

Fator Estatístico S_3 :

Conforme ABNT NBR 6123:2023, adotou-se fator S_3 a seguir:

$S_3 = 1,0$ (Edificações para hotéis e residências)

Velocidade característica do vento V_k :

Com os fatores anteriores determinados, é possível calcular a velocidade característica do vento para cada pavimento empregando a equação a seguir:

$$V_k = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot V_0 \quad (1.7)$$

Na tabela 7 a seguir, é apresentado o resumo dos fatores e velocidade inicial do vento para considerados em ambos os pavimentos.

Tabela 7: Velocidades e fatores considerados

Pavimento	Z (m)	S1	S2	S3	Vo (m/s)
Superior	5,80	1	0,79	1	33,00
Térreo	2,90	1	0,73	1	33,00

Fonte: Autor

Determinou-se a pressão dinâmica do vento em cada pavimento utilizando a expressão a seguir:

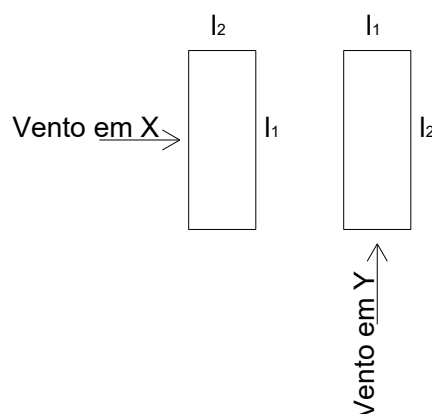
$$q = 0,613.V_k^2 \quad (1.8)$$

Coeficiente de Arrasto (C_a):

A determinação do coeficiente de arrasto é feita por meio da relação entre as dimensões das laterais do edifício e sua altura, portanto o coeficiente depende da direção em que o vento está atuando.

A figura 24 mostra o esquema da direção do vento e os valores a serem tomados para proceder na determinação do coeficiente de arrasto, conforme figura 5 da ABNT NBR 6123:2023.

Figura 25: Esquema das direções que o vento incide sobre o edifício



Fonte: Autor

Direção X:

$$h = 5,90 \text{ m}$$

$$l_1 = 8,70 \text{ m e } l_2 = 7,5 \text{ m}$$

$$\begin{cases} \frac{l_1}{l_2} = 1,16 \\ \frac{h}{l_1} = 0,67 \end{cases}$$

(dados de entrada no gráfico da Figura 5 da ABNT NBR 6123:2023)

Assim tem-se $C_a = 1,0$ para a direção X do vento no bloco de apartamentos.

Direção Y:

$$h = 5,90 \text{ m}$$

$$l_1 = 7,50 \text{ m e } l_2 = 8,70 \text{ m}$$

$$\begin{cases} \frac{l_1}{l_2} = 0,86 \\ \frac{h}{l_1} = 0,78 \end{cases}$$

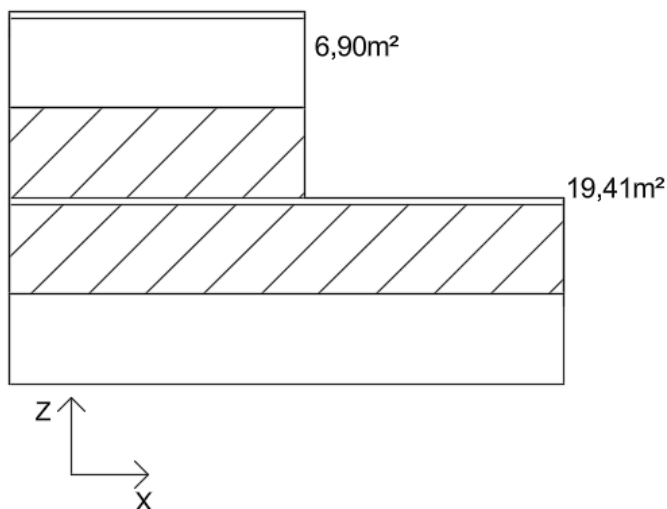
(dados de entrada no gráfico da Figura 5 da ABNT NBR 6123:2023)

Assim tem-se $C_a = 1,0$ para a direção Y do vento.

Área Frontal Efetiva:

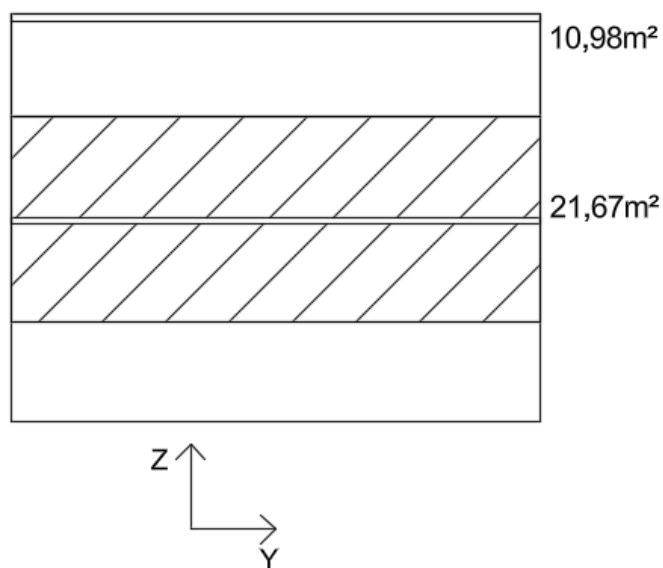
As áreas frontais efetivas para o vento na direção X e Y estão representadas, respectivamente, na figura 25 e na figura 26 a seguir.

Figura 26: Áreas efetivas frontais dos pavimentos para vento na direção X



Fonte: Autor

Figura 27: Áreas efetivas frontais dos pavimentos para o vento na direção Y



Fonte: Autor

O cálculo da força de arrasto se faz de acordo com a equação a seguir, sendo o produto do coeficiente de arrasto, pressão dinâmica e área efetiva.

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A_e \quad (1.9)$$

3.3.3.3 Distribuição das Ações Horizontais nos Painéis de Contraventamento

As ações horizontais são distribuídas nos painéis de contraventamento. Cada painel recebe uma parcela da ação horizontal de acordo com sua rigidez relativa que pode ser calculada a partir da eq. 3.9

$$R_i = \frac{I_i}{\sum I} \quad (2.0)$$

A ação em cada painel pode é obtida multiplicando-se a ação total do pavimento pelo valor R_i , ou seja:

$$F_i = F_{tot} \times R_i \quad (2.1)$$

As tensões devidas a essa ação foram encontradas utilizando-se a eq. 2.2 que é a tradicional expressão da resistência dos materiais para obtenção da tensão normal de flexão:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (2.2)$$

Em que:

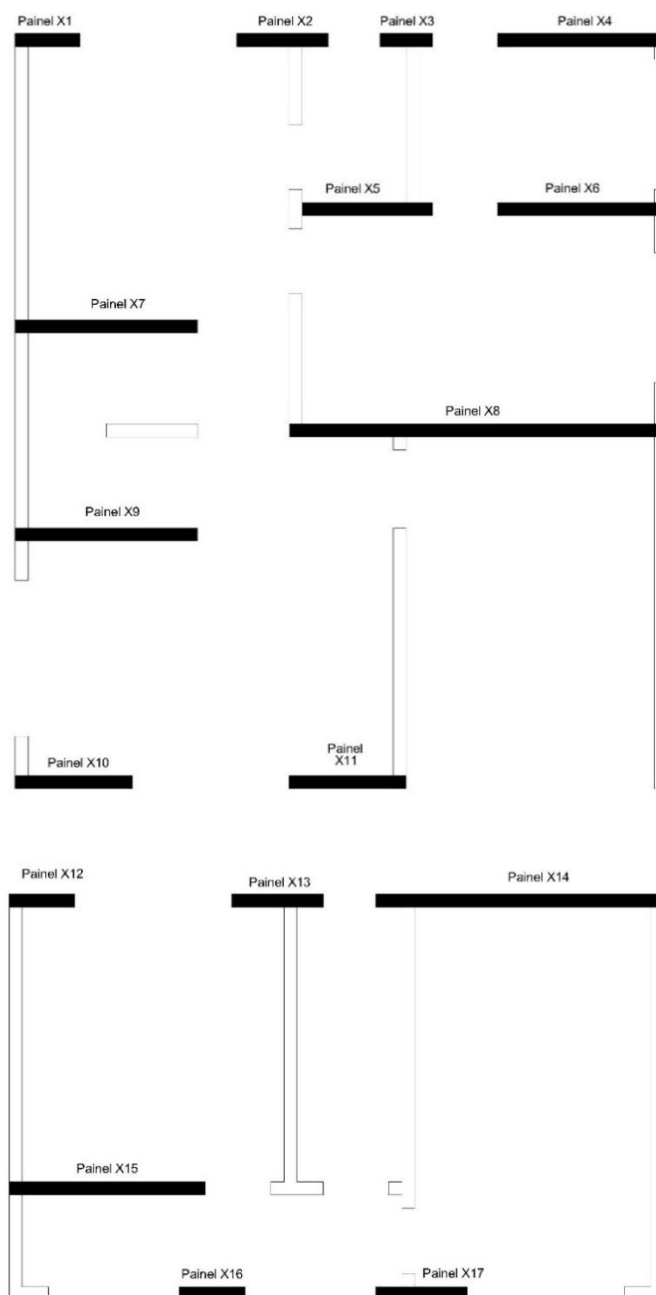
M – momento fletor atuante na parede

W – modulo de resistência à flexão (eq.2.3)

$$W = \frac{I}{y_{máx}} \quad (2.3)$$

Na Figura 27 e Figura 28 estão indicados os painéis de contraventamentos considerados nas direções X e Y para cada pavimento.

Figura 28: Representação dos painéis de contraventamento na direção X



Fonte: Autor

Figura 29: Representação dos painéis de contraventamento na direção Y



Fonte: Autor

3.4 Combinação de Ações e Verificações

Nas tabelas 8 e 9 a seguir, são apresentadas as propriedades de cada painel, adquiridos utilizando software Autocad : momentos de inércia, maior distância do centroide da seções(X ou Y) até a borda mais distante, módulo de resistência à flexão, assim como os comprimentos individuais de cada painel. Ao todo, foram considerados 17 painéis resistentes na direção X e 11 na direção Y.

Tabela 8: Momentos de inércia e módulos de resistência à flexão dos painéis de contraventamento na direção X

Pavimento	Painel	I_y (cm ⁴)	x (cm)	W_y (cm ³)	R_i (%)	Comp. Painel (m)
Térreo	1	527.344,00	37,50	14.062,51	0,3363	0,75
	2	1.447.031,00	52,500	27.562,50	0,9229	1,05
	3	269.999,00	30,00	8.999,97	0,1722	0,60
	4	9.268.594,00	97,50	95.062,50	5,9114	1,95
	5	4.218.744,00	75,00	56.249,92	2,6907	1,50
	6	9.268.594,00	97,50	95.062,50	5,9114	1,95
	7	11.576.250,00	105,00	110.250,00	7,3832	2,10
	8	102.487.283,00	217,00	472.291,63	65,3655	4,35
	9	11.576.250,00	105,00	110.250,00	7,3832	2,10
	10	3.075.469,00	67,50	45.562,50	1,9615	1,35
	11	3.075.469,00	67,50	45.562,50	1,9615	1,35
Superior	12	527.346,00	37,00	14.252,59	0,8356	0,75
	13	1.447.035,00	52,50	27.562,57	2,2929	1,05
	14	44.921.250,00	165,00	272.250,00	71,1812	3,30
	15	14.238.303,00	112,00	127.127,71	22,5617	2,25
	16	527.346,00	37,00	14.252,59	0,8356	0,75
	17	1.447.035,00	52,50	27.562,57	2,2929	1,05

Fonte: Autor

Tabela 9: Momentos de inércia e módulos de resistência à flexão dos painéis de contraventamento na direção Y

Pavimento	Painel	I_x (cm ⁴)	y (cm)	W_x (cm ³)	Ri (%)	Comp. Painel (m)
Térreo	1	312.558.750,00	315,00	992.250,00	64,8679	6,30
	2	270.000,00	30,00	9.000,00	0,0560	0,60
	3	1.447.031,00	52,50	27.562,50	0,3003	1,05
	4	5.618.021,00	82,50	68.097,22	1,1660	1,65
	5	33.750.000,00	150,00	225.000,00	7,0044	3,00
	6	476.348,00	36,25	13.140,63	0,0989	0,75
	7	127.718.809,00	233,00	548.149,39	26,5065	4,65
Superior	8	125.681.744,00	232,50	540.566,64	30,7083	4,65
	9	99.592.921,00	172,00	579.028,61	24,3339	3,45
	10	58.320.000,00	180,00	324.000,00	14,2495	3,60
	11	125.681.744,00	232,50	540.566,64	30,7083	4,65

Fonte: Autor

Definidas as parcelas de forças horizontais que cada painel de contraventamento recebe, faz-se o cálculo do momento fletor atuante para, posteriormente, fazer o dimensionamento à flexo-compressão.

O cálculo do momento fletor atuante é resultado do produto de três fatores: força de arrasto, percentagem da força recebida por cada painel e o braço de alavanca, que é o pé-direito do andar somado à espessura da laje.

3.4.1 Para o Dimensionamento à Compressão Simples

A resistência a compressão do bloco é a principal propriedade analisada. Ele deve ser capaz de suportar as cargas permanentes e variáveis atuantes, ponderadas por coeficientes de majoração aplicadas nas combinações, conforme apresentado a seguir

C1:

$$N_d = \gamma_g N_{G,k} + \gamma_q N_{Q1,k} \quad (2.4)$$

(para ações verticais), onde $\gamma_g = \gamma_q = 1,4$,

$$N_d = 1,4N_{G,k} + 1,4N_{Q1,k} \quad (2.5)$$

Essas combinações são empregadas na determinação dos esforços principais aos quais os blocos serão submetidos. Segundo ABNT NBR 16868-1 (2020), a resistência característica à compressão simples da alvenaria f_k pode ser estimada como 70% da resistência característica de compressão simples de prisma f_{pk} ou 85% da de pequena parede f_{ppk} . Considera-se que a resistência do prisma (f_{pk}) é 80% da resistência do bloco (f_{bk}).

Em paredes de alvenaria estrutural, o esforço resistente de cálculo é obtido através da eq. 2.6:

$$N_{rd} = f_d \cdot A \cdot R \quad (2.6)$$

onde:

N_{rd} – é a força normal resistente de cálculo;

f_d – é a resistência à compressão de cálculo da alvenaria;

A – é a área da seção resistente;

$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]$ – é o coeficiente redutor devido à esbeltez da parede.

em que:

$\lambda = \frac{h_e}{t_e} \leq 24$ para alvenaria não armada.

onde:

h_e – é a altura efetiva da parede;

t_e – é a espessura efetiva da parede.

Para o estado limite último, o esforço solicitante deve ser inferior ao resistente, ou seja $N_{sd} \leq N_{rd}$. Assim:

$$N_{sd} \leq f_d \cdot A \cdot R \quad (2.7)$$

$$N_{sd} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \cdot A \cdot R \quad (2.8)$$

Porém tem-se: $f_k = 0,70f_{pk}$ e $f_{pk} = 0,80f_{bk}$, então $f_k = 0,56f_{bk}$.

Portanto tem-se:

$$f_{bk} \geq \frac{N_{sd} \cdot \gamma_m}{0,56 \cdot A \cdot R} \quad (2.9)$$

onde:

N_{sd} – é a força normal solicitante de cálculo dada pela combinação de ações

γ_m - é o coeficiente de ponderação da resistência para combinações normais

3.4.2 Para o Dimensionamento à Flexo-Compressão

A flexo-compressão na alvenaria resulta da atuação conjunta das ações horizontais, responsáveis por gerar esforços de flexão, e das ações verticais, que produzem esforços de compressão. As ações horizontais são distribuídas entre os painéis de contraventamento, razão pela qual a verificação da flexo-compressão deve ser realizada nesses elementos.

Os momentos fletores provenientes das ações horizontais ocasionam a ocorrência de tração em uma região da seção da alvenaria e compressão na região oposta, tornando necessária também a avaliação das tensões de tração. As tensões normais na seção transversal devem ser determinadas pela superposição das tensões normais lineares decorrentes do momento fletor com

as tensões normais uniformes associadas à força axial de compressão. As tensões normais de compressão devem atender à seguinte expressão:

$$\frac{N_d}{A.R} + \frac{M_d}{W.K} \leq f_d \quad (3.0)$$

onde:

N_d – é a força normal de cálculo;

M_d – é o momento fletor de cálculo;

f_d – é a resistência de cálculo da alvenaria;

A – é a área da seção resistente;

W – é o mínimo módulo de resistência de flexão da seção resistente;

R – é o coeficiente redutor devido à esbeltez do elemento;

$K = 1,5$ – é o fator que ajusta a resistência à compressão na flexão.

Combinação 1 – Sobrecarga de utilização como ação variável principal

$$N_d = \gamma_g N_{G,k} + \gamma_q N_{Q1,k} \quad (3.1)$$

$$M_d = \gamma_g M_{G,k} + \gamma_q \Psi_0 M_{W,k} \quad (3.2)$$

Combinação 2 – Vento como ação variável principal

$$N_d = \gamma_g N_{G,k} + \gamma_q \Psi_0 N_{Q1,k} \quad (3.3)$$

$$M_d = \gamma_g M_{G,k} + \gamma_q M_{W,k} \quad (3.4)$$

onde:

$M_{G,k}$ – é o momento devido ao desaprumo, que é uma ação permanente;

$M_{W,k}$ – é o momento devido ao vento.

3.4.3 Verificação da Tração na Flexo-Compressão

Na verificação da tração, as ações verticais consideradas são somente as permanentes, o coeficiente dado pela ABNT NBR 16868-1 (2020) é 0,9 por ser um efeito favorável. Portanto, as combinações de ações para a verificação à tração são as seguintes:

$$N_d = \gamma_g N_{G,k} \quad (3.5)$$

($\gamma_g = 0,9$, ação favorável);

$$M_d = \gamma_g M_{G,k} + \gamma_q M_{W,k} \quad (3.6)$$

($\gamma_g = 1,4$, ação desfavorável do desaprumo).

3.4.3.1 Verificação da Compressão na Flexo-compressão

A verificação da compressão na flexo-compressão deve ser avaliada para todas as ações verticais, tanto permanentes quanto variáveis. Para tanto, foram consideradas as devidas combinações de ações com intuito de verificar o pior caso.

A maneira de calcular a tensão de compressão no painel é igual à vista no método anterior, porém a parcela da tensão relativa ao momento fletor entra na equação com sinal negativo e o coeficiente de majoração das ações permanentes é desfavorável, portanto, igual a 1.

3.4.4 Dimensionamento ao Cisalhamento

A tensão de cisalhamento de cálculo para peças de alvenaria não armada deve ser tomada como:

$$\tau_{vSd} = \frac{V_d}{A} \leq \tau_{vRd} \quad (3.7)$$

onde:

V_d – é a força cisalhante de cálculo (dada pela combinação $1,4 \times V_{G,k} + 1,4 \times V_{W,k}$)

A – é a área da seção resistente do painel.

As resistências ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes em função da faixa de resistência da argamassa são os valores apresentados na tabela 10.

Tabela 10: Valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes (f_{vk}).

Resistência média de compressão da argamassa MPa		
1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
$0,10 + 0,5 \sigma \leq 1,0$	$0,15 + 0,5 \sigma \leq 1,4$	$0,35 + 0,5 \sigma \leq 1,7$

Fonte: (ABNT NBR 16868-1 (2020))

Sendo σ a tensão de pré-compressão na junta, considerou-se apenas as ações permanentes ponderadas por coeficiente de segurança igual a 0,9 (ação favorável).

4 RESULTADOS

Os cálculos realizados empregando as metodologias apresentadas, foram realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas. A seguir serão apresentadas as tabelas utilizadas com os principais resultados obtidos para definição final do bloco estrutural a ser utilizado na edificação.

As reações de cargas permanentes e as sobrecargas provenientes das lajes para cada grupo de paredes são apresentadas nas Tabelas 11 e 12. A subdivisão dos grupos possibilita a determinação das parcelas de ações de acordo com as respectivas áreas de influência.

Tabela 11: Ações das lajes sobre os grupos de paredes para o pavimento Térreo

Grupo	Paredes Associadas	Ações Devidas à Laje			Ações Devidas à Alvenaria	Área de Influência (m ²)	Comprimento da Paredes (m)	Comprimento Total de Paredes (m)	Reação da Carga Perm. da Laje na Paredes (kN)	Reação da Sobrecarga (Q) da Laje na Paredes (kN)
		Peso Próprio da Laje (kN/m ²)	Peso Próprio do Revestimento (kN/m ²)	Sobrecarga de Utilização (kN/m ²)	Peso Proprio (kN/m ²)					
1	PX1	2,50	1,50	1,50	2,50	16,86	0,60	11,85	67,44	25,29
	PX7						1,95			
	PX8						1,05			
	PX10						1,95			
	PY1						6,30			
2	PX2	2,50	1,50	1,50	2,50	3,04	1,05	1,95	12,16	4,56
	PY3						0,90			
3	PX3	2,50	1,50	1,50	2,50	4,84	0,60	4,35	19,36	7,26
	PX5						1,50			
	PY4						0,45			
	PY6						1,80			
4	PX4	2,50	1,50	1,50	2,50	2,44	1,80	2,10	9,76	3,66
	PY8						0,30			
5	PX6	2,50	1,50	1,50	2,50	5,06	1,80	2,55	20,24	7,59
	PY9						0,75			
6	PX9	2,50	1,50	1,50	2,50	17,32	4,20	10,38	69,28	25,98
	PY5						1,50			
	PY10						4,68			
7	PX11	2,50	1,50	1,50	2,50	4,92	1,20	1,80	19,68	7,38
	PY2						0,60			
8	PX12	2,50	1,50	1,50	2,50	10,73	1,35	4,20	42,92	16,10
	PY7						2,85			

Fonte: Autor

Tabela 12: Ações das lajes sobre os grupos de paredes para o pavimento superior

Grupo	Paredes Associadas	Ações Devidas à Laje			Peso Próprio (kN/m²)	Área de Influência (m²)	Comprimento da Parede (m)	Comprimento Total de Parede (m)	Reação da Carga Perm. da Laje (kN)	Reação da Sobrecarga (Q) da Laje na Parede (kN)
		Peso Próprio da Laje (kN/m²)	Peso Próprio do Revestimento (kN/m²)	Sobrecarga de Utilização (kN/m²)						
9	PX13	2,50	1,50	1,50	2,50	8,82	0,60	7,65	35,28	13,23
	PX16						2,10			
	PX18						0,30			
	PY11						4,65			
10	PX14	2,50	1,50	1,50	2,50	7,10	1,05	4,80	28,40	10,65
	PX17						0,60			
	PY12						3,15			
11	PX15	2,50	1,50	1,50	2,50	15,07	3,45	11,55	60,28	22,61
	PY13						3,45			
	PY14						4,65			
12	PX19	2,50	1,50	1,50	2,50	1,78	0,75	0,75	7,12	2,67
13	PX20	2,50	1,50	1,50	2,50	2,08	1,05	1,05	8,32	3,12

Fonte: Autor

Na tabela 13, são apresentados os resultados do cálculo do peso próprio de cada grupo de paredes considerando os pontos grauteados, somado às reações provenientes das lajes, totalizando as cargas verticais totais atuantes nos grupos. Essas cargas, distribuídas pelo comprimento linear de cada grupo, fornece a ação distribuída a cada metro, conforme demonstrado abaixo.

Tabela 13: Ações totais nos grupos de paredes

Pavimento	Grupo	Ações Permanentes								Reação da Sobrecarga (Q) Total das Lajes na parede (kN)	Ações Distribuídas	
		Reação Perm. (G) Total das Lajes nas Paredes (kN)	Comp. Total do Grupo (m)	Comp. dos Vãos (m)	Comp. Total (m)	Peso Próprio paredes sem graute (kN)	Núm. De Pontos de Graute	Peso Próprio do Graute (kN)	Carga Perm. (G) Total (kN)		G (kN/m)	Q (kN/m)
Superior	9	35,28	7,65	2,03	9,68	81,19	6,00	0,90	121,87	13,23	15,93	1,73
	10	28,40	4,80	1,95	6,75	56,61	6,00	0,90	90,42	10,65	18,84	2,22
	11	60,28	11,55	1,87	13,42	112,56	7,00	0,90	179,14	22,61	15,51	1,96
	12	7,12	0,75	1,50	2,25	18,87	2,00	0,90	27,79	2,67	37,06	3,56
	13	8,32	1,05	2,02	3,07	25,75	3,00	0,90	36,77	3,12	35,02	2,97
Térreo	1	67,44	11,85	4,43	16,28	136,55	7,00	0,90	210,29	25,29	17,75	2,13
	2	12,16	1,95	1,58	3,53	29,61	4,00	0,90	45,37	4,56	23,27	2,34
	3	19,36	4,35	1,82	6,17	51,75	8,00	0,90	78,31	7,26	18,00	1,67
	4	9,76	2,10	1,13	3,23	27,09	3,00	0,90	39,55	3,66	18,83	1,74
	5	20,24	2,55	1,88	4,43	37,16	4,00	0,90	61,00	7,59	23,92	2,98
	6	69,28	10,38	3,53	13,91	116,67	7,00	0,90	192,25	25,98	18,52	2,50
	7	19,68	1,80	1,80	3,60	30,19	3,00	0,90	52,58	7,38	29,21	4,10
	8	42,92	4,20	2,77	6,97	58,46	3,00	0,90	104,08	16,10	24,78	3,83

Fonte: Autor

A tabela 14 mostra os resultados das ações horizontais do desaprumo, para ambos os pavimentos, considerando o somatório das cargas verticais totais atuantes.

Tabela 14: Ações devidas ao desaprumo no pavimento térreo e superior

Pavimento	Δp (kN)	Φ (rad)	Fd (kN)
Superior	456,00	0,004152274	1,89
Térreo	783,43	0,004152274	3,25

Fonte: Autor

As velocidades características do vento em cada pavimento, pressão dinâmica, coeficientes principais para determinação da força horizontal de arrasto estão sintetizados nas tabelas abaixo. A tabela 15 e tabela 16 representam os resultados para as forças de arrasto nas direções X e Y, respectivamente.

Tabela 15: Forças de arrasto na direção X da edificação

Pavimento	Z (m)	S1	S2	S3	V_o (m/s)	V_k (m/s)	q (kN/m²)	Coeficiente de Arrasto (C_a)	Área de Influência (m²)	Força de Arrasto (kN)
Superior	5,80	1	0,79	1	33,00	26,05	0,42	1,00	6,90	2,87
Térreo	2,90	1	0,73	1	33,00	23,97	0,35	1,00	19,41	6,84

Fonte: Autor

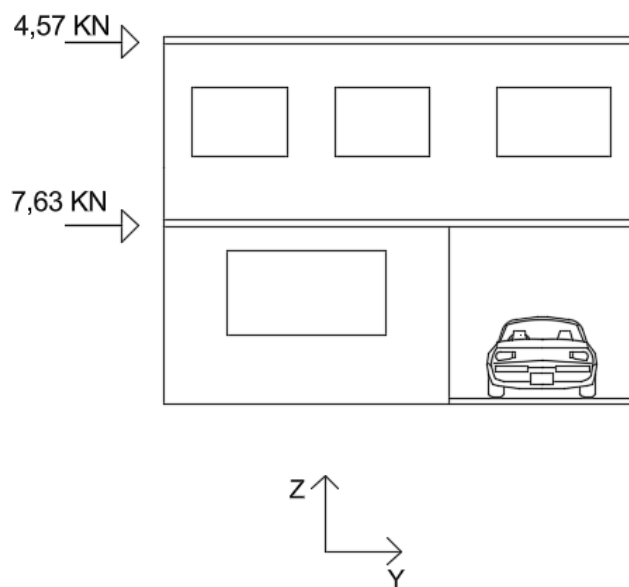
Tabela 16: Forças de arrasto na direção Y da edificação

Pavimento	Z (m)	S1	S2	S3	V_o (m/s)	V_k (m/s)	q (kN/m²)	Coeficiente de Arrasto (C_a)	Área de Influência (m²)	Força de Arrasto (kN)
Superior	5,80	1	0,79	1	33,00	26,05	0,42	1,00	10,98	4,57
Térreo	2,90	1	0,73	1	33,00	23,97	0,35	1,00	21,67	7,63

Fonte: Autor

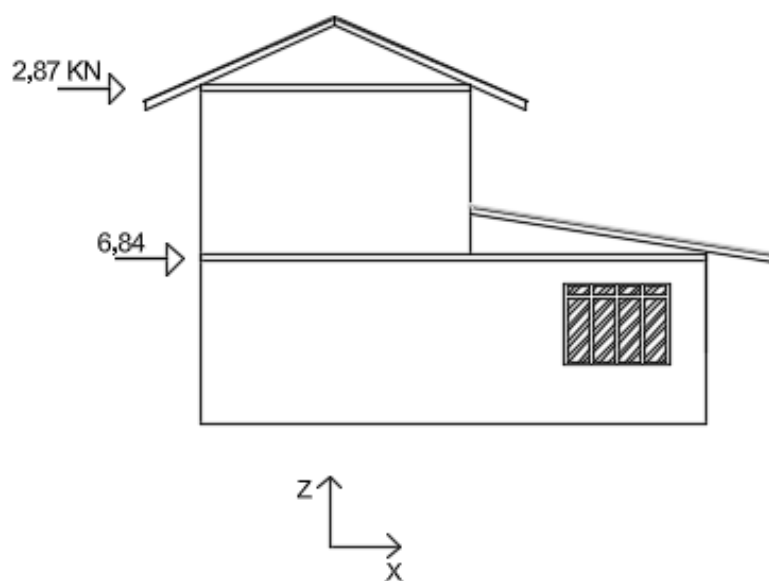
A figuras 29 e 30 mostram o esquema das forças de arrasto atuantes na edificação.

Figura 30: Esquema de ação das forças de arrasto na direção X



Fonte: Autor

Figura 31: Esquema de ação das forças de arrasto na direção Y



Fonte: Autor

As ações horizontais são distribuídas nos painéis de contraventamento considerando as propriedades geométricas, momentos de inércia e módulo de resistência à flexão em cada direção. Nas tabelas 17 e 18, a seguir, são apresentadas essas propriedades, assim como a inércia total de cada pavimento nas direções X e Y.

Tabela 17: Inércia dos painéis de contraventamento na direção X juntamente com a percentagem de ação horizontal que cada painel recebe

Pavimento	Painel	I _y (cm ⁴)	x (cm)	W _y (cm ³)	R _i (%)	Comp. Painel (m)	Inércia total (cm ⁴)
Térreo	1	527.344,00	37,50	14.062,51	0,3363	0,75	156.791.027,00
	2	1.447.031,00	52,500	27.562,50	0,9229	1,05	
	3	269.999,00	30,00	8.999,97	0,1722	0,60	
	4	9.268.594,00	97,50	95.062,50	5,9114	1,95	
	5	4.218.744,00	75,00	56.249,92	2,6907	1,50	
	6	9.268.594,00	97,50	95.062,50	5,9114	1,95	
	7	11.576.250,00	105,00	110.250,00	7,3832	2,10	
	8	102.487.283,00	217,00	472.291,63	65,3655	4,35	
	9	11.576.250,00	105,00	110.250,00	7,3832	2,10	
	10	3.075.469,00	67,50	45.562,50	1,9615	1,35	
	11	3.075.469,00	67,50	45.562,50	1,9615	1,35	
Superior	12	527.346,00	37,00	14.252,59	0,8356	0,75	63.108.315,00
	13	1.447.035,00	52,50	27.562,57	2,2929	1,05	
	14	44.921.250,00	165,00	272.250,00	71,1812	3,30	
	15	14.238.303,00	112,00	127.127,71	22,5617	2,25	
	16	527.346,00	37,00	14.252,59	0,8356	0,75	
	17	1.447.035,00	52,50	27.562,57	2,2929	1,05	

Fonte: Autor

Tabela 18: Inércia dos painéis de contraventamento na direção Y juntamente com a percentagem de ação horizontal que cada painel recebe

Pavimento	Painel	I _x (cm ⁴)	y (cm)	W _x (cm ³)	R _i (%)	Comp. Painel (m)	Inércia total (cm ⁴)
Térreo	1	312.558.750,00	315,00	992.250,00	64,8679	6,30	481.838.959,00
	2	270.000,00	30,00	9.000,00	0,0560	0,60	
	3	1.447.031,00	52,50	27.562,50	0,3003	1,05	
	4	5.618.021,00	82,50	68.097,22	1,1660	1,65	
	5	33.750.000,00	150,00	225.000,00	7,0044	3,00	
	6	476.348,00	36,25	13.140,63	0,0989	0,75	
	7	127.718.809,00	233,00	548.149,39	26,5065	4,65	
Superior	8	125.681.744,00	232,50	540.566,64	30,7083	4,65	409.276.409,00
	9	99.592.921,00	172,00	579.028,61	24,3339	3,45	
	10	58.320.000,00	180,00	324.000,00	14,2495	3,60	
	11	125.681.744,00	232,50	540.566,64	30,7083	4,65	

Fonte: Autor

Os resultados dos momentos atuantes em cada painel, tanto devido ao

desaprumo quanto ao vento são mostrados nas tabelas 19 e 20 respectivamente. Os momentos foram analisados em ambas as direções, tanto em X como em Y.

Tabela 19: – Momentos fletores devidos ao vento nos pavimentos superior e térreo

Pavimento	Força do vento(Arrasto) na direção X (kN)	Força do vento na direção Y para o Pav. (kN)	Painel	Forças do vento em cada painel (kN)		Altura do Pavimento (m)	Altura Acumula (m)	Mky (kN.m)	Mkx (kN.m)
				Direção X	Direção Y				
Superior	2,87	4,57	8	-	1,403	2,90	2,90	-	8,14
			9	-	1,112	2,90	2,90	-	6,45
			10	-	0,651	2,90	2,90	-	3,78
			11	-	1,403	2,90	2,90	-	8,14
			12	0,024	-	2,90	2,90	0,14	-
			13	0,066	-	2,90	2,90	0,38	-
			14	2,043	-	2,90	2,90	11,85	-
			15	0,648	-	2,90	2,90	3,76	-
			16	0,024	-	2,90	2,90	0,14	-
Térreo	6,84	7,63	17	0,066	-	2,90	2,90	0,38	-
			1	0,023	4,952	2,90	5,80	0,07	14,36
			2	0,063	0,004	2,90	5,80	0,18	0,01
			3	0,012	0,023	2,90	5,80	0,03	0,07
			4	0,404	0,089	2,90	5,80	1,17	0,26
			5	0,184	0,535	2,90	5,80	0,53	1,55
			6	0,404	0,008	2,90	5,80	1,17	0,02
			7	0,505	2,024	2,90	5,80	1,46	5,87
			8	4,470	-	2,90	5,80	12,96	-
			9	0,505	-	2,90	5,80	1,46	-
			10	0,134	-	2,90	5,80	0,39	-
			11	0,134	-	2,90	5,80	0,39	-

Fonte: Autor

Tabela 20: Momentos fletores devidos ao desaprumo nos pavimentos superior e térreo

Pavimento	Força do desapumo na direção X (kN)	Força do desapumo na direção Y (kN)	Painel	Forças do vento em cada painel (kN)		Altura do Pavimento (m)	Altura Acumula (m)	Mky (kN.m)	Mkx (kN.m)
				Direção X	Direção Y				
Superior	1,89	1,89	8	-	0,581	2,90	2,90	-	3,37
			9	-	0,461	2,90	2,90	-	2,67
			10	-	0,270	2,90	2,90	-	1,56
			11	-	0,581	2,90	2,90	-	3,37
			12	0,016	-	2,90	2,90	0,09	-
			13	0,043	-	2,90	2,90	0,25	-
			14	1,348	-	2,90	2,90	7,82	-
			15	0,427	-	2,90	2,90	2,48	-
			16	0,016	-	2,90	2,90	0,09	-
Térreo	3,25	3,25	17	0,043	-	2,90	2,90	0,25	-
			1	0,011	2,110	2,90	5,80	0,03	6,12
			2	0,030	0,002	2,90	5,80	0,09	0,01
			3	0,006	0,010	2,90	5,80	0,02	0,03
			4	0,192	0,038	2,90	5,80	0,56	0,11
			5	0,088	0,228	2,90	5,80	0,25	0,66
			6	0,192	0,003	2,90	5,80	0,56	0,01
			7	0,240	0,862	2,90	5,80	0,70	2,50
			8	2,126	-	2,90	5,80	6,17	-
			9	0,240	-	2,90	5,80	0,70	-
			10	0,064	-	2,90	5,80	0,19	-
			11	0,064	-	2,90	5,80	0,19	-

Fonte: Autor

No cálculo da resistência característica do bloco à compressão, inicialmente determinou-se o valor de f_{pk} a partir das combinações de ações. Em seguida, esse valor foi dividido por 0,8, obtendo-se assim a resistência característica por grupo de paredes. Na tabela 21 a seguir estão os resultados de f_{bk} para compressão simples de cada grupo de paredes.

Tabela 21: Resistências características do bloco para os grupos de paredes

Pavimento	Grupo	Comp. Parede (m)	R	Carga Perm. (N _{G,k}) Total (kN)	Sobrecarga (N _{Q,k}) Total (kN)	A (m²)	f_{pk} (MPa)	f_{bk} (MPa)
Térreo	1	11,85	0,875	332,16	38,52	1,66	1,02	1,28
	2	1,95	0,875	135,79	15,21	0,27	2,53	3,16
	3	4,35	0,875	78,31	7,26	0,61	0,64	0,80
	4	2,10	0,875	39,55	3,66	0,29	0,67	0,84
	5	2,55	0,875	61,00	7,59	0,36	0,88	1,10
	6	10,38	0,875	435,96	54,38	1,45	1,54	1,93
	7	1,80	0,875	52,58	7,38	0,25	1,09	1,36
	8	4,20	0,875	104,08	16,10	0,59	0,93	1,17
Superior	9	7,65	0,875	121,87	13,23	1,07	0,58	0,72
	10	4,80	0,875	90,42	10,65	0,67	0,69	0,86
	11	11,55	0,875	179,14	22,61	1,62	0,57	0,71
	12	0,75	0,875	27,79	2,67	0,11	1,33	1,66
	13	1,05	0,875	36,77	3,12	0,15	1,24	1,55

Fonte: Autor

Percebe-se que o Grupo 2 está submetido ao maior esforço de compressão, sendo esse equivalente a 3,16 MPa. Esse resultado, evidencia como esperado, a utilização do bloco mínimo de 4 MPa como requerido pela norma. Mas antes da conclusão da escolha, é necessário conferir os esforços de tração e compressão provocados pela flexo compressão, tanto na direção X como em Y.

As tabelas 22 e 23 apresentam as verificações desses esforços que causam compressão dos painéis nas direções X e Y. Apesar da compressão causada pela flexo compressão ser inferior à da compressão simples, evidencia-se a importância e necessidade de sua aferição. Já nas tabelas 24 e 25, exibem as verificações dos esforços de tração, onde o sinal negativo representa o esforço de tração e o positivo compressão.

Tabela 22: Verificação da compressão causada pela flexo-compressão na direção X

Pav.	Grupo	Painel	Comp. do Painel (m)	Área da seção resistente do painel (m²)	W _y (cm³)	N _{G,k} (kN/m)	N _{Q,k} (kN/m)	M _{ky} devido ao desaprumo (kN.m)	M _{ky} devido ao vento (kN.m)	Combinação 1			Combinação 2			f _{bk} (MPa)
										N _d (kN)	M _d (kN.m)	f _d (MPa)	N _d (kN)	M _d (kN.m)	f _d (MPa)	
Térreo	1	1	0,75	0,11	14062,51	33,68	3,86	0,03	0,07	39,42	0,09	-0,42	37,39	0,14	-0,40	1,43
		7	2,10	0,29	110250,00	33,68	3,86	0,70	1,46	110,37	2,00	-0,42	104,69	3,02	-0,39	1,39
		9	2,10	0,29	110250,00	33,68	3,86	0,70	1,46	110,37	2,00	-0,42	104,69	3,02	-0,39	1,39
	2	2	1,05	0,15	27562,50	42,10	4,56	0,09	0,18	68,59	0,25	-0,53	65,24	0,38	-0,50	1,78
		3	0,60	0,08	8999,97	18,00	1,67	0,02	0,03	16,52	0,05	-0,22	15,82	0,07	-0,21	0,75
	3	5	1,50	0,21	56249,92	18,00	1,67	0,25	0,53	41,31	0,73	-0,22	39,56	1,10	-0,20	0,72
		4	1,95	0,27	95062,50	18,83	1,74	0,56	1,17	56,18	1,60	-0,22	53,80	2,42	-0,21	0,74
	5	6	1,95	0,27	95062,50	23,92	2,98	0,56	1,17	73,43	1,60	-0,30	69,37	2,42	-0,27	0,98
		8	4,35	0,61	472291,63	71,09	10,99	6,17	12,96	499,87	17,71	-0,91	466,40	26,78	-0,84	2,99
	7	10	1,35	0,19	45562,50	29,21	4,10	0,19	0,39	62,95	0,53	-0,37	59,08	0,80	-0,35	1,23
		11	1,35	0,19	45562,50	24,78	3,83	0,19	0,39	54,08	0,53	-0,32	50,46	0,80	-0,29	1,05
Superior	9	12	0,75	0,11	14252,59	15,93	1,73	0,09	0,14	18,54	0,23	-0,19	17,64	0,32	-0,18	0,63
		15	1,05	0,15	27562,57	15,93	1,73	2,48	3,76	25,96	6,10	-0,05	24,69	8,73	0,02	-0,07
	10	13	3,30	0,46	272250,00	18,84	2,22	0,25	0,38	97,28	0,62	-0,24	92,15	0,89	-0,23	0,81
		14	2,25	0,32	127127,71	15,51	1,96	7,82	11,85	55,02	19,24	-0,10	51,94	27,54	-0,04	0,16
	12	16	0,75	0,11	14252,59	37,06	3,56	0,09	0,14	42,65	0,23	-0,45	40,78	0,32	-0,43	1,53
		17	1,05	0,15	27562,57	35,02	2,97	0,25	0,38	55,85	0,62	-0,42	53,66	0,89	-0,40	1,41
	13															

Fonte: Autor

Tabela 23: Verificação da compressão causada pela flexo-compressão na direção Y

Pav.	Grupo	Painel	Comp. do Painel (m)	Área da seção resistente do painel (m²)	W _x (cm³)	N _{G,k} (kN/m)	N _{Q,k} (kN/m)	M _{lx} devido ao desaprumo (kN.m)	M _{lx} devido ao vento (kN.m)	Combinação 1			Combinação 2			f _{bk} (MPa)
										N _d (kN)	M _d (kN.m)	f _d (MPa)	N _d (kN)	M _d (kN.m)	f _d (MPa)	
Térreo	1	1	6,30	0,88	992250,00	33,68	3,86	6,12	14,36	331,11	20,63	-0,42	314,07	28,67	-0,39	1,38
		2	3	1,05	27562,50	42,10	4,56	0,03	0,07	68,59	0,10	-0,53	65,24	0,13	-0,50	1,80
		5	6	0,75	13140,63	23,92	2,98	0,01	0,02	28,24	0,03	-0,31	26,68	0,04	-0,29	1,03
	6	4	1,65	0,23	68097,22	34,03	4,46	0,11	0,26	88,92	0,37	-0,44	83,76	0,52	-0,41	1,46
		7	4,65	0,65	548149,39	34,03	4,46	2,50	5,87	250,58	8,43	-0,43	236,06	11,72	-0,40	1,43
	7	2	0,60	0,08	9000,00	29,21	4,10	0,01	0,01	27,98	0,02	-0,38	26,26	0,02	-0,36	1,27
		8	5	3,00	225000,00	24,78	3,83	0,66	1,55	120,18	2,23	-0,32	112,13	3,10	-0,30	1,06
Superior	9	8	4,65	0,65	540566,64	15,93	1,73	3,37	6,45	114,97	10,14	-0,19	109,34	13,75	-0,17	0,62
		10	3,45	0,48	579028,61	18,84	2,22	2,67	3,78	101,70	6,91	-0,23	96,34	9,03	-0,22	0,78
	11	10	3,60	0,50	324000,00	15,51	1,96	1,56	8,14	88,04	9,03	-0,18	83,10	13,58	-0,16	0,57
		11	4,65	0,65	540566,64	15,51	1,96	3,37	8,14	113,71	11,56	-0,19	107,34	16,11	-0,17	0,60

Fonte: Autor

Tabela 24: Verificação da tração causada pela flexo-compressão na direção X

Pavimento	Grupo	Painel	Comp. do Pannel (m)	Área da seção resistente do painel (m²)	W _y (cm³)	N _{G,k} (kN/m)	N _{Q,k} (kN/m)	N _{G,k} (kN/m)	N _{Q,k} (kN/m)	M _{ky} devido ao desaprumo (kN.m)	M _{ky} devido ao vento (kN.m)	Combinação		f _d (MPa)
												N _d (kN)	M _d (kN.m)	
Térreo	1	1	0,75	0,11	14062,51	17,75	2,13	33,68	3,86	0,03	0,07	22,73	0,14	-0,24
		7	2,10	0,29	110250,00	17,75	2,13	33,68	3,86	0,70	1,46	63,65	3,02	-0,23
		9	2,10	0,29	110250,00	17,75	2,13	33,68	3,86	0,70	1,46	63,65	3,02	-0,23
	2	2	1,05	0,15	27562,50	23,27	2,34	42,10	4,56	0,09	0,18	39,79	0,38	-0,30
		3	0,60	0,08	8999,97	18,00	1,67	18,00	1,67	0,02	0,03	9,72	0,07	-0,13
	3	5	1,50	0,21	56249,92	18,00	1,67	18,00	1,67	0,25	0,53	24,30	1,10	-0,12
		4	0,00	0,00	95062,50	18,83	1,74	18,83	1,74	0,56	1,17	0,00	2,42	0,00
	5	6	1,95	0,27	95062,50	23,92	2,98	23,92	2,98	0,56	1,17	41,98	2,42	-0,16
	6	8	4,35	0,61	472291,63	18,52	2,50	106,11	10,99	6,17	12,96	415,41	26,78	-0,74
	7	10	1,35	0,19	45562,50	29,21	4,10	29,21	4,10	0,19	0,39	35,49	0,80	-0,20
	8	11	1,35	0,19	45562,50	24,78	3,83	24,78	3,83	0,19	0,39	30,11	0,80	-0,17
Superior	9	12	0,75	0,11	14252,59	15,93	1,73	15,93	1,73	0,09	0,14	10,75	0,32	-0,10
		15	1,05	0,15	27562,57	15,93	1,73	15,93	1,73	2,48	3,76	15,05	8,73	0,09
	10	13	3,30	0,46	272250,00	18,84	2,22	18,84	2,22	0,25	0,38	55,95	0,89	-0,14
	11	14	2,25	0,32	127127,71	15,51	1,96	15,51	1,96	7,82	11,85	31,41	27,54	0,03
	12	16	0,75	0,11	14252,59	37,06	3,56	37,06	3,56	0,09	0,14	25,01	0,32	-0,26
	13	17	1,05	0,15	27562,57	35,02	2,97	35,02	2,97	0,25	0,38	33,09	0,89	-0,24

Fonte: Autor

Tabela 25: Verificação da tração causada pela flexo-compressão na direção Y

Pav.	Grupo	Painel	Comp. do Pannel (m)	Área da seção resistente do painel (m²)	W _x (cm³)	N _{G,k} (kN/m)	N _{Q,k} (kN/m)	M _{kx} devido ao desaprumo (kN.m)	M _{kx} devido ao vento (kN.m)	Combinação		f _d (MPa)
										N _d (kN)	M _d (kN.m)	
Térreo	1	1	6,30	0,88	992250,00	33,68	3,86	6,12	14,36	190,95	28,67	-0,23
	2	3	1,05	0,15	27562,50	42,10	4,56	0,03	0,07	39,79	0,13	-0,31
	5	6	0,75	0,11	13140,63	23,92	2,98	0,01	0,02	16,15	0,04	-0,17
	6	4	1,65	0,23	68097,22	34,03	4,46	0,11	0,26	50,54	0,52	-0,24
		7	4,65	0,65	548149,39	34,03	4,46	2,50	5,87	142,42	11,72	-0,24
	7	2	0,60	0,08	9000,00	29,21	4,10	0,01	0,01	15,77	0,02	-0,21
Superior	8	5	3,00	0,42	225000,00	24,78	3,83	0,66	1,55	66,91	3,10	-0,17
	9	8	4,65	0,65	540566,64	15,93	1,73	3,37	6,45	66,67	13,75	-0,10
	10	9	3,45	0,48	579028,61	18,84	2,22	2,67	3,78	58,49	9,03	-0,13
	11	10	3,60	0,50	324000,00	15,51	1,96	1,56	8,14	50,25	13,58	-0,09
		11	4,65	0,65	540566,64	15,51	1,96	3,37	8,14	64,91	16,11	-0,09

Fonte: Autor

Os resultados acima indicam a presença de um esforço de tração mínimo, que é absorvido pela estrutura como um todo.

A última verificação consiste no cisalhamento do bloco. A tabela 26 e 27 mostram os resultados dessa verificação para as direções X e Y, respectivamente, onde conclui-se que o esforço é inferior ao requerido pela norma. Assim, a tensão atuante é menor que a resistência de cálculo ao cisalhamento, não sendo necessária a utilização de estribos.

Tabela 26: Verificação do cisalhamento na direção X para o pavimento térreo

Pavimento	Painel	Força do Vento (KN)	Força devido ao desaprumo (KN)	V _d (KN)	Comp. do Painel (m)	Área da seção resistente do painel (m²)	N _{G,k} (KN/m)	σ (Mpa)	τ _{vRd} (Mpa)	τ _{vSd} (Mpa)	Verificação (τ _{vSd} ≤ τ _{vRd})
Térreo	1	0,023	0,011	0,048	0,75	0,105	17,75	0,11	0,079	0,000	OK
	7	0,505	0,240	1,043	2,10	0,294	17,75	0,11	0,079	0,000	OK
	9	0,505	0,240	1,043	2,10	0,294	17,75	0,11	0,079	0,000	OK
	2	0,063	0,030	0,130	1,05	0,147	23,27	0,15	0,087	0,000	OK
	3	0,012	0,006	0,024	0,60	0,084	18,00	0,12	0,079	0,000	OK
	5	0,184	0,088	0,380	1,50	0,210	18,00	0,12	0,079	0,000	OK
	4	0,404	0,192	0,835	1,95	0,273	18,83	0,12	0,080	0,000	OK
	6	0,404	0,192	0,835	1,95	0,273	23,92	0,15	0,088	0,000	OK
	8	4,470	2,126	9,235	4,35	0,609	18,52	0,12	0,080	0,002	OK
	10	0,134	0,064	0,277	1,35	0,189	29,21	0,19	0,097	0,000	OK
	11	0,134	0,064	0,277	1,35	0,189	24,78	0,16	0,090	0,000	OK
Superior	12	0,024	0,016	0,056	0,75	0,105	15,93	0,10	0,076	0,000	OK
	15	0,648	0,427	1,505	1,05	0,147	15,93	0,10	0,076	0,001	OK
	13	0,066	0,043	0,153	3,30	0,462	18,84	0,12	0,080	0,000	OK
	14	2,043	1,348	4,748	2,25	0,315	15,51	0,10	0,075	0,002	OK
	16	0,024	0,016	0,056	0,75	0,105	37,06	0,24	0,110	0,000	OK
	17	0,066	0,043	0,153	1,05	0,147	35,02	0,23	0,106	0,000	OK

Fonte: Autor

Tabela 27: Verificação do cisalhamento na direção Y para o pavimento. térreo

Pavimento	Painel	Força do Vento (KN)	Força devido ao desaprumo (KN)	V _d (KN)	Comp. do Painel (m)	Área da seção resistente do painel (m²)	N _{G,k} (KN/m)	σ (Mpa)	τ _{vRd} (Mpa)	τ _{vSd} (Mpa)	Verificação (τ _{vSd} ≤ τ _{vRd})
Térreo	1	4,952	2,110	9,89	6,30	0,882	33,68	0,22	0,104	0,002	OK
	3	0,023	0,010	0,05	1,05	0,147	42,10	0,27	0,118	0,000	OK
	6	0,008	0,003	0,02	0,75	0,105	23,92	0,15	0,088	0,000	OK
	4	0,089	0,038	0,18	1,65	0,231	34,03	0,22	0,105	0,000	OK
	7	2,024	0,862	4,04	4,65	0,651	34,03	0,22	0,105	0,001	OK
	2	0,004	0,002	0,01	0,60	0,084	29,21	0,19	0,097	0,000	OK
	5	0,535	0,228	1,07	3,00	0,420	24,78	0,16	0,090	0,000	OK
	8	1,403	0,581	2,78	4,65	0,651	15,93	0,10	0,076	0,001	OK
Superior	9	1,112	0,461	2,20	3,45	0,483	18,84	0,12	0,080	0,001	OK
	10	0,651	0,270	1,29	3,60	0,504	15,51	0,10	0,075	0,000	OK
	11	1,403	0,581	2,78	4,65	0,651	15,51	0,10	0,075	0,001	OK

Fonte: Autor

A maior tensão de compressão axial foi observada no Grupo 2 de paredes, localizado no pavimento térreo, permanecendo dentro dos limites normativos. Com base nos valores obtidos, adotaram-se blocos de 4 MPa e 14 cm de

espessura, atendendo às exigências de cálculo. Tal resultado confirma a viabilidade técnica do sistema em edificações residenciais de pequeno porte sem a necessidade de blocos de maior resistência ou outras soluções estruturais.

5 CONCLUSÃO

O dimensionamento realizado para a edificação em alvenaria estrutural permitiu avaliar a viabilidade técnica do sistema para o porte do projeto estudado. A partir das análises de distribuição de cargas e das verificações de segurança, obteve-se como solução um bloco estrutural com resistência característica de 4 MPa, valor compatível com as solicitações atuantes e adequado às exigências normativas para edificações de pequeno porte.

Ao comparar os resultados com parâmetros usuais observados em obras similares de alvenaria estrutural, verifica-se coerência com valores de tensão, esbeltez e resistência relatados na literatura e em projetos executados para edificações de perfil semelhante. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que o método apresentou desempenho compatível com a prática profissional e alinhado às recomendações normativas, demonstrando que a alvenaria estrutural se apresenta como uma solução tecnicamente viável para o dimensionamento de sobrados unifamiliares.

Durante o desenvolvimento do projeto, constatou-se que a alvenaria estrutural, embora eficiente, apresenta desafios específicos. Entre eles, destacam-se a necessidade de rigor na modulação, a compatibilização entre arquitetura e estrutura, a limitação de alterações posteriores no layout e a atenção aos detalhes construtivos, como pontos de concentração de tensões, aberturas, vergas, contravergas, ligações entre paredes e execução adequada das amarrações. Além disso, critérios como verificação de tensões de flexo compressão atuantes, conferência das tensões de esmagamento e cisalhamento mostraram-se fundamentais para garantir a segurança e o bom desempenho da solução.

De modo geral, o estudo evidenciou que, quando corretamente dimensionada e executada, a alvenaria estrutural se apresenta como um sistema racional, econômico e seguro. Entretanto, demanda metodologia de projeto criteriosa, planejamento detalhado e compreensão aprofundada dos limites e particularidades do material. O trabalho, portanto, reforça a importância do conhecimento técnico e da aplicação rigorosa das normas para obtenção de projetos eficientes e confiáveis em alvenaria estrutural.

6 REFERÊNCIAS

ALTOQI. **Alvenaria como sistema estrutural em 3 estágios**. Blog AltoQi.2024. Disponível em: <<https://blog.altoqi.com.br/estrutural/alvenaria-como-sistema-estrutural-estagios>> Acesso em: 01 de junho de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1:2017 Componentes cerâmicos — Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2:2017— Componentes cerâmicos — Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural — Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1:2020 — Alvenaria estrutural — Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023 — Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:2019 — Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122:2019 — Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123:2023 — Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136:2016 — Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480:2024 — Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado — Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BASTOS, M. M. **Execução e controle de obras em alvenaria estrutural**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

BECKENKAMP, M. C. **Tecnologia da construção: materiais e sistemas construtivos**. São Paulo: Bookman, 2013

BLOK. **Tijolos empilhados para construção modular [imagem]**. Disponível em: [https://cdn.prod.websitefiles.com/5b5694df76451f74367f58e3/65a9d16a52ce3e7600a115d0_Tijolos---Blok-\(1\).webp](https://cdn.prod.websitefiles.com/5b5694df76451f74367f58e3/65a9d16a52ce3e7600a115d0_Tijolos---Blok-(1).webp) >Acesso em: 24 de maio de 2025.

CAMACHO, J. S (2006). **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. UNESP, NEPAE, Ilha Solteira, SP.

CAMPOS FILHO, A. **Sistemas de lajes: conceitos, dimensionamento e detalhamento**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2011.

CARBONERO, G. **Orçamento de obras públicas**: parâmetros de composições do bônus e despesas indiretas - BDI, incidentes sobre as despesas diretas e dos encargos sociais e trabalhistas, incidentes sobre a mão de obra, referentes às obras da secretaria de estado de obras públicas do Paraná - SEOP PR. 2010, 88 p. Monografia (Especialização em Gestão de Obras Públicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CARVALHO, C. A. **Imagem ilustrativa do grauteamento em aplicação estrutural**. Disponível em: <<https://cacarvalho.com.br/grauteamento/>> Acesso em: 24 de maio de 2025.

CONSTRUINDODECOR. **"Argamassa de assentamento: traço, cálculo, preço, alvenaria"**. ConstruindoDECOR,2018. Disponível em:<<https://construindodecor.com.br/argamassa-de-assentamento/>> Acesso em: 26 de maio de 2025.

CORDEIRO, Thailon. **Modulação vertical e horizontal no projeto de estruturas em alvenaria estrutural**. Prezi, 2023. Disponível em: <<https://prezi.com/p/f4wxbkhh7klv/modulacao-vertical-e-horizontal-no-projeto-de-estruturas-em-alvenaria-estrutural/>> Acesso em: 06 junho de 2025.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de Concreto Armado – Fundamentos de Projeto, Dimensionamento e Verificação**. 2ª Ed. Brasília: Editora UnB, 2008.

FIORITO, H. T. **Concreto armado: fundamentos do dimensionamento**. São Paulo: Pini, 2001.

Ftool. PUC-Rio. Disponível em: < <https://www.ftool.com.br/Ftool/site/about>> Acesso em 03 de junho de 2025.

GOMES, Valtencir Lúcio de Lima. **Alvenaria estrutural**. Natal: Instituto Federal do Rio Grande do Norte,[s.d.].Disponível em:<<https://docentes.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/alvenaria-estrutural>> Acesso em: 04 junho de 2025.

HELENE, Paulo R. L. **Vida útil das estruturas de concreto**. 1997, Anais.Porto Alegre: UFRGS, 1997. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/directbitstream/6ae108f67a524e30bc791614cbdf1807/Helene1997vida%20util.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2025

HR PREMO. **Amarração com bloco estrutural de concreto: entenda o processo**. Disponível em: <<https://www.hrpremo.com.br/blog-post/amaracao-com-bloco-estrutural-de-concreto>> Acesso em 04 de junho de 2025.

LAVANDOSCKI, Fabio Loveni. **Estudo comparativo entre soluções para edifícios de alvenaria estrutural em função do número de paredes estruturais e tipo de**

laje. 2011. Dissertação – Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2011.

MELHADO, S. B. **Fundações: análise e projeto**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

MENDONÇA, E. C. G. **Emprego dos custos unitários de projetos padrões na avaliação de imóveis: comparativo entre o CUB e o SINAPI**. Revista Especialize. Goiás, 22 p., 2012.

MELO, Márcia. **Modulação na alvenaria estrutural**. Acervir. Disponível em: <<https://acervir.com.br/modulacao-eng-marcia-melo/>> Acesso em: 04 de junho de 2025.

MELO, M. **Modulação**. São Paulo: Soluções Engenharia, 2020.

MOHAMAD, Gihad et al. **Ação do vento em um edifício: os painéis de fachada resistem à ação do vento...** *ResearchGate*, [s.d.]. Figura. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/figure/Acao-do-vento-em-um-edificio-os-paineis-de-fachada-resistem-a-acao-do-vento-sofrendo-fig9-274138764>> Acesso em: 01 de junho de 2025.

MUSSO JUNIOR, Fernando. **Dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Notas de aula - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

NESE, R. A.; TAUILL, H. G. **Alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Paulo: PINI, 2010.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Notas de Aula - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Alvenaria estrutural**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2003.

RODRIGUES, Jessica da Silva. MATUTI, Bruna Barbosa. **Alvenaria Estrutural E Sua Aplicação Dentro Da Construção Civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed.11, Vol. 08, pp. 128-157 Novembro de 2018. ISSN:2448-0959

SILVA, A. L. **Sistemas construtivos: conceitos e aplicações para edifícios**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

Souza, M. F.; Oliveira, A. P. **O uso de softwares na engenharia estrutural: avanços, desafios e perspectivas**. Revista Engenharia e Construção, v. 10, n. 2, p. 45–58, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Alvenaria estrutural descomplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD9K9GSY/2/_cartilha_alvenaria_estrutural_formatado_a5.pdf> Acesso em: 04 junho de 2025.

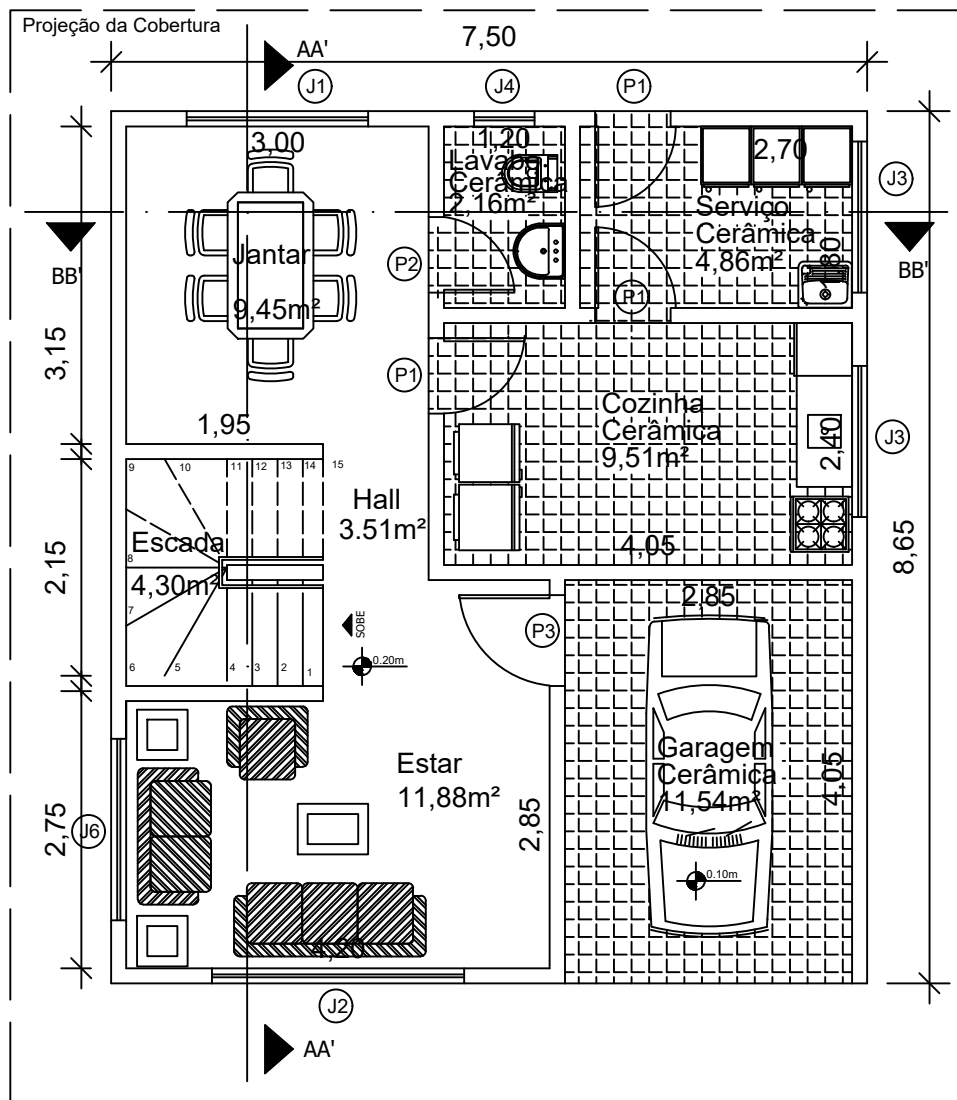
VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **O Concreto no Brasil**. São Paulo: Pini, 1992.2. ed.V.2.213p.

123PROJETEI. **Alvenaria estrutural em obra [imagem]**. Disponível em: <https://www.conteudo.123projetei.com/wpcontent/uploads/2021/04/alvenaria_estrutural_obra.jpg> Acesso em: 26 de maio de 2025.

APÊNDICE A – ESQUEMAS ARQUITETÔNICOS

APÊNDICE B – PROJETOS DE MODULAÇÃO

APÊNDICE C – ELEVAÇÕES DAS PAREDES ESTRUTURAIS

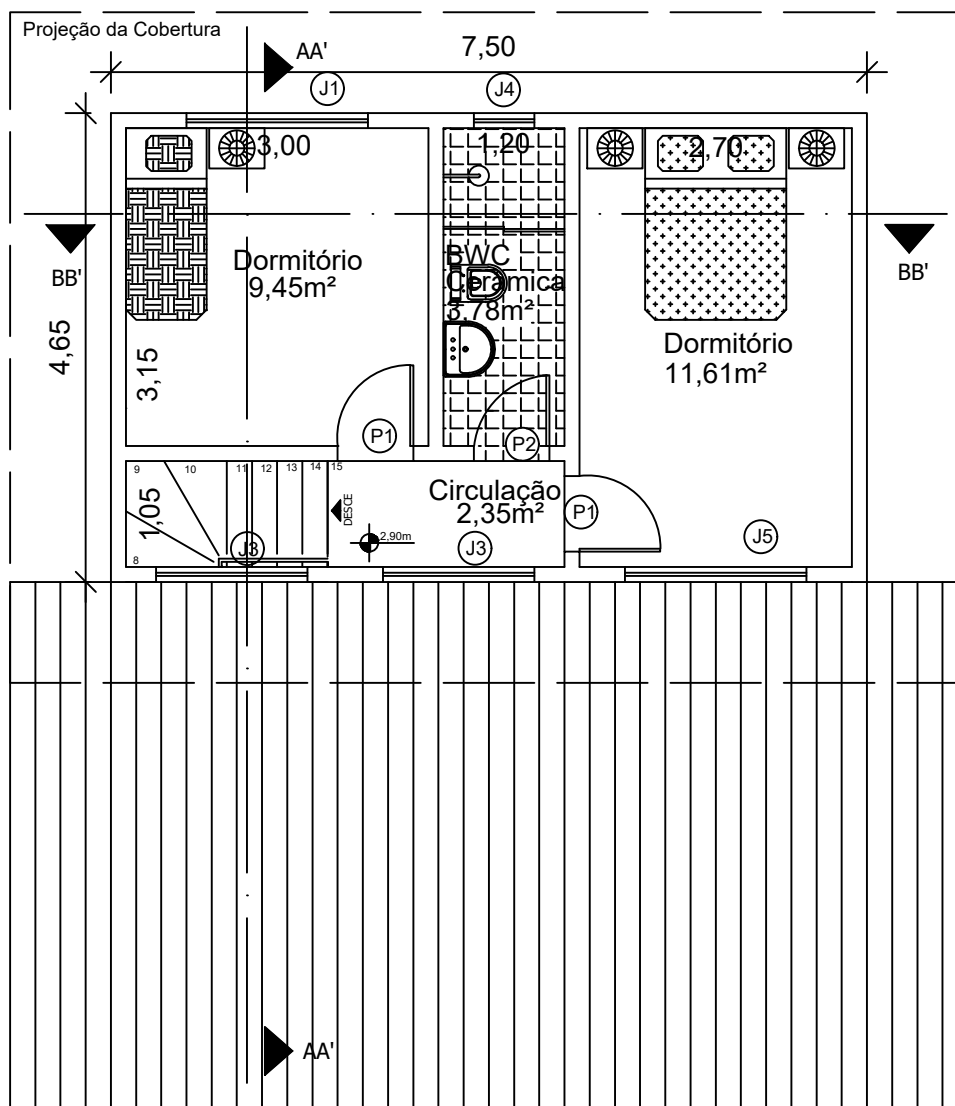


1 Planta Baixa Térreo
Escala: 1/75



Engenharia Civil

Descrição da prancha: Planta Baixa Pavimento Térreo	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: A
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: Indicada



1 Planta Baixa Pav. Superior
Escala: 1/75

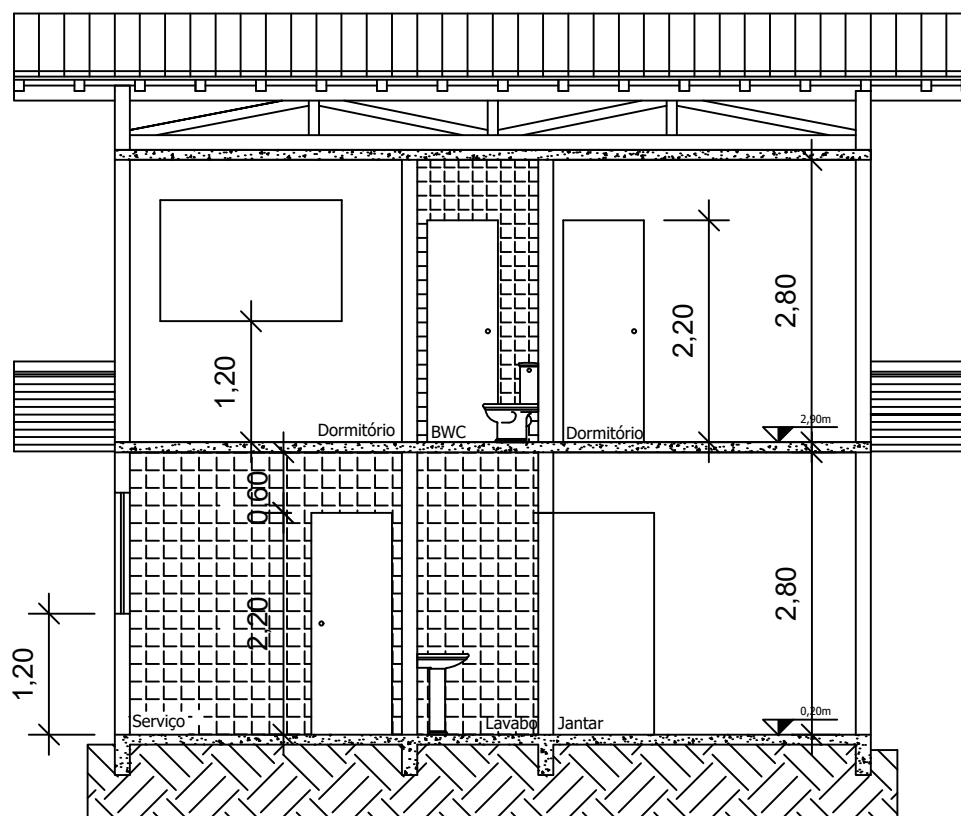


Engenharia Civil

Descrição da prancha: Planta Baixa Pavimento Superior	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: A
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: Indicada



Descrição da prancha: Corte AA	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: A
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: Indicada

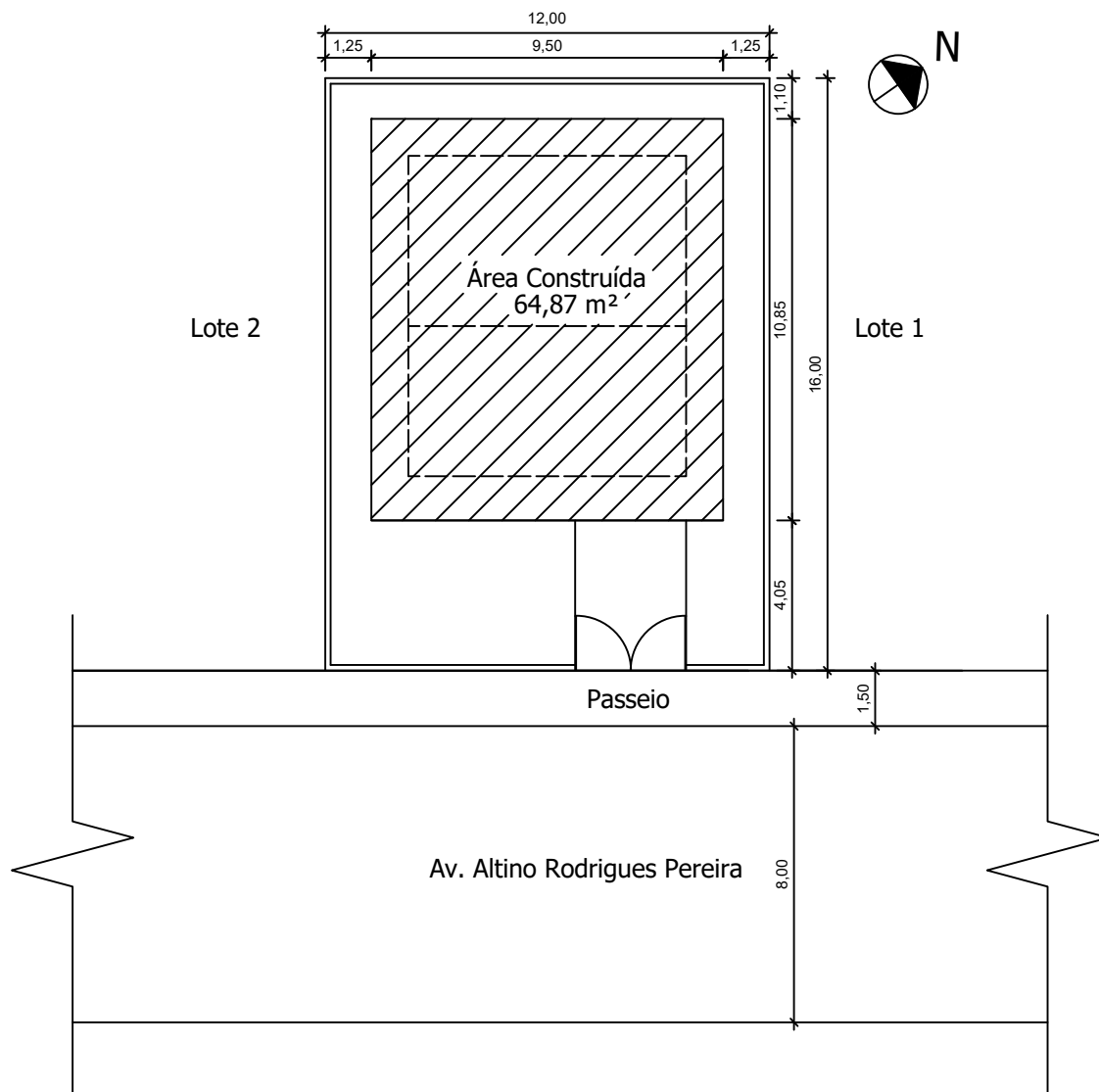


1 Corte BB
Escala: 1/75



Engenharia Civil

Descrição da prancha: Corte BB	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: A
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: Indicada

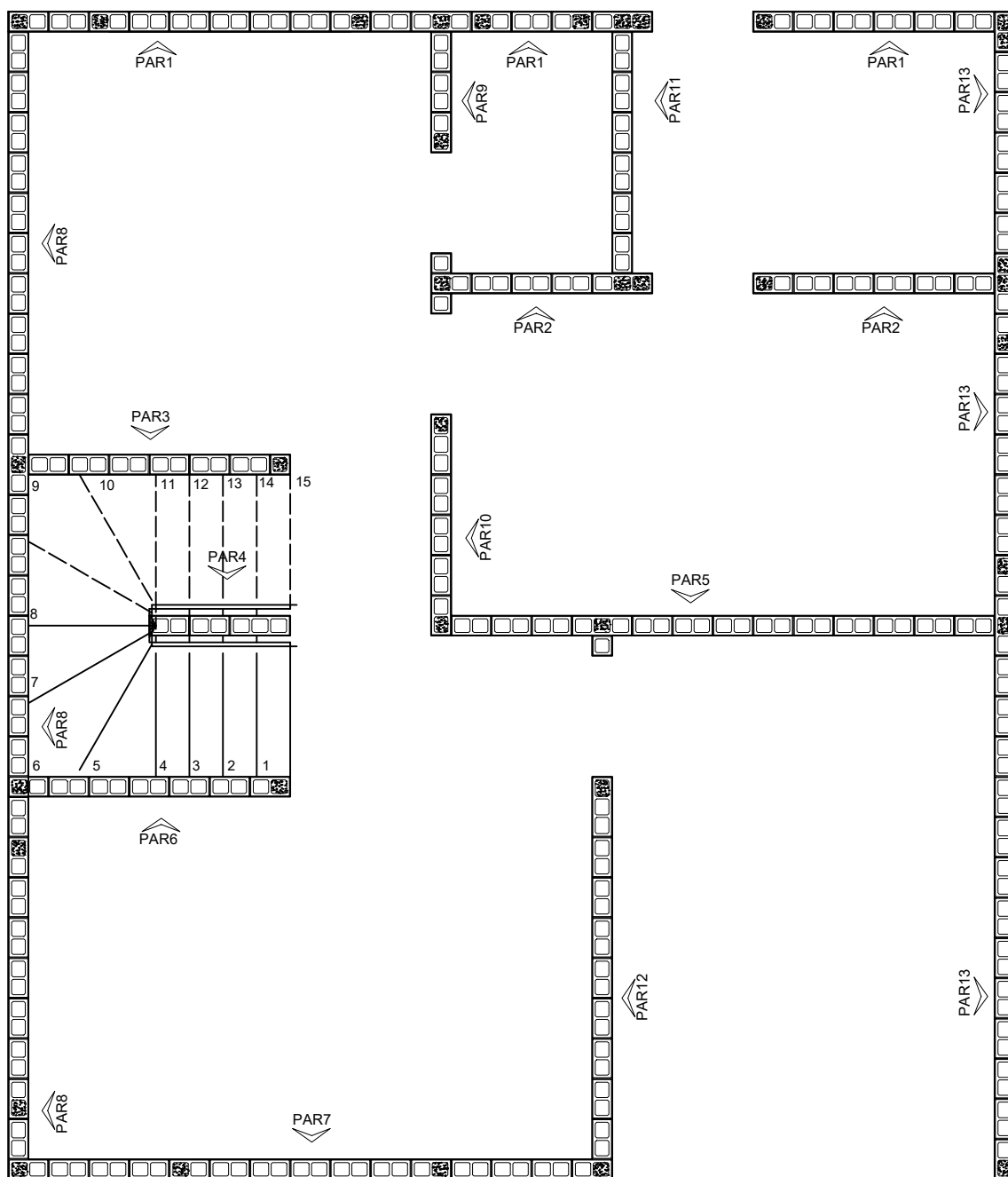


1 **Planta de Situação**
Escala: 1/250



Engenharia Civil

Descrição da prancha: Planta de Situação	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: A
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: Indicada

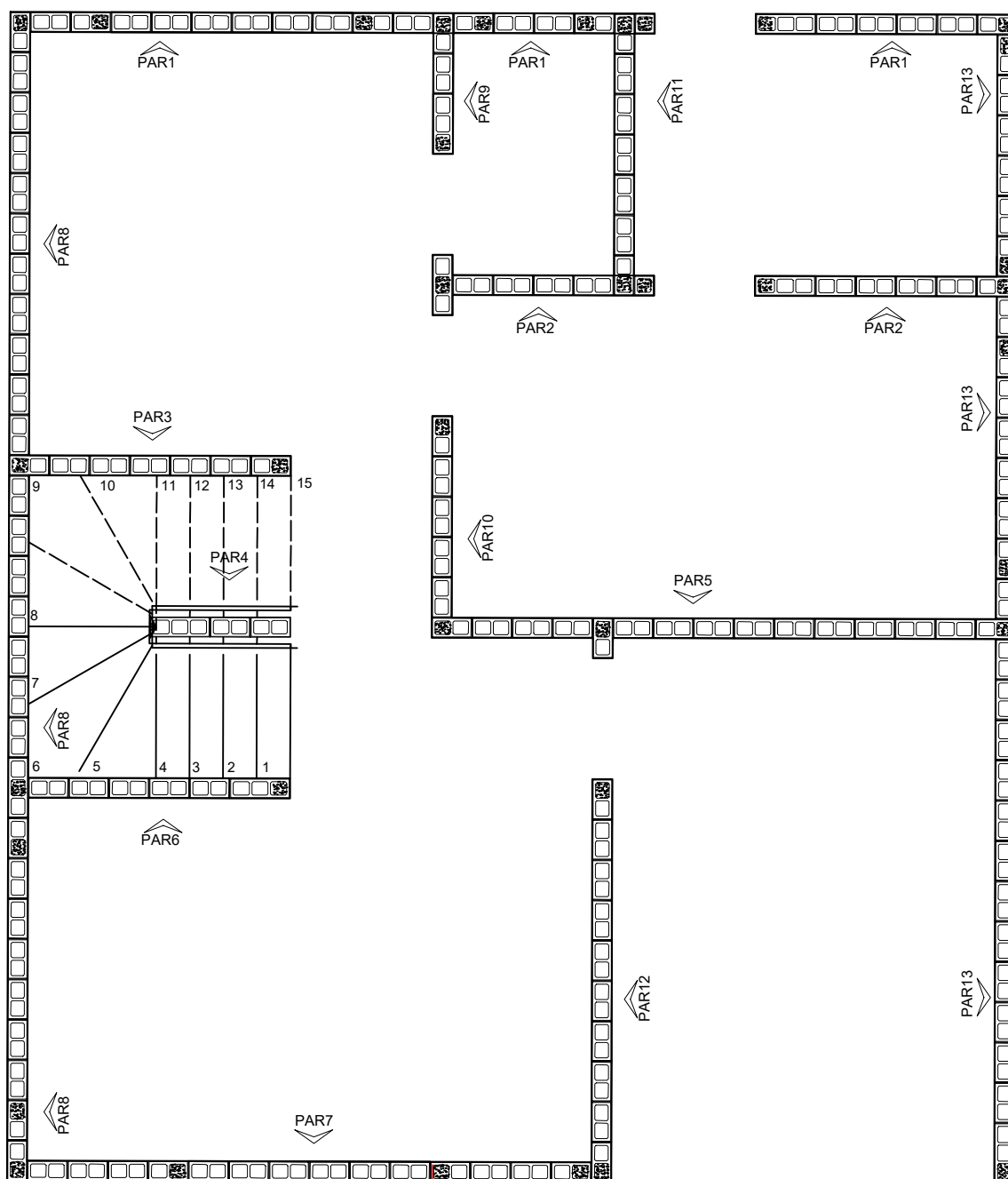


1 1° Fiada Pav. Térreo
Escala: 1/50



Engenharia Civil

Descrição da prancha: Primeira Fiada Pavimento Térreo	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: B
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: 1/50

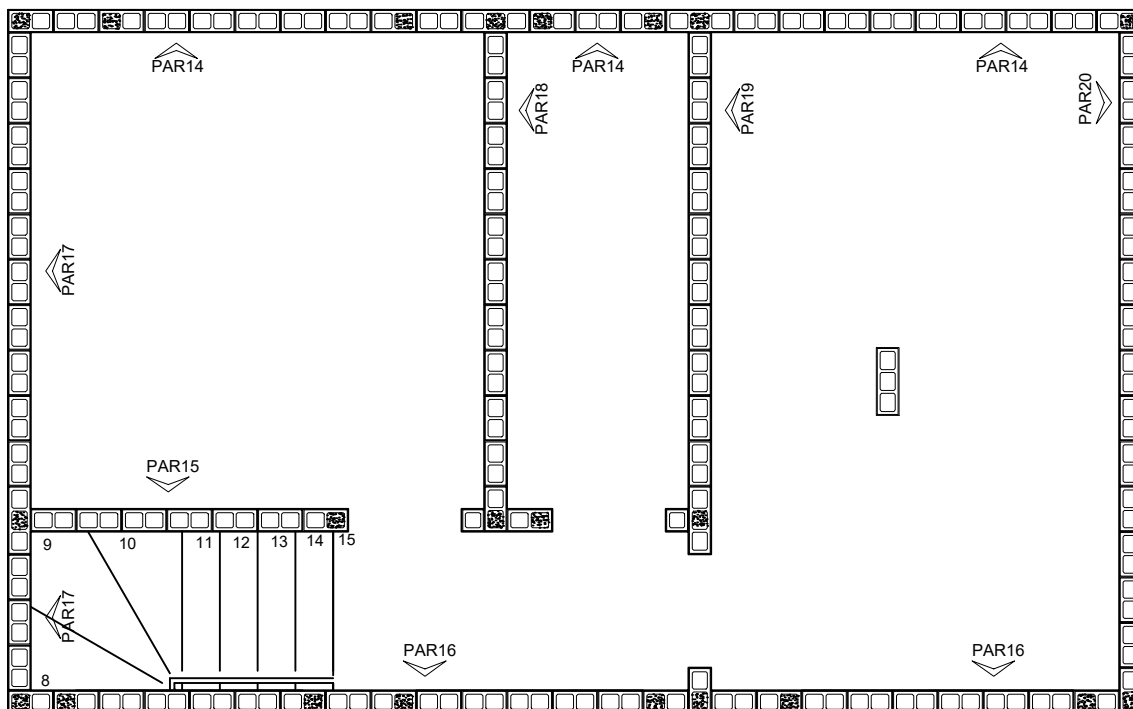


1 2º Fiada Pav. Térreo
Escala: 1/50

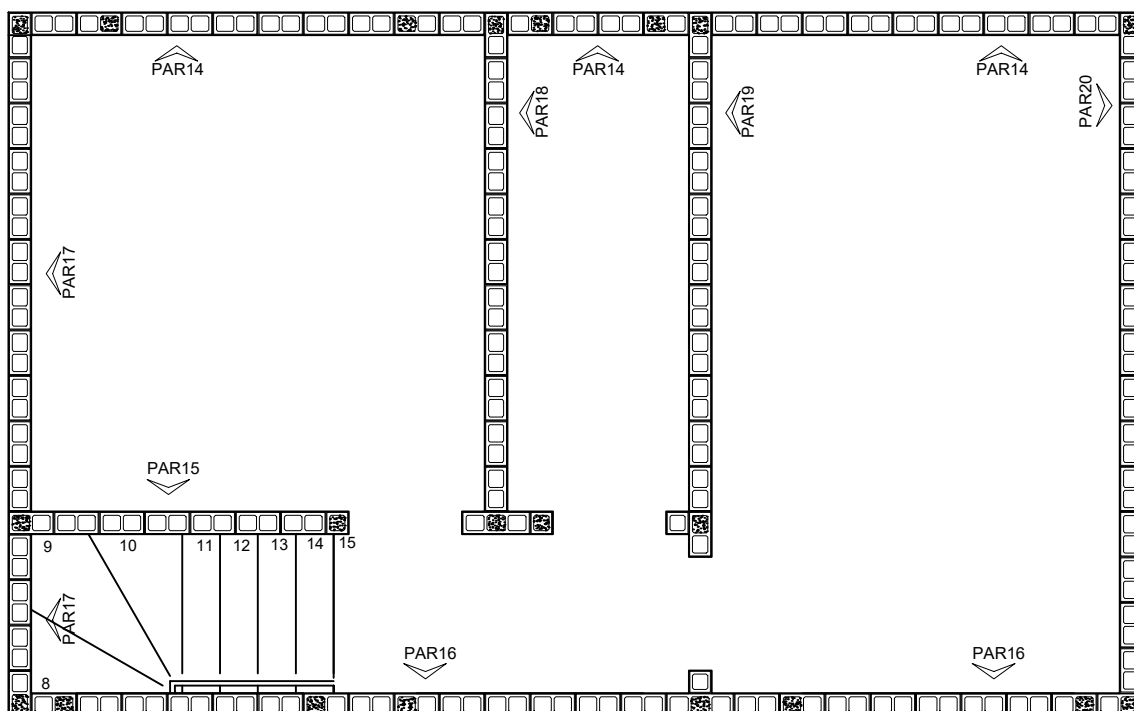


Engenharia Civil

Descrição da prancha: Segunda Fiada Pavimento Térreo	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: B
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: Indicada



1 1º Fiada Pav. Superior
Escala: 1/50



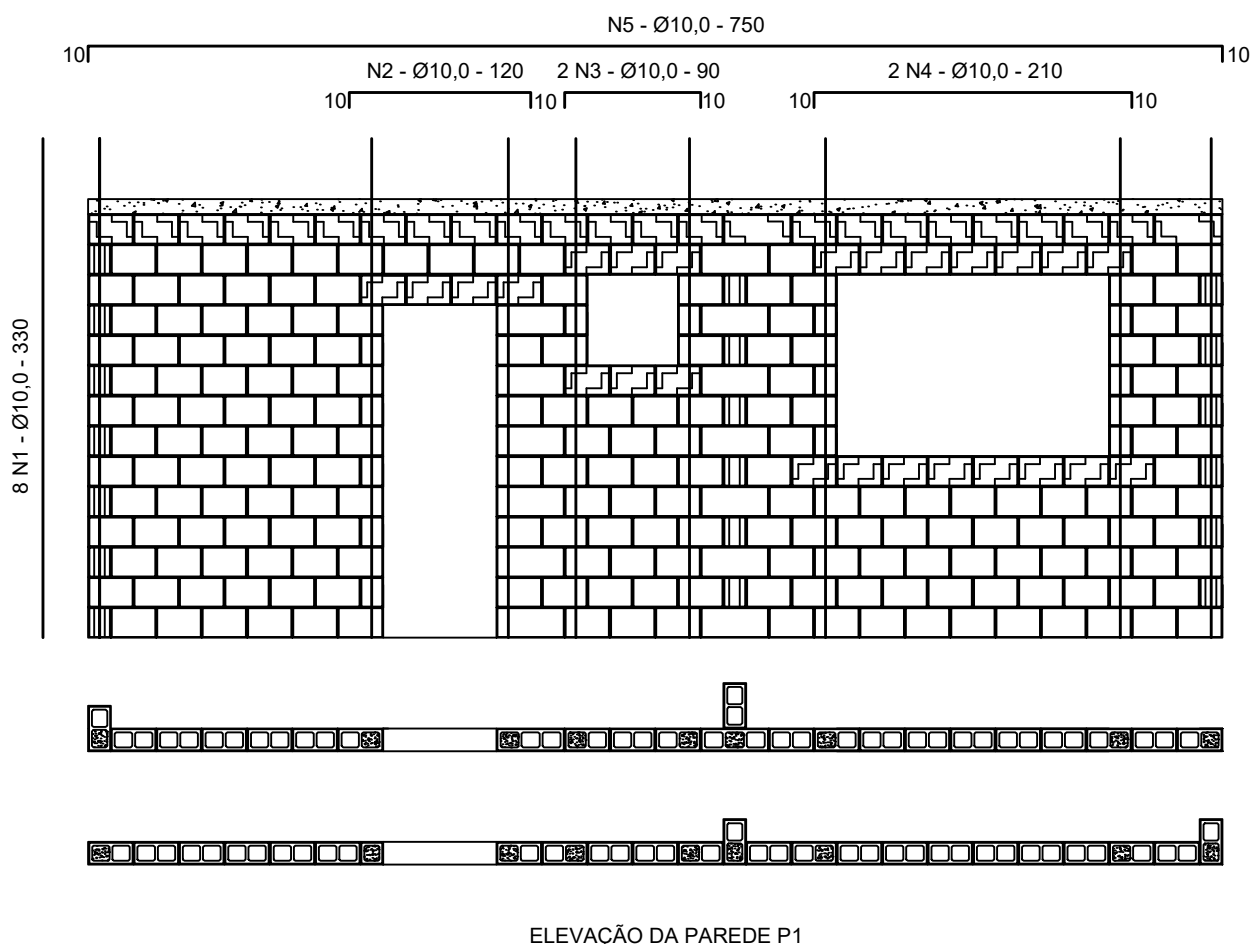
2 2º Fiada Pav. Superior
Escala: 1/50



Engenharia Civil

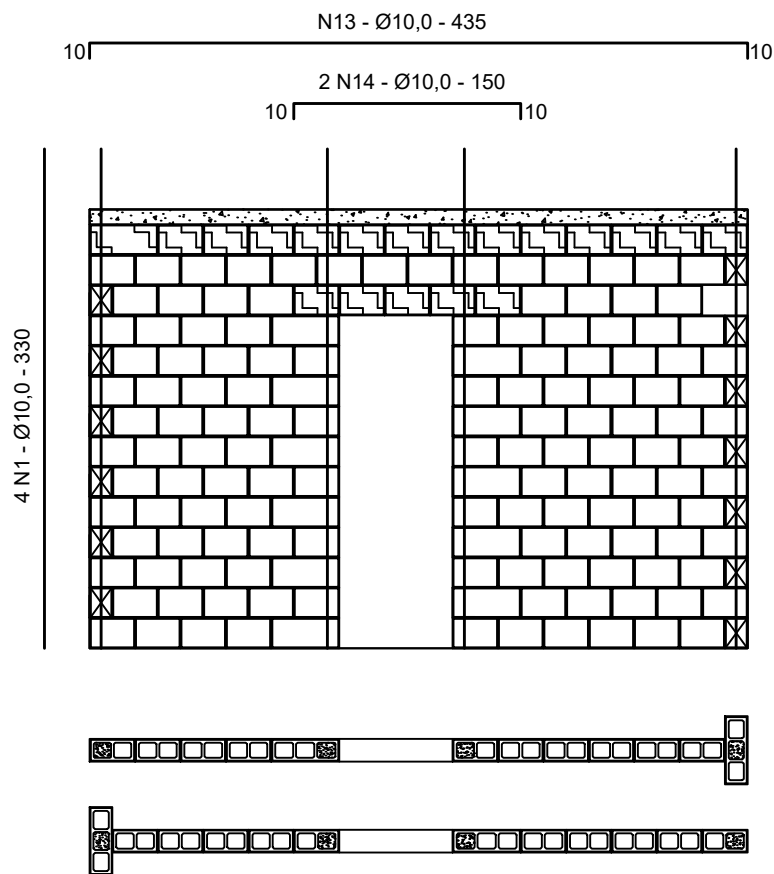
Descrição da prancha: 1º e 2º Fiada do Pavimento Superior	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: B
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/01	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P1	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 01/20	Escala: 1/50

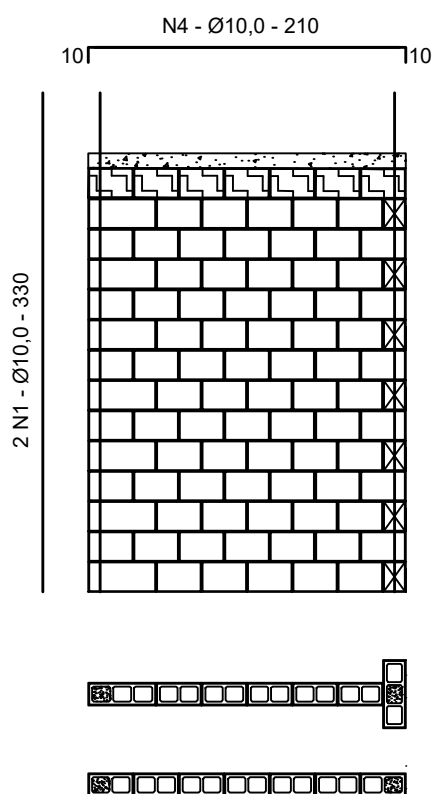
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVÇÃO DA PAREDE P2

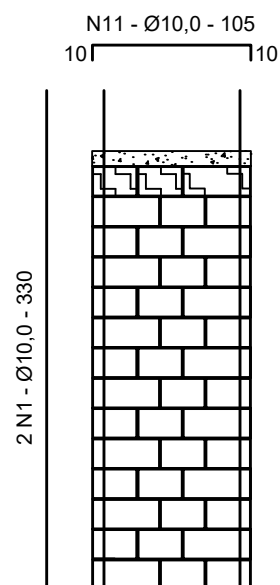
Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P2	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 02/20	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P3

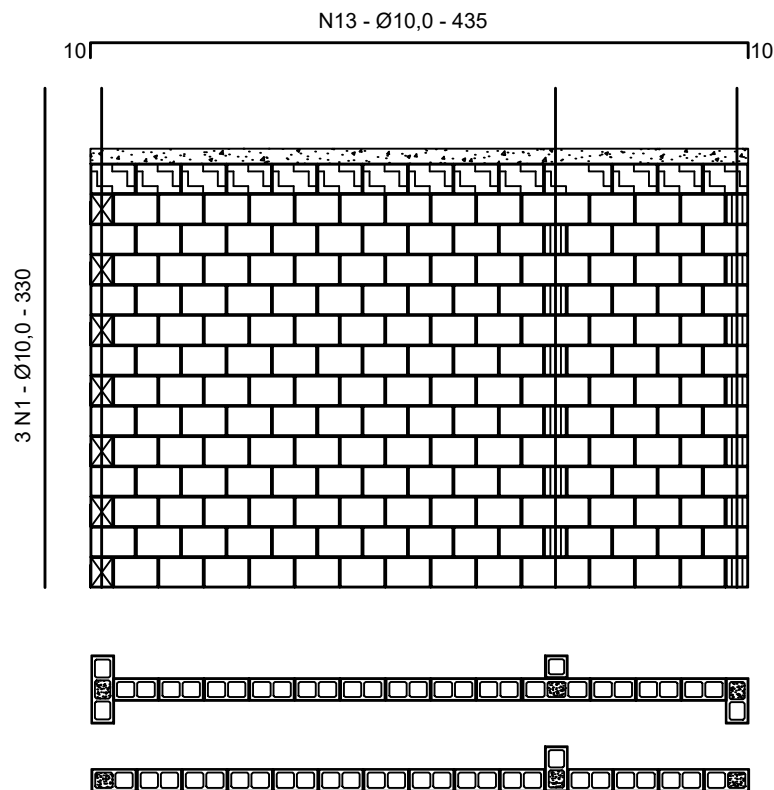
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P4

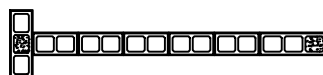
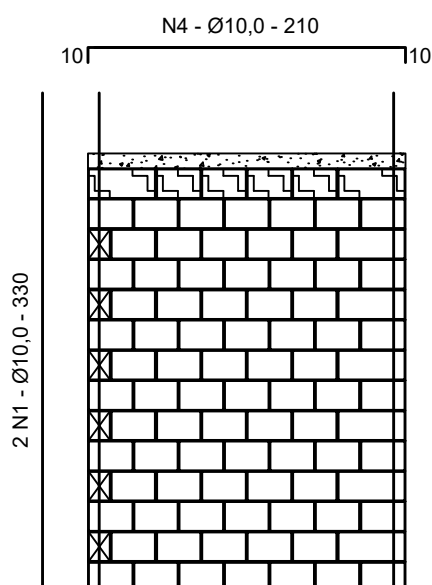
Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P4	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 04/20	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P5	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 05/20	Escala: 1/50

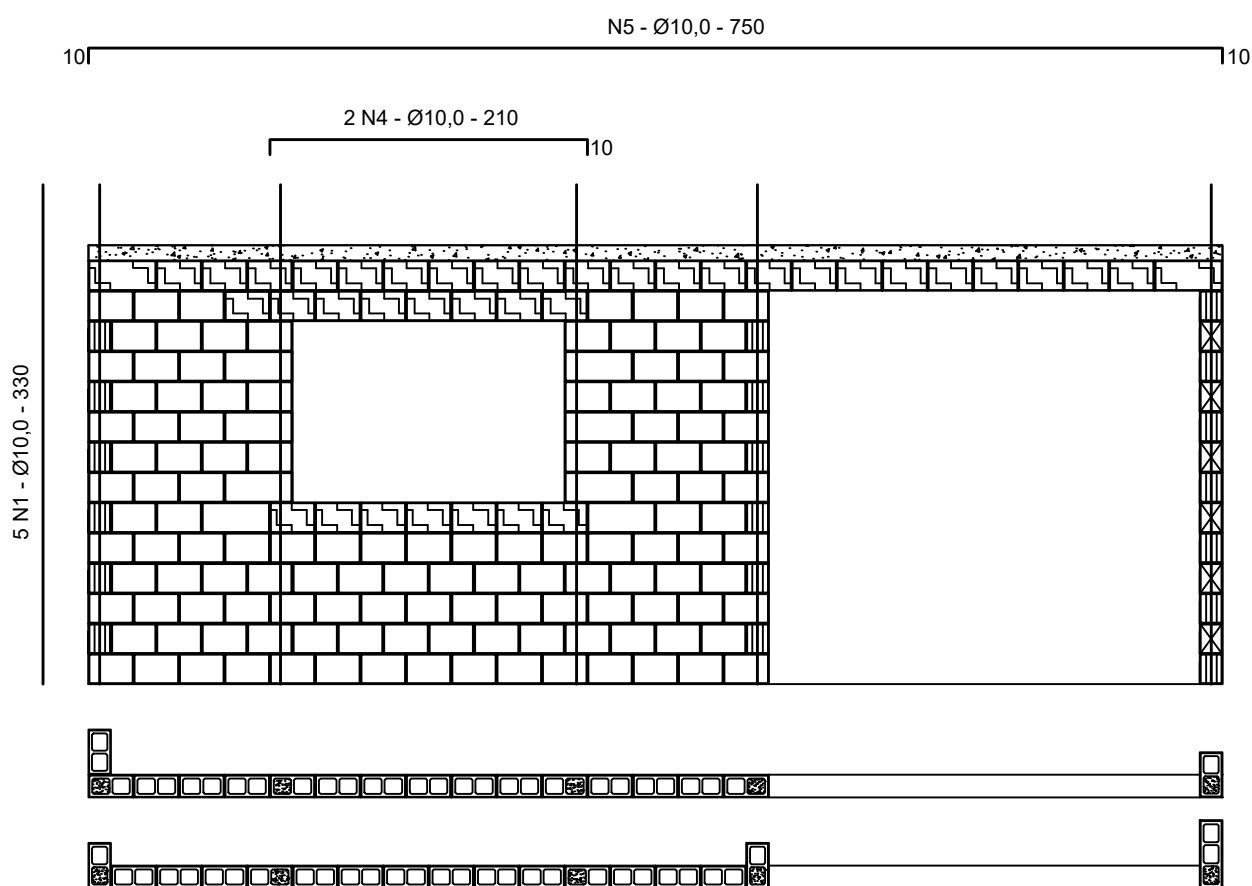
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P6

LEGENDA

	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P7

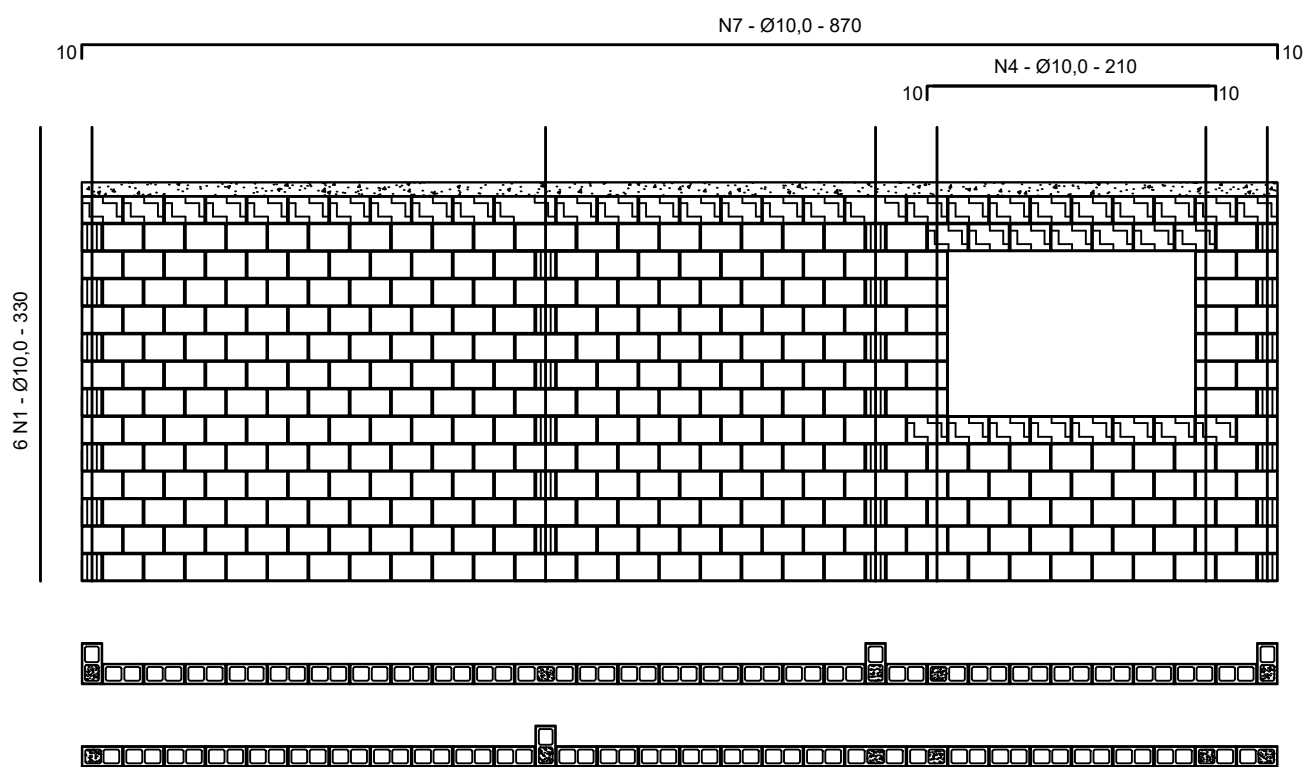


Engenharia Civil

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P7	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 07/20	Escala: 1/50

LEGENDA

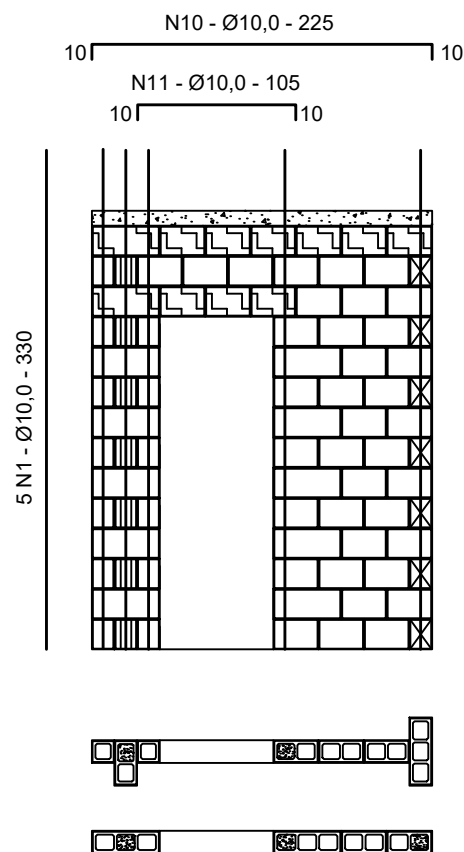
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P8

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P8	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 08/20	Escala: 1/50

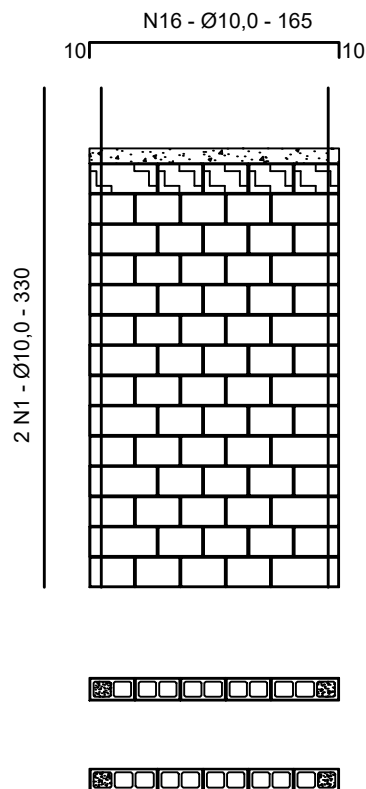
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P9

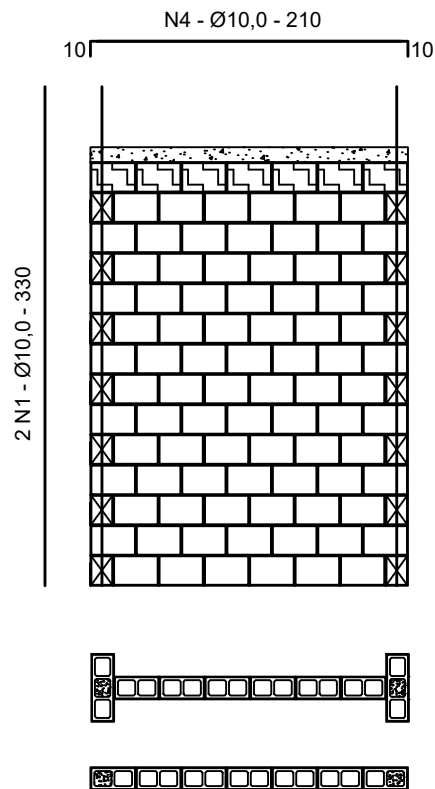
Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P9	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 09/20	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



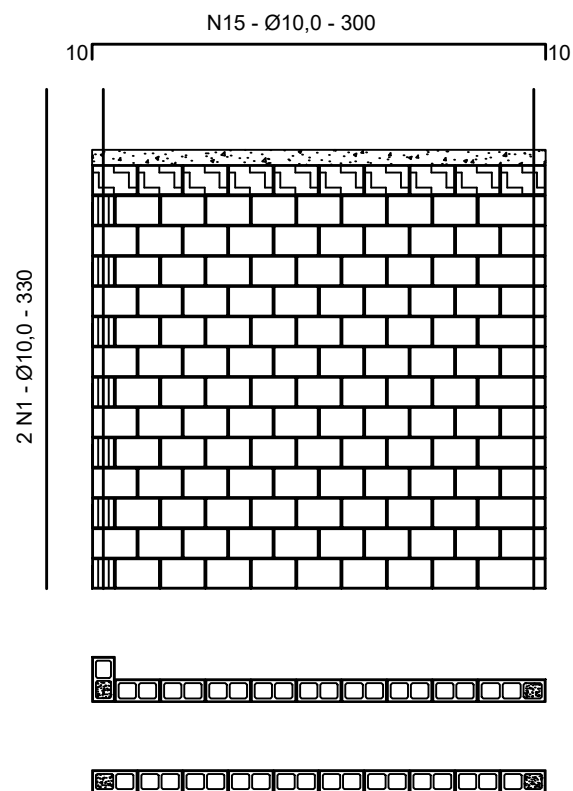
Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P10	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 10/20	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



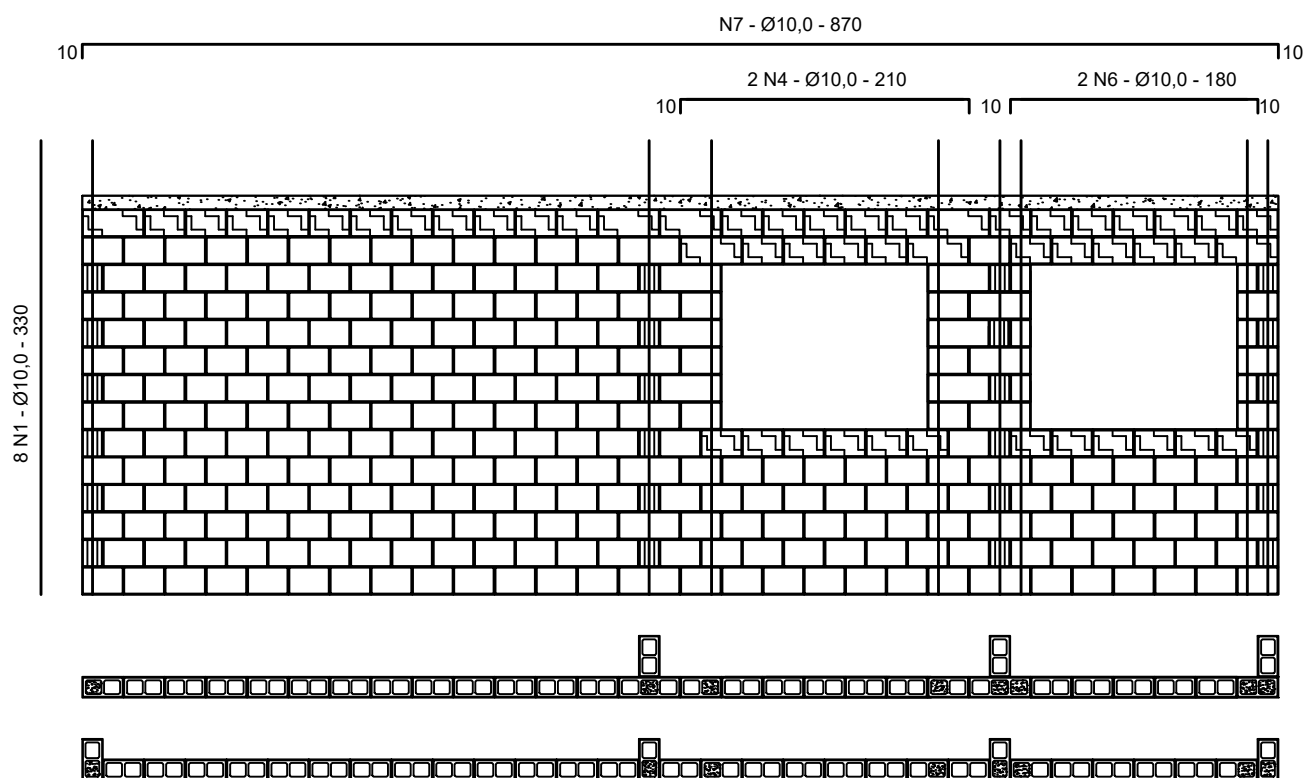
Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P11	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 11/20	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P12	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 12/20	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P13

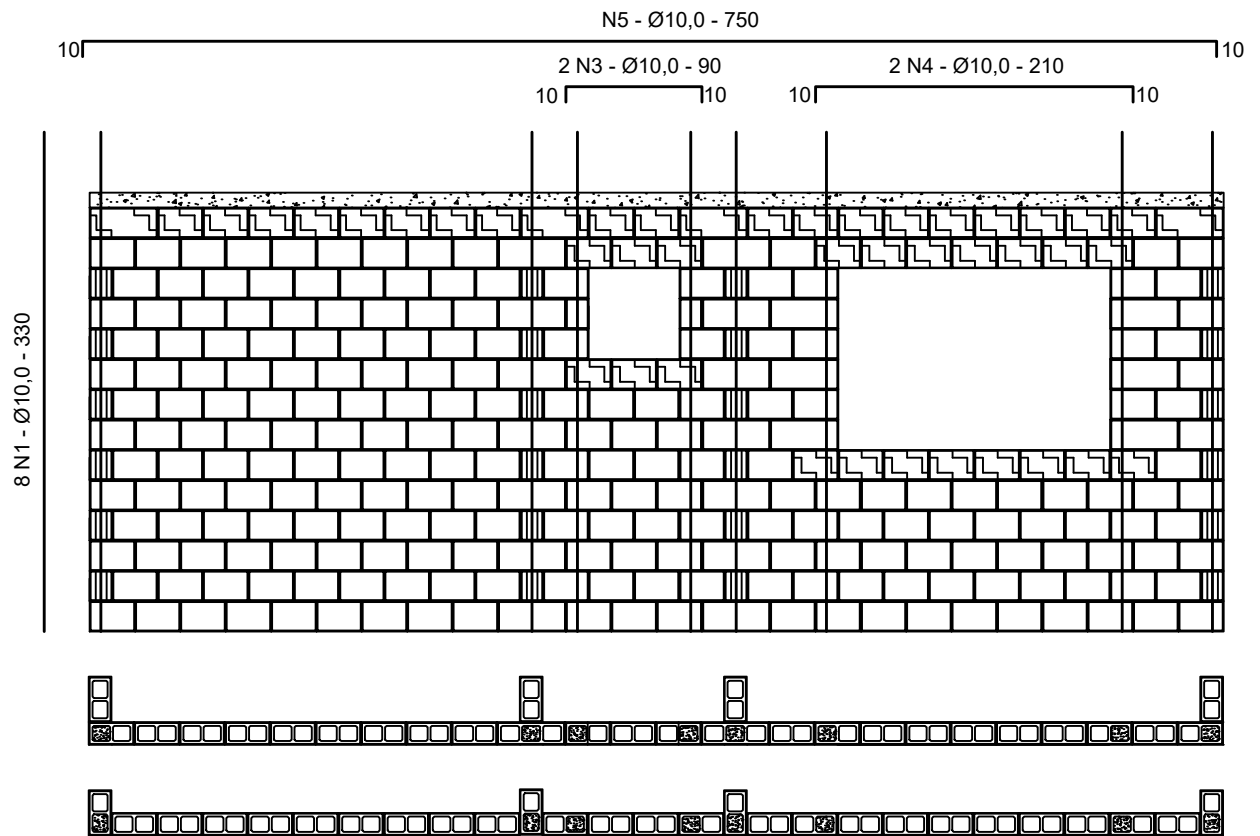


Engenharia Civil

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P13	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 13/20	Escala: 1/50

LEGENDA

	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



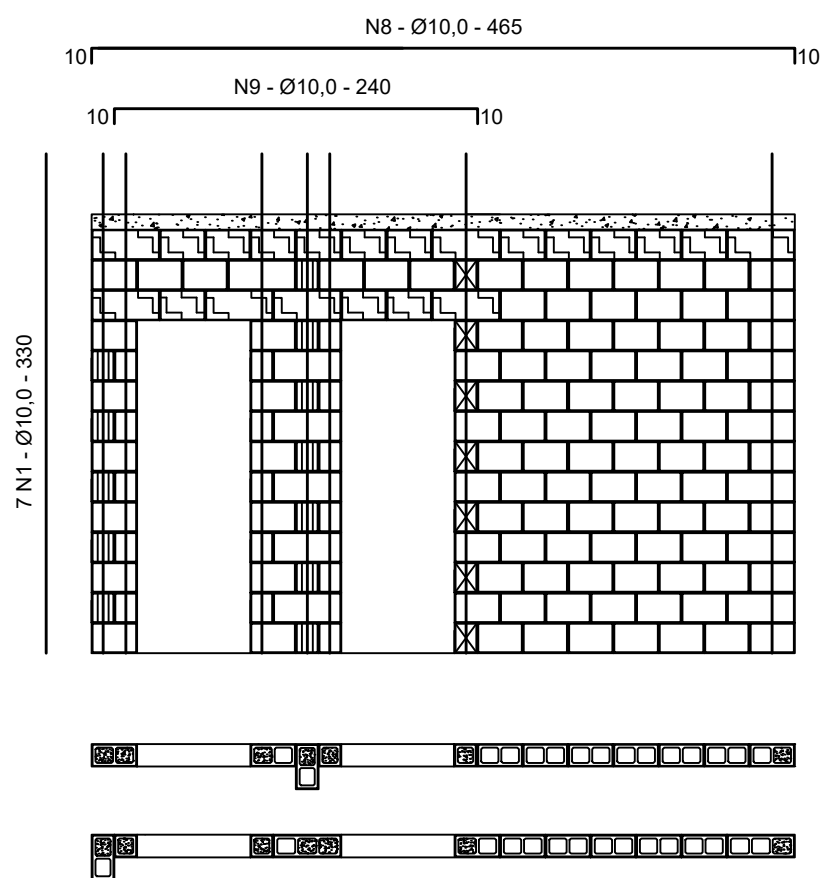
ELEVAÇÃO DA PAREDE P14



Engenharia Civil

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P14	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 14/20	Escala: 1/50

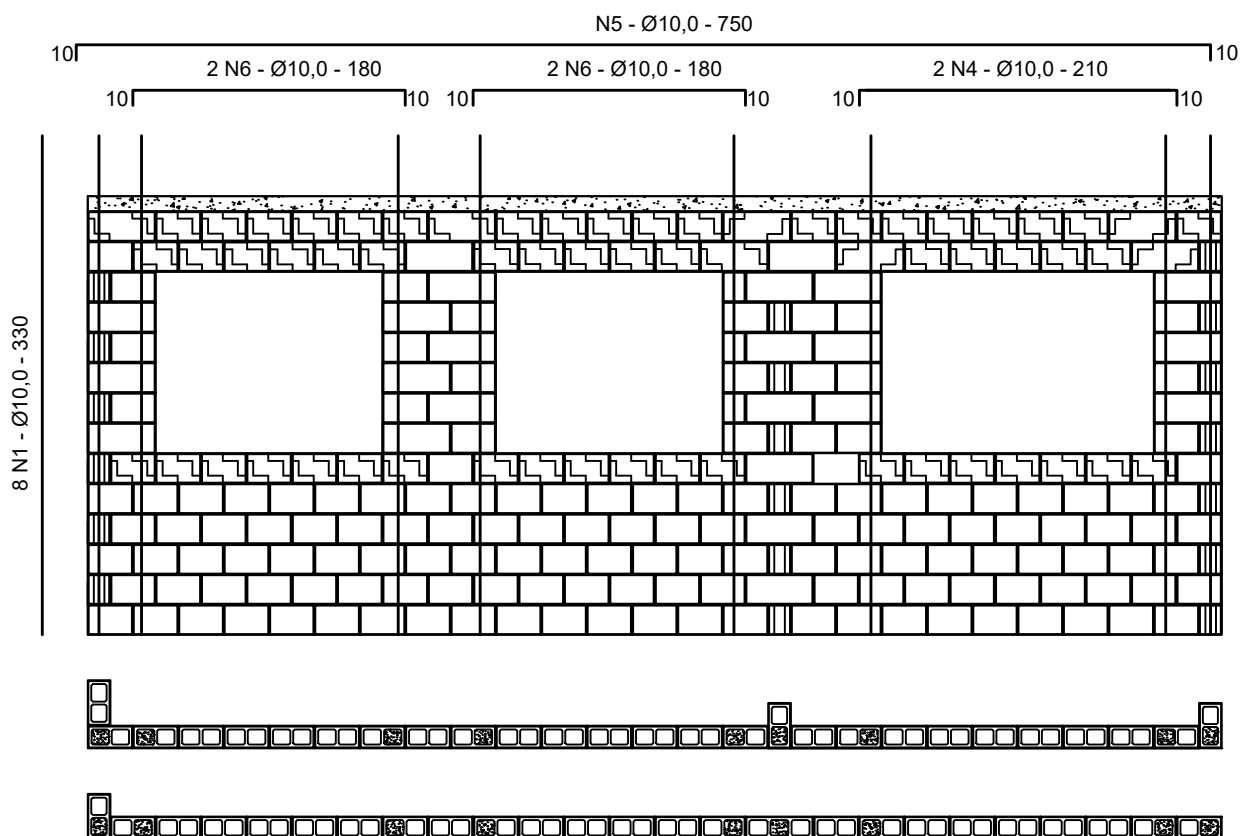
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P15

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P15	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 15/20	Escala: 1/50

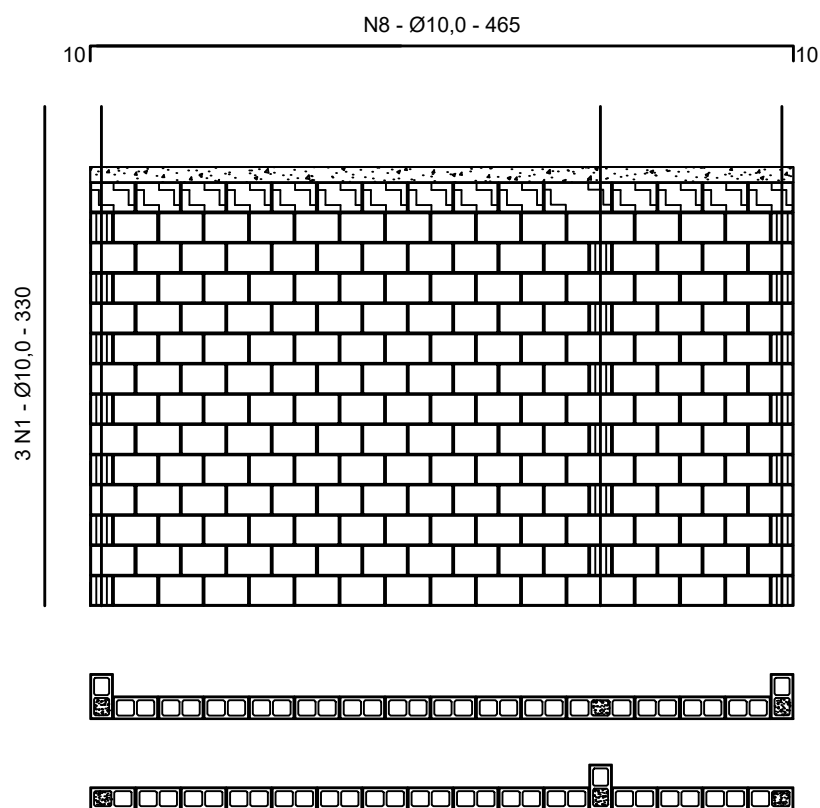
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P16

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P16	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 16/20	Escala: 1/50

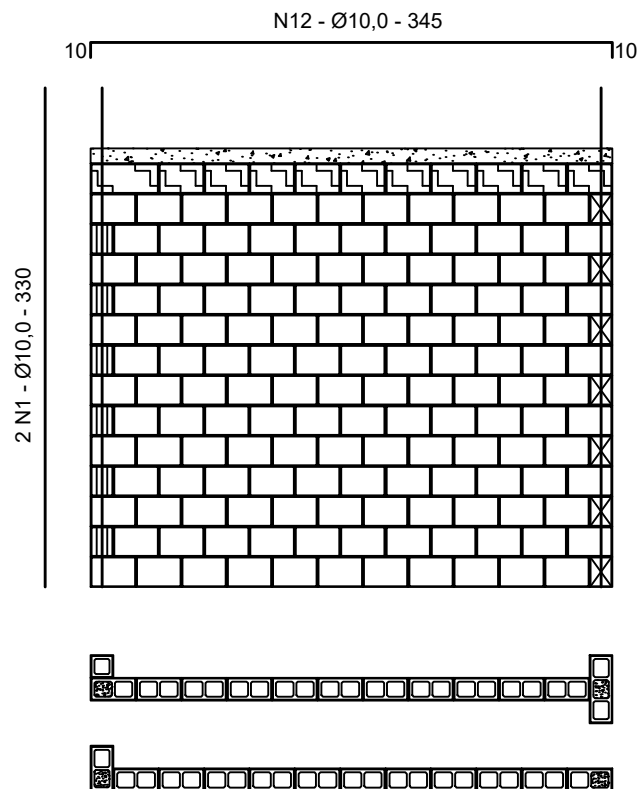
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P17

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P17	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 17/20	Escala: 1/50

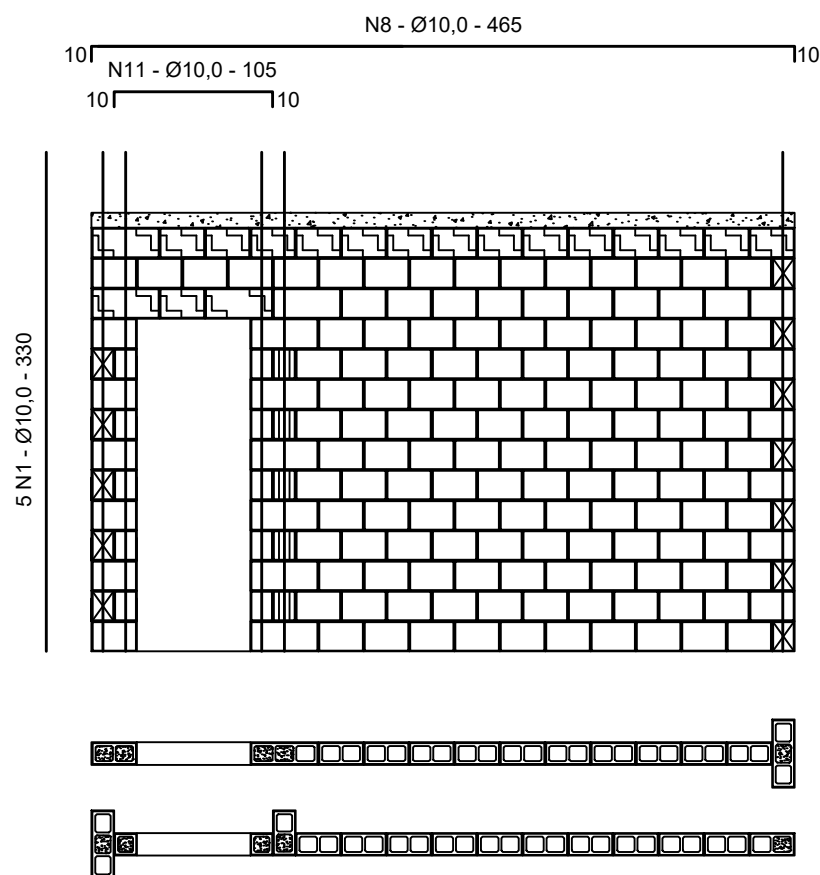
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P18

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P18	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 18/20	Escala: 1/50

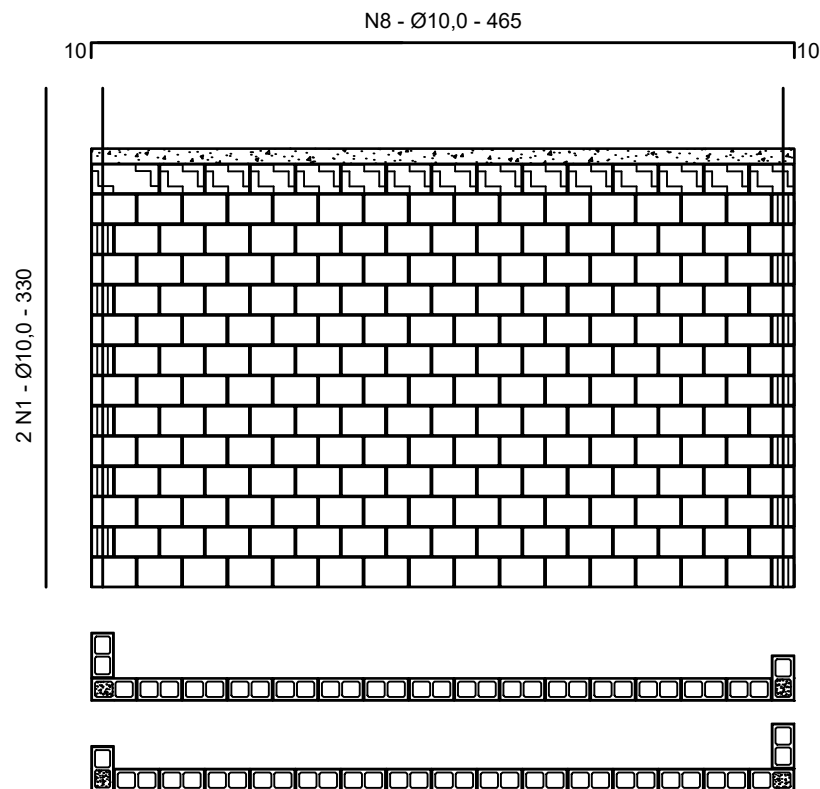
LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P19

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P19	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 19/20	Escala: 1/50

LEGENDA	
	BLOCO INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	MEIO BLOCO EM VISTA (14X19X14)
	BLOCO PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	BLOCO CANALETA INTEIRO EM VISTA (14X19X29)
	BLOCO CANALETA PARA AMARRAÇÃO EM T EM VISTA (14X19X44)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS INTEIRO)
	CORTE TRANSVERSAL (BLOCOS EM T)



ELEVAÇÃO DA PAREDE P20

Descrição da prancha: Elevação da Parede Estrutural P20	Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso	Data: 11/25	Apêndice: C
Nome: Lucas Dos Reis Rosa	Professor Orientador: Arlan do Carmo Mendonça	Folha: 20/20	Escala: 1/50