

UNIEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL MOREIRA DA SILVA

**MODULAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO
DE TRÊS PAVIMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

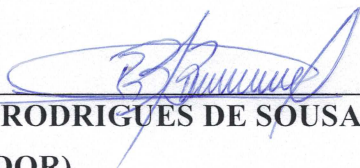
ANÁPOLIS / GO
2019

RAFAEL MOREIRA DA SILVA

**MODULAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO
DE TRÊS PAVIMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

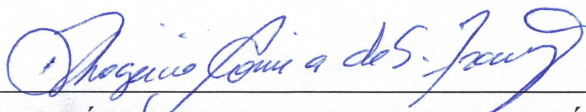
APROVADO POR:



RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA BORGES, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



RHOGÉRIO CORREIA DE SOUSA ARAÚJO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

ANÁPOLIS/GO, 08 DE NOVEMBRO DE 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, RAFAEL MOREIRA

Modulação e dimensionamento de um edifício de três pavimento em alvenaria estrutural

59P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC – UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Modulação
2. Projeto de alvenaria estrutura

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10º)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Rafael Moreira. Modulação e dimensionamento de um edifício de três pavimento em alvenaria estrutural. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 59p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rafael Moreira da Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
Modulação e dimensionamento de um edifício de três pavimento em alvenaria estrutural.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.


Rafael Moreira da Silva
rafael11moreira@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido essa oportunidade de chegar até aqui. Aos meus pais, por sempre ter me apoiado, e sempre estar ao meu lado quando mais precisei, não deixando nunca desistir dos estudos. Agradeço por terem me ensinado a importância dos estudos, e como ele será fundamental na minha vida.

Rafael Moreira da Silva

RESUMO

A busca por aperfeiçoamento nos métodos construtivo no Brasil trouxe a alvenaria estrutural como uma grande alternativa aos métodos convencionais, como o concreto armado. Com a rápida facilidade quando executado de forma correta e detalhada, apresentando as características do edifício, influencia diretamente no desempenho, tanto no processo do desenvolvimento do projeto e no desempenho da execução, devido a sua agilidade na execução resulta em uma boa qualidade e principalmente no custo da obra, onde pode chegar em torno de 30% mais econômica do que outro método construtivo. O presente projeto apresenta conceitos do método construtivo de alvenaria estrutural por meio de referências bibliográfica e o desenvolvimento da modulação com o dimensionamento estrutural de um edifício de três pavimentos, apresentando o memorial de cálculo referente as cargas verticais e horizontais.

Palavras-Chave: Bloco de Concreto, Sistemas Construtivos, Paredes Autoportantes.

ABSTRACT

The search for improvement in construction methods in Brazil brought structural masonry as a great alternative to conventional methods, such as reinforced concrete. The quick and easy execution of the building, showing the characteristics of the building, directly influences the performance, both in the project development process and the performance of the execution. It can cost around 30% more economically than another construction method. The present project presents concepts of the structural masonry construction method through bibliographic references and the development of the modulation with the structural sizing of a three-story building, presenting the calculation memorial referring to the vertical and horizontal loads.

Keywords: Concrete Block, building systems, self-supporting walls.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carregamentos e características geométricas	41
Tabela 2 - Carregamentos	44
Tabela 3 - Peso das alvenarias	45
Tabela 4 - Carga do reservatório	47
Tabela 5 - Carga dos grupos na cobertura.....	47
Tabela 6 – Carga dos grupos em cada pavimento	48
Tabela 7 – Resistencia dos prismas	50
Tabela 8 - Paramentos meteorológicos	53
Tabela 9 - Forças horizontais devido ao vento	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria não armada	17
Figura 2 - alvenaria armada.....	18
Figura 3 - alvenaria protendida.....	18
Figura 4 - Pirâmides de Guizé	20
Figura 5 - Coliseu	21
Figura 6 – Catedral de Reims	22
Figura 7 – Edifício Monadnock.....	22
Figura 8 - Central Park Lapa	23
Figura 9 – Dimensões dos blocos	24
Figura 10 – Bloco vazado.....	25
Figura 11 – Bloco tipo canaleta.....	26
Figura 12 – Bloco compensador.....	26
Figura 13 – família de blocos	27
Figura 14 – família de blocos cerâmicos.....	28
Figura 15 - Graute.....	29
Figura 16 – Posicionamento da armadura.....	30
Figura 17 – Combinação de peças modulares – família de 20 e 40.....	31
Figura 18 – Dimensões reais entre faces de blocos.	32
Figura 19 – Posicionamento da 1ª e 2ª fiadas.....	32
Figura 20 Amarração indireta a (esquerda) e direta (à direita).	33
Figura 21 –Planta baixa.....	34
Figura 22 – Corte AA longitudinal.....	35
Figura 23 - Corte BB longitudinal.....	36
Figura 24 – Corte CC transversal	37
Figura 25 – Modulação Parede 01	38
Figura 26 – Verga e contra verga	40
Figura 27 – Cinta de amarração.....	40
Figura 28 – Grupos isolados.....	42
Figura 29 – Área de influência.	43
Figura 30 – Carga do reservatório e barrilete.....	46
Figura 31 – Planta da edificação e Vista A e B.....	51
Figura 32 – Definição de categoria do terreno e classe	52

Figura 33 – direções para a obtenção do coeficiente de arrasto	54
Figura 34 – Coeficiente de arrasto	55

LISTA DE ABREVIATURA

NBR Norma brasileira

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVO	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivo específico	14
1.3	METODOLOGIA	14
1.4	ESTRUTURA	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	CONCEITO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	16
2.1.1	Classificação	16
2.1.2	Vantagem econômica do sistema em alvenaria estrutural	19
2.1.3	Histórico	19
2.1.4	Histórico no Brasil	23
2.2	CONCEITOS BÁSICOS	23
2.3	IMPORTÂNCIA DA MODULAÇÃO	24
3	MATERIAS E TECNICAS	25
3.1	BLOCOS UTILIZADOS	25
3.1.1	Blocos vazados de concreto simples	25
3.1.2	Blocos tipo canaleta	25
3.1.3	Bloco compensador	26
3.1.4	Família de blocos	27
3.2	BLOCOS CERÂMICOS	27
3.3	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	28
3.4	GRAUTE	28
3.5	ARMADURAS	30
3.6	COORDENAÇÃO MODULAR	30

3.7	POSICIONAMENTO DA 1ª E 2ª FIADAS	32
3.8	AMARRAÇÃO DAS PAREDES.....	33
4	PROJETO	34
4.1	PROJETO ARQUITETÔNICO	34
4.2	MODULAÇÃO	38
4.3	DADOS DO PROJETO	39
4.4	PRÉ-MOLDADOS	39
4.4.1	Escada	39
4.4.2	Vergas e contra vergas.....	40
4.4.3	Cinta de amarração	40
4.5	MEMORIAL DE CALCULO	41
4.5.1	Carregamentos.....	41
4.5.2	Cargas verticais	41
4.5.3	Carregamento permanente e variável da reação das lajes.....	44
4.5.4	Peso próprio das alvenarias.....	45
4.5.5	Dimensionamento da alvenaria à compressão.....	48
4.5.6	Ações devidas ao vento.....	51
4.5.7	Ações correspondentes ao desaprumo	56
5	CONCLUSÃO	58

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um dos principais meios construtivos que tem sido usados há milhares de anos, o processo construtivo da alvenaria estrutural tem como principais funções ser a vedação dos ambientes e substituir as vigas e pilares armados. Segundo Ramalho e Corrêa (2003) o principal conceito estrutural ligado a utilização da alvenaria estrutural é a transmissão de ações através de tensões de compressão.

Após várias edificações históricas serem construída pelo método da alvenaria estrutural, foi desenvolvido normas no mundo inteiro, no brasil a ABNT (NBR 6136) apresenta os requisitos para os blocos vazados de concreto simples para alvenaria, e a ABNT (NBR 12118) apresenta os métodos de ensaio.

Segundo Mohamad (2015) a praticidade desse método construtivo despertou a realizações de alguns estudos com relação a economicamente a esse meio construtivo, alguns deles informar uma economia geral na obra em torno dos 25 a 30% menos do que em um método de construção com concreto armado, em construções de prédios de até quatro pavimentos.

A partir do aumento das construções em alvenarias estruturais, e necessário um bom planejamento dos projetos, viabilizando a economia e a praticidade do método, é fundamental a compatibilização do projeto de alvenaria estrutural com o arquitetônico, para assim desenvolver os projetos elétricos e hidro sanitário com mais segurança.

Além disso, no contexto acadêmico, o assunto tem grande importância nas faculdades de Engenharia Civil dentro do Brasil, facilitando a disseminação do assunto entre os acadêmicos. Neste trabalho é tratado sobre o dimensionamento de alvenarias estruturais, com a modulação das alvenarias estruturais, evitando ao máximo recortes nos blocos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Villas (2018) a construção civil, aponta uma grande queda nos últimos anos, com pouco investimento público e com esfriamento do mercado imobiliário, refletem na baixa de desempenho do setor do mercado de construção civil.

Com isso a construção civil precisa de métodos construtivos com menores custos. A alvenaria estrutural pode ter grande alta com a aplicação desse sistema construtivo. Segundo

Leite (2012), as estruturas em alvenarias estruturais estão ganhando muito espaço no seu devido mercado, entre outros fatores, ao preço atrativo, pois a redução do custo pode chegar até 30%. Isto por elas serem de fácil aplicação e pelo fato deste método dispensar as estruturas convencionais de concreto armado.

A velocidade de execução da alvenaria estrutural é bastante rápida se comparada ao concreto armado, pois dispensa pilares e vigas, apesar de ser um sistema construtivo bastante rápido, falta mão de obra qualificada na área para construção civil.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver um projeto estrutural, considerando a modulação e dimensionamento das paredes em alvenaria estrutural e fornecer noções básicas para o estudante de engenharia civil.

1.2.2 Objetivo específico

- Elaborar revisão bibliográfica sobre o assunto estudado.
- Apresentar as características da alvenaria estruturais em blocos de concreto e blocos cerâmicos.
- Realizar a modulação do projeto de um edifício de três pavimentos.
- Realizar os cálculos necessário para o dimensionamento do projeto.
- Proceder com o dimensionamento das paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida nesse trabalho consiste em uma fundamentação teórica e a apresentação do estudo qualitativo sobre o método construtivo, com o dimensionamento utilizando planilhas eletrônicas através do software Microsoft office Excel e a apresentação do dimensionamento em desenhos com o software AutoCad.

1.4 ESTRUTURA

O trabalho é estruturado em cinco capítulos.

O primeiro capítulo é um capítulo introdutório, apresentando a importância do tema, como objetivo, a justificativa da escolha do tema, metodologia aplicada e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo é apresentado a revisão bibliográfica sobre a importância dos conceitos e definições que constarão no trabalho e a necessidade que o sistema estabelece. Apresentação de um breve histórico sobre a alvenaria estrutural e suas aplicações pelo mundo, e suas vantagens e desvantagens do sistema de construção.

O terceiro capítulo é a base de matérias e técnicas utilizada no sistema construtivo de alvenaria estrutural, como tipos de blocos, junta de assentamento, graute e armaduras, itens indispensáveis para o desenvolvimento do projeto, além da apresentação da modulação sendo descrito seus conceitos, tipos de amarrações e o posicionamento das fiadas 1 e 2.

O quarto capítulo é o desenvolvimento e aplicação do tema proposto, a apresentação do projeto arquitetônico junto com a aplicação da modulação e a resolução dos cálculos para cargas verticais e horizontais do projeto, como carga da parede, laje, ações do vento e desaprumo.

No quinto capítulo e último é feita a conclusão do trabalho seguindo das referências bibliográficas e o apêndice A, onde consta a modulação completa do edifício.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) o principal conceito estrutural ligado a utilização da alvenaria estrutural é a transmissão de ações através de tensões de compressão.

A alvenaria estrutural é um sistema de construção onde a alvenaria faz o trabalho da vedação e da estrutura da edificação, os blocos fazem o papel de sustentar a estrutura, assim substituindo a necessidade de pilares e vigas.

O uso da alvenaria estrutural é um sistema construtivo muito tradicional, utilizado a milhares de anos desde o início das atividades humanas de execuções de estruturas.

As primeiras construções foram com a utilizações de diversos blocos, como argila, pedra entre outros, onde foram construídas diversas obras de pequenas a grandes portes que atravessaram milhares de anos.

2.1.1 Classificação

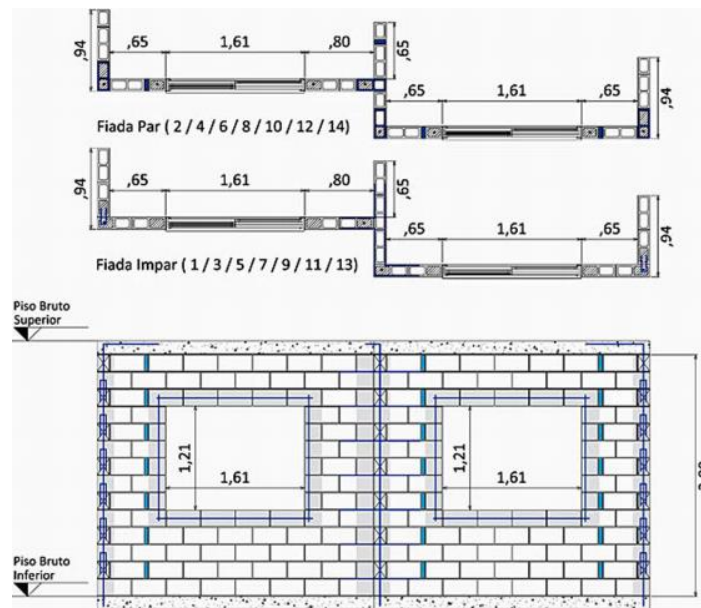
A alvenaria estrutural pode ser classificada em três tipos, alvenaria não armada, alvenaria armada e alvenaria protendida. A escolha da alvenaria vai depender do processo construtivo que será utilizado.

2.1.1.1 Alvenaria não armada

Segundo Tauil e Nesse (2010) alvenaria não armada (figura 1) é o tipo de alvenaria que não recebe graute, mas pode receber reforços de aço, por razões construtivas, como vergas de portas, vergas e contravergas de janelas, para evitar futuras trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura, movimentação por efeitos dos ventos e térmicos e a concentração de tensões.

Segundo a ABNT (NBR-10837) alvenaria estrutural não armada de blocos vazados de concreto é construída junto com os blocos e argamassa de assentamento, que tem como finalidade absorção dos esforços calculados.

Figura 1 - Alvenaria não armada

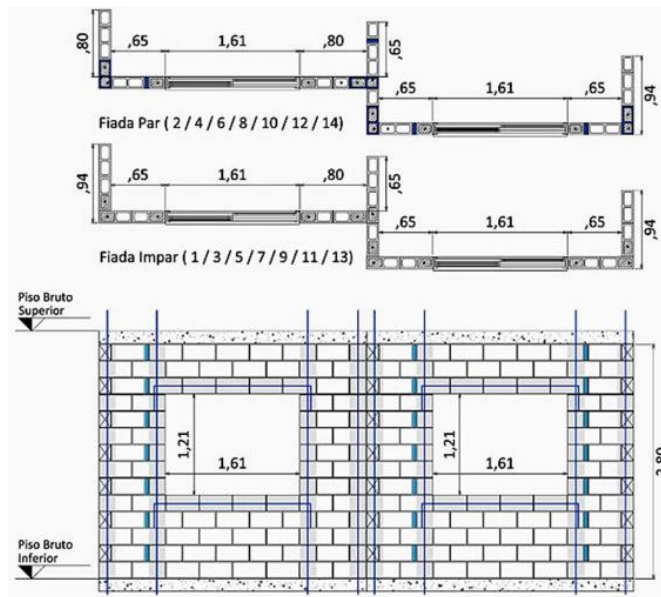


Fonte: Tauil e Nesse (2010)

2.1.1.2 Alvenaria armada

E o modelo de alvenaria que recebe maior exigência em alguns pontos de sua estrutura. Segundo Tauil e Nesse (2010), a alvenaria armada (figura 2) são as que utilizam de armaduras passivas de fios, telas de aço e barras dentro dos vazios dos blocos e posteriormente grauteados, assim obtendo maior resistência para os esforços estruturais.

Figura 2 - alvenaria armada

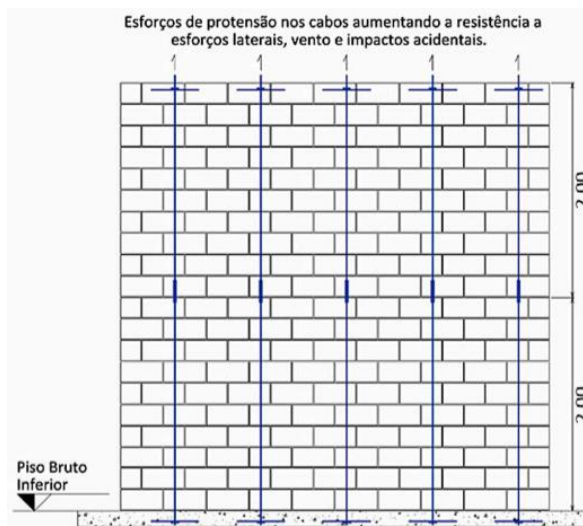


Fonte: Tauil e Nesse (2010)

2.1.1.3 Alvenaria protendida

Para Tauil e Nesse (2010) a alvenaria protendida (figura 4) é uma alvenaria reforçada por uma armadura ativa, que submete a alvenaria a esforços de compressão, esse tipo de alvenaria é pouca utilizada por relação de ter o custo alto para o padrão de construção.

Figura 3 - alvenaria protendida



Fonte: Tauil e Nesse (2010)

2.1.2 Vantagem econômica do sistema em alvenaria estrutural

Segundo Mohamad (2015) a alvenaria estrutural possui diversas vantagens, na qual a economia é uma das principais vantagens, em virtudes da otimização de tarefas na obra, que por meios de técnicas de execução simplificada, facilita o controle de etapas de produções, eliminando o desperdício de matérias e otimizando o tempo de trabalho.

2.1.3 Histórico

A alvenaria estrutural é um processo construtivo que vem sendo utilizado a milhares de anos, onde utiliza suas paredes de alvenaria para resistir cargas, substituindo pilares e vigas que é utilizado no sistema de concreto armado, madeira e aço. Tal sistema construtivo, é utilizado a milhares de anos até o século XX, onde foram construídas de forma empírica, assim, resultava em construções bastante robustas quando comparadas as construções dos dias atuais.

Segundo Camacho (2006) com o advento do aço e do concreto armado no início do século XX, uma revolução no método construtivo, diante de novas matérias, que abrirão a possibilidade de obras de portes maior e arrojado.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), atravessando séculos ou mesmo milênios e chegando até nossos dias como verdadeiros monumentos de grande importância histórica, dentro desse sistema construtivo, vale mencionar essas grandes edificações que se tornarão marcos históricos.

2.1.3.1 Pirâmides de Guizé

Segundo Ramalho e Corrêa(2003), as grandes pirâmides (Figura 4) são conhecidas como, Quéfren, Queóps e Miquerinos, Têm aproximadamente cerca de 2.600 anos a.C, mede 147 metros de altura e sua base é formada por um quadrado de 230 metros de lado, para a construção foram usados em torno de 2,3 milhões de blocos.

Através dessas características, as pirâmides de Guizé são consideradas grandes monumentos da antiguidade, entretanto, segundo Ramalho e Corrêa (2003), do ponto de vista estrutural, as pirâmides não apresentavam nenhuma grande inovação.

Figura 4 - Pirâmides de Guizé



Fonte: (Souza, 2019)

2.1.3.2 Coliseu

O Coliseu (Figura 5) é um grande anfiteatro, construído por volta de 70 d.C. possui a capacidade para cerca de 50.000 pessoas, uma grande arquitetura romana, com mais de 500 metros de diâmetro e 50 metros de altura, tem 80 portais para acesso das pessoas.

No aspecto estrutural, o teatro romano se aproveitava de seus desníveis naturais, era basicamente suportados por pórticos formados por pilares e diversos arcos.

Figura 5 - Coliseu



Fonte: Vasconcelos (2018)

2.1.3.3 *Catedral de Reims*

A grande catedral Notre-Dame de Reims (Figura 6) fica localizada na França e foi construída entre 1211 e 1300 d.C. Segundo Ramalho e Corrêa (2003) seu interior é amplo, com arcos que sustentam o teto sendo apoiados em pilares esbeltos, que, por sua vez, são contraventados adequadamente por arcos externos.

A grande catedral serve de grande exemplo de estruturas de alvenaria, ao se adentrar nessa edificação fica claro que, mesmo com diversas limitações dos procedimentos empíricos, as técnicas construtivas mostram a grande capacidade para desenvolver resultados muito satisfatórios.

Figura 6 – Catedral de Reims



Fonte: (FORTES, 2016)

2.1.3.4 Edifício Monadnock

Um dos grandes edifícios entre os séculos XIX e XX com grande porte construído em alvenaria estrutural e de maneira racional, o edifício Monadnock (figura 7), construído no estado de Illinois na cidade de Chicago entre 1889 e 1891 com 16 pavimentos e a altura de 65 metros, onde suas paredes inferiores medem 1,80m de espessura.

Figura 7 – Edifício Monadnock



Fonte: Vieira (2019)

2.1.4 Histórico no Brasil

Segundo Mohamad (2015) a alvenaria estrutural no Brasil surgiu como uma técnica de construção apenas no final da década de 1960, no ano de 1966 foi um marco inicial do emprego do bloco de concreto em alvenarias estruturais no Brasil, com a construção do conjunto habitacional Central Park Lapa (Figura 8), em São Paulo.

Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que o sistema construtivo em alvenaria estrutural, a alvenaria não-armada de blocos vazados de concreto parece ser um dos mais promissores, tanto pela economia que o sistema proporciona como pela quantidade de fornecedores já existente no mercado nacional.

Figura 8 - Central Park Lapa



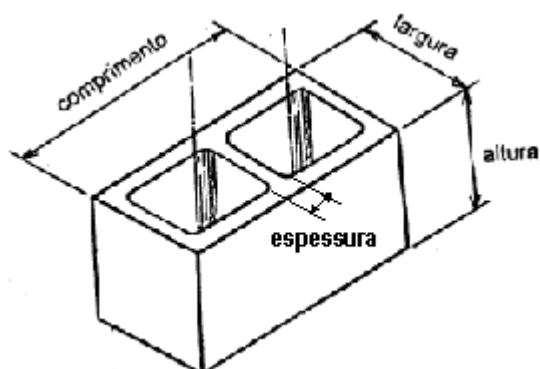
Fonte: Banco de obras – Alvenaria Estrutural (2019)

2.2 CONCEITOS BÁSICOS

De acordo com Machado (2014) a alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes atuam como estrutura e têm a função de resistir às cargas verticais, bem como as laterais. As cargas verticais são devidas ao peso próprio da estrutura e as cargas de ocupações.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a unidade é o componente básico da alvenaria. A unidade sempre será definida por suas dimensões, comprimento, largura e altura (figura 9). Partindo dessa perspectiva, é muito importante que os comprimentos e largura dos blocos sejam iguais ou múltiplos, para não haverem desperdício de blocos e facilitar na parte da modulação.

Figura 9 – Dimensões dos blocos



Fonte: (FAZ FÁCIL, 2019)

2.3 IMPORTÂNCIA DA MODULAÇÃO

Ramalho e Corrêa (2003) afirma que a modulação é um procedimento indispensável, pois é fundamental para que a edificação em alvenaria estrutural possa ter eficiência e racionalização. Sem a modulação dificultaram bastante o assentamento dos blocos, assim haverá desperdício de material e tempo, é isso aumentará o custo da construção.

Para Pastro (2007) a alvenaria estrutural é como brincar de encaixar peças, com diversos formatos e tamanhos que vai se encaixando no decorrer da parede, não podendo alterar a ordem das peças, sendo que os blocos são encaixados de forma, que se evite o desperdício de matérias na parte da execução.

A consequência de uma obra bem modulada é um melhor aproveitamento dos materiais e tempo, desprezando quase todo o desperdício de materiais, aumentando a rentabilidade da construção.

3 MATERIAIS E TECNICAS

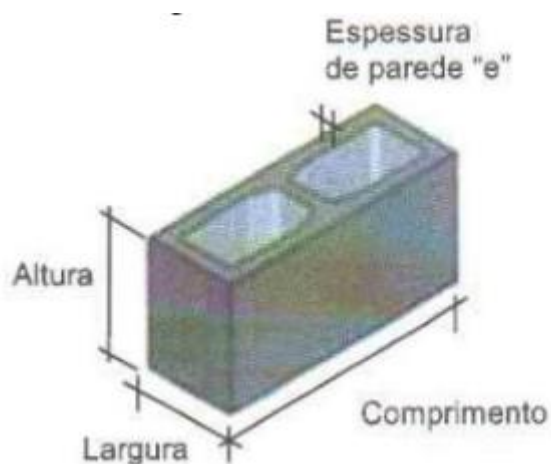
3.1 BLOCOS UTILIZADOS

Muitos blocos diferentes podem ser utilizados em uma edificação no sistema de alvenaria estrutural, assim deve se escolher o que melhor se encaixa na sua edificação. Os blocos usualmente utilizados são, maciço ou vazados, cerâmico ou de concreto, o mais importante são as dimensões que serão utilizadas na modulação do projeto.

3.1.1 Blocos vazados de concreto simples

A NBR 6136:2006 blocos vazados de concreto simples para alvenaria, define o bloco de concreto (figura 10) como sendo um elemento de alvenaria cuja a área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta (área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios).

Figura 10 – Bloco vazado



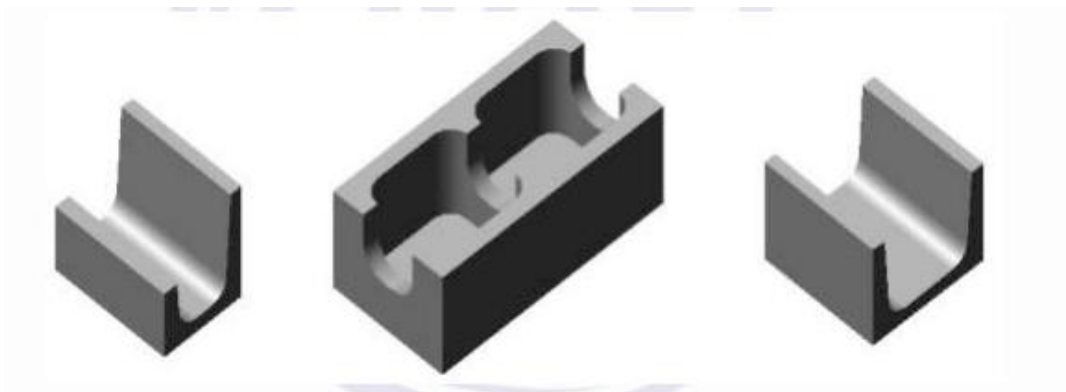
Fonte: NBR 6136:2006 (2016)

3.1.2 Blocos tipo canaleta

A NBR 6136:2006 blocos vazados de concreto simples para alvenaria, define os blocos tipo canaleta, como componente de alvenaria vazados ou não, com uma conformação

geométrica conforme a (figura 11), os blocos tipo canaleta foram criados para a racionalizar a execução de vergas, contravergas e cintas.

Figura 11 – Bloco tipo canaleta

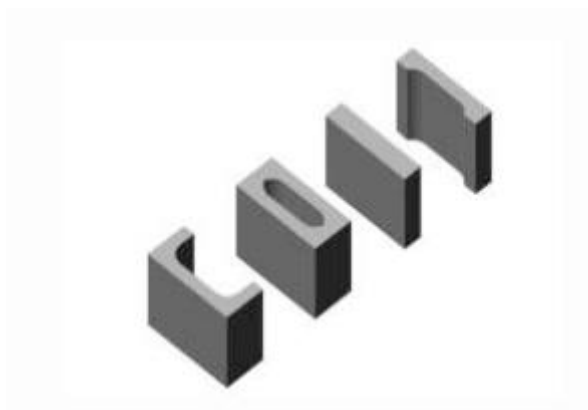


Fonte: NBR 6136:2006 (2016)

3.1.3 Bloco compensador

Componente de alvenaria destinado a compensar ajuste feito pela modulação (figura 12).

Figura 12 – Bloco compensador



Fonte: NBR 6136:2006 (2016)

3.1.4 Família de blocos

Martins (2012) afirma que as famílias de blocos de concreto (figura 13) seguem dimensões padronizadas. As famílias podem ser encontradas em dois comprimentos diferentes, 29 cm e 39 cm, porém a família 39 pode ter cinco opções de larguras, sendo mais empregada os blocos com 14 cm de largura, seguindo de 9 cm e 19 cm.

Figura 13 – família de blocos



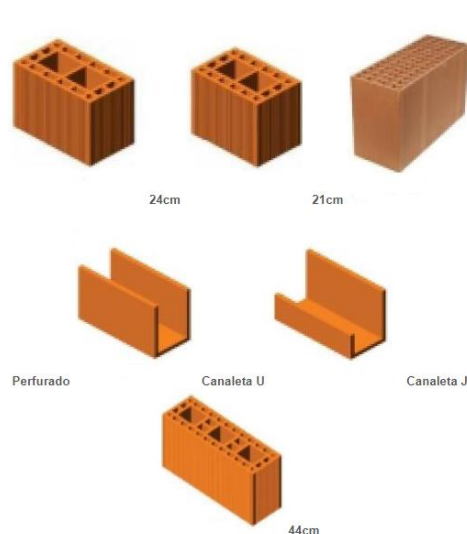
Alvenaria Estrutural (2019)

3.2 BLOCOS CERÂMICOS

Segundo Parsekian e Soares (2010), os blocos cerâmicos (Figura 14) representam em torno de 80 a 95% do volume da alvenaria, os blocos são determinantes em grande parte das características das paredes, ou seja, a resistência a compressão, estabilidade e precisão dimensional, resistência ao fogo e à penetração de água, isolamento acústico e térmico. Em conjunto com a argamassa, os blocos cerâmicos são determinantes para a resistência a tração e ao cisalhamento.

A NBR 6136:2006 descreve o bloco como principal componente no sistema construtivo de alvenaria estrutural, o bloco deve conter furos prismáticos ou cilíndricos, são classificados de acordo com suas resistências à compressão, encontrado com mais facilidade entre 4,5 a 6,0 Mpa.

Figura 14 – família de blocos cerâmicos



Fonte: Parsekian e Soares (2010)

3.3 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Conforme descrito por Parsekian e Soares (2010) a argamassa tem a função de ligação entre os blocos, uniformizando os apoios entre eles. A argamassa junto com o bloco forma um elemento misto chamando de alvenaria.

Segundo os mesmos autores, a argamassa de assentamento é composta tradicionalmente de cimento, cal e areia. As argamassas possuem dois estados distintos: plástico e endurecida, onde as principais características da argamassa no estado plástico é a trabalhabilidade e a capacidade de retenção da água, já em estado endurecido são a aderência, resiliência, resistência à compressão e retração.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003) para o projetista é necessário o conhecimento da resistência média de compressão da argamassa, ABNT NBR 10837 especifica diferentes valores de tensão admissível para tração e cisalhamento, para a alvenaria em função desse parâmetro.

3.4 GRAUTE

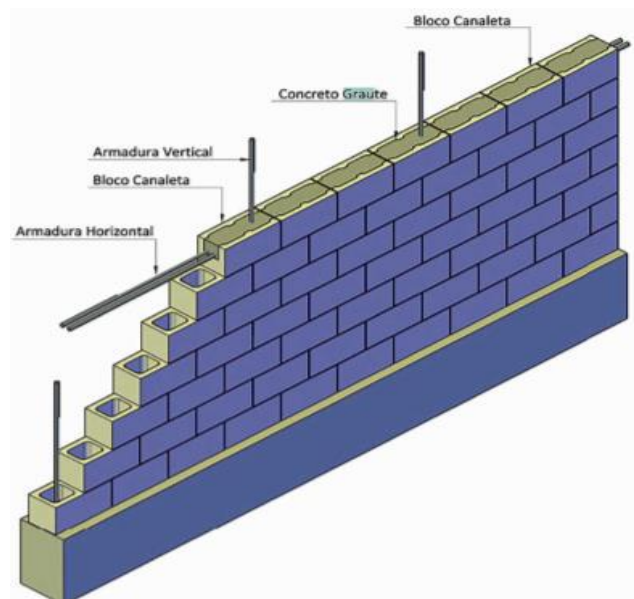
O graute (figura 15), segundo Ramalho e Corrêa (2003) é um concreto com agregados de pequena dimensões e fluido, o graute é necessário para o preenchimento dos blocos vazios. A função do graute é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades dos

blocos com as armaduras posicionada dentro dos vazios para o aumento da resistência das cargas. Considera-se que o graute trabalhe em conjunto com bloco, argamassa e eventualmente armaduras, envolvendo completamente a armadura e aderir tanto ela quanto o bloco, que no final forme um único conjunto.

Ainda segundo o autor, o graute deve ter a resistência igual ou superior a duas vezes a resistência da característica do bloco, essa recomendação é entendida que a resistência do bloco é referida à área bruta e que o índice de vazio no bloco está em torno de 50%.

Parsekian e Soares (2010) afirmam que teoricamente o aumento da resistência da parede é proporcional ao aumento da área líquida proporcionada pelo grauteamento, porém alguns resultados de pesquisas realizadas sobre grauteamento indicam que a eficiência do graute pode variar entre 60 a 100%.

Figura 15 - Graute

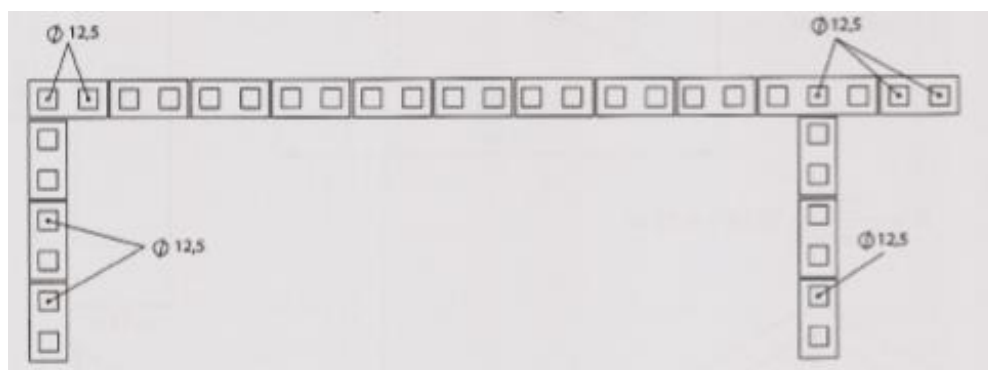


Fonte: Tautil e Nesse (2010)

3.5 ARMADURAS

A armadura (figura 16) é o aço que utiliza na alvenaria estrutural, o mesmo empregado nas estruturas de concreto armado. Ramalho e Corrêa (2003) afirma, que as armaduras sempre são envolvidas por graute, assim garantindo o trabalho em conjunto com o restante dos componentes de alvenaria. O diâmetro da armadura não deve ser menor do que 6mm, exceção é feita para as armaduras que foram colocadas nas juntas da argamassa, nesse caso, o diâmetro mínimo deve ser de 3,8mm, não ultrapassando a metade da espessura da junta.

Figura 16 – Posicionamento da armadura



Fonte: Parsekian e Soares (2010)




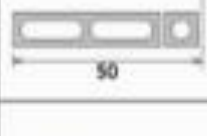
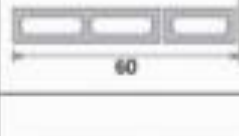
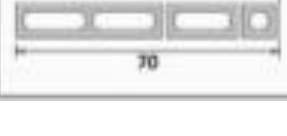
3.6 COORDENAÇÃO MODULAR

A coordenação modular, junto com a combinação de peças modulares (figura 17) é fundamental para a economia e racionalização no sistema de construção em alvenaria estrutural, portanto acaba sendo indispensável. Tauil e Nese (2010) descrevem que a coordenação modular é a organização ou arranjos das peças e componentes, de forma a se atenderem a uma medida de base padronizada, ou seja, com definições pré-definidas.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), é importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, que dessa maneira efetivamente se tenha um único módulo em planta, pois ocorrendo essas condições, facilitara a amarrações das paredes, com ganhos de racionalização significativas no sistema construtivo.

Quanto a modulação vertical, Ramalho e Corrêa (2003) afirma que a é bastante simples. Trata-se apenas de ajuste de distância entre o piso e o teto, para que seja um múltiplo do bloco do modulo vertical utilizado, normalmente adotado em 20 cm, mas podendo ser alterado dependendo da família de bloco utilizado no projeto.

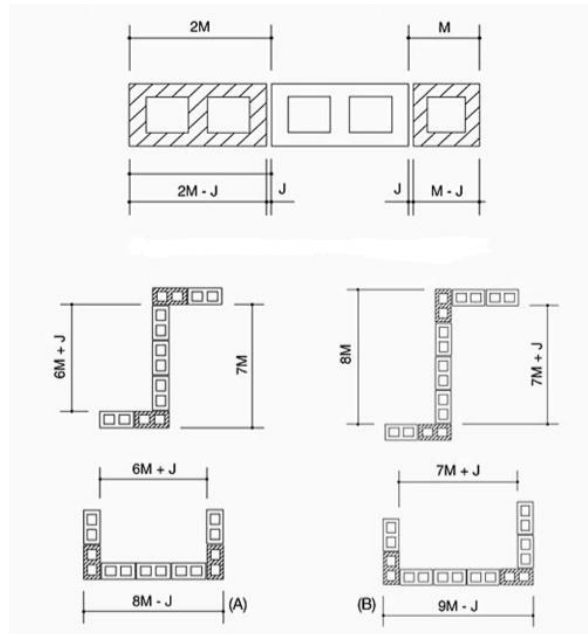
Figura 17 – Combinação de peças modulares – família de 20 e 40

	Medida modular = 2M Medida de coordenação = 20 cm ou 19 cm + 1 cm (ajuste de coordenação)
	Medida modular = 3M Medida de coordenação = 30 cm ou 19 cm + 9 cm + 2 x 1 cm (ajuste de coordenação)
	Medida modular = 4M Medida de coordenação = 40 cm ou 39 cm + 1 cm (ajuste de coordenação)
	Medida modular = 5M Medida de coordenação = 50 cm ou 39 cm + 9 cm + 2 x 1 cm (ajuste de coordenação)
	Medida modular = 6M Medida de coordenação = 60 cm ou 39 cm + 19 cm + 2 x 1 cm (ajuste de coordenação)
	Medida modular = 7M Medida de coordenação = 70 cm ou 39 cm + 19 cm + 9 cm componente modular + 3 x 1 cm (ajuste de coordenação)

Fonte: Tauil e Nesse (2010)

Entre as dimensões reais das faces dos blocos (figura 18) sem considerar o revestimento, serão determinados pelo número de módulo e as juntas que estarão presentes no intervalo entre eles. Ramalho e Corrêa (2003) descrevem que dependendo do caso pode-se ter $(n \infty M)$, $(n \infty M - J)$ ou $(n \infty M + J)$, e fato de que os blocos colocados nos cantos e bordas vizinhos estejam em paralelos, sendo essas definições tomadas em relação a eixos segundo o comprimento das peças.

Figura 18 – Dimensões reais entre faces de blocos.

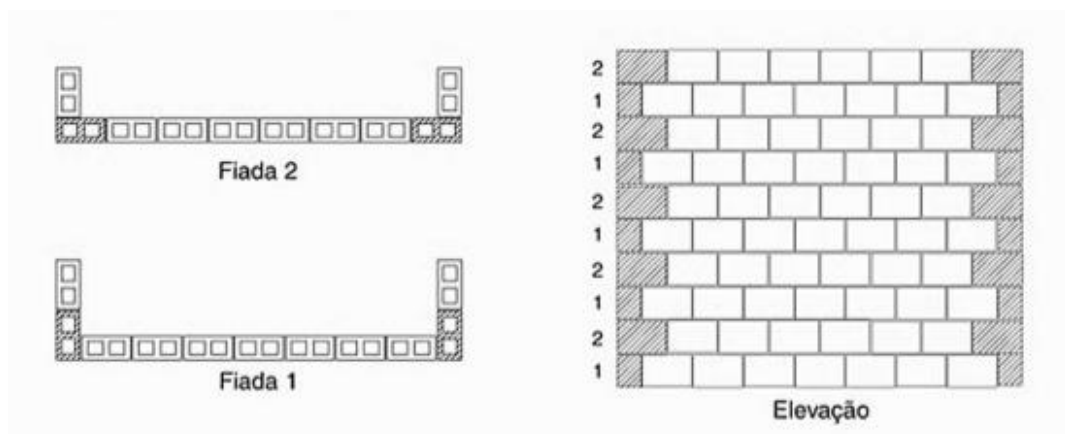


Fonte: Ramalho e Corrêa (2003)

3.7 POSICIONAMENTO DA 1ª E 2ª FIADAS

Segundo Sabbatini (2003) o assentamento da primeira fiada de blocos deve ser realizada sobre uma base de concreto do térreo diretamente sobre as vigas baldrame, as duas primeiras fiadas servira de referência para as demais fiadas até o fim da parede de alvenaria, a 1ªfiada será igual a 3ªfiada, a 2ªfiada será igual a 4ªfiada, assim por diante. Os blocos entre as duas fiadas sempre terão uma harmonia na sobreposição entres elas, conforme a (figura 19).

Figura 19 – Posicionamento da 1ª e 2ª fiadas.



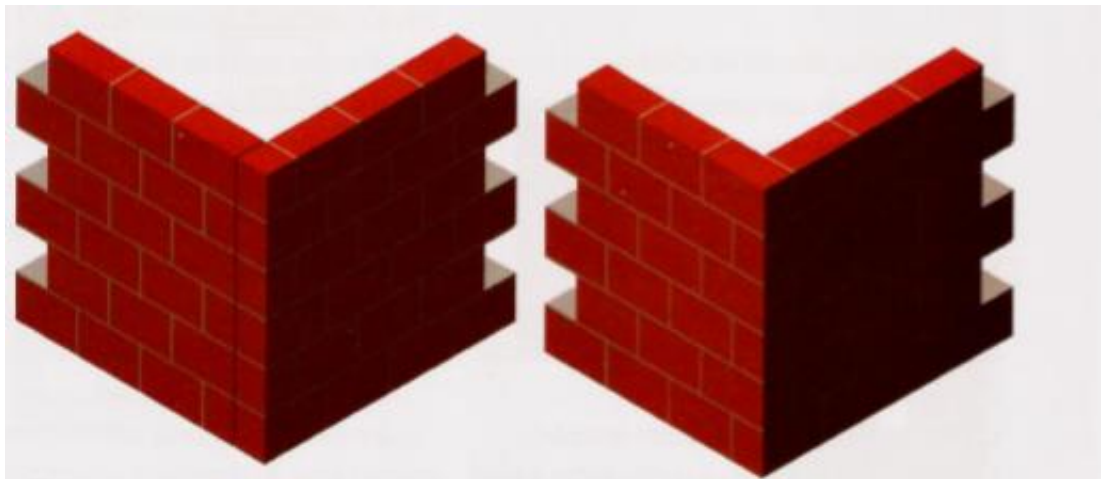
Fonte: Ramalho e Corrêa (2003)

3.8 AMARRAÇÃO DAS PAREDES

Segundo Parsekian e Soares (2010), a amarração pode ser de forma direta ou indireta (figura 20), onde a direta existe um intertravamento dos blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede a outra, já a indireta, existe junta a um prumo nos encontro das paredes, sem a sobreposição dos blocos, no caso da amarração indireta utiliza uma armação metálica (grampos ou telas) sobre a junta entre as paredes.

Ainda segundo o autor, os encontros das paredes devem preferencialmente ter amarrações diretas, por esse tipo de amarrações tem uma superioridade em relação a indireta, pois a amarrações indiretas há perda no desempenho estrutural.

Figura 20 Amarração indireta a (esquerda) e direta (à direita).



Fonte: Parsekian e Soares (2010)

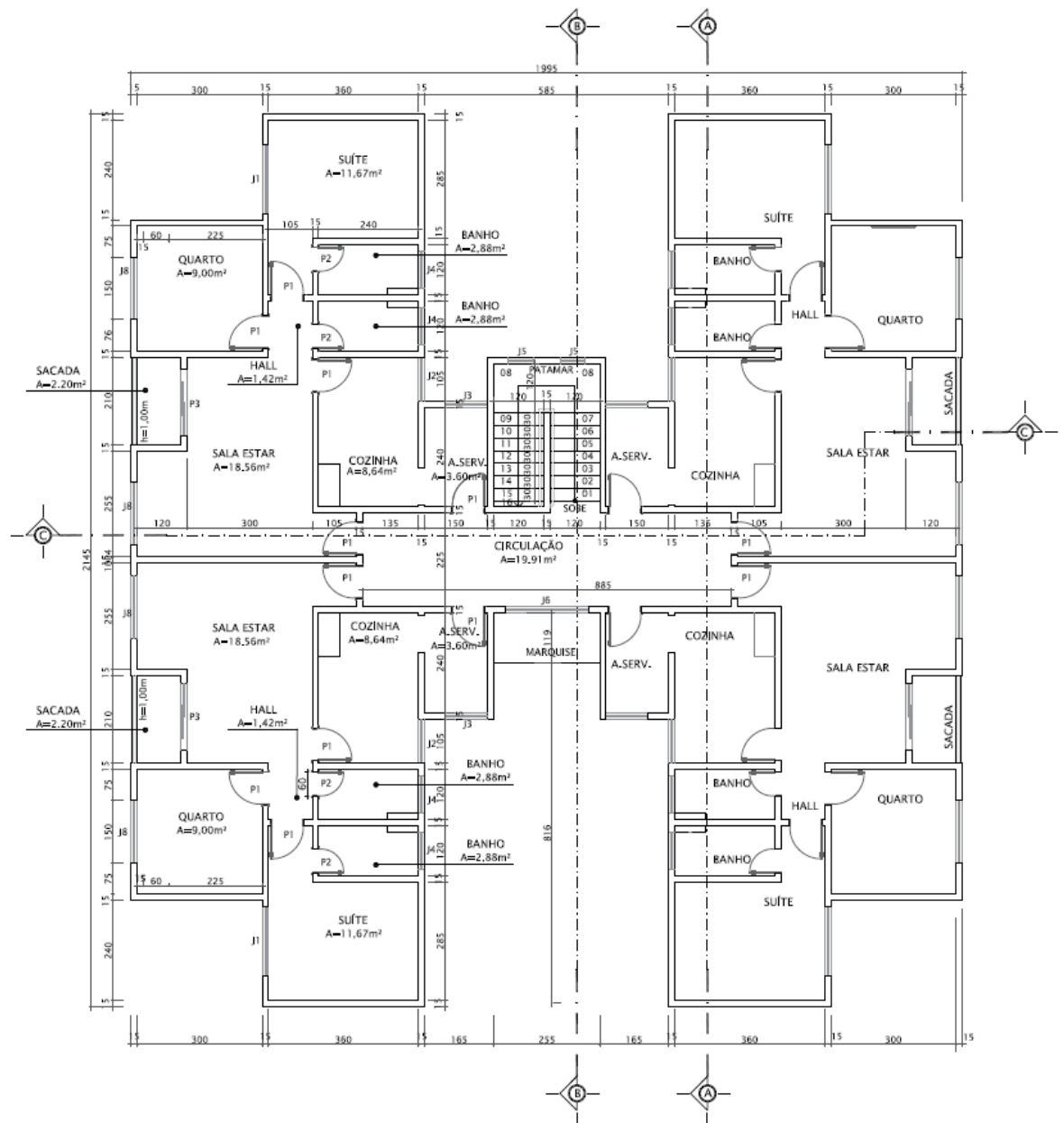
Parsekian e Soares (2010), afirma que amarração indireta tem a desvantagem de não conseguir unir completamente as paredes, assim, trazendo prejuízos no comportamento estrutural das paredes.

4 PROJETO

4.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico (figura 21) é quem define a forma da edificação, a quantidade e a sua distribuição das peças, com o objetivo de aplicar a modulação e elaborar um dimensionamento em blocos de concreto vazados.

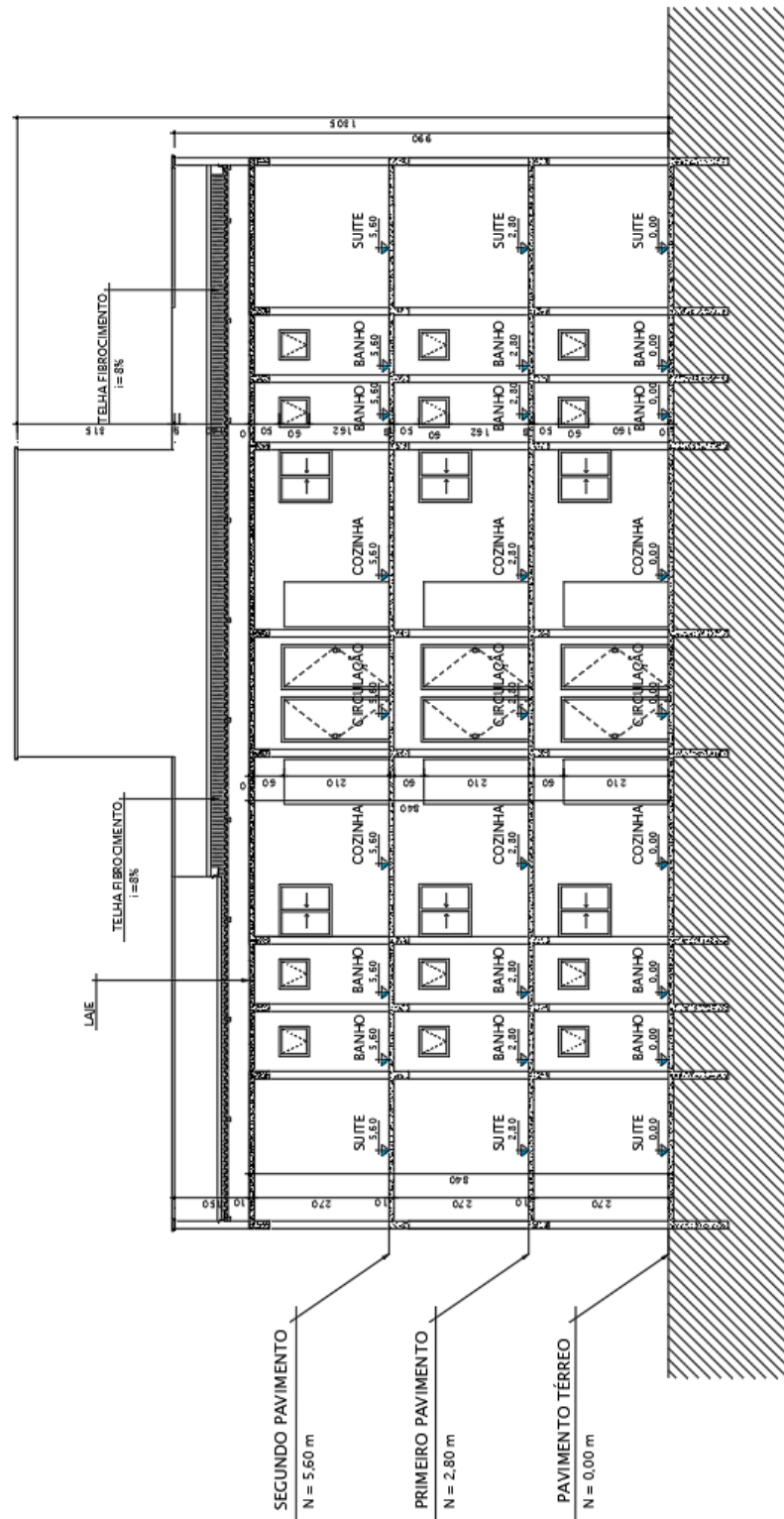
Figura 21 – Planta baixa



Fonte: Autor (2019)

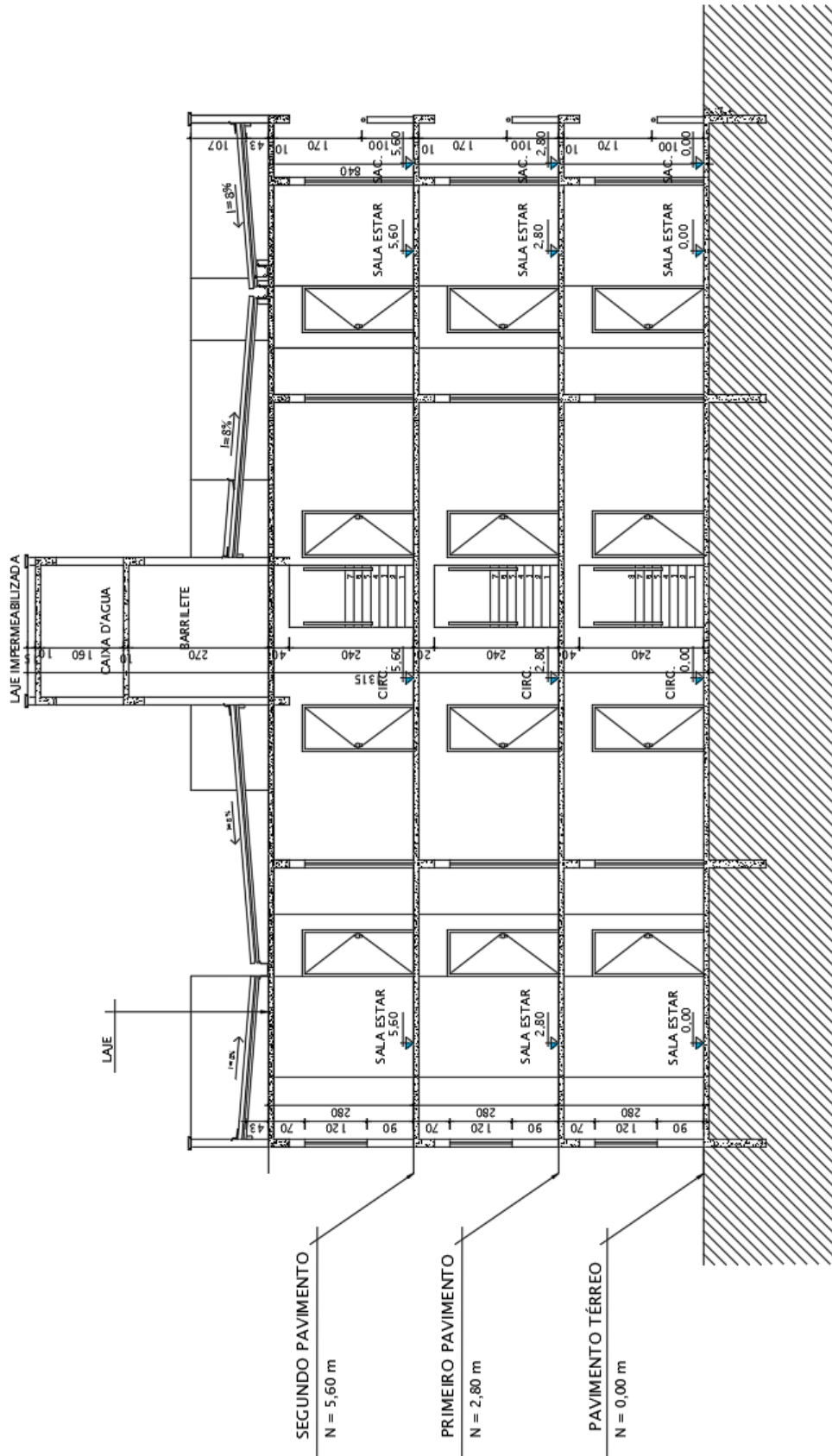
As figuras 22, 23 e 24, são as representações dos cortes transversal e longitudinal da edificação desenvolvida.

Figura 22 – Corte AA longitudinal



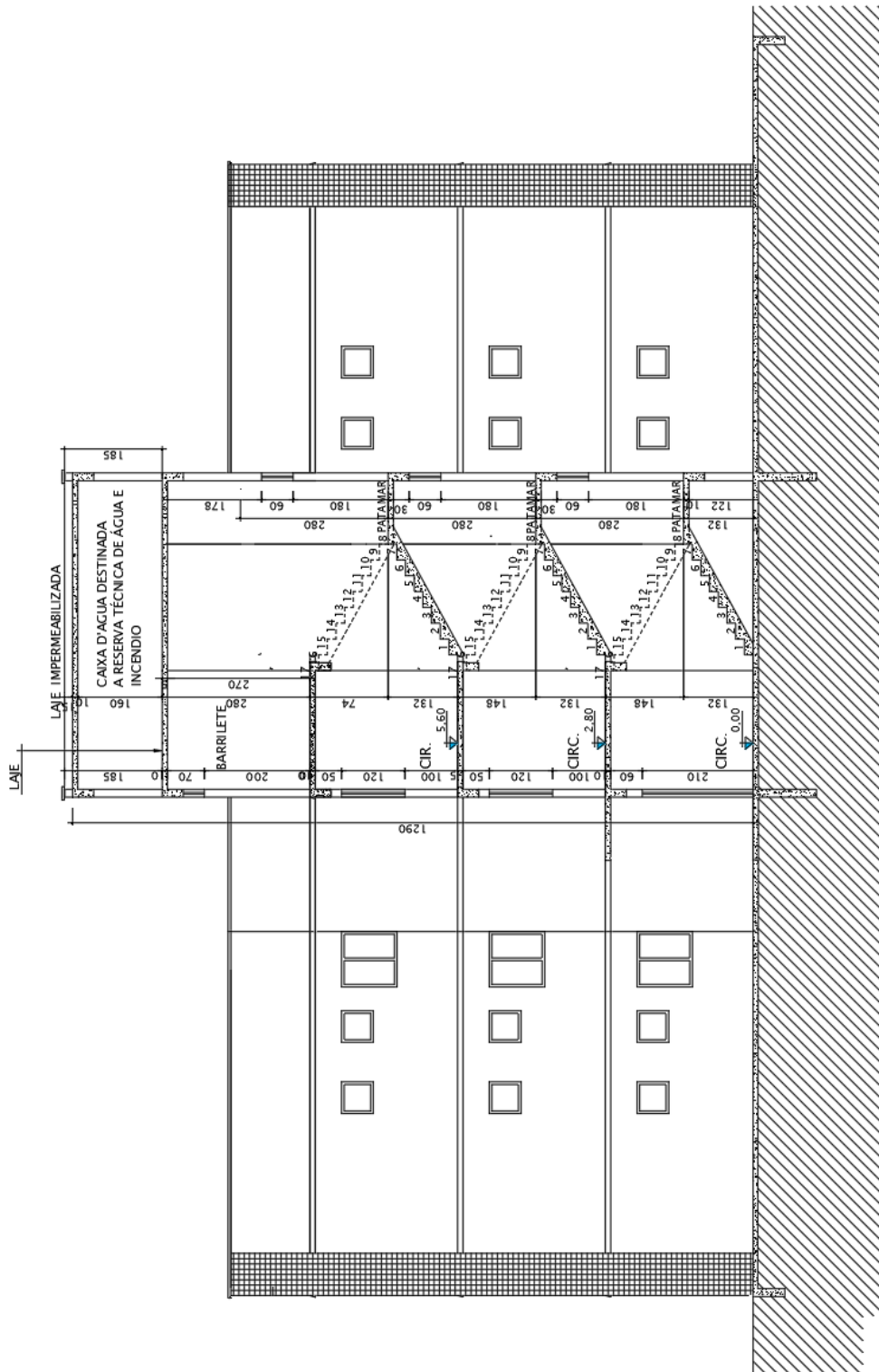
Fonte: Autor (2019)

Figura 23 - Corte BB longitudinal



Fonte: Autor (2019)

Figura 24 – Corte CC transversal

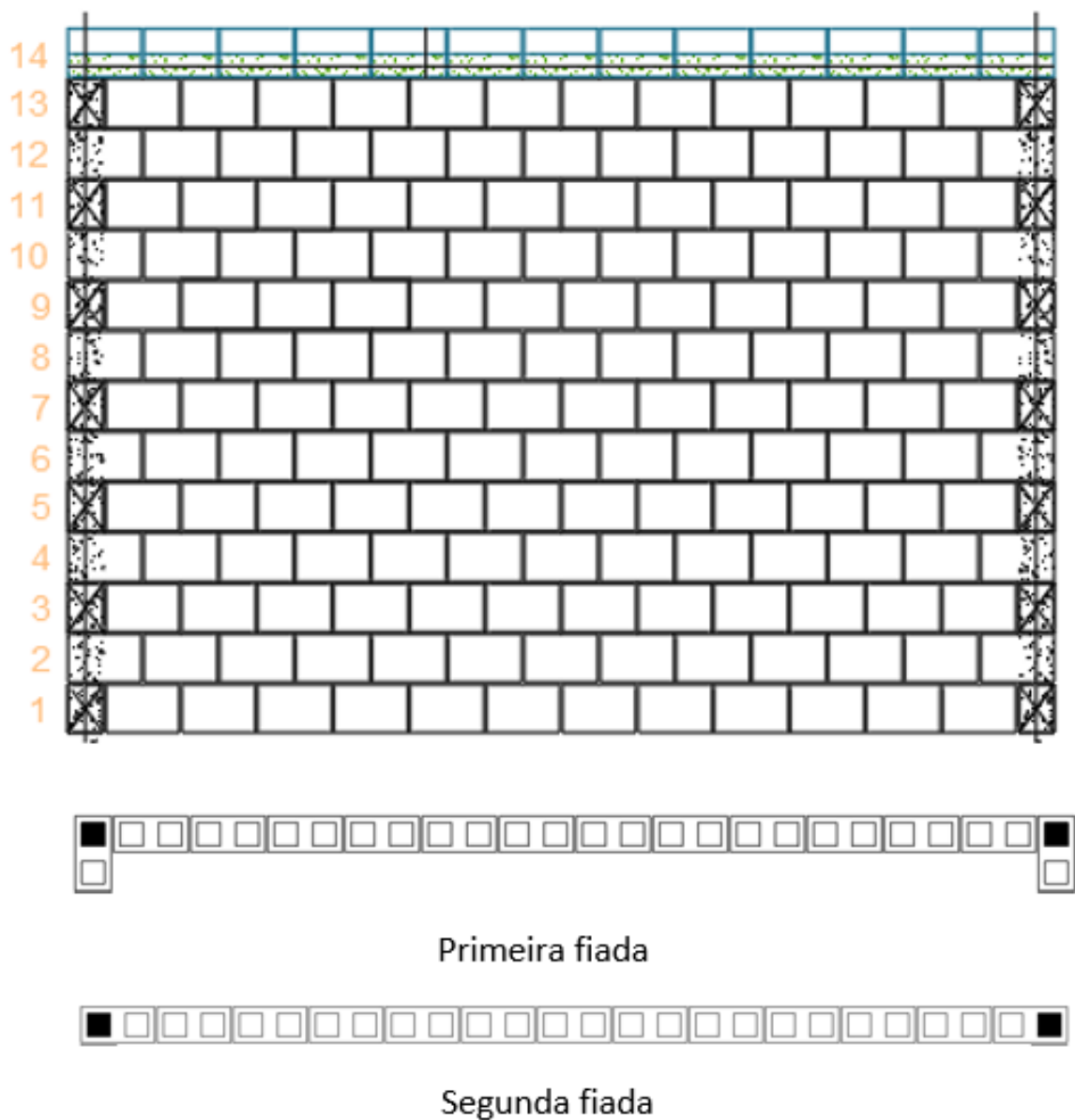


Fonte: Autor (2019)

4.2 MODULAÇÃO

A parti do projeto arquitetônico, foi desenvolvido o projeto de modulação da edificação (figura 25), elaborando a 1ª fiada e 2ª fiada, com as primeiras fiadas prontas, servira de referência para as demais fiadas até no encontro com a laje, pois os blocos entre as fiadas sempre terão uma harmonia na sobreposição.

Figura 25 – Modulação Parede 01



Fonte: Autor (2019)

A modulação das demais paredes encontra-se no final do trabalho, apêndice A.

4.3 DADOS DO PROJETO

- Edificação voltada para o uso residencial
- Número de pavimentos: 3
- Dimensões em planta
 - $L_x = 18,75$ metros.
 - $L_y = 21,45$ metros.
- Altura Total
 - A altura total da edificação é de $h=13$ metros, somando além dos pavimentos o reservatório de água.
- Pé direito
 - Eixo a eixo = 2,80 metros.
 - Com desconto da laje = 2,70 metros.
- Porta e peitoril
 - O vão das portas tem a altura de 2,10 metros e a sua largura variada de acordo com o ambiente, podendo de uma pequena variação em sua altura e largura conforme a modulação dos blocos.
- Largura dos blocos
 - A largura dos blocos utilizados foram a de tamanho de 14cm, para atender as especificações do projeto arquitetônico.
- Revestimento da parede interna
 - O revestimento interno utilizado terá a espessura de 10mm.

4.4 PRÉ-MOLDADOS

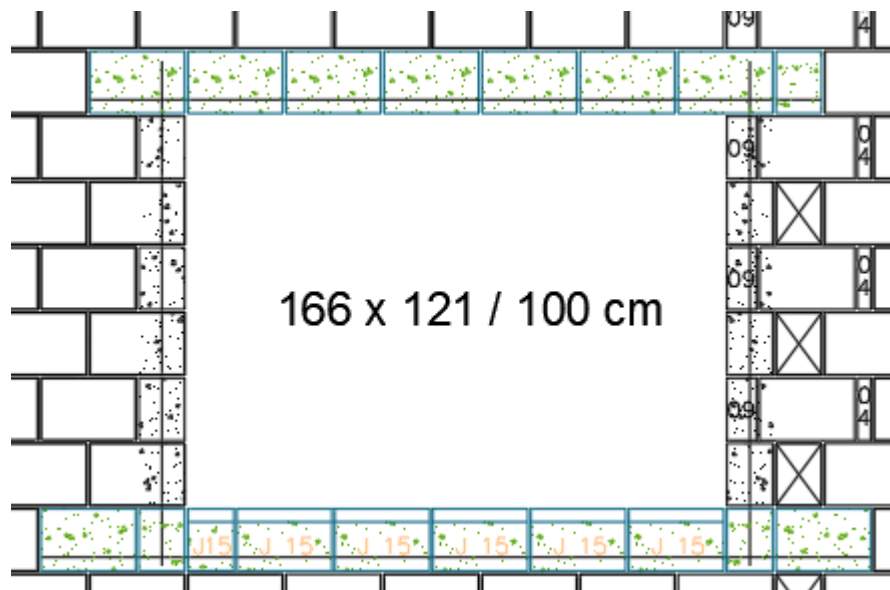
4.4.1 Escada

Os pré-moldados que serão utilizados nesse projeto em questão, além da alvenaria em blocos de concreto, contara com a escada jacaré, que é composta por alguns elementos, sendo eles os principais, os degraus, patamar e a viga tipo jacaré

4.4.2 Vergas e contra vergas

As vergas e contras vergas (figura 26) utilizada nas janelas e portas, são um elemento estrutural fundamental para combater as reações das lajes e das cargas distribuídas distribuída ao longo das paredes, será colocado uma barra de Ø10mm ao longo do vão.

Figura 26 – Verga e contra verga

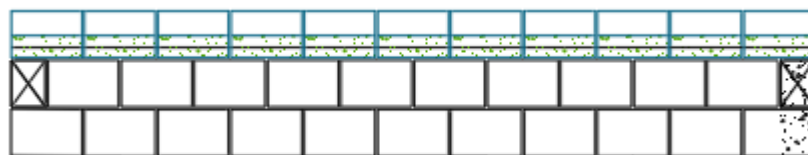


Fonte: Autor (2019)

4.4.3 Cinta de amarração

A cinta de amarração (figura 27) assim como as vergas, tem função estrutural, apoiadas sobre a parede, com o objetivo de uniformizar a distribuição das cargas sobre a alvenaria estrutural, também será utilizada uma barra de Ø10mm ao longo do vão.

Figura 27 – Cinta de amarração



Fonte: Autor (2019)

4.5 MEMORIAL DE CALCULO

4.5.1 Carregamentos

As cargas que devem ser consideradas em um edifício de alvenaria estrutural para seu cálculo são basicamente as horizontais e verticais, onde as horizontais são devidas à ação do vento e ao desprumo que é considerado a sua distribuição através dos pavimentos.

4.5.2 Cargas verticais

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) aconselha para a determinação dos carregamentos, a admissão do peso específico da parede revestida em 15 kN/m^3 e o peso específico do concreto de 25 kN/m^3 , e as escadas uma carga total de $3,5 \text{ kN/m}^2$.

A distribuição das cargas verticais será dada em grupos de paredes isoladas, onde foi desenvolvido uma tabela (Tabela 1) representando as lajes com o seu carregamento e as características geométricas e posteriormente a agrupando alguns grupos de paredes, com isso, fazendo a separação dos vãos das paredes como janelas e portas.

Para a distribuição de cargas nessas paredes em grupo, tem que se calcular a reações das lajes para cada parede, sendo utilizado a área de influência da laje em cada parede, desenvolvida pelos métodos de charneiras plástica como uma recomendação da NBR-6118 (2003).

Através desses passos podemos montar as definições dos grupos na (Figura 28) onde foi desenvolvido uma nomenclatura para a denominação dos grupos e a tabela de área de influência de cada grupo de parede na (Figura 29).

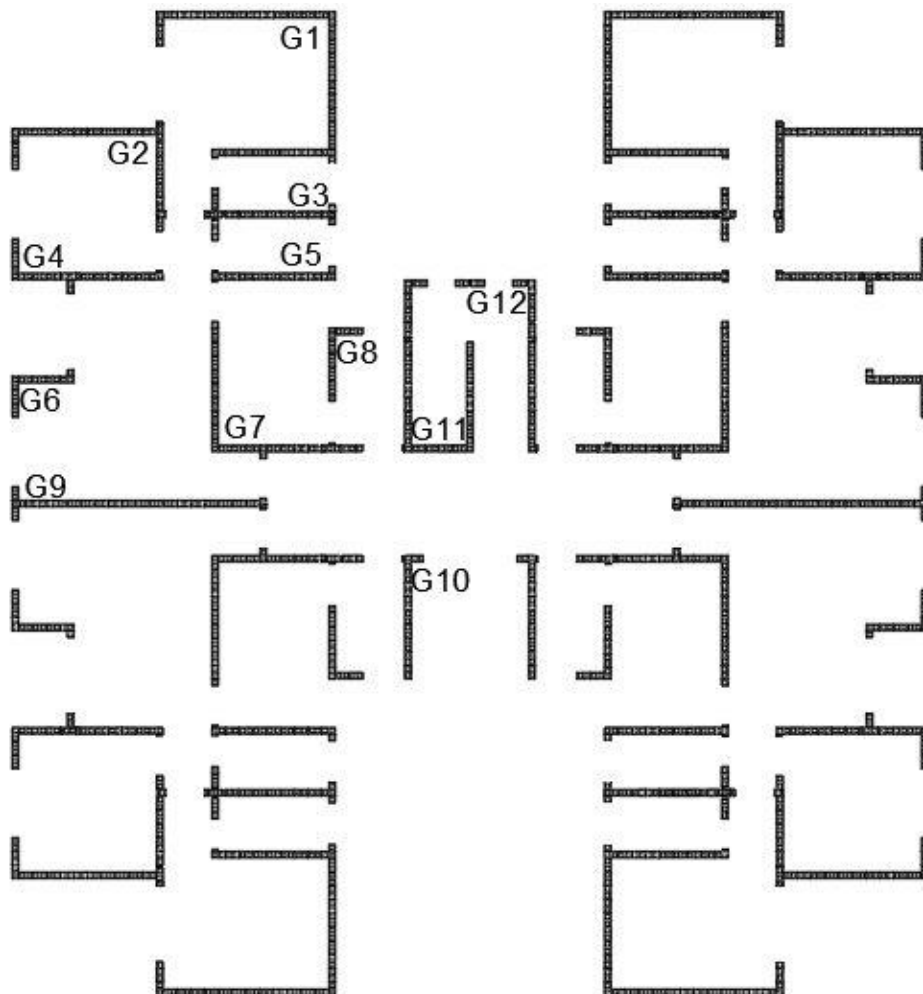
Tabela 1 – Carregamentos e características geométricas.

Lajes	Características geométricas			Cargas (kN/m^2)			
	Lx (cm)	Ly (cm)	Espessura (cm)	Sobrecarga	Revest.	P. Próprio	Carga Total
L1=L2=L45=L46	3,75	3,00	8,00	1,5	1	2	4,5
L3=L4=L35=L40	3,15	3,15	8,00	1,5	1	2	4,5
L5=L8=L41=L44	1,20	1,35	8,00	1,5	1	2	4,5
L6=L7=L42=L43	2,55	1,35	8,00	1,5	1	2	4,5

L9=L12=L36=L3 9	1,20	1,35	8,00	1,5	1	2	4,5
L10=L11=L37=L 38	2,55	1,35	8,00	1,5	1	2	4,5
L13=L18=L33=L 34	1,20	2,25	8,00	1,5	1	2	4,5
L=14=L17=L24= L27	4,35	4,95	8,00	1,5	1	2	4,5
L15=L16=L28=L 32	2,55	3,75	8,00	1,5	1	2	4,5
L19=L20=L29=L 31	1,65	2,55	8,00	1,5	1	2	4,5
L21=L23=L25=L 26	1,05	1,20	8,00	1,5	1	2	4,5
L22	9,00	2,24	8,00	1,5	1	2	4,5
L30	2,8	1,35	10,00	3,5	1	2	6,5

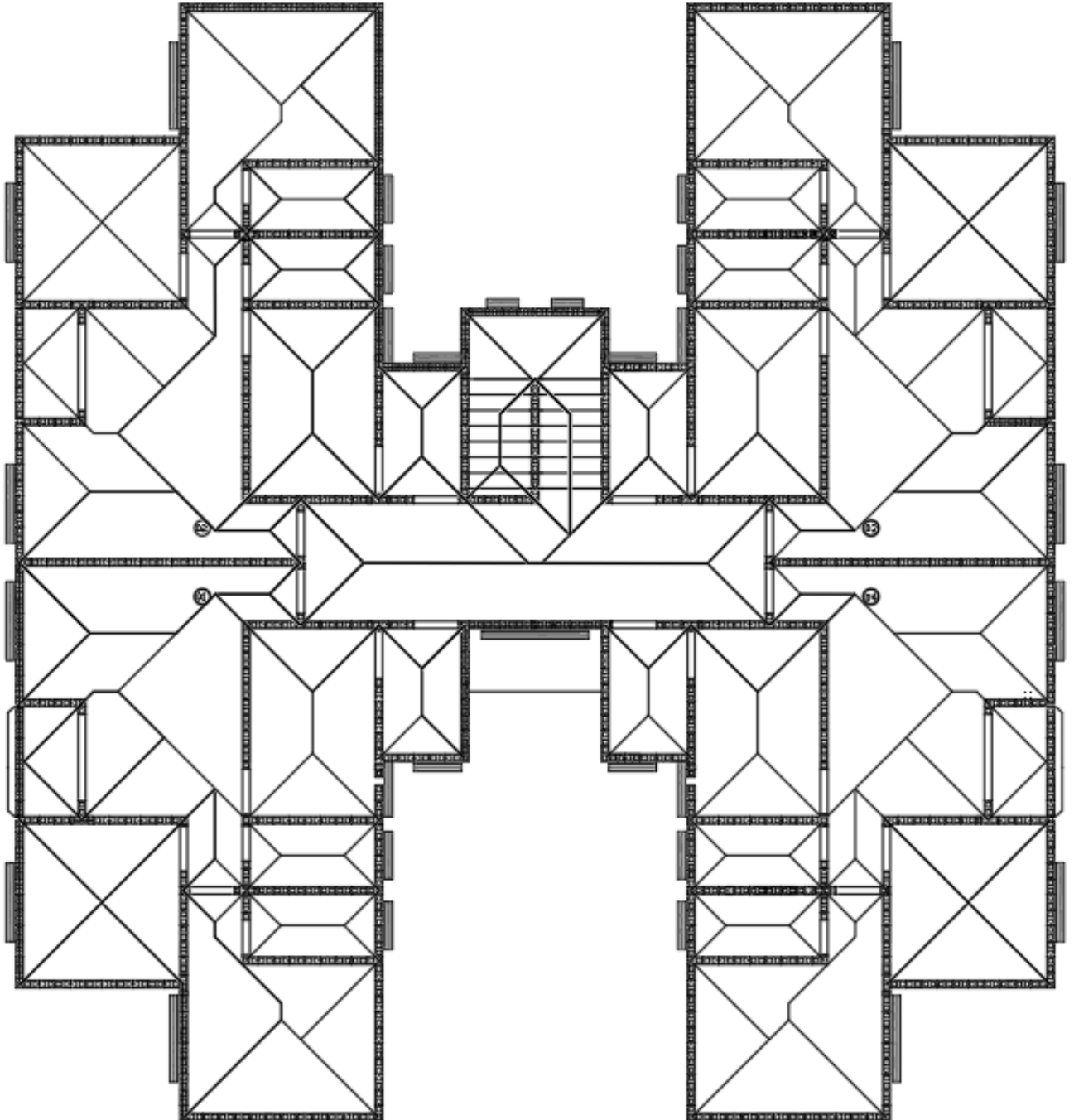
Fonte: Autor

Figura 28 – Grupos isolados.



Fonte: Autor (2019)

Figura 29 – Área de influência.



Fonte: Autor (2019)

4.5.3 Carregamento permanente e variável da reação das lajes

A laje se calcula através de seu peso próprio junto com o revestimento e a sobrecarga, assim multiplicando o peso pela área de influência da mesma sobre a parede, como mostra na (Tabela 2).

Tabela 2 – Carregamentos

Parede	Comprim. (m)	Altura da laje(m)	Área de influência da Laje(m ²)	Revest. (kN/m ²)	P.Próprio (kN/m ²)	Sobrecarga	Total (KN)
P1A = P1B = P18A = P18B	3,89	0,1	3,5	1	2,5	1,5	17,5
P2A = P2B = P17A = P17B	3,29	0,1	2,47	1	2,5	1,5	12,4
P3A = P3B = P16A = P16B	2,69	0,1	3,12	1	2,5	1,5	15,6
P4A = P4B = P15A = P15B	3,89	0,1	2,5	1	2,5	1,5	12,5
P5A = P5D = P14A = P14D	3,29	0,1	2,5	1	2,5	1,5	12,5
P5B = P5C = P14B = P14C	2,69	0,1	1,67	1	2,5	2	9,2
P6	2,84	0,1	1,82	1	2,5	2,5	10,9
P7A = P7B = P13A = P13B	1,49	0,1	0,66	1	2,5	1,5	3,3
P8A = P8B = P12A = P12B	1,34	0,1	2,13	1	2,5	1,5	10,7
P9A	4,34	0,1	6,78	1	2,5	2	37,3
P9B	4,34	0,1	6,78	1	2,5	2	37,3
P10= P10B	5,54	0,1	9,46	1	2,5	1,5	47,3
P11	11,24	0,1	15,18	1	2,5	2	83,5
P19A = P19B= P33A = P33B	7,96	0,1	3,64	1	2,5	1,5	18,2
P20A = P20B= P32A = P32B	2,39	0,1	3,46	1	2,5	1,5	17,3
P21A = P21B= P31A = P31B	5,84	0,1	7,59	1	2,5	1,5	38,0
P22A = P22B= P30A = P30B	6,59	0,1	11,06	1	2,5	2	60,8
P23 = P29	2,54	0,1	2,19	1	2,5	1,5	11,0
P24A = P24B= P28A = P28B	9,64	0,1	7,68	1	2,5	1,5	38,4
P25A	3,74	0,1	3,82	1	2,5	2,5	22,9
P25B = P27B	2,69	0,1	1,41	1	2,5	1,5	7,1
P26	3,39	0,1	2,68	1	2,5	2,5	16,1
P27A	3,74	0,1	4,27	1	2,5	2,5	25,6

Fonte: Autor (2019)

4.5.4 Peso próprio das alvenarias

Através da nomenclatura que foi dada a cada parede o cálculo dessa estrutura pode ser realizado.

O peso da alvenaria se dá pelo seu peso próprio multiplicado por sua extensão, será considerado o peso da argamassa e revestimento no valor de 1,38 kN/m, assim como foi feito na (Tabela 3).

O peso próprio da alvenaria é dado por:

$$PP_{\text{paredes}} = (\text{Pesp} \times \text{Espessura do bloco} \times \text{Altura da parede}) + \text{Revestimento.}$$

$$PP_{\text{paredes}} = (14\text{kN} / \text{m}^3 \times 0,14\text{m} \times 2,7\text{m}) + 1,38 = 6,68 \text{ kN/m}$$

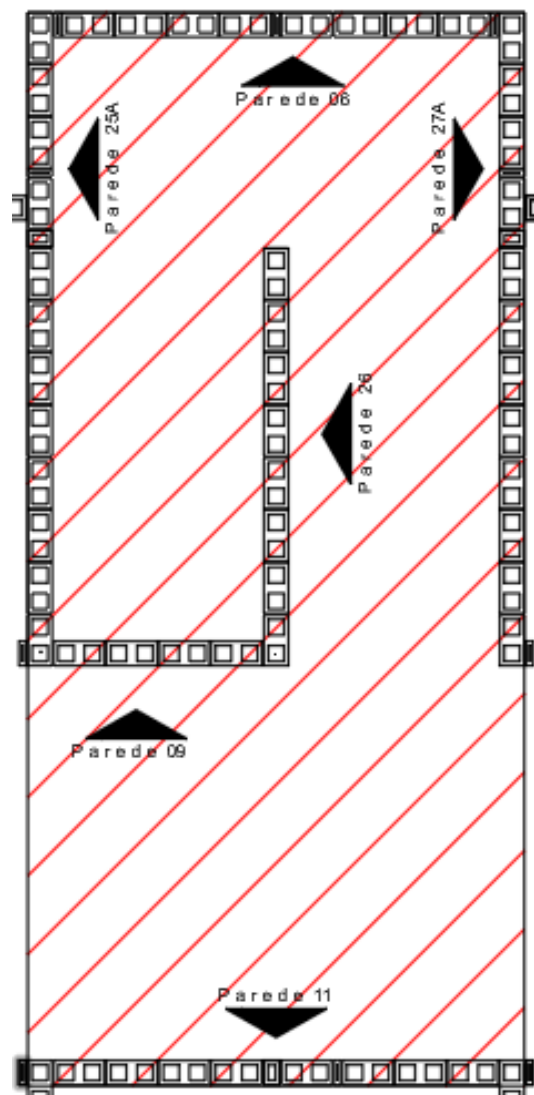
Tabela 3 –Peso das alvenarias

Parede	Comprim. (m)	PPparede (kN/m)	PPtotal (kN)
P1A = P1B = P18A = P18B	3,89	6,68	25,99
P2A = P2B = P17A = P17B	3,29	6,68	21,98
P3A = P3B = P16A = P16B	2,69	6,68	17,97
P4A = P4B = P15A = P15B	3,89	6,68	25,99
P5A = P5D = P14A = P14D	3,29	6,68	21,98
P5B = P5C = P14B = P14C	2,69	6,68	17,97
P6	2,84	6,68	18,97
P7A = P7B = P13A = P13B	1,49	6,68	9,95
P8A = P8B = P12A = P12B	1,34	6,68	8,95
P9A	4,34	6,68	28,99
P9B	4,34	6,68	28,99
P10= P10B	5,54	6,68	37,01
P11	11,24	6,68	75,08
P19A = P19B = P33A = P33B	7,96	6,68	53,17
P20A = P20B = P32A = P32B	2,39	6,68	15,97
P21A = P21B = P31A = P31B	5,84	6,68	39,01
P22A = P22B = P30A = P30B	6,59	6,68	44,02
P23 = P29	2,54	6,68	16,97
P24A = P24B = P28A = P28B	9,64	6,68	64,40
P25A	3,74	6,68	24,98
P25B = P27B	2,69	6,68	17,97
P26	3,39	6,68	22,65
P27A	3,74	6,68	24,98

Fonte: Autor (2019)

De acordo com a NBR 6120-80, deve ser considerado em um edifício residencial a carga do telhado distribuída sobre toda a estrutura exceto nas paredes que receberam o carregamento do reservatório e barrilete, onde a carga do telhado é de fibro-cimento 6mm com o valor de $0,38 \text{ kN/m}^2$, e o reservatório e barrilete foi usado uma carga aproximada 24 kN/m^2 sobre as paredes da (figura 30) para poder desenvolver os cálculos.

Figura 30 – Carga do reservatório e barrilete



Fonte: Autor (2019)

Assim, a carga ficou atuando sobre essas paredes e foi adicionada no pavimento superior, as áreas de influência sobre cada parede ficou de acordo com a (Tabela 4).

Tabela 4 – Carga do reservatório

Parede	Área de influência	Carga do reservatório (kN/m ²)	Total
P6	2,03	24	48,72
P9	2,88	24	69,12
P11	3,21	24	77,04
P25A	2,22	24	53,28
P26	3,47	24	83,28
P27A	3,23	24	77,52

Fonte: Autor (2019)

Portanto, ao total de 12 grupos de paredes, as distribuições de cargas permanentes e variáveis totais, apresentara as seguintes paredes e cargas, (tabela 5).

Tabela 5 – Carga dos grupos na cobertura

Grupos	Repetições no pavimento	Componentes do grupo	Comprimento total (m)	Carga total (kN)
G1	4	P1A+P21A+P3A	10,66	142,26
G2	4	P2A+P21A	6,52	93,85
G3	4	P4A+P22A+P24A	4,12	139,25
G4	4	P5A+P19A+P20	4,23	76,26
G5	4	P5B	3,08	29,76
G6	4	P8A+P19A	2,24	43,81
G7	4	P22A+P19A	6,78	124,32
G8	4	P7A+P24A	2,33	57,26
G9	2	P10A+P19	6,23	107,12
G10	2	P11+P25B	2,99	187,55
G11	1	P9A+P25A+P26	7,87	334,54
G12	1	P6+P27A	4,28	142,65

Fonte: Autor (2019)

Com base nos resultados da carga dos grupos na cobertura, pode-se acumular as cargas verticais dos pavimentos tipo, mas não utilizar as cargas do reservatório, ela será aplicada apenas na cobertura, assim podemos ver todo o esforço da edificação como mostra na (Tabela 6).

Tabela 6 – Carga dos grupos em cada pavimento

Grupos	Cobertura (kN)	2º Pav.(kN)	1º Pav.(kN)	Térreo(kN)
G1	142,26	284,52	426,78	569,04
G2	93,85	187,71	281,56	375,41
G3	139,25	278,50	417,75	557,01
G4	76,26	152,51	228,77	305,03
G5	29,76	59,52	89,28	119,04
G6	43,81	87,63	131,44	175,25
G7	124,32	248,64	372,96	497,28
G8	57,26	114,53	171,79	229,06
G9	107,12	214,23	321,35	428,47
G10	187,55	298,07	408,58	519,09
G11	334,54	463,40	592,26	721,13
G12	142,65	207,78	272,91	338,04

Fonte: Autor (2019)

4.5.5 Dimensionamento da alvenaria à compressão

O dimensionamento da alvenaria de blocos de concreto à compressão simples é dado pela seguinte equação.

$$N_{RD} = Fd \times A \times R \quad (4.1)$$

Onde

N_{RD} = força normal resistente de cálculo;

Fd = Resistencia à compressão de cálculo da alvenaria

A = área de seção resistente

R = redutor devido à esbeltez da parede

$$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right], \text{ onde } \lambda = \frac{h_e}{t_f} \quad (4.2)$$

A altura efetiva h_e , é a altura da alvenaria e a laje, assim: $2,7+0,10 = 2,8\text{m}$

Assim, o valor de redutor devido à esbeltez da parede fica,

$$R = \left[1 - \left(\frac{2,8}{40 \times 0,14} \right)^3 \right] \approx 0,875$$

A equação de N_{RD} pode ser escrita desta forma.

$$N_{RD} = \gamma f \times Fk = 1,4 Fk; \quad (4.3)$$

E f_D pode ser escrito desta forma.

$$f_D = N_{RD} = \frac{fk}{\gamma m} = \frac{fk}{2,0} \quad (4.4)$$

A área da seção é dada pelo o comprimento da parede (L) multiplicado pela sua espessura, alterando os valores na equação, temos:

$$1,4Fk = \frac{fk}{2,0} \times (0,14\text{m} \times L) \times 0,875$$

Portanto,

$$fk = 1,4 \times 2,0 \times \frac{Fk}{0,14 \times L \times 0,875}$$

Assim,

$$fk = 22,8 \times \frac{Fk}{L}$$

fk é a resistência da parede somando suas cargas, sendo ela a carga permanente e a carga variável em kN, assim a força resistente da parede em kN/m^2 , precisa se fazer

o cálculo da resistência da parede com a resistência do bloco de concreto, usando como eficiência de 0,7, podemos determinar a resistência mínima do bloco.

$$f_k = 0,7 \times f_{pk} \quad (4.5)$$

A equação, portanto, ficara assim,

$$f_{pk} = 32,6 \times \frac{F_k}{L} \quad (4.6)$$

Portanto, L é o comprimento total do grupo analisado, a análise dos utilizado a formula que relaciona o Fk/L e dividindo o valor da formula por 1000, teremos as resistências dos prismas em MPa, conforme na (Tabela 7).

Tabela 7 – Resistencia dos prismas

Grupos	Componentes do grupo	Cobertura	2° Pav.	1° Pav.	Térreo
		FpK (MPa)	FpK (MPa)	FpK (MPa)	FpK (MPa)
G1	P1A+P21A+P3A	0,435	0,870	1,305	1,740
G2	P2A+P21A	0,469	0,939	1,408	1,877
G3	P4A+P22A+P24A	1,102	2,204	3,306	4,407
G4	P5A+P19A+P20	0,588	1,175	1,763	2,351
G5	P5B	0,315	0,630	0,945	1,260
G6	P8A+P19A	0,638	1,275	1,913	2,551
G7	P22A+P19A	0,598	1,196	1,793	2,391
G8	P7A+P24A	0,801	1,602	2,404	3,205
G9	P10A+P19	0,561	1,121	1,682	2,242
G10	P11+P25B	2,045	3,250	4,455	5,660
G11	P9A+P25A+P26	1,386	1,920	2,453	2,987
G12	P6+P27A	1,087	1,583	2,079	2,575

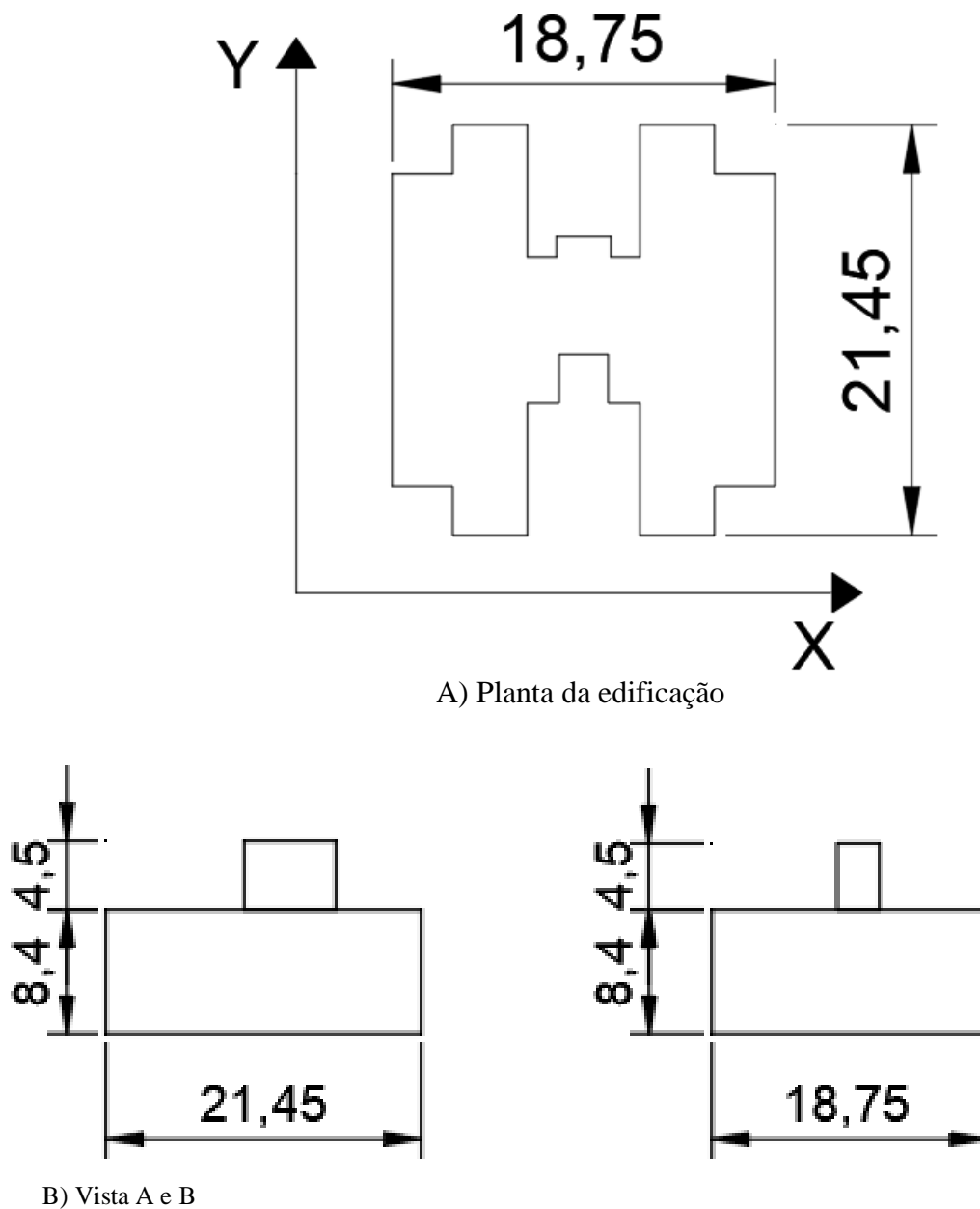
Fonte: Autor (2019)

Portanto, através dos resultados adquiridos na tabela anterior, a edificação vai utilizar blocos com resistência de 6 Mpa.

4.5.6 Ações devidas ao vento

Para o efeito do vento, foi suposto que o edifício fica na região centro oeste em Goiás, na cidade de Anápolis, onde sua velocidade básica do vento para o local da edificação e de $v_0 = 35m/s$, terreno de rugosidade IV e vento de baixa turbulência. Nas (figuras 31) indicam-se as dimensões do edifício.

Figura 31 – Planta da edificação e Vista A e B



Fonte: Autor (2019)

O desenvolvimento dos cálculos apresentados a seguir, foi consultado na NBR-6123 (1988).

- Fator topográfico S_1 : Terreno plano, S_1 : 1,0.
- Fator S_2 : Categoria IV

Para determina o S_2 precisa se consultar duas tabelas da NBR-6123 a de definição de categoria e classes de edificação, que vai ser apresentada a seguir na (Figura 32).

Figura 32 – Definição de categorias do terreno e classe

Definição de categorias de terreno segundo NBR6123/1988	
Categoria	Descrição do ambiente
I	mar calmo, lagos, rios, pântanos
II	campos de aviação, fazendas
III	casas de campo, fazendas com muros, subúrbios, com altura média dos obstáculos de 3,0m
IV	idades pequenas, subúrbios densamente construídos, áreas industriais desenvolvidas, com muros, subúrbios, com altura média dos obstáculos de 10,0m
V	florestas com árvores altas, centros de grandes cidades, com altura média igual ou superior a 25,0m

Classe	Descrição
A	Maior dimensão da superfície frontal menor ou igual a 20 metros
B	Maior dimensão da superfície frontal entre 20 e 50 metros
C	Maior dimensão da superfície frontal que 50 metros

Fonte: NBR-6123 (1988)

O cálculo de S_2 é expresso por:

$$S_2 = b.Fr(z/10)^p \quad (4.7)$$

Onde o z é a altura total da edificação e os parâmetros b , Fr e p e obtido na próxima tabela da NBR-6123.

Tabela 8 – Parâmetros meteorológicos

Categoria	z_g	Parâmetros	Classes		
	(m)		A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		Fr	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: NBR-6123 (1988)

Substituindo os valores encontrados nas tabelas conforme as características da edificação a formula do S_2 , onde a altura z (em metros) e dada por:

$$S_2 = 0,86 \cdot 1 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,12}$$

- Fator estatístico s_3 : se trata de um edifício residencial, onde o valor para $s_3 = 1$

A velocidade característica do vento, v_k , e dada por:

$$v_k = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot v_0 \quad (4.8)$$

Assim:

$$v_k = 35 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,12} \cdot 1,0$$

Portanto:

$$v_k = 30,1 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,12}$$

A pressão dinâmica ou de obstrução do vento é dada pela expressão:

$$q = 0,613 v_k^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (4.9)$$

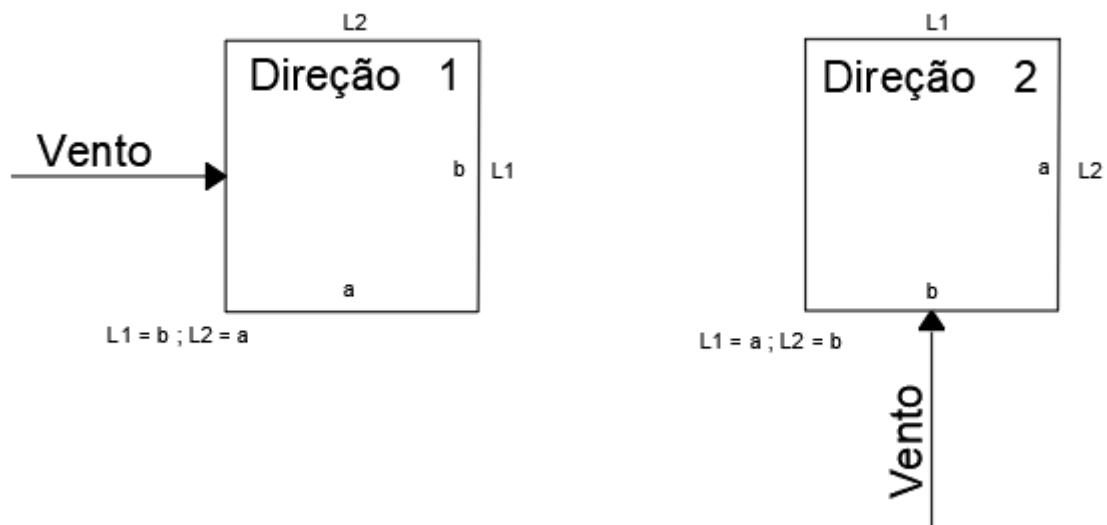
A força global na direção do vento, descrita como F_a é obtida por:

$$F_A = C_A q A_e \quad (4.10)$$

Onde C_A é denominado como coeficiente de arrasto e A_e a área frontal efetiva, sendo assim, como área da projeção ortogonal da edificação, em um plano perpendicular à direção do vento.

Para o cálculo do coeficiente de arrasto, é preciso considerar nas duas direções como indicados na (figura 33), onde os valores de $a = 21,45\text{m}$; $b = 18,75\text{m}$ e $h = 13,0\text{m}$.

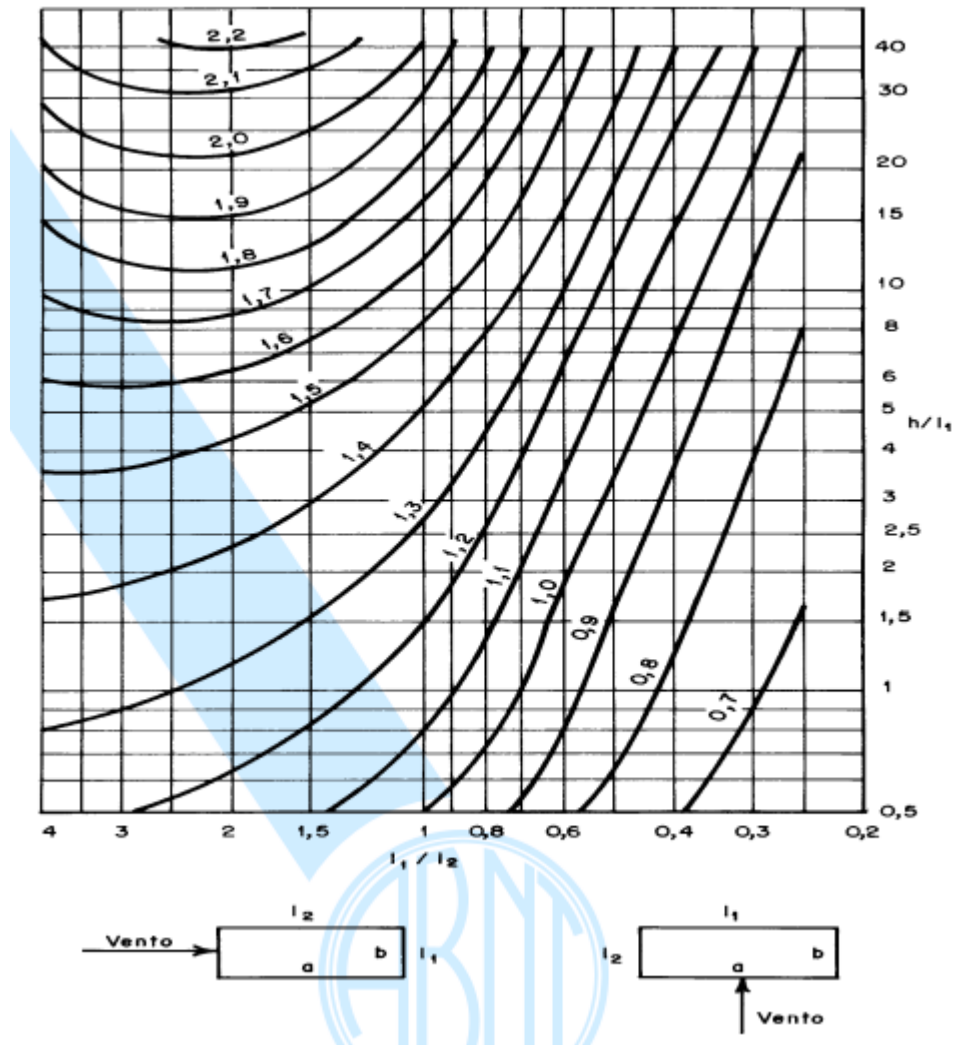
Figura 32 – direções para a obtenção do coeficiente de arrasto



Fonte: Autor (2019)

Para obter o coeficiente de arrasto deve-se consultar o gráfico na NBR-6123 (1988) que consta na (figura 34) com as relações de $L1/L2$ e $h/L1$.

Figura 34 – Coeficiente de arrasto



Fonte: NBR-6123 (1988)

Direção 1

$$\frac{L1}{L2} = \frac{18,75}{21,45} = 0,87 \quad \frac{h}{L1} = \frac{13}{18,75} = 0,69 \quad (4.11)$$

Direção 2

$$\frac{L2}{L1} = \frac{21,45}{18,75} = 1,14 \quad \frac{h}{L2} = \frac{13}{21,45} = 0,61 \quad (4.12)$$

Portanto o coeficiente de arrasto obtido para C_{Ax} e C_{Ay} é:

$$C_Ax = 1,0$$

$$C_Ay = 1,1$$

Com a definição do C_Ax e C_Ay , podemos definir o valor das forças horizontais devido ao vento em kN, nas direções de x e em y, conforme a (Tabela 10).

Tabela 9 – Forças horizontais devido ao vento

Nível	Cota(m)	s2	vk (m/s)	q (N/m²)	Área frontal efetiva (m²)	Área frontal efetiva (m²)	Fx (kN)	Fy (kN)
					Direção x	Direção y		
1	2,8	0,738	22,22	302,63	52,5	60,06	15,89	19,99
2	5,6	0,802	24,15	357,40	52,5	60,06	18,76	23,61
cobertura	8,4	0,842	25,35	393,93	56,49	68,81	22,25	29,82

Fonte: Autor (2019)

4.5.7 Ações correspondentes ao desaparecimento

Através das cargas encontradas nos grupos de paredes, o desaparecimento temos os seguintes valores para o pavimento tipo e o pavimento de cobertura.

O pavimento tipo temos 1118,40kN e o pavimento de cobertura temos 1478,84kN.

Utilizando a forma do desaparecimento eu se apresenta na seguinte equação:

$$\varphi = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{H}} \quad (4.13)$$

Desta forma, temos:

$$\varphi = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{8,4}} = 3,45033 \cdot 10^{-3}$$

$$F_d = 3,45033 \cdot 10^{-3} \cdot 1478,64 \rightarrow F_d = 5,10kN \text{ para o pavimento cobertura}$$

$$F_d = 3,45033 \cdot 10^{-3} \cdot 1118,40 \rightarrow F_d = 3,85kN \text{ para o pavimento tipo}$$

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho desenvolvido, proporcionou uma grande familiaridade com os procedimentos necessários para uma boa modulação e dimensionamento de um projeto em alvenaria estrutural de pequeno porte, e que é possível sem poderosos softwares de cálculo estrutural, elaborar e calcular o dimensionamento para um projeto de alvenaria estrutural, utilizado apenas os softwares como AutoCad e Microsoft Office Excel, junto com as tabelas e consulta a bibliografia.

Com o término do trabalho, concluiu-se que a parte de modulação é fundamental para um projeto bem elaborado e econômico, pois evita imprevisto na hora da execução, assim conseguindo reduzir o tempo no local da construção.

Esse trabalho apresentado, mostra a grande importância da compatibilização e a racionalidade do projeto arquitetônico com o estrutural, além de um planejamento bem feito, com o objetivo de uma construção de alta qualidade e financeiramente melhor em relação ao concreto armado para edificações de baixo porte, mostrando que a alvenaria estrutural pode ser um grande aliado em relação ao tempo do projeto de execução.

Através do trabalho desenvolvido, os objetivos propostos como dimensionando a alvenaria estrutural, junto com a dificuldade da modulação, o trabalho atingiu o objeto proposto nele, como resultado da modulação e o dimensionamento.

Desenvolver futuras pesquisas sobre os materiais alternativos a blocos vazados de concreto, assim, potencializar o sistema construtivo afim de oferecer melhores alternativas, como por exemplo, o estudo de materiais como blocos cerâmicos no dimensionamento da estrutura.

REFERENCIAS E BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: citações e documentos**. Rio de Janeiro. 2016.

_____. **Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento**. NBR 6123, Rio de Janeiro, 1988

_____. **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – Procedimento**. NBR 6120 – 80, Rio de Janeiro, 1980

_____. **Projeto de estrutura de concreto – Procedimento**. NBR 6118, Rio de Janeiro, 2003

_____. **Blocos de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – requisitos**. NBR 10937, Rio de Janeiro, 1989

_____. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos**. NBR 6136, Rio de Janeiro, 2008

_____. **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de ensaio**. NBR 12118 Rio de Janeiro, 2011.

_____. Componentes cerâmicos Parte 1: **Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos**. NBR 15270-1 Rio de Janeiro, 2005.

BANCO de obras - Alvenaria Estrutural. **Comunidade da construção**, 29 maio 2019. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural>>.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifício de alvenaria estrutural**. Universidade Estadual Paulista UNESP. Ilha solteira, São Paulo, 2006.

COMUNIDADE da construção. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/materiais/qualidade/9/materiais.html>>. Acesso em: 30 maio 2019.

FAZ FÁCIL. Blocos de concreto - tamanhos. **FAZ FACIL Reforma e Construção**, 30 Maio 2019. Disponível em: <<https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/tamanhos-blocos-concreto/>>.

FORTES, K. Catedral Notre Dame de Reims | Turistando no Mundo. **Turistando no mundo**, 19 out. 2016. Disponível em: <http://www.turistandonomundo.com.br/2016/10/catedral-notre-dame-de-reims-turistando_19.html>.

LEITE, R. C. **RACIONALIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO EM BLOCOS DE CONCRETO**. Monografia (Monografia em engenharia civil) - UEFS. FEIRA DE SANTANA, p. 54. 2012.

MACHADO, A. L. **COMPARATIVO DOS CUSTOS DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL - ESTUDO DE CASO EM SANTANA DO LIVRAMENTO/RS**. Dissertação (Dissertação em engenharia civil) - UFSM. Santa Maria, RS, p. 85. 2014.

MARTINS,. Planejamento. **Equipe de Obra**, 2012. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/53/blocos-de-concreto-precos-abaixo-da-media-podem-ser-272068-1.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2019.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural - Materias, projetos e desempenho**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2015.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS DE CONCRETO - PROJETO, EXECUÇÃO E CONTROLE**. SÃO PAULO: O NOME DA ROSA, 2010.

PASTRO, Z. **ALVENARIA ESTRUTURAL SISTEMA CONSTRUTIVO**. Monografia (Monografia em engenharia civil) - USF. Itatiba, p. 47. 2007.

RAMALHO, M.; CORRÊA, M. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003.

SABBATINI, F.H. **Alvenaria Estrutural -Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal**. Caixa Econômica Federal, Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano. Março. 2003.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.

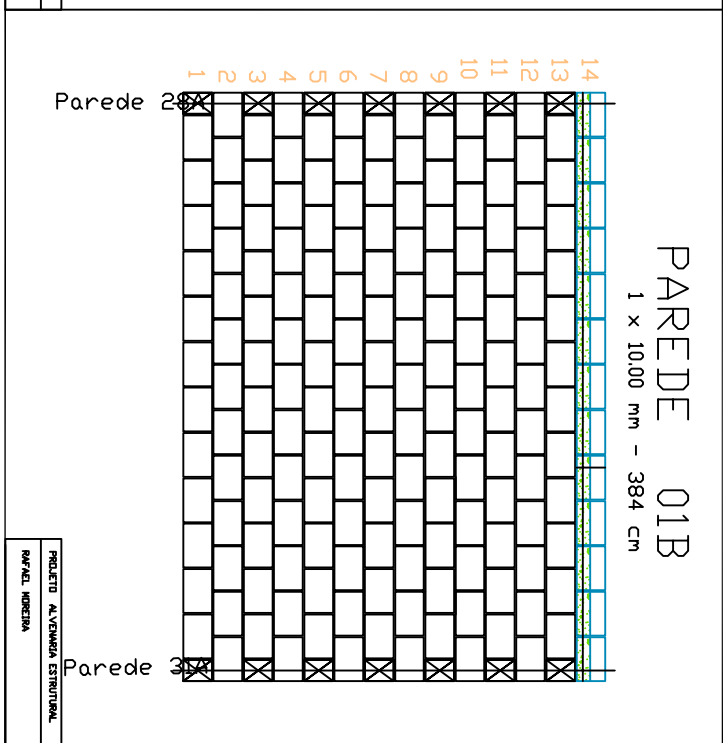
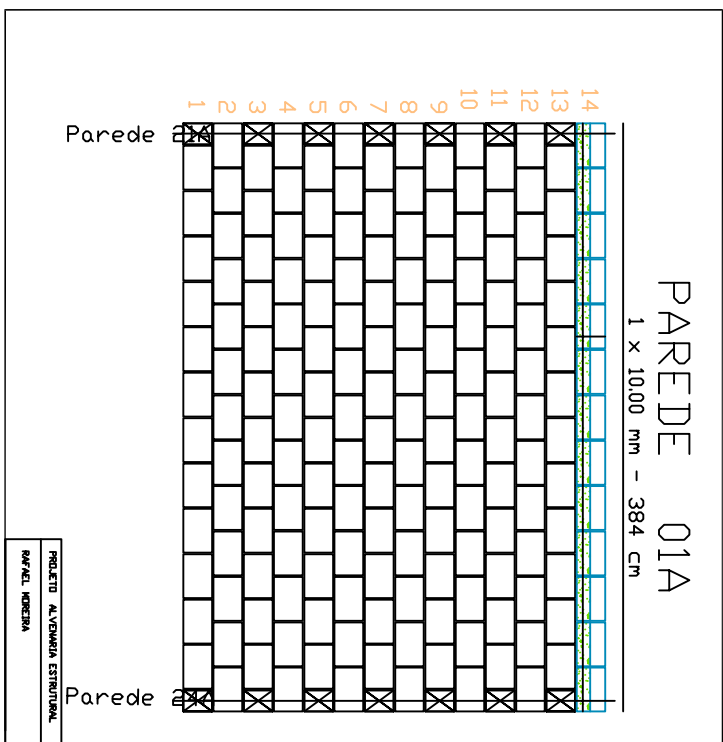
UFRGS. **alvenaria estrutural - blocos e tijolos cerâmicos**. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_ceramicos.php>. Acesso em: 31 maio 2019.

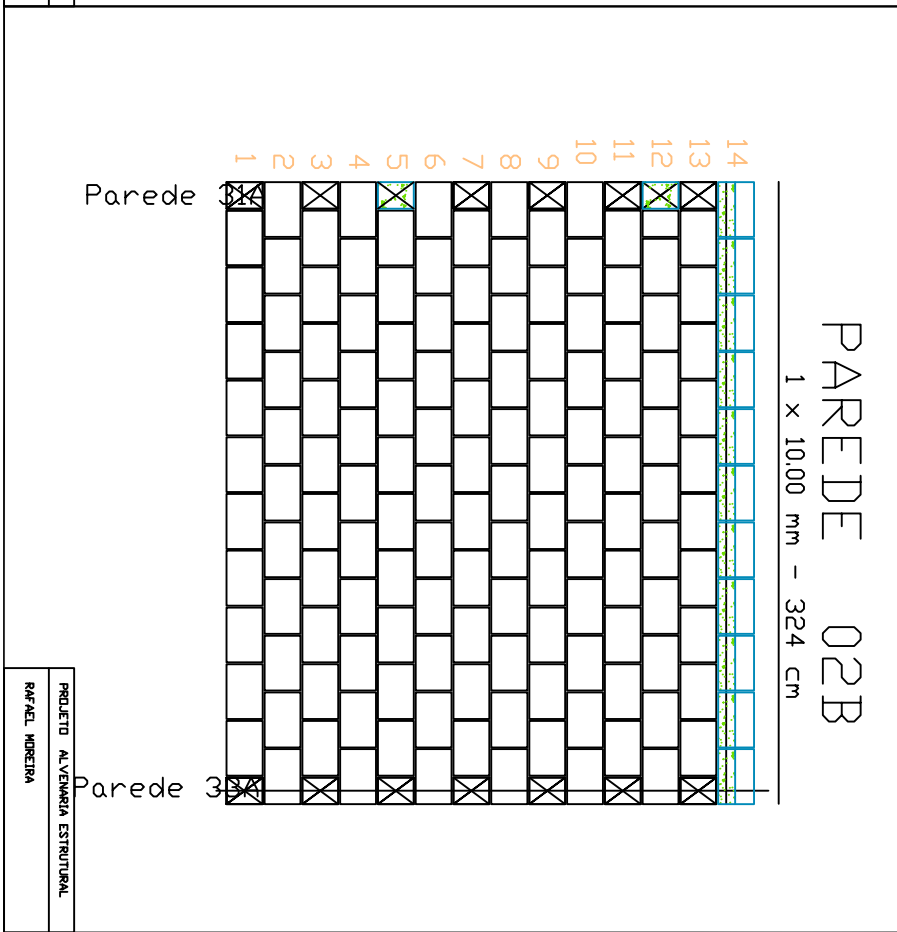
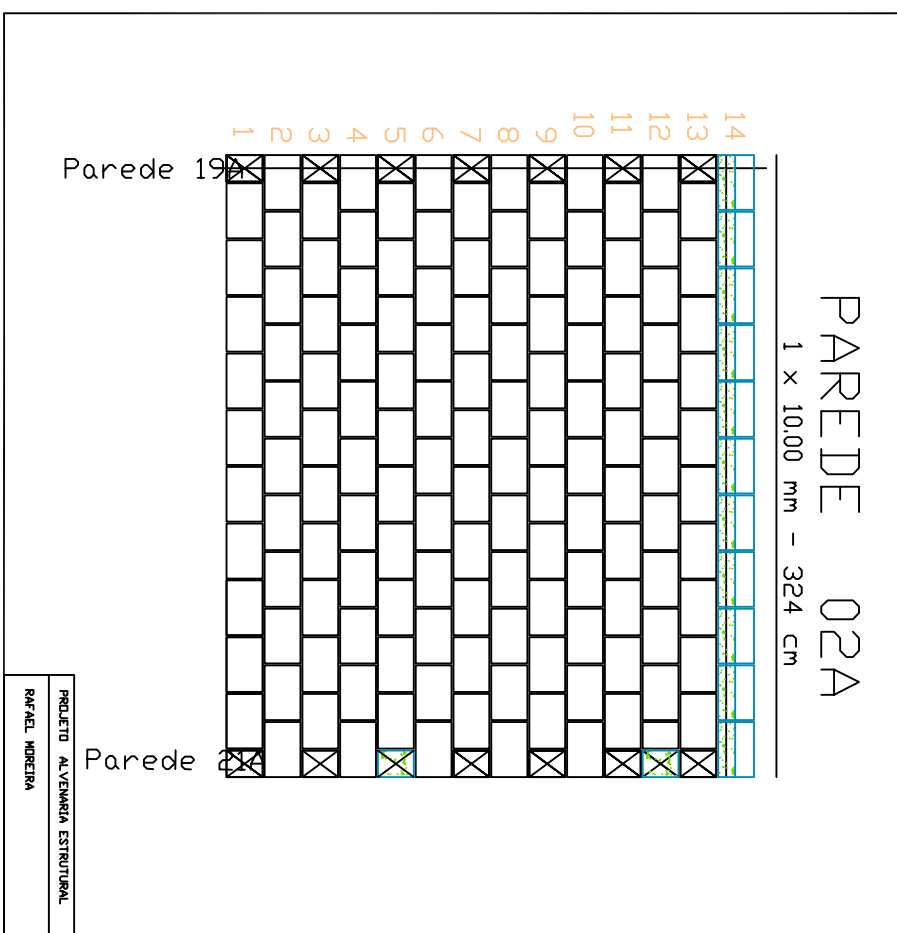
VASCONCELOS, Y. super.abril.com.br. **Super Interessante**, 4 julho 2018. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-foi-o-coliseu-de-roma/>>.

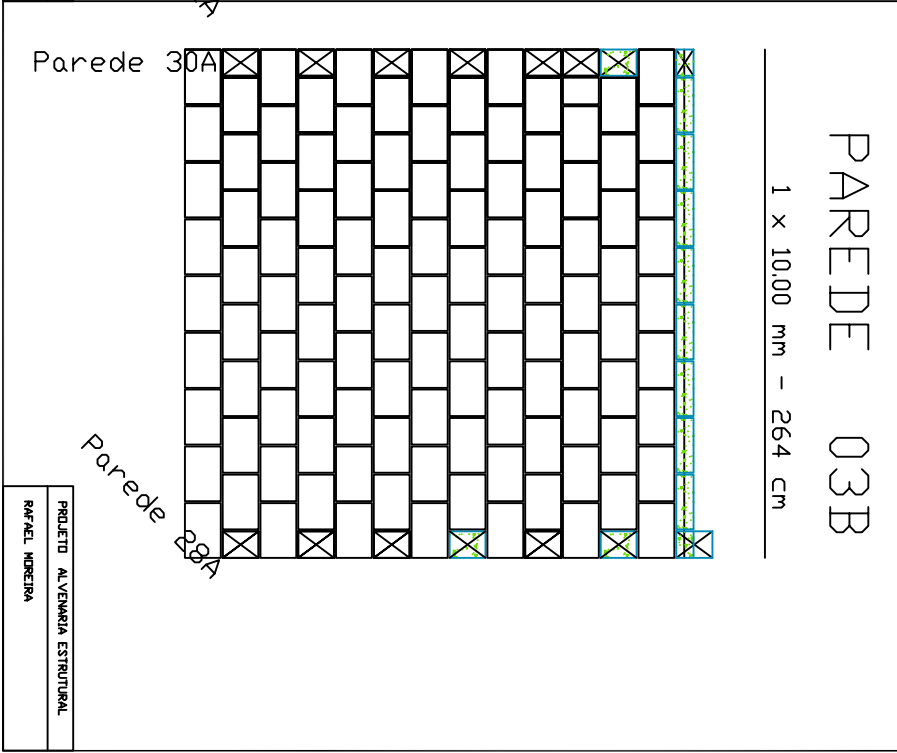
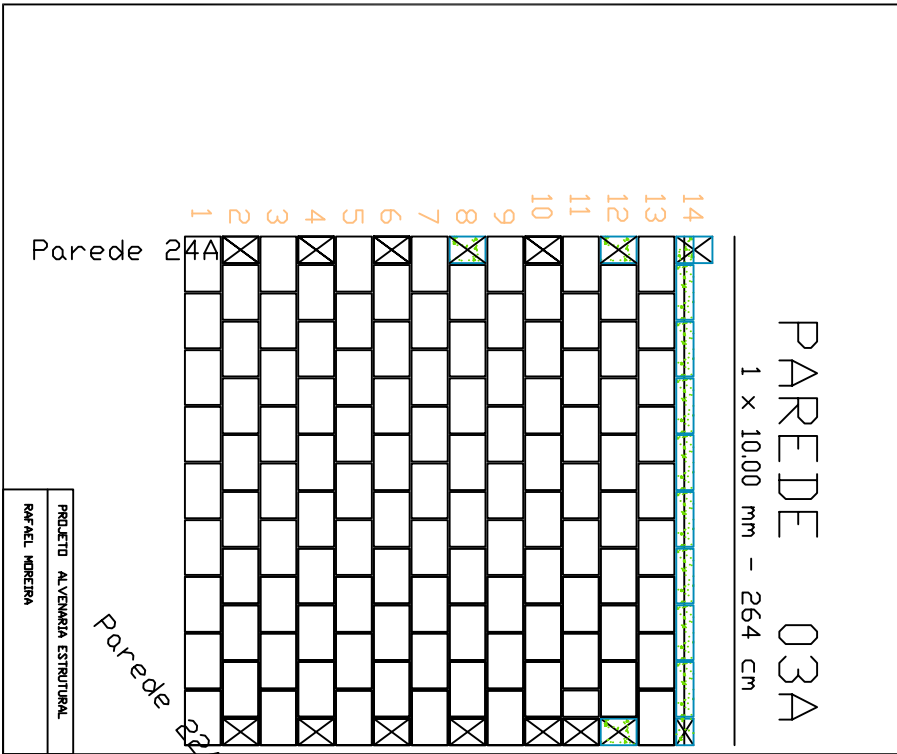
VIEIRA, J. J. R. vitruvius. **Arquitextos**, 27 Maio 2019. Disponível em:
<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.076/321>>.

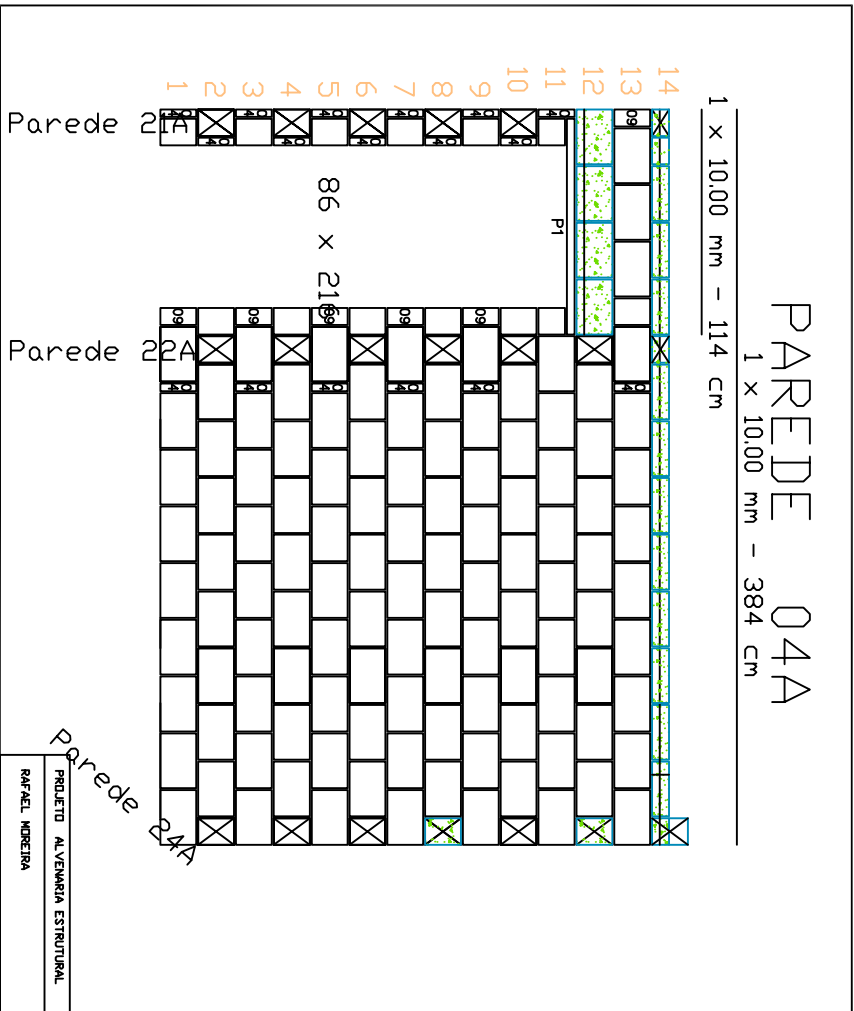
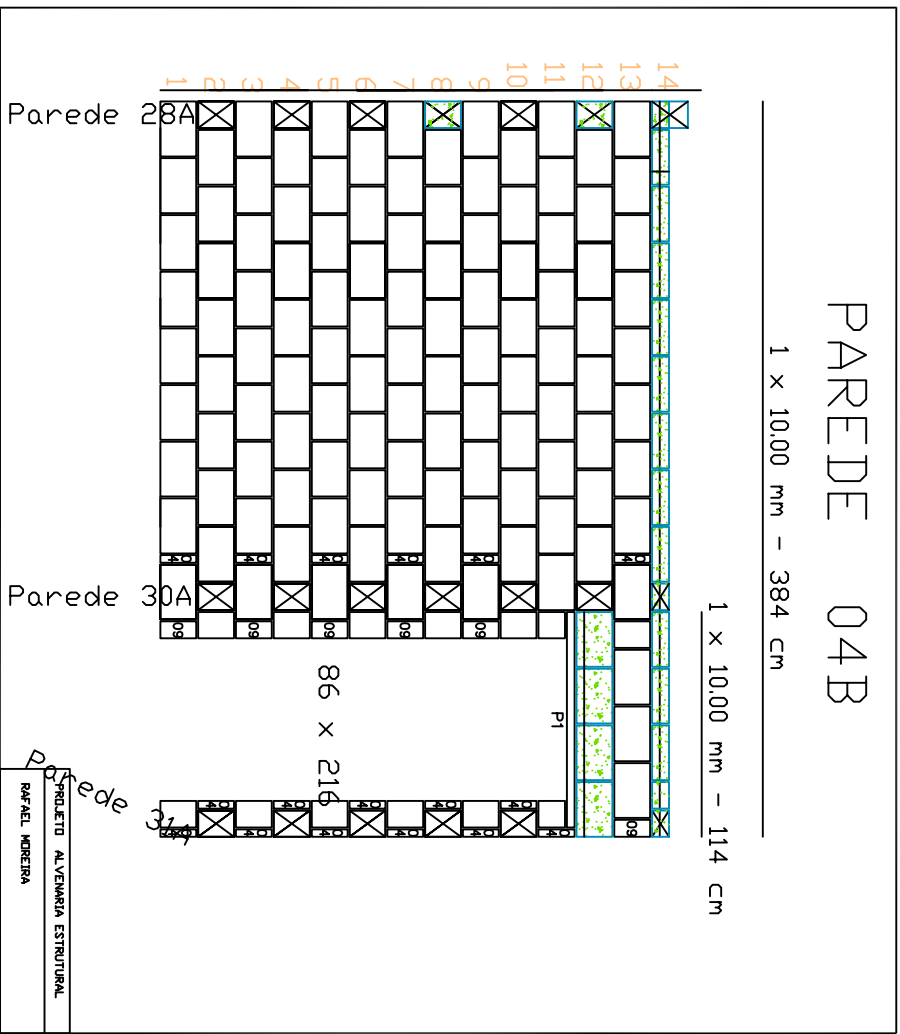
VILLAS, B. B. CONSTRUÇÃO PERDE 3.9 MIL EMPRESAS E DEMITE 430 MIL EM 1 ANO. **VALOR ECONÔMICA**, 2018. Disponível em:
<<https://www.valor.com.br/brasil/5577747/construcao-perde-39-mil-empresas-e-demite-430-mil-em-1-ano-diz-ibge>>. Acesso em: 04 JUNHO 2019.

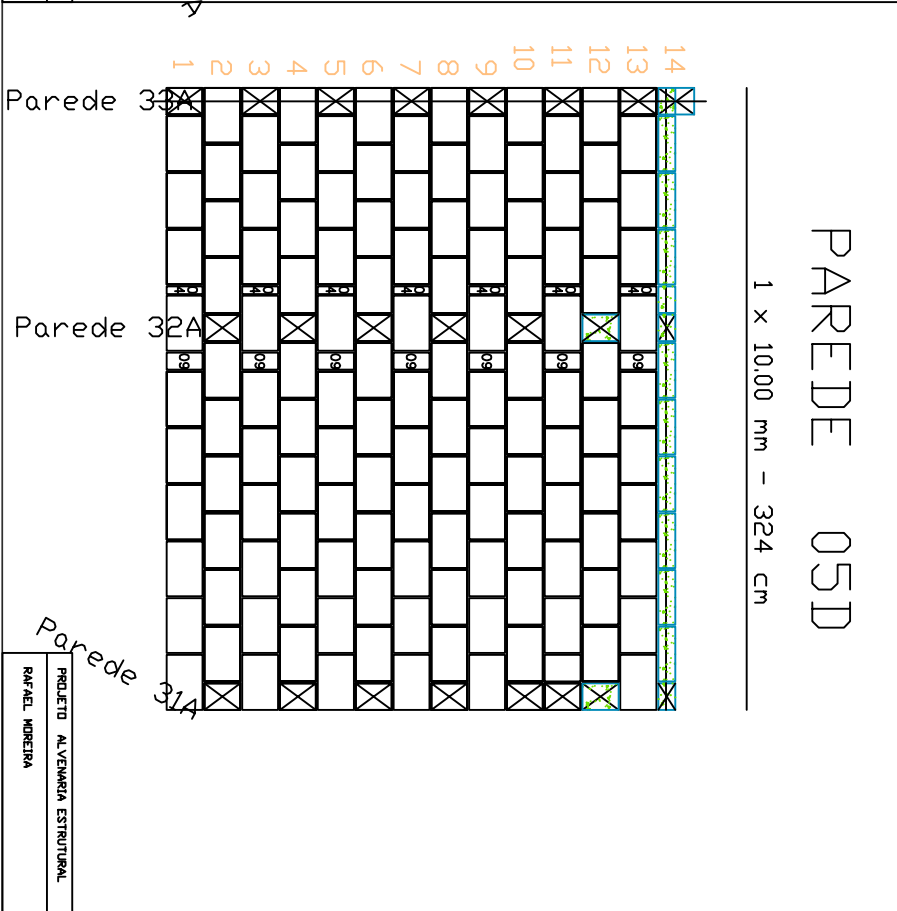
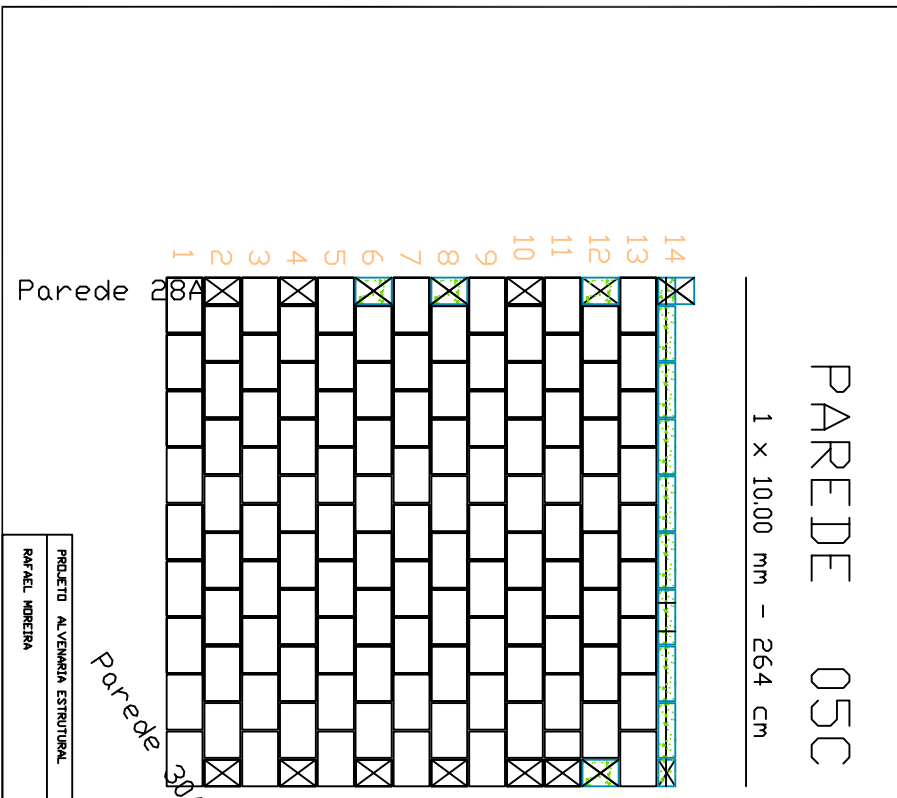
APÊNDICE A - Paredes







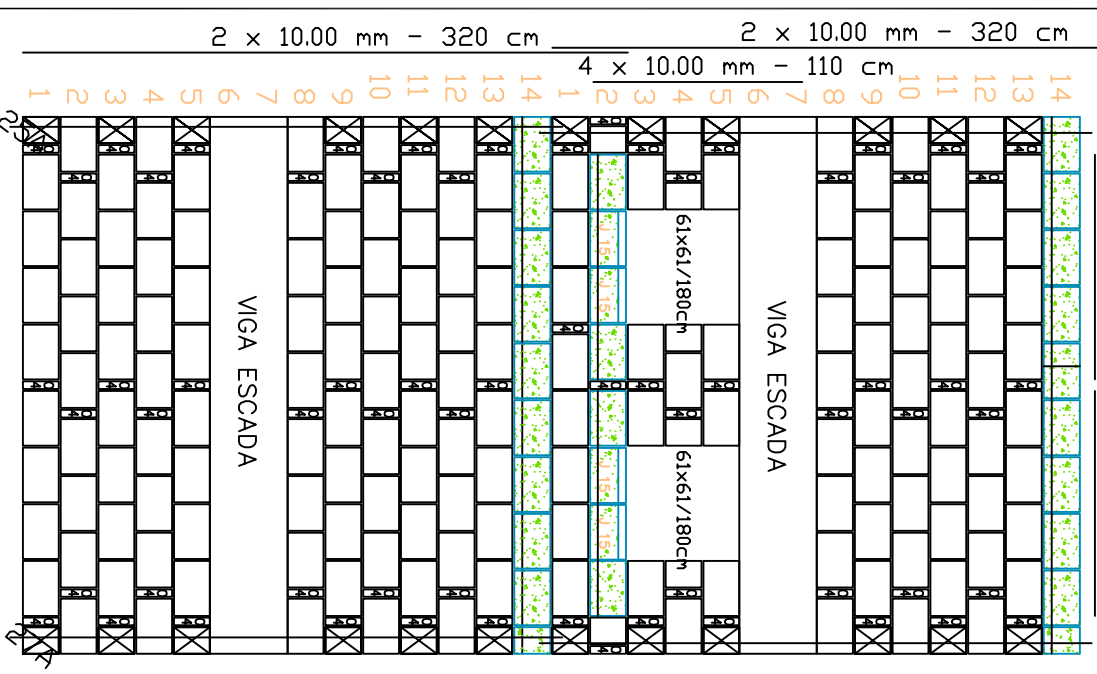




PAREDE 06

1 x 10,00 mm - 279 cm

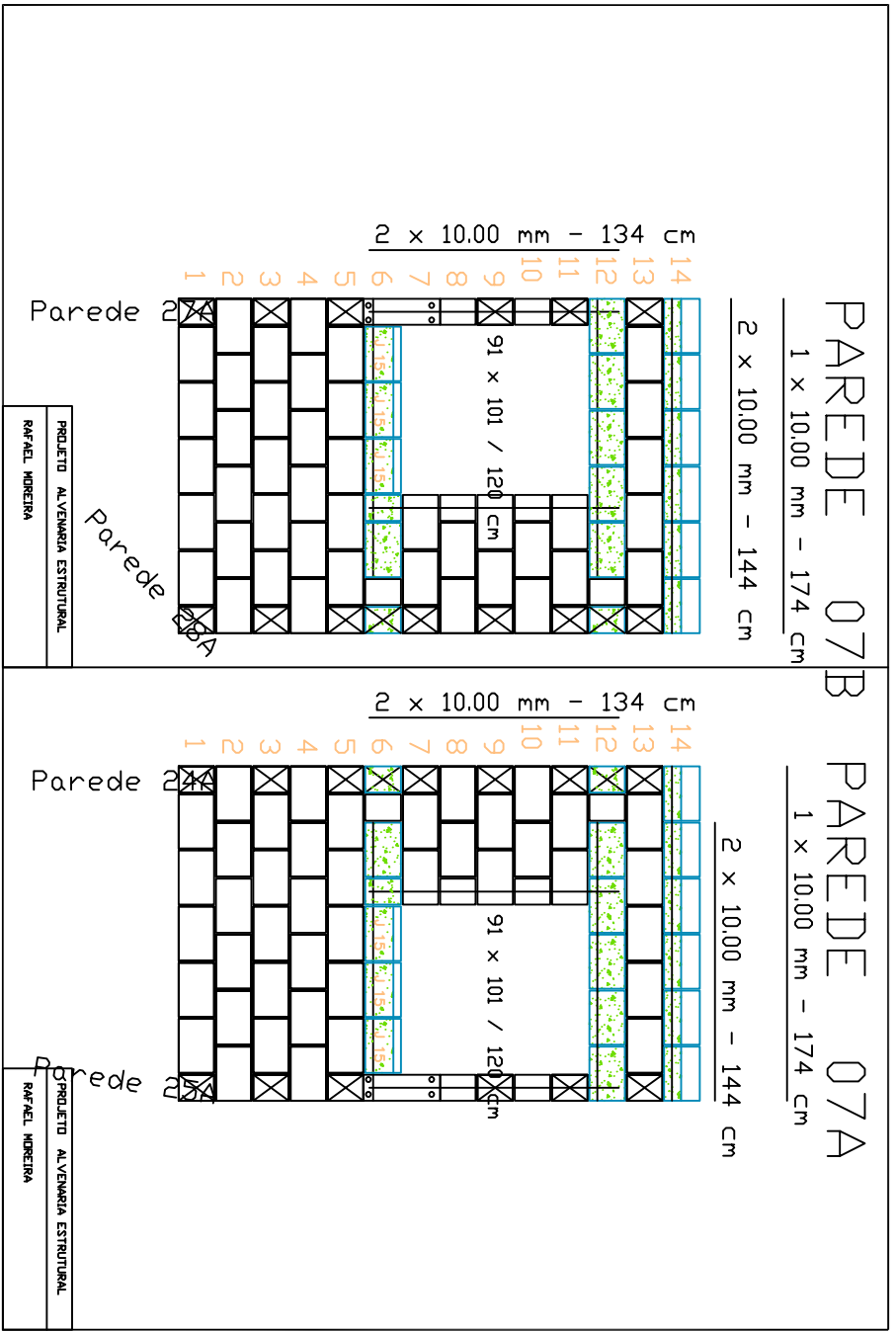
1 x 10,00 mm - 1141 cm 10,00 mm - 114 cm

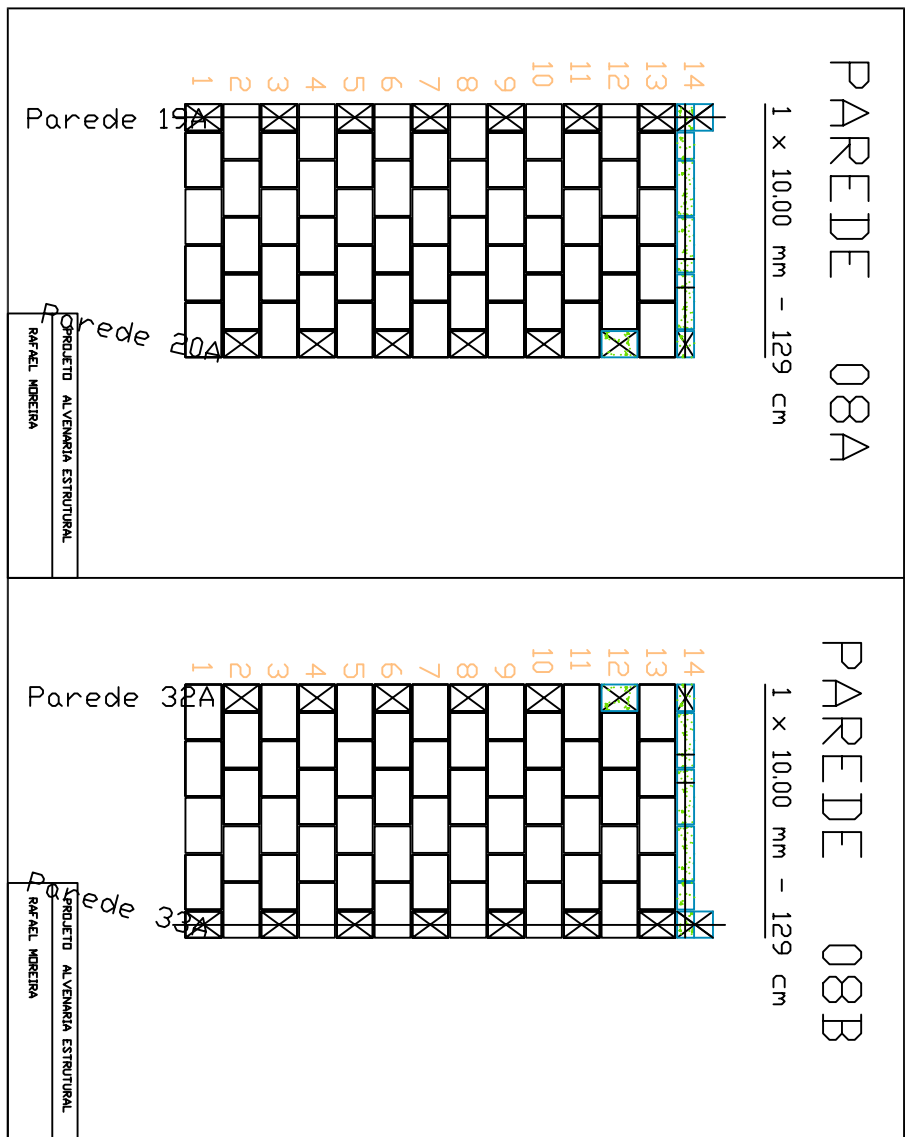


Parede 25

Parede 06

PROJETO ALVENARIA ESTRUTURAL
RAFAEL MOREIRA



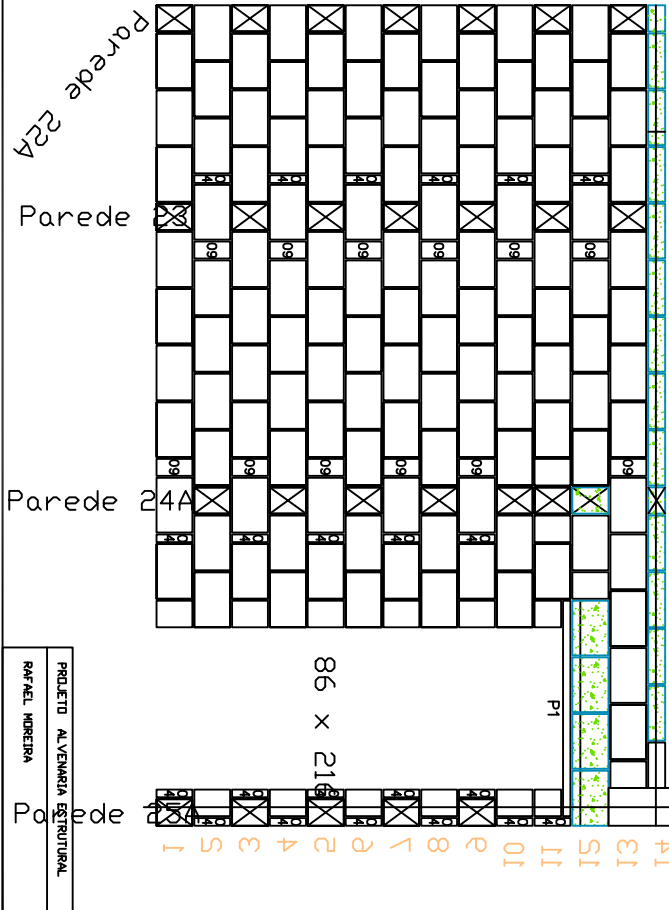


PAREDE 09A

1 x 10,00 mm - 429 cm

1 x 10,00 mm - 114 cm

VIGA ESCADA

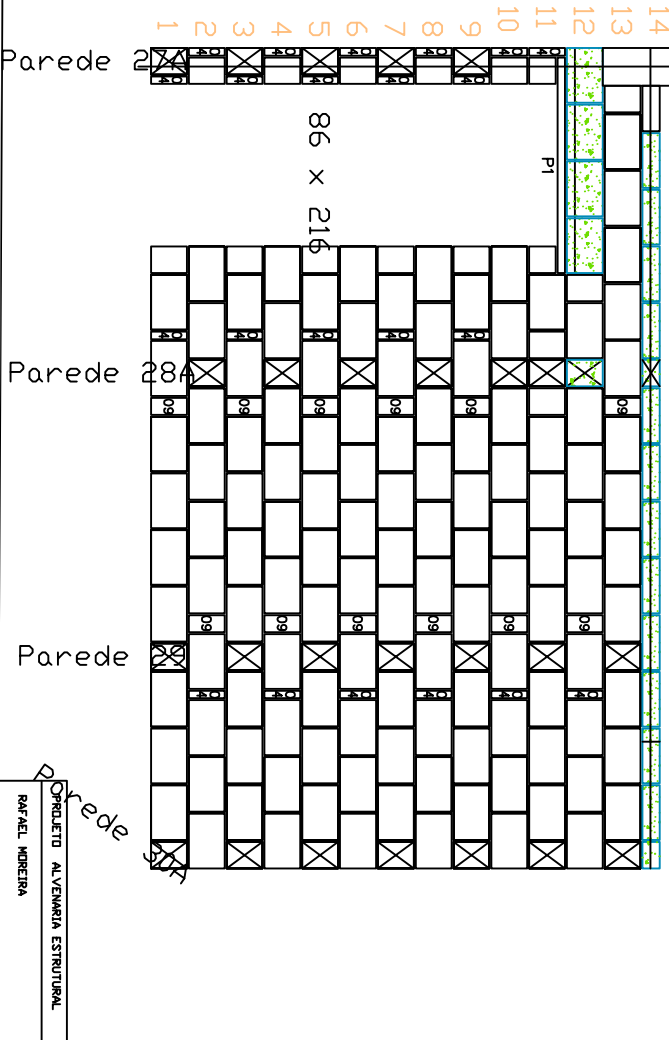


PAREDE 09B

1 x 10,00 mm - 429 cm

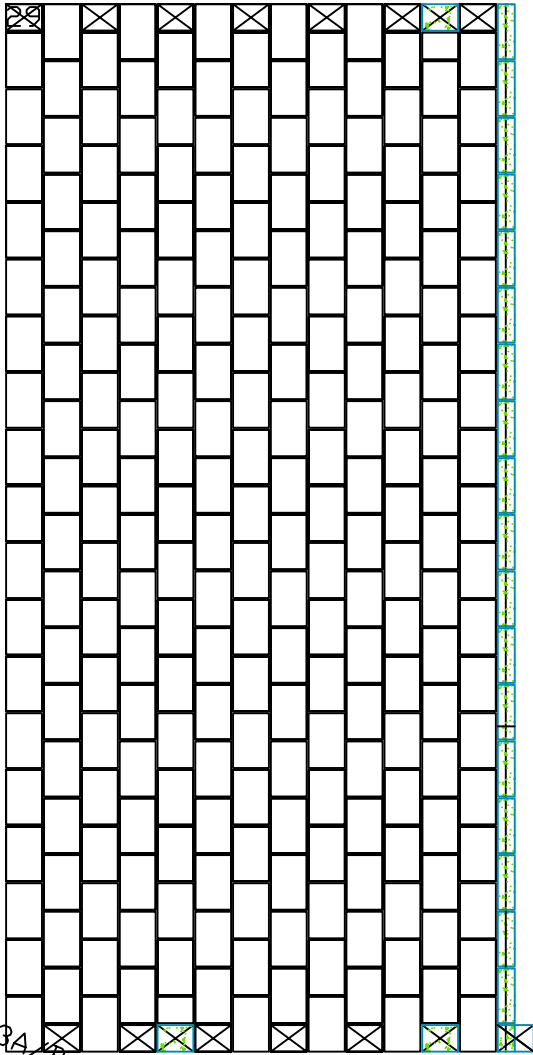
1 x 10,00 mm - 114 cm

VIGA ESCADA



PAREDE 10B

1 x 10,00 mm - 549 cm



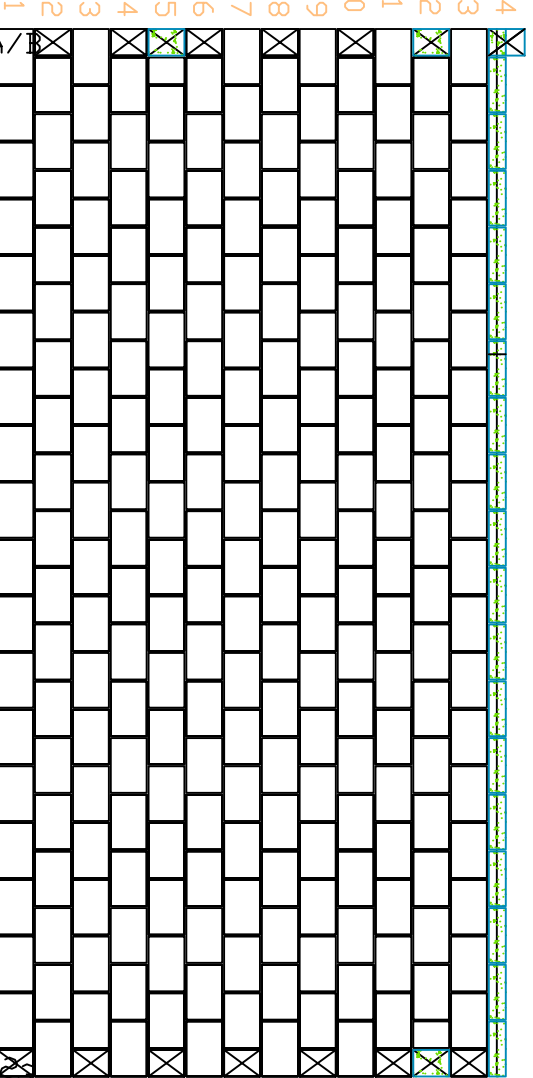
Parede

PROJETO ALVENARIA ESTRUTURAL
RAFAEL MOREIRA

Parede 334/B

PAREDE 10A

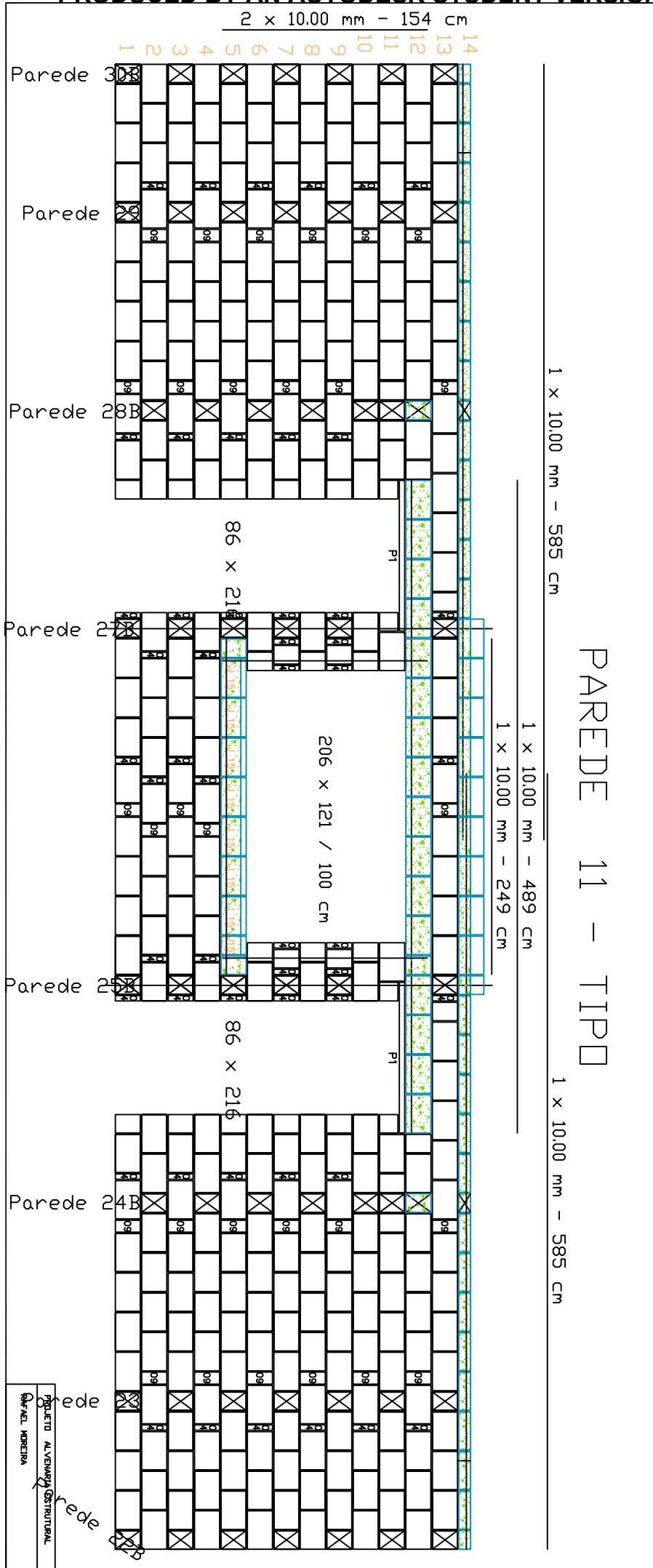
1 x 10,00 mm - 549 cm



Parede 194/B

PROJETO ALVENARIA ESTRUTURAL
RAFAEL MOREIRA

Parede



PAREDE 11 - TIPO

1 x 10.00 mm - 585 cm

1 x 10.00 mm - 585 cm

1 x 10.00 mm - 489 cm

1 x 10.00 mm - 249 cm

2 x 10.00 mm - 154 cm

- 14
- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

Parede 30B

Parede

Parede 28B

Parede 24B

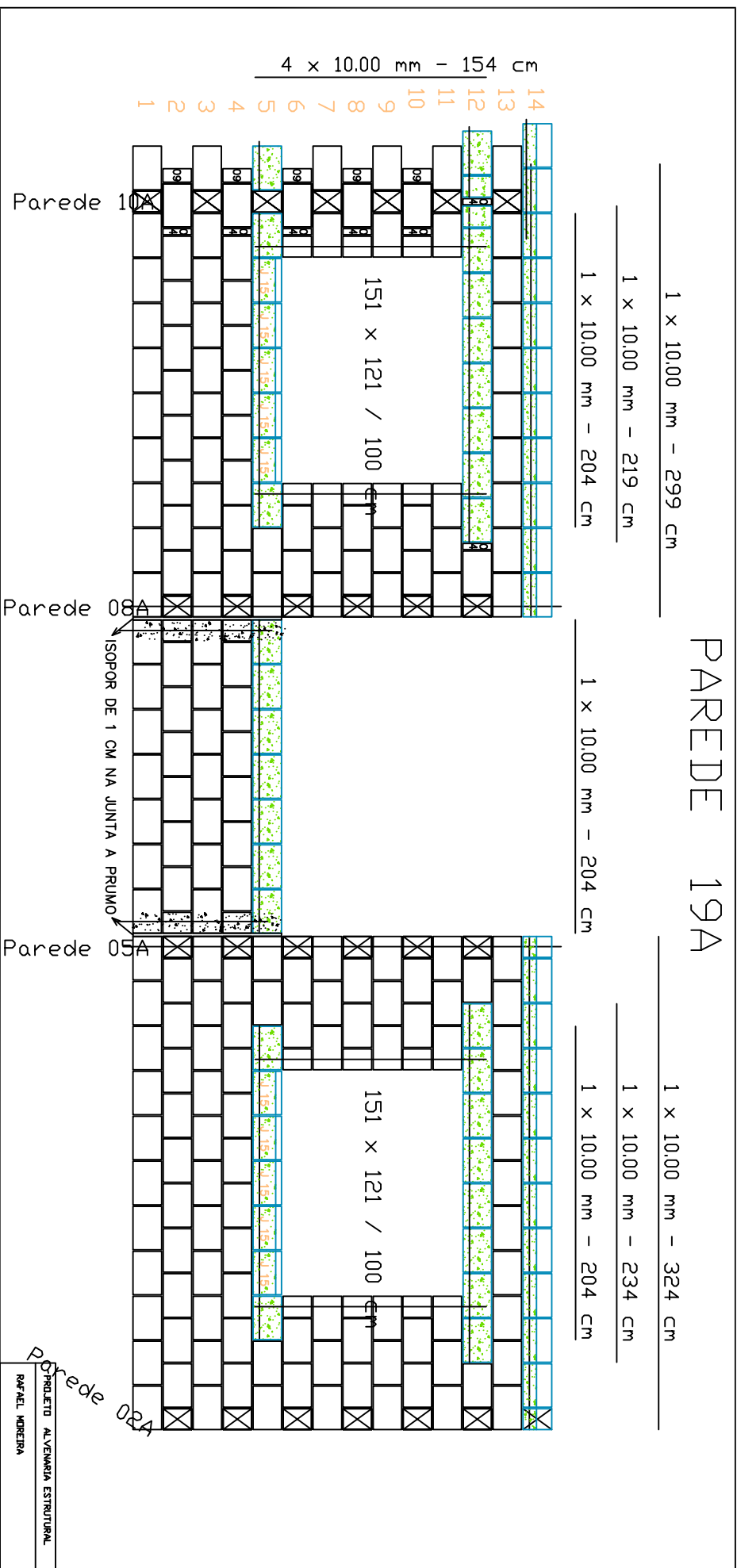
Parede 25B

Parede 24B

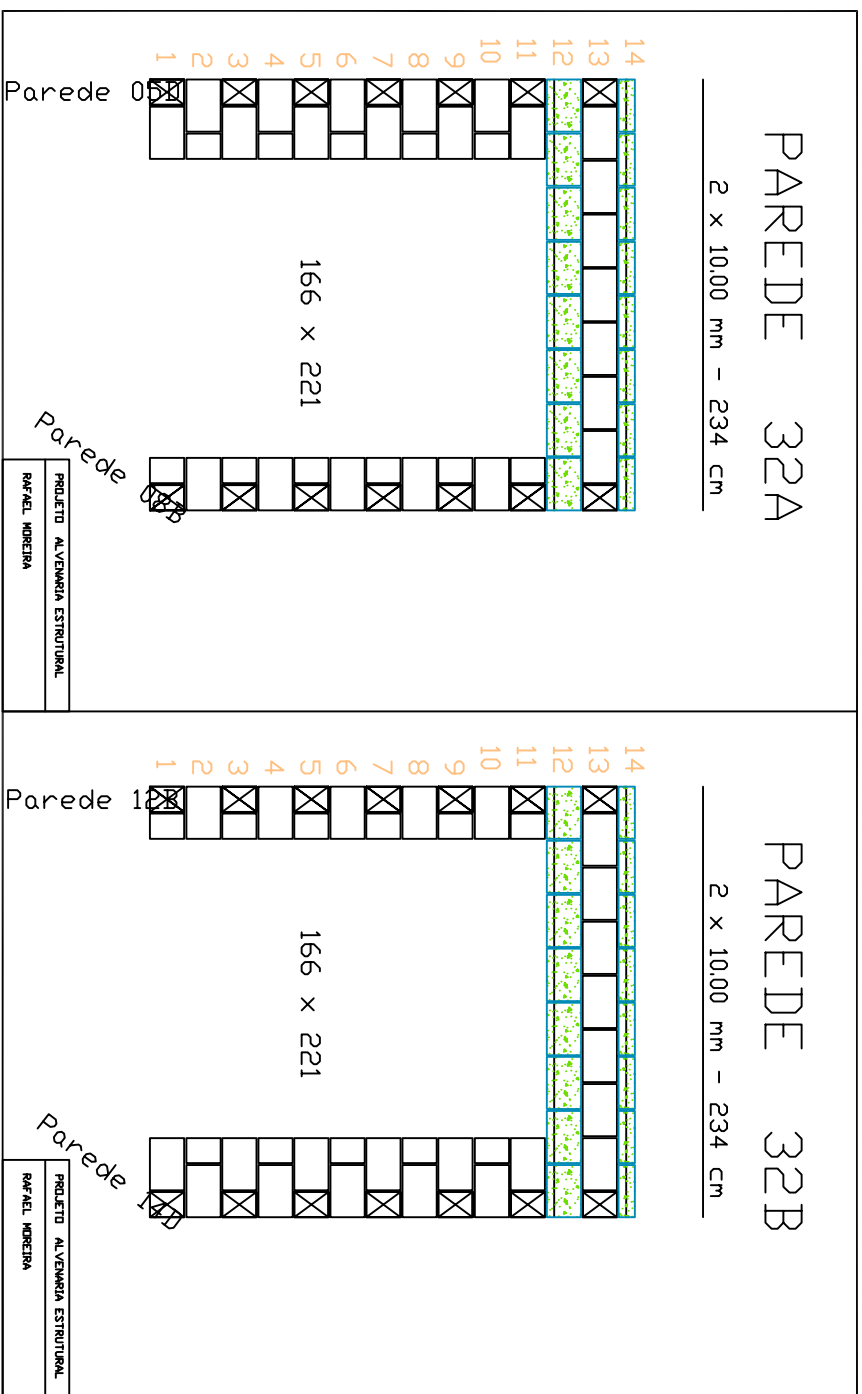
ede

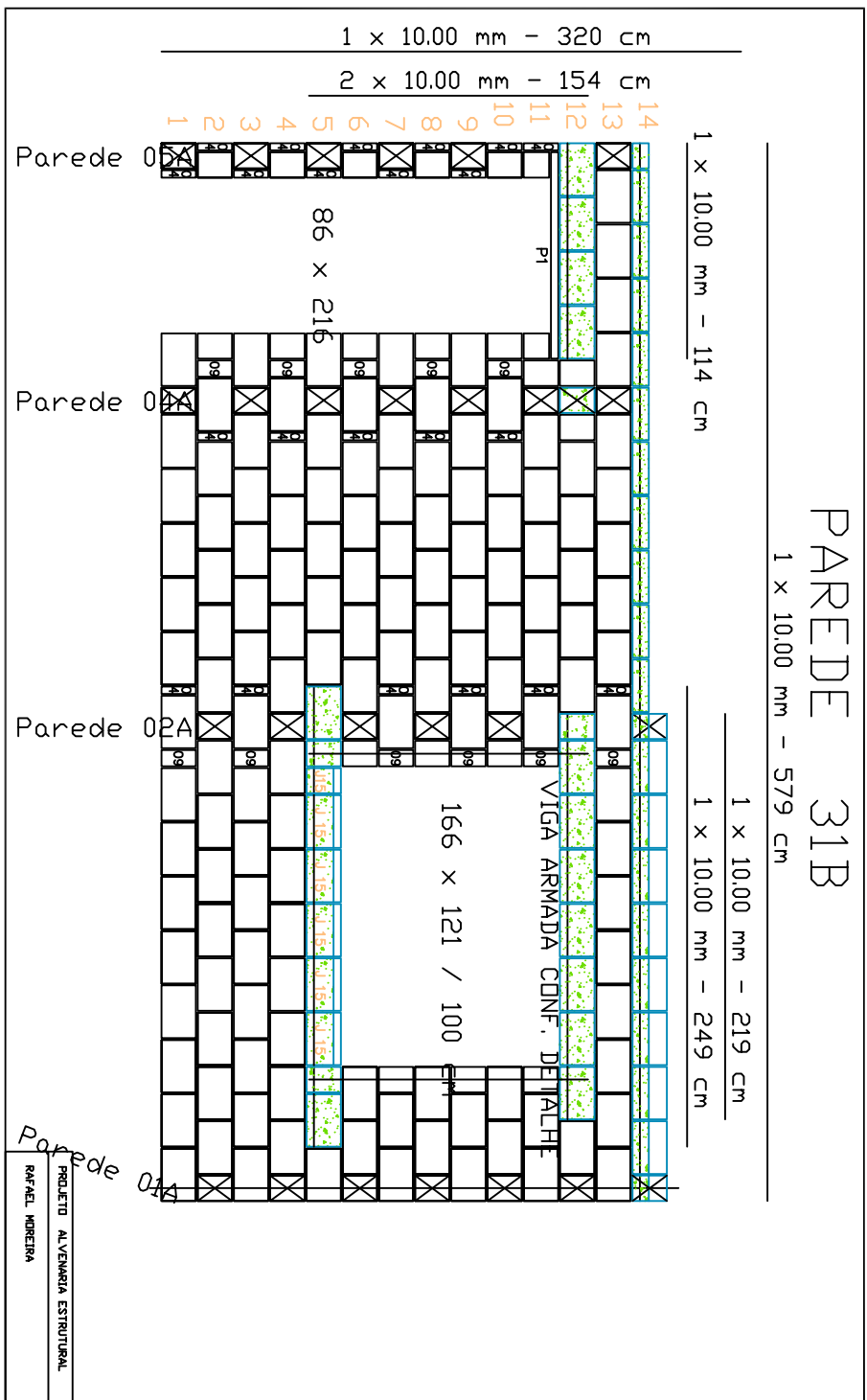
rede

PROYECTO ALVENARIA ESTRUCTURAL
 RAFAEL MOREIRA



PAREDE 19A



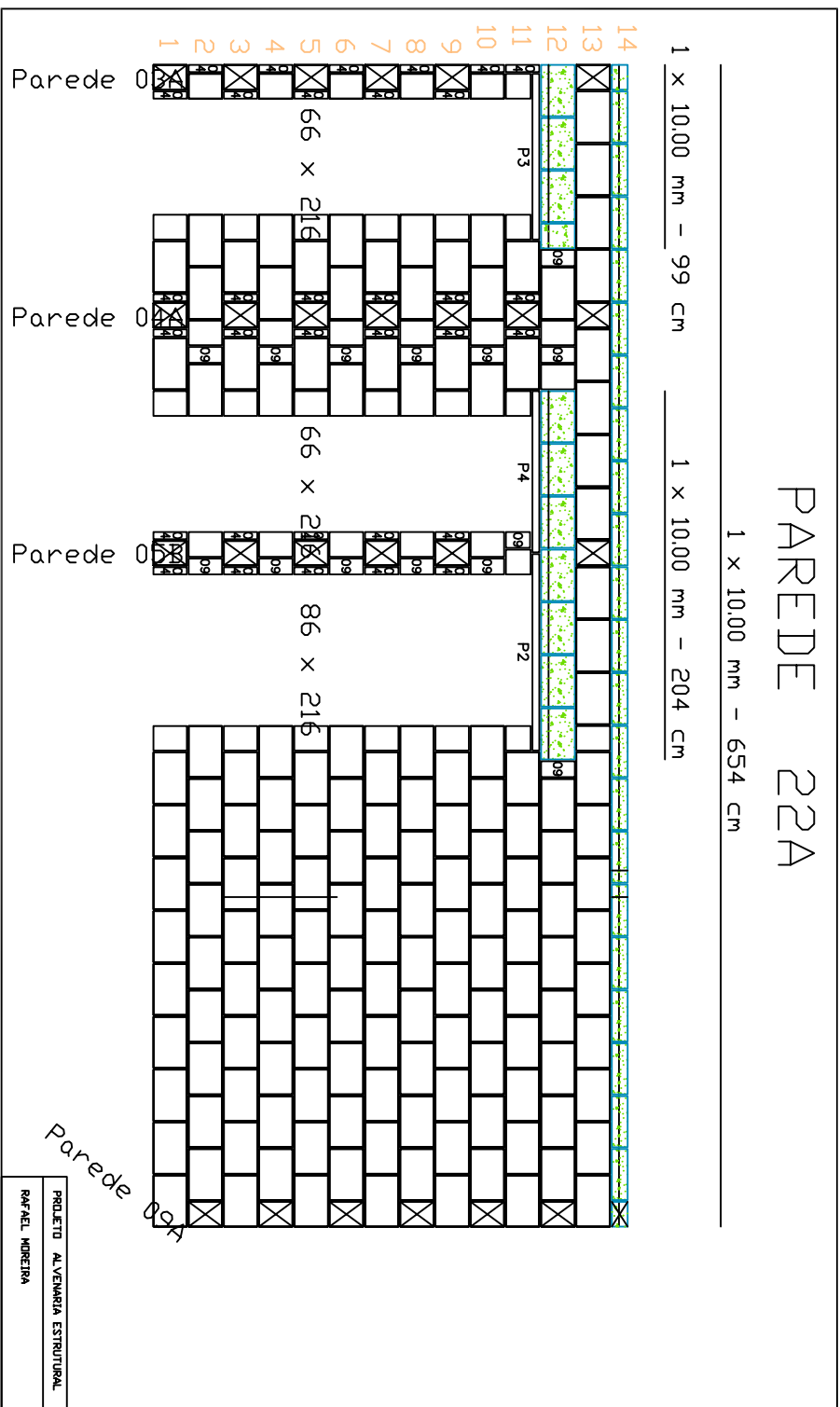


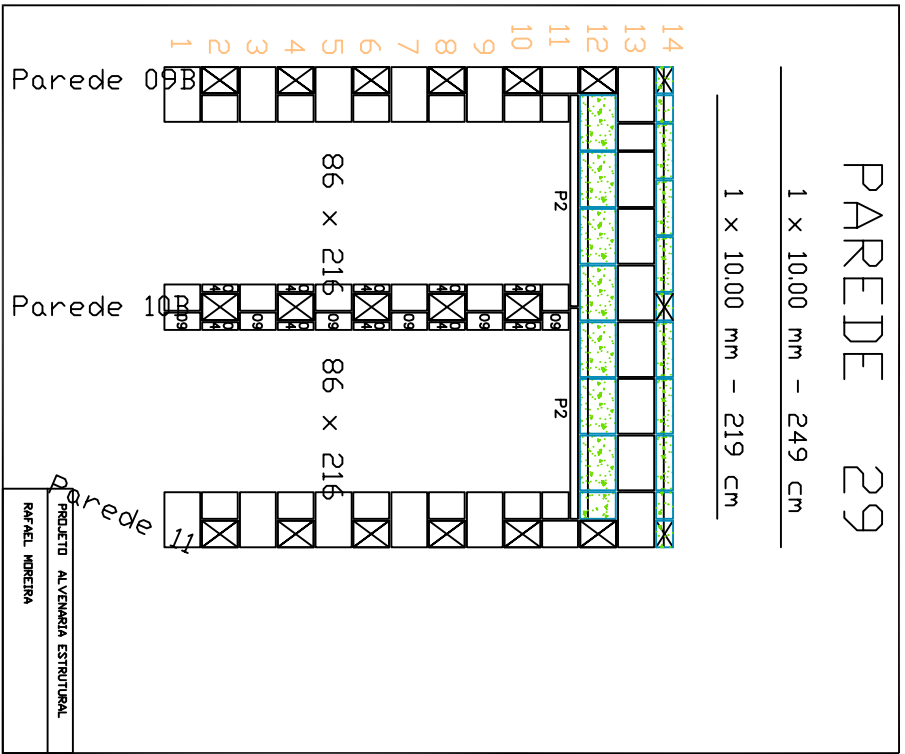
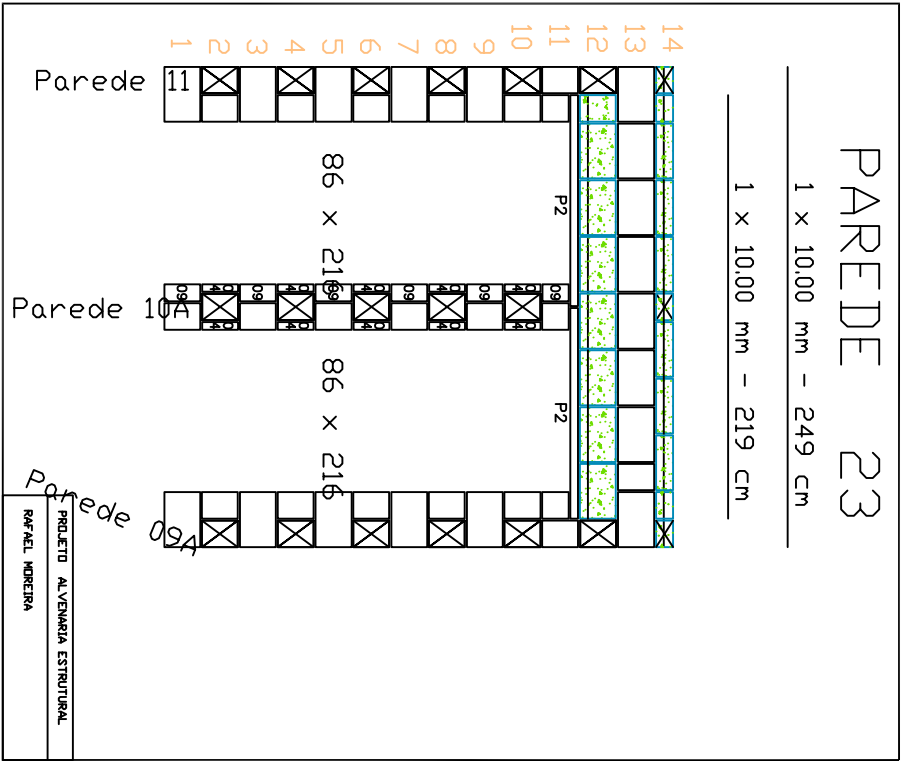
PAREDE 22A

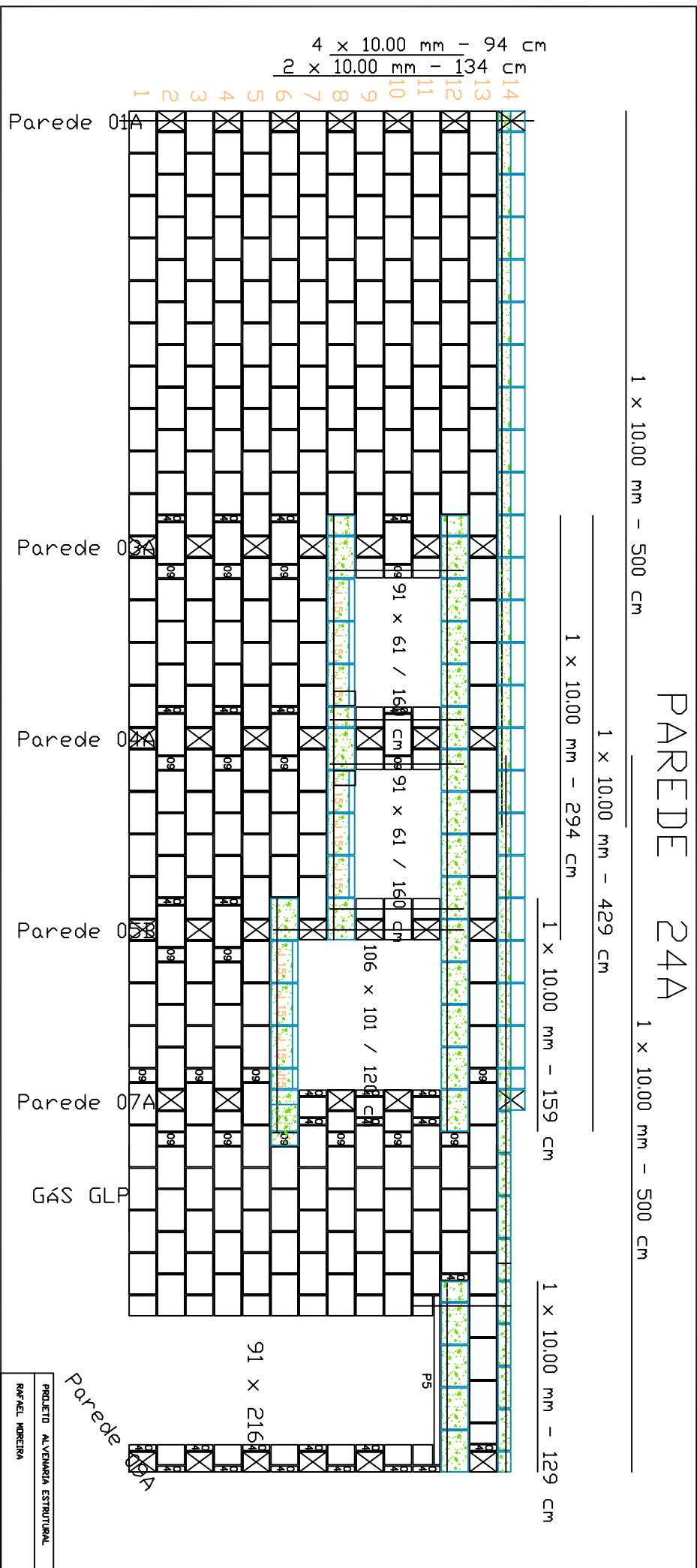
1 x 10,00 mm - 654 cm

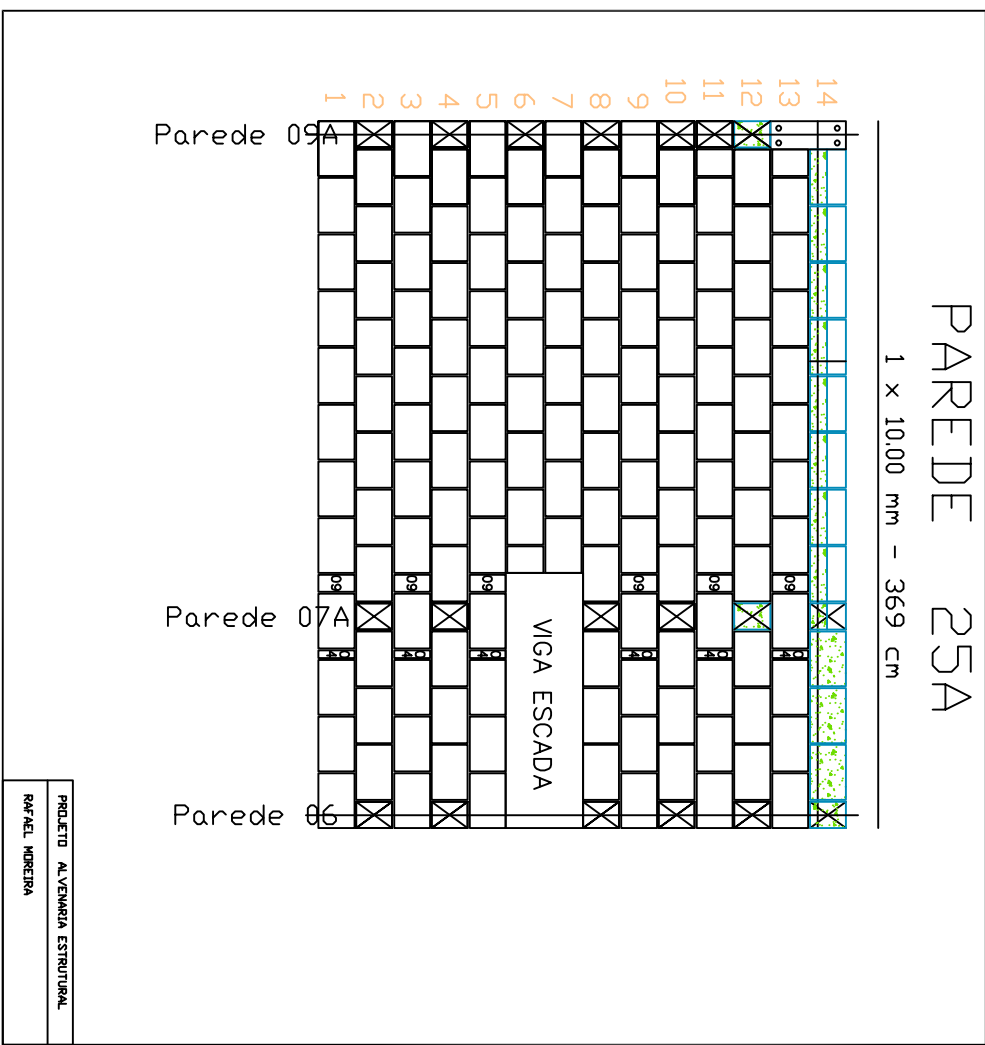
1 x 10,00 mm - 99 cm

1 x 10,00 mm - 204 cm

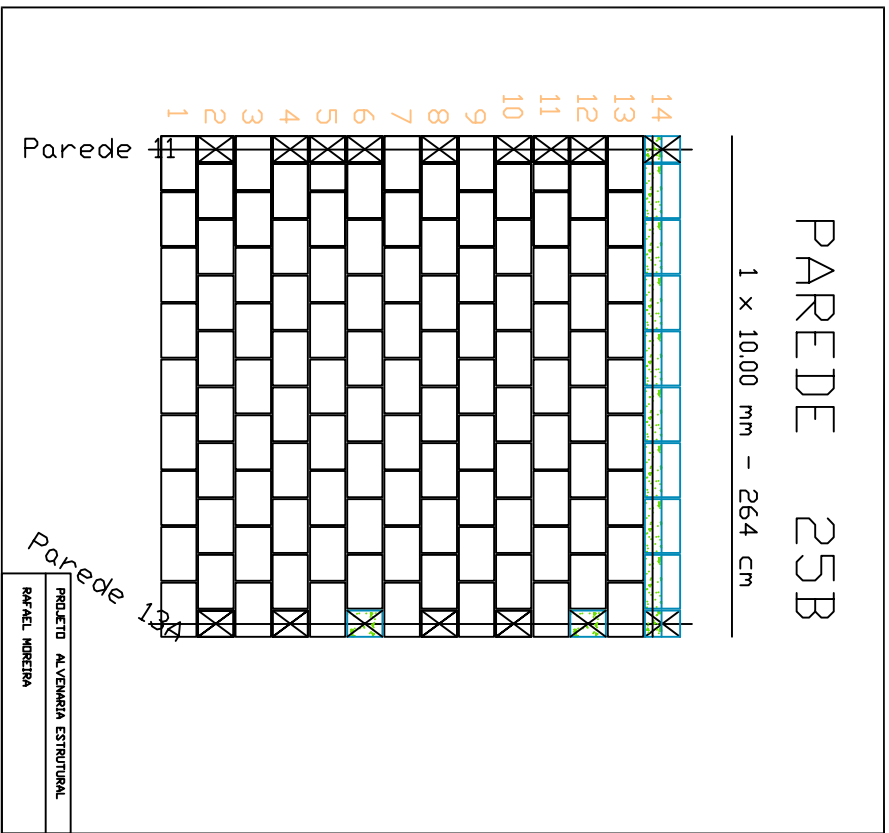


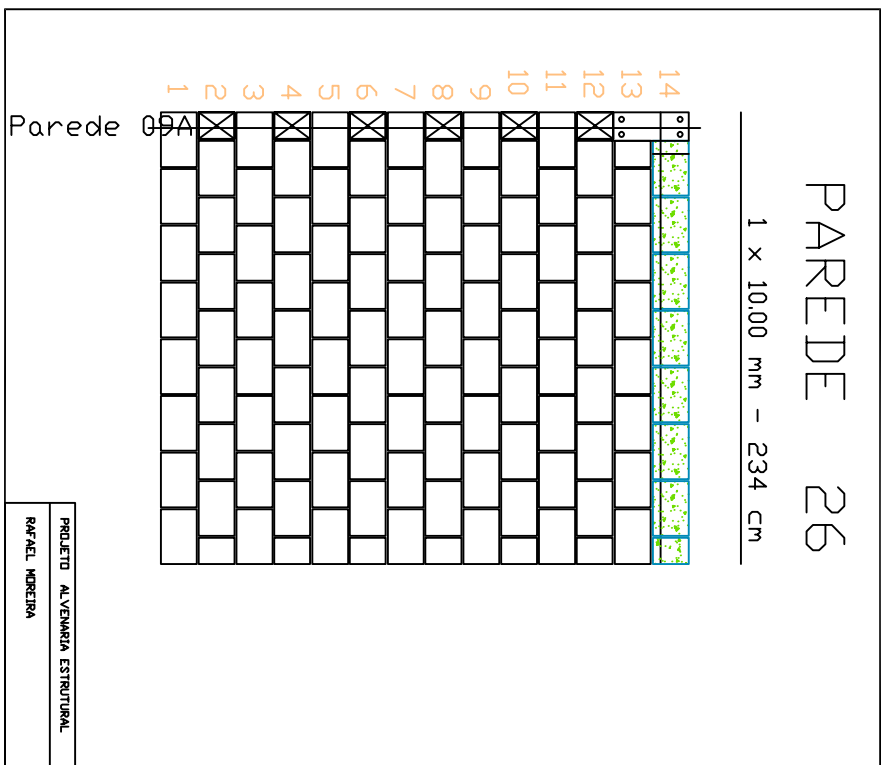






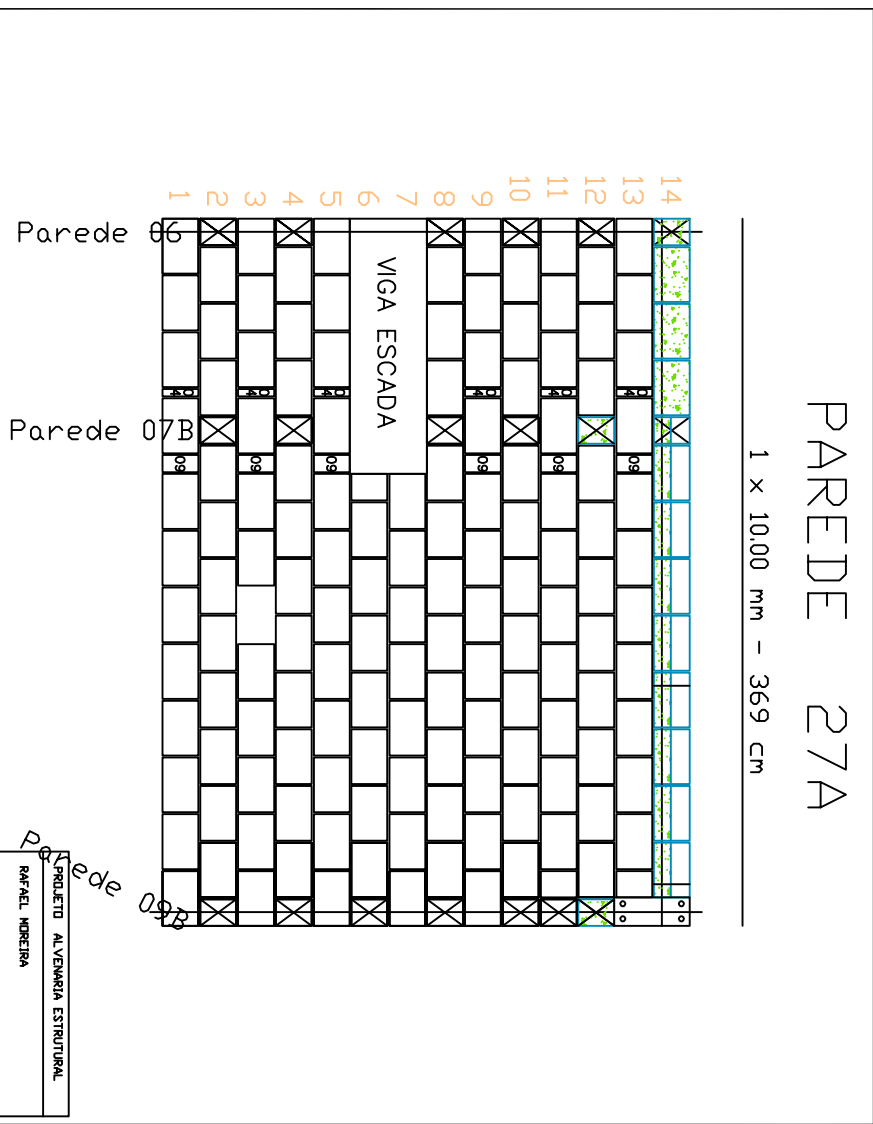
PROJETO	ALVENARIA ESTRUTURAL
RAFAEL MOREIRA	





PAREDE 27A

1 x 10,00 mm - 369 cm



PROJETO ALVENARIA ESTRUTURAL
 RAFAEL MOREIRA