



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

RICARDO ALLEN FILGUEIRA PONTES

**Estudo de caso: análise do uso de telas treliçadas como reforço em vedações
verticais de alvenarias em unidades residenciais.**

Palmas

2017

RICARDO ALLEN FILGUEIRA PONTES

Estudo de caso: análise do uso de telas treliçadas como reforço em vedações verticais de alvenarias em unidades residenciais.

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Co-orientador: Prof. Me. Clerson Dalvani Reis

Co-orientador: Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva

Palmas

2017

Pontes, R. A. F.

Estudo de caso: análise do uso de telas treliçadas como reforço em vedações verticais de alvenarias em unidades residenciais. / Ricardo Allen Filgueira Pontes – Palmas, 2017. 79 f.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal do Tocantins – Campus Palmas, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

1. Alvenaria. 2. Vedações. 3. Reforço. 4. Desempenho. I. Estudo de caso: análise do uso de telas treliçadas como reforço em vedações verticais de alvenarias em unidades residenciais.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ricardo Allen Filgueira Pontes

Estudo de caso: análise do uso de telas treliçadas como reforço em vedações verticais de alvenarias em unidades residenciais.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso
Orientador

Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva
Co-orientador

Engº José Pessoa Neto
Engenheiro Especialista

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e coragem que tem me dado para vencer mais uma etapa da minha vida, bem como recompensar todo meu empenho para realizar este sonho.

Aos meus pais, Isabel e Antônio, por toda confiança e amor, me inspirar a sempre me tornar uma pessoa melhor e por serem meu exemplo de determinação.

Aos meus irmãos Rodrigo e Laiane, por sempre estarem ao meu lado, tornando meu dia a dia cada vez mais feliz.

A Thallita, pelo amor, por sempre me apoiar nos momentos difíceis, pelo companheirismo e pela motivação.

Aos meus amigos Guilherme, João Ricardo, Luis Rangel, Marcelo, Ramon e Vitor, pelo apoio nos momentos difíceis, pelas risadas e descontrações e pela amizade em todas as horas.

Aos meus amigos Pedro Augusto e Rodrigo Chianca, pelo apoio nos momentos difíceis da jornada acadêmica, pelo incentivo e pelo companheirismo.

Ao meu orientador Gilson Marafiga Pedroso, por me incentivar e motivar, por sua dedicação ao me orientar e por sua postura como profissional.

Ao meu co-orientador Thiago Dias de Araújo e Silva, por todo o suporte em sua orientação, pelos ensinamentos passados em sala de aula, e por sua proatividade.

Ao engenheiro civil José Pessoa Neto, por incentivar, orientar e contribuir para a elaboração deste trabalho.

A todos meus colegas de curso, pela colaboração e contribuição, direta ou indiretamente, para minha formação.

“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes. ”

(Augusto Curry)

RESUMO

Pontes, R. A. F. Estudo de caso: análise do uso de telas treliçadas como reforço em vedações verticais de alvenarias em unidades residenciais. 2017. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2017.

Nos sistemas estruturais reticulados, é comum o uso de alvenarias nas vedações verticais. Porém, diante de diversas patologias e não conformidades construtivas, nota-se que é incomum a prática de projetar as vedações verticais, de modo que sua execução se baseia na improvisação e conhecimentos empíricos. Com os recorrentes problemas, são utilizadas diversas alternativas de reforço que visam evitar patologias, que em sua maioria, consistem basicamente em introduzir elementos de concreto armado no enrijecimento das vedações, e, ainda assim, veem manifestar patologias. Este estudo, propõe o uso de reforços de juntas horizontais de vedações em alvenarias e, para isso, realizou um estudo de caso, onde foram estudadas as vedações de uma unidade habitacional. Desta maneira, elaborou-se os projetos de alvenaria, onde foram feitas as plantas de primeira e segunda fiada, compatibilização com os demais projetos, paginações e detalhamentos do sistema de vedação em alvenaria. Por fim, realizou-se uma análise numérica por elementos finitos, onde verificou-se a eficiência do reforço de juntas horizontais do tipo treliça plana nas paredes da unidade habitacional, que necessitaram deste reforço.

Palavras-chave: Alvenaria. Vedações. Reforço. Desempenho.

ABSTRACT

Pontes, R. A. F. *Case study: analysis of the use of lattice screens as reinforcement in vertical masonry fences in residential units.* 2017. 78p.
Final Paper - Bachelor of Civil Engineering - Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins. Palmas, 2017.

In the structural systems grids, the use of masonry in vertical fence is common. However, in the face of various pathologies and constructive nonconformities, it is noticed that the practice of design vertical fences is uncommon, so that their execution is based on the improvisation and empirical knowledge. With the recurrent problems, several alternatives of reinforcement are used in order to avoid pathologies. Most of the time, these alternatives consist basically of introducing elements of reinforced concrete in the stiffening of the fences and, nevertheless, there is possibility of occurrence of pathologies. This study proposes the use of reinforcements of horizontal joints of masonry fences and, to this, a case study was carried out in which the fences of a housing unit were studied. From this, masonry projects were developed in which the first and second row bricks plants were made. Then, the compatibility with the other projects, views and details of the system of fence in masonry was realized. Finally, a finite element numerical analysis was carried out in which the efficiency of the reinforcement of flat truss type horizontal joints was verified in the walls of the housing unit, in order to require this.

Keywords: Masonry. Fences. Reinforcement. Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de tensões entre blocos de alvenaria e argamassa.	15
Figura 2 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal e vertical.	22
Figura 3 - Bloco vazado de concreto simples.	24
Figura 4 - Interação entre pilar e parede através de tela galvanizada.	25
Figura 5 - Interação entre pilar e parede através de ferro cabelo.	26
Figura 6 - Fatores de majoração das tensões ao longo de janela presente numa parede (relação entre comprimento e altura da parede = 1; relação entre comprimento da parede e comprimento da janela = 2,9).	27
Figura 7 - Fatores de majoração das tensões ao longo de janela presente numa parede (relação entre comprimento e altura da parede = 2; relação entre comprimento da parede e comprimento da janela = 2,8).	28
Figura 8 - Fatores de majoração das tensões ao longo de uma porta (relação entre comprimento e altura da parede = 1; porta no centro da parede).	28
Figura 9 - Fatores de majoração das tensões ao longo de uma porta (relação entre comprimento e altura da parede = 1; porta deslocada em relação ao centro da parede).	29
Figura 10 - Desenho representativo da igualdade de deformações de placas.	30
Figura 11 - Fissuração teórica no entorno de abertura, em parede solicitada por sobrecarga vertical.	30
Figura 12 - Fissuração típica (real) nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas.	31
Figura 13 - Fissuração de parede em alvenaria devido deformação de elementos estruturais.	32
Figura 14 – Estrutura em arame de alvenaria com reforço de junta horizontal.	34
Figura 15 - Armaduras reforço de junta de alvenaria: (a) tela soldada em escama; (b) tela eletrosoldada em treliça; (c) armadura com amarração contínua; e (d) rede de metal expandido.	35
Figura 16 - Corte esquemático de painel de alvenaria utilizando reforço de junta do tipo treliça plana.	37
Figura 17 - Processo executivo da instalação das peças MURFOR: (1) Aplicação da argamassa de assentamento; (2) Colocar as peças de Murfor® e pressioná-las sobre a argamassa de assentamento; (3) Assentamento da próxima fiada de blocos.	39
Figura 18 - Utilização do Murfor na substituição de vergas e contravergas.	40
Figura 19 - Utilização do Murfor em paredes submetidas a cargas oriundas da deformação de elementos estruturais. (Arcelormittal, 2014, p. 3)	40
Figura 20 - Uso do Murfor no aumento da resistência de painéis de alvenaria a cargas horizontais de vento.	41
Figura 21 - Planta de primeira fiada.	44
Figura 22 - Paginação da parede 09.	45
Figura 23 - Vista em planta - Detalhamento da locação do reforço de junta do tipo treliça plana na fiada.	46

Figura 24 – Parede 9: Indicação das fiadas reforçadas por treliça plana em juntas horizontais.	47
Figura 25 - Detalhamento do transpasse de armaduras para ligação do reforço com o ferro-cabelo.	48
Figura 26 - Exemplificação de tipos de modelagem de alvenarias. (a) - Macro modelagem, com SHELL único, representando o conjunto entre bloco e argamassa. (b) – Micro modelagem com cada bloco e junta sendo representados por elementos SHELL.	49
Figura 27 - Reforço de junta horizontal em treliça plana e corte transversal.	51
Figura 28 - Distância entre as seções transversais das barras componentes do reforço de junta horizontal.	52
Figura 29 – Detalhamento dos elementos SHELL da modelagem numérica.	54
Figura 30 - Modelo de parede 09 sem o reforço de junta, submetida a carregamento vertical de 150KN/m ²	56
Figura 31 - Localização dos pontos estudados na parede 9.	57
Figura 32 – Diagrama de deformações da parede 9 sob carregamento vertical, sem reforço.	57
Figura 33 - Tensões na parede 09 sem reforço submetida ao carregamento vertical.	59
Figura 34 - Vista 3D da parede 9 sem reforço deformada, submetida ao carregamento horizontal de 1KN/m ²	60
Figura 35 - Vista frontal da parede 9 sem reforço, submetida a carregamento horizontal uniformemente distribuído.	60
Figura 36- Vista frontal do diagrama de tensões da parede 9 sem reforço, submetida a carga de vento.	61
Figura 37 - Modelo computacional de parede 9 reforçada.	62
Figura 38 - Diagrama de deformações da parede 9 sob carregamento vertical, com reforço.	63
Figura 39 - Tensões máximas na parede 9 reforçada, sob carregamento vertical.	64
Figura 40 - Vista 3D deformada da parede 9 reforçada, em situação de carga de vento de 1,00 KN/m ²	65
Figura 41 - Deformações da parede 9 sob carregamento horizontal, com reforço.	66
Figura 42 - Diagrama de tensões em estrutura deformada da parede 9 reforçada, sob carga de vento.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios e níveis de desempenho quanto a deslocamentos e ocorrência de falhas sob ações de cargas de serviço (ver nota).	20
Tabela 2 - Valores de Referência de perda de blocos.	21
Tabela 3 - Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração dos blocos vazados de concreto simples para alvenaria.	24
Tabela 4 - Tipos de reforços adotados para situações e solicitações em painéis de alvenaria.....	33
Tabela 5 - Dimensões disponíveis das Treliça Murfor de acordo com o tipo de bloco utilizado na obra.	38
Tabela 6 - Propriedades físicas dos elementos da modelagem numérica.	50
Tabela 7 - Deslocamentos e rotações da parede 9 sob carga vertical, sem reforço.	58
Tabela 8 - Tensões máximas do painel 9 sob ações de cargas verticais.....	59
Tabela 9 - Rotações e deslocamentos dos pontos 1,2 e 3 da parede 9, sob carga de vento, sem reforço.....	61
Tabela 10 - Tensões máximas em parede 9 sem reforço, sob carga de vento.	62
Tabela 11 - Deslocamentos e rotações da parede 9 reforçada, sob carga vertical.	63
Tabela 12 – Tensões máximas em parede 9 reforçada com treliça plana - Carga vertical.	64
Tabela 13 - Deslocamentos e rotações da parede 9 sob carregamento horizontal, com reforço.	66
Tabela 14 - Tensões máximas em parede 9 reforçada, sob carregamento horizontal.	67
Tabela 15 - Resumo dos deslocamentos e rotações sob carregamento vertical.	68
Tabela 16 - Resumo das tensões máximas de compressão em parede sob carregamento vertical.	68
Tabela 17 - Resumo dos deslocamentos e rotações sob carregamento horizontal.	69
Tabela 18 - Resumo das tensões máximas de compressão da parede sob carregamento horizontal.....	70

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. PROBLEMA DE PESQUISA	13
3. JUSTIFICATIVA	15
4. OBJETIVOS	16
4.1. Objetivo Geral	16
4.2. Objetivos Específicos	17
5. REVISÃO DA LITERATURA	17
5.1. Sistemas de vedação vertical interna e externa – SVVIEs	17
5.2. Vedações verticais em alvenarias	21
5.2.1. Vedação em alvenaria de blocos cerâmicos	22
5.2.2. Vedação em alvenaria de bloco de concreto	23
5.3. Ações e cargas em sistemas de vedações verticais	25
5.4. Reforço de sistemas de vedação vertical em alvenaria	33
5.4.1. Reforço de juntas horizontais	34
5.4.2. Telas Treliçadas	37
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
7. DESENVOLVIMENTO, RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
7.1. Identificação das vedações e desenvolvimento de projetos de primeira e segunda fiada	42
7.2. Compatibilização dos projetos complementares e projeto de paginação das alvenarias	43
7.3. Identificação dos painéis que necessitam de reforço, analisando suas possibilidades	45
7.4. Dimensionamento e detalhamento do reforço	46
7.5. Análise numérica	49
8. CONCLUSÕES	71
9. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
10. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	74
11. ANEXOS	78

1. INTRODUÇÃO

A evolução e diversidade dos sistemas estruturais tem sido algo notável dentre as inovações da construção civil. Antigamente, as construções se configuravam por elementos estruturais de grandes dimensões e rigidez, onde as noções de dimensionamento se baseavam em experimentos de tentativas e erros. Um grande exemplo das construções robustas de antigamente são as pirâmides do Egito.

Com o desenvolvimento da indústria química e de materiais, a construção civil passou a contar com grande ajuda de materiais que ofertam grande resistência mecânica, resiliência, ductilidade, entre outras características físicas importantes, que são adequadas de acordo com a finalidade para qual se destinam. Com isso, diante da possibilidade de materiais de construção de melhor qualidade, as estruturas passaram a ser mais esbeltas, e por consequência, mais deformáveis. Tanto é, que se nota nas normas técnicas vigentes, no que se refere a dimensionamento de sistemas estruturais, a presença de deformações máximas, induzindo assim, a premissa de que as estruturas devem deformar, dentro de certos limites de estado limite de serviço.

Dentro dos diversos sistemas estruturais existentes, temos dois grandes grupos, os reticulados e os laminares. Os reticulados constituem-se por transferências de cargas pontuais, onde as lajes descarregam em vigas, que descarregam em pilares, e estes, descarregam nas fundações, como observamos no concreto armado, estruturas em aço, estruturas em madeira, entre outros. Nos sistemas laminares, tem-se uma transferência de carga distribuída, constituindo assim, um sistema monolítico, como observamos na alvenaria estrutural e paredes de concreto armado.

Nos sistemas reticulados, o sistema estrutural não exerce papel de vedação, como nos sistemas laminares, exigindo, portanto, a etapa construtiva do levante das vedações. Diante do paradigma da diminuição das dimensões dos elementos estruturais dos sistemas reticulados e suas conseqüentes deformações, passa-se, portanto, a ter preocupações com o sistema de vedações, no sentido de tentar não impor cargas e/ou tensões a ele, sendo que o mesmo não foi dimensionado para recebê-las.

As vedações, além de propiciar a delimitação de ambientes, possuem papel fundamental na preservação dos demais sistemas componentes de uma edificação, cabendo aos responsáveis técnicos, estudar e analisar o bom desempenho dos sistemas de vedações, visando a integridade do sistema e o conforto do usuário.

Como parâmetro de requisitos mínimos para o bom desempenho das vedações, tem-se a norma de desempenho ABNT NBR 15575-4:2013, que estabelece critérios para avaliação do desempenho mínimo dos sistemas de vedação de uma edificação de até 5 pavimentos.

Visando potencializar o desempenho das vedações verticais, frente às ações e deformações impostas à elas, este estudo promove uma análise crítica da utilização de treliças planas como reforço de juntas horizontais em sistemas de vedações verticais de uma unidade habitacional em Palmas, Tocantins, de modo que atendam as solicitações de estado-limite último e de serviço impostos, respeitando os requisitos mínimos impostos pela norma de desempenho.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

No cenário nacional, os sistemas de vedação vertical em alvenaria, usualmente utilizados nas edificações brasileiras, em sua grande maioria, não possuem projetos de dimensionamento e paginação, sendo esse pensamento disseminado aos poucos entre os profissionais de engenharia. Vale salientar, que a importância do projeto de vedação está diretamente atrelada ao conceito de alvenaria racionalizada.

“O projeto de vedação deve ser elaborado de forma sistêmica, simultaneamente aos demais projetos, permitindo, assim, uma coordenação das informações e das soluções técnicas a serem adotadas. ”, segundo Brandstetter, Santos e Carasek (2013, p. 80). Os autores ainda afirmam que a importância do projeto de vedações verticais se baseia não só na racionalização dos materiais, mas diminuindo as incertezas e aumento na eficiência da execução do serviço.

Segundo Silva, Gonçalves e Alvarenga (2006), as soluções construtivas da alvenaria são improvisadas durante a execução dos serviços. A maioria dos serviços

desta etapa construtiva são realizados de maneira empírica, sem seguir nenhuma especificação técnica ou representação gráfica. Como não há qualificação da mão de obra, mesmo que o serviço não apresente dificuldade para ser executado, não se atinge a qualidade esperada, com constantes retrabalhos (como os rasgos na alvenaria para passagens de instalações elétricas e hidráulicas). Deve-se considerar também que há um enorme desperdício de materiais, e, principalmente, um controle de qualidade ineficiente.

O estudo do desempenho da vedação se faz importante, visto que esta impacta diretamente a vida útil e desempenho de demais sistemas da edificação, como revestimento, impermeabilização, esquadrias, instalações elétricas, instalações hidro sanitárias, entre outros, visando prevenir manifestações patológicas em toda a edificação.

Oliveira F. (2001) afirma que o surgimento de trincas em painéis de vedação indica uma deformação excessiva nos elementos estruturais, comprometendo sua durabilidade e/ou estanqueidade à água do edifício.

Outro fator que pode potencializar o surgimento de fissuras e trincas são os rasgos para o embutir as instalações nas paredes. Estes, por sua vez, provocam uma redução na seção da parede, de modo que a parede passe a ficar mais vulnerável às ações horizontais de ventos, podendo surgir trincas por flexão lateral. Este fenômeno é observado em edifícios altos, onde há cargas de vento mais preponderantes, conforme a altura do pavimento.

Tendo isso em mente, toda e qualquer preocupação com o desempenho da vedação se faz necessário, principalmente com os esforços de qualquer natureza, que possam a vir a agir sobre ela, já que o sistema de vedação não foi devidamente concebido para suportar ações além de seu peso próprio, assim como seus componentes, as alvenarias e argamassas, também não foram fabricados para tal.

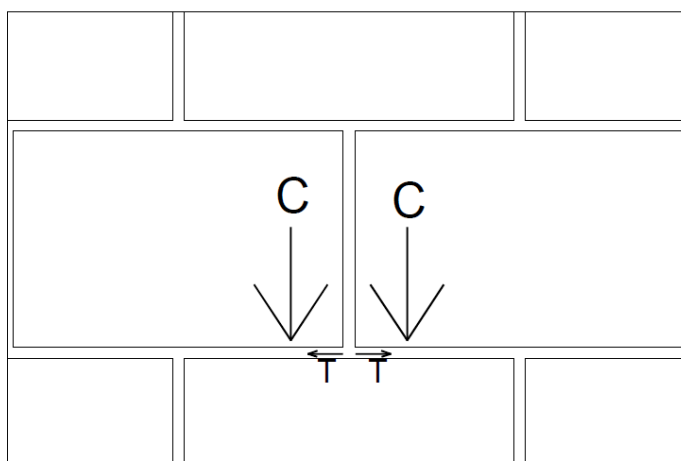
Portanto, o reforço do sistema de vedação em uma edificação é tomado como uma medida importante de prevenção contra o surgimento de trincas e fissuras. O reforço de juntas horizontais de painéis de alvenaria de vedação, ajuda no controle de fissuração do painel, e contribui para a resistência ao cisalhamento, tração e flexão lateral, como abordado por Lourenço (2006).

Este trabalho busca analisar criticamente o projeto de uma unidade residencial em Palmas , Tocantins, propondo a tela treliçada plana como reforço de junta horizontal para os painéis de vedação vertical em que for diagnosticado a necessidade de reforço, com a finalidade de atender premissas relativas ao seu desempenho em Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço, colocado na ABNT NBR 15575-4:2013, atendendo requisitos de cálculo estrutural e questões construtivas, no que tange o processo executivo e controle tecnológico de sua utilização.

3. JUSTIFICATIVA

A importância do sistema de vedação vertical, tanto interno quanto externo, é algo indiscutível na construção civil, como também a atenção necessária ao seu desempenho inadequado e as conseqüentes manifestações patológicas, conforme Lourenço (2006). As patologias que surgem neste sistema, decorrem principalmente de ações solicitantes não previstas em projetos de alvenaria, quando há projeto do sistema de vedação em alvenaria.

Figura 1 - Distribuição de tensões entre blocos de alvenaria e argamassa.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em grande parte, as cargas não previstas que geram patologias, promovem tensões cisalhantes e de tração, já que a alvenaria possui bom comportamento a solicitações de compressão e não resiste tanto a ações de tração e cisalhamento.

Estas tensões, se originam a partir de carregamentos que excedem a força resistente do conjunto, de modo que o bloco, ao ser solicitado, comprime a argamassa (força C), e esta, ao ser comprimida, expande lateralmente, originando tensões de cisalhamento na interface do bloco com a argamassa (força T), como se observa na Figura 1, originando assim, fissuras na interface do bloco com a argamassa.

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575-4:2013 propõe limites de deformação e fissuração de estado-limite de serviço das vedações, assim como ensaios que devem ser realizados para verificar o desempenho dos elementos de vedação quanto as possíveis solicitações.

Porém, mesmo com as proposições de norma e as frequentes patologias que abrangem as vedações, dificilmente se discuti a sua importância. Durante a fase de projetos, é de suma importância a sua avaliação, de modo que se verifiquem todos os possíveis fatores que podem lhe causar anomalias. Porém é usual, a adoção de técnicas de reforço que acabam onerando a planilha orçamentária da obra, não só pelo consumo de materiais, mas pelo tempo necessário para execução, como no caso das cintas de concreto armado, vergas e contra vergas e formação de pórticos com pilaretes e cintas. Vislumbra-se neste trabalho, a análise do desempenho do reforço de junta do tipo treliça plana.

Para analisar a utilização do reforço, este trabalho realizará um estudo de caso em uma unidade residencial na cidade de Palmas, Tocantins, onde serão realizados os estudos de paginações, compatibilização de projetos de alvenaria e instalações elétricas e hidráulicas, análise da necessidade de reforço, dimensionamento e detalhamento do reforço proposto, e análise numérica de paredes reforçadas, quanto ao seu desempenho a cargas verticais e horizontais.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Analisar o uso de treliças planas como reforço de junta horizontal de painel de vedação vertical de alvenaria em uma unidade residencial em Palmas, Tocantins.

4.2. Objetivos Específicos

- Efetuar revisão teórica sobre o tema;
- Identificar as vedações e desenvolver projetos de primeira e segunda fiada;
- Compatibilização dos projetos complementares e projeto de paginação das alvenarias;
- Identificar painéis que necessitam de reforço, analisando possibilidades do uso de reforço proposto;
- Dimensionar e detalhar o reforço, observando suas potencialidades;
- Realizar modelagem numérica por elementos finitos, com modelo devidamente calibrado, para validar o estudo e eficiência do reforço;

5. REVISÃO DA LITERATURA

5.1. Sistemas de vedação vertical interna e externa – SVVIEs

Segundo a ABNT NBR 15575-4:2013, os sistemas de vedação vertical interno e externo são componentes de uma edificação responsáveis por limitar verticalmente a mesma e seus ambientes, como fachadas, paredes ou divisórias internas. Portanto, daí se tira a importância do sistema de vedação, na qual se inter-relaciona com os demais sistemas de uma edificação.

Além da função de vedação, o sistema ainda se faz importante devido ao seu suporte às instalações elétricas e hidráulicas, embutidas ou sobrepostas, esquadrias e revestimentos. Segundo a ABNT NBR 15575-4:2013, este sistema deve apresentar requisitos mínimos funcionais, sendo alguns estes:

- Desempenho Acústico;
- Desempenho Térmico;
- Estanqueidade à água;
- Proteção e resistência ao fogo;

- Desempenho estrutural (estabilidade, resistência mecânica e deformabilidade mínima, variando caso seja estrutural ou não);
- Deslocamentos, fissuração e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações internas e externas
- Impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural
- Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas – para casas térreas – com ou sem função estrutural
- Ações transmitidas por portas
- Impacto de corpo duro incidente nos SVVIE, com ou sem função estrutural
- Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas
- Uso e operação
- Controle de iluminação (natural e artificial) e de raios visuais (privacidade);
- Durabilidade;
- Facilidade de limpeza e higienização;

O desempenho térmico avaliado pela norma de desempenho de sistemas de vedação vertical, é tratado como a capacidade de o sistema propiciar transmitância térmica adequada, de acordo com os requisitos mencionados, de modo que não interfiram no conforto e uso dos ambientes da edificação.

O desempenho acústico, é avaliado como a capacidade do sistema de isolar acusticamente as compartimentações da edificação, e as mesmas com as áreas comuns. Os métodos de avaliação de tal capacidade são descritos na norma ISO 101400-2, conforme a ABNT NBR 15575-4:2013.

A estanqueidade do sistema de vedação vertical, está relacionada ao sistema de impermeabilização, sendo avaliada como a capacidade de a mesma ser estanque de água de chuvas incidentes ou de outras fontes.

Quanto à proteção e resistência ao fogo, a norma de desempenho de sistemas de vedações verticais diz que o requisito mínimo é dificultar a inflamação generalizada no ambiente onde o incêndio tiver origem, bem como não gerar fumaça excessiva, a ponto de impedir a fuga dos habitantes/ocupantes em situação de incêndio.

O desempenho estrutural do sistema de vedação vertical deve ser assegurado, considerando as combinações de cargas que irão atuar nele, ao longo da vida útil da edificação, ou do sistema. Mesmo considerando que o mesmo não receberá cargas, as vedações estão sujeitas a pequenas movimentações e tensões impostas pela estrutura, além de seu peso próprio.

Os sistemas de vedação vertical internos e externos (SVVIE), também devem atender a limites de deslocamentos instantâneos e deslocamentos residuais, considerando combinações de carregamentos, sem apresentar fissuras ou trincas que caracterizem seu estado limite de serviço, segundo a ABNT NBR 15575-4:2013. A durabilidade do sistema de vedação está diretamente associada aos requisitos de deslocamentos e fissuras, porém, também se leva em conta requisitos de deslocamentos e fissuras para o revestimento, que comprometem a integridade do sistema e da edificação como um todo.

Na Tabela 1, retirada da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575-4:2013, são descritos o tipo de sistema de vedação vertical, bem como a respectiva solicitação e o critério que deve ser avaliado para verificação de seu desempenho.

Os impactos nos sistemas de vedação, assunto também avaliado pela norma de desempenho, consistem nos choques acidentais ou intencionais na vedação. Os mecanismos de ensaios, para avaliar se o sistema de vedação atende ou não aos requisitos mínimos estão previstos na mesma norma, sendo ensaios de impactos de corpos moles e duros.

As cargas de ocupação previstas pela norma de desempenho, baseiam-se em cargas estáticas verticais, horizontais e resistência aos impactos, sendo esta última, já comentada anteriormente. As cargas estáticas são avaliadas quanto à capacidade do sistema de vedação de suportar solicitações em guarda-corpos e parapeitos de janelas, e solicitações de prateleiras fixas.

Tabela 1 - Critérios e níveis de desempenho quanto a deslocamentos e ocorrência de falhas sob ações de cargas de serviço (ver nota).

Elemento	Solicitação	Critério
SVVIE com função estrutural	Cargas verticais: $Sd = Sgk + 0,7Sqk + Swk$ (desconsiderar Swk no caso de alívio da compressão)	➤ Não ocorrência de falhas; ➤ Limitação dos deslocamentos horizontais; ➤ $dh \leq h/500$; ➤ $dhr \leq h/2500$;
SVVIE com ou sem função estrutural	Cargas permanentes e deformações impostas: $Sd = Sgk + Sek$	➤ Não ocorrência de falhas, tanto nas paredes como nas interfaces da parede com outros componentes;
SVVE (paredes de fachadas) com ou sem função estrutural	Cargas horizontais: $Sd(a) = 0,9Sgk + 0,8Swk$	➤ Não ocorrência de falhas; ➤ Limitação de deslocamentos horizontais (b); ➤ $dh \leq h/500$ (SVVE com função estrutural); ➤ $dhr \leq h/2500$ (SVVE com função estrutural); ➤ $dh \leq h/350$ (SVVE com função de vedação); ➤ $dhr \leq h/1750$ (SVVE com função de vedação); Entende-se neste critério como SVVE as paredes de fachada.
(a) No caso de ensaios do tipo considerar $Sd = Sgk + 0,8Swk$ (b) Para paredes de fachada leves ($G \leq 60Kgf/m^2$), sem função estrutural, os valores de deslocamento instantâneo (dh) podem atingir o dobro dos valores acima indicados nesta tabela. Onde: h é a altura do elemento parede; dh é o deslocamento horizontal instantâneo dhr é o deslocamento horizontal residual; Sgk é a solicitação característica devida a cargas permanentes; Sek é o valor característico da solicitação devida a deformação específica do material; Sqk é o valor característico da solicitação devida a cargas acidentais ou sobrecargas de uso; Swk é o valor característico da solicitação devido ao vento; Nota: estes limites aplicam-se, a princípio, a SVVIE destinados a edificações de até cinco pavimentos.		

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-4:2013, p. 5.

5.2. Vedações verticais em alvenarias

As alvenarias de vedação são componentes do sistema de vedação, responsáveis por preencher os espaços entre as estruturas reticuladas, compartimentando os espaços de uma edificação, e proteção de agentes indesejáveis, como chuva. Estas, devem possuir adequada resistência às cargas decorrentes de uso (portas e prateleiras) ou ao meio que estão inseridas (vento), segundo Thomaz R. (2009) e Silva (2006).

Em sua grande maioria, os sistemas de vedação em alvenaria são compostos por blocos de concreto ou cerâmico. Há também outros tipos de alvenaria, como blocos de gesso por exemplo. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, faz um comparativo entre as principais propriedades dos blocos cerâmicos e de concreto de maneira geral, não levando em conta dimensões de blocos.

Em seu estudo, Lordsleem Júnior (2012) traz um quadro com valores médios, mínimos e máximos, segundo pesquisa bibliográfica, de valores de referência de perda de blocos, mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de Referência de perda de blocos.

Autoria	Tipo de componente	Obras	Valor de referência			
			Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Agopyan et al. (1998)	Tijolos e blocos	37	17,0%	13,0%	3,0%	48,0%
TCPO 13 (2010)	Tijolo cerâmico furado	-	-	-	-	-
	Blocos	-	-	-	-	-
Gusmão et al. (2006)	Tijolo cerâmico furado	04	13,9%	14,7%	9,3%	17,3%
Lordsleem Jr. (2008)	Bloco de concreto	01	2,5%	2,0%	1,0%	4,9%
Lordsleem Jr. e Pinho (2009)	Bloco cerâmico	01	3,6%	3,5%	1,0%	7,0%
Lordsleem Jr. (2008)	Bloco de concreto	01	2,2%	2,3%	0,2%	4,8%

Fonte: Adaptado de Lordsleem Júnior (2012), p. 45.

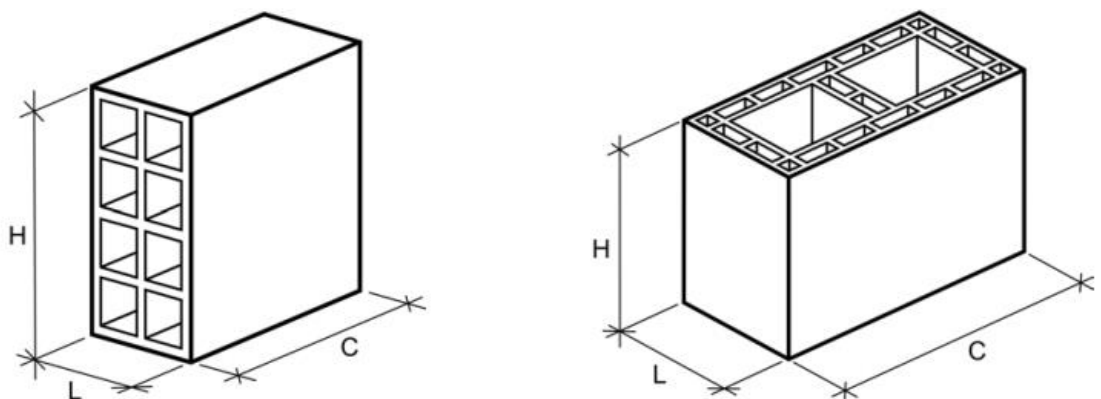
A perda de blocos é uma consequência direta da não racionalização da alvenaria. A paginação, bem como o consequente planejamento de execução promove uma diminuição significativa dos custos de execução, quando se tem percentuais majorando o custo do serviço de alvenaria devido a perda de material.

5.2.1. Vedação em alvenaria de blocos cerâmicos

Segundo ABNT NBR 15270-1:2005, o bloco cerâmico de vedação é um bloco vazado, com furos perpendiculares às faces que os contêm. Estes furos possuem geometria prismática. O bloco cerâmico deve ser fabricado de matéria-prima argilosa queimada a elevadas temperaturas. Sua geometria deve conter diversos furos e septos devido ao seu processo de fabricação, pois na queima, quanto mais sólido e sem vazios for a massa de material argiloso, maior a chance de promover fissuras por retração na secagem.

O bloco cerâmico é componente que integra os sistemas de alvenaria de vedação, preenchendo os vãos das estruturas reticuladas de concreto armado, aço, etc., e normalmente, são empregados com os furos no sentido horizontal, conforme Thomaz R. (2009).

Figura 2 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal e vertical.



Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005, p. 2.

A ABNT NBR 15270-1:2005 ainda afirma que o bloco cerâmico para vedação é produzido para ser usado especificamente com furos na horizontal, porém

também pode ser utilizado com furos na vertical, mudando, portanto, o tipo de bloco para cada finalidade, conforme a Figura 2.

A norma ainda traz os requisitos gerais nos quais os blocos cerâmicos, tanto de vedação quanto com função estrutural, devem atender, sendo estes:

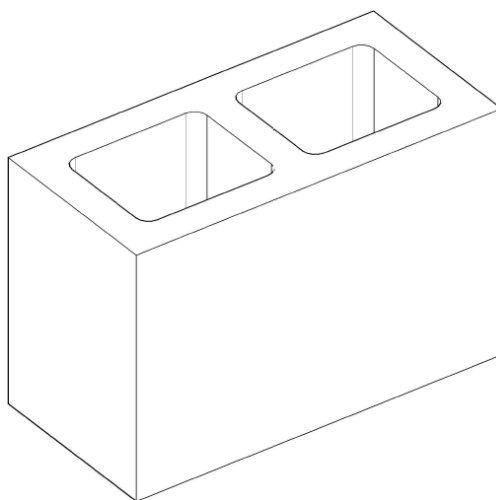
- Fabricação;
- Identificação;
- Unidade de comercialização;
- Características visuais;
- Características Geométricas, Físicas e Mecânicas;
- Requisitos Específicos
- Requisitos Especiais;
- Inspeção;
- Aceitação e Rejeição

5.2.2. Vedação em alvenaria de bloco de concreto

Assim como o bloco cerâmico de vedação, tem-se o bloco de concreto como uma das possibilidades para exercer a função de vedação, ou estrutural, em paredes de alvenaria. Diferentemente do bloco cerâmico, o bloco de concreto apresenta apenas dois furos principais, conforme a Figura 3. Tal fato, se deve ao processo de fabricação, que é feito por prensagem. Já o cerâmico, é por queima.

Segundo Lordsleem Júnior (2012), o bloco de concreto é classificado como um elemento industrializado, já que seu processo de fabricação consiste na vibração e prensagem do concreto, com seu apropriado processo de cura. Mesmo considerado como um elemento industrializado, nada impede de se instalar uma fábrica de blocos de concreto no próprio canteiro, respeitando as especificações e controle tecnológico em sua produção.

Figura 3 - Bloco vazado de concreto simples.



Fonte: ABNT NBR 6136:2014, p. 2

Segundo a ABNT NBR 6136 (2014), os blocos de concreto para alvenaria com função de vedação, pertencem à classe D, com resistência característica à compressão maior ou igual a 3,0 Mpa. Já os blocos cerâmicos, conforme a ABNT NBR 15270-1:2005, devem possuir resistência característica à compressão maior ou igual a 1,5 MPa. As demais características podem ser constatadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração dos blocos vazados de concreto simples para alvenaria.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial (a) MP	Absorção %				Retração (d) %
			Agregado normal (b)		Agregado leve (c)		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	Fbk ≥ 8,0	≤ 8,0	≤ 6,0	≤ 16,0	≤ 13,0	≤ 0,065
	B	4,0 ≤ fbk ≤ 8,0	≤ 10,0	≤ 8,0			
Com ou sem função estrutural	C	Fbk ≥ 3,0	≤ 12,0	≤ 10,0			
(a) Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias. (b) Blocos fabricados com agregado normal. (ver definição na ABNT NBR 9935). (c) Blocos fabricados com agregado leve. (ver definição na ABNT NBR 9935). (d) Ensaio facultativo.							

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6136:2014, p. 7.

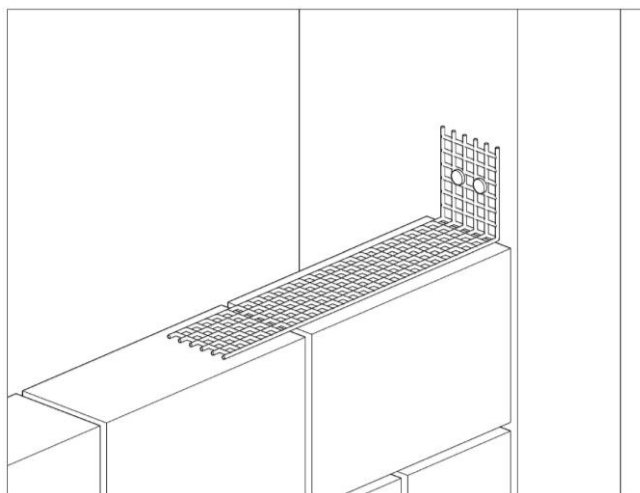
5.3. Ações e cargas em sistemas de vedações verticais

O sistema de vedação vertical deve resistir de modo adequado as combinações de ações que possam agir ao longo da vida útil da edificação, ou do sistema, apresentando níveis de segurança adequado, respeitando os parâmetros para mensurar tais ações, conforme a ABNT NBR 15575-4:2013.

O bloco de alvenaria de vedação não é dimensionado para suportar cargas além de seu próprio peso, porém, o sistema de vedação, como um todo, atua com função de contraventamento de estruturas reticuladas e sofre ações decorrentes das deformações das estruturas em geral, exigindo, portanto, do sistema de vedação, resistir a tais solicitações. A integridade do conjunto parede-estrutura é garantida pela correta ancoragem da vedação com os elementos estruturais (pilares e vigas), seja por uso de telas de ligação ou ferro-cabelo, e pela ligação de seu topo com o fundo de vigas através do encunhamento.

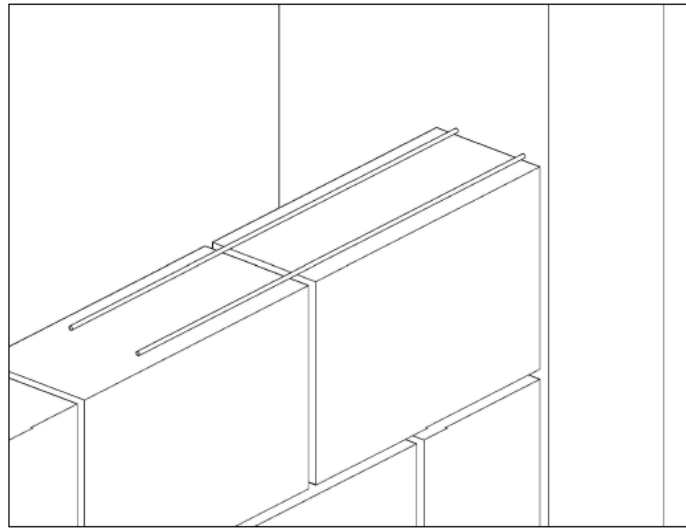
As ligações por tela são ilustradas na Figura 4, onde geralmente se utiliza uma tela com 50 centímetros de comprimento, em que 10 centímetros de seu comprimento é colocado na vertical, e fixado através de parafusos no elemento de concreto armado. Para os ferros cabelo, conforme a Figura 5, são realizados furos para sua inserção na estrutura de 5 a 10 centímetros de seu comprimento, e posterior preenchimento com resina epóxi, para garantir eficiência à sua fixação.

Figura 4 - Interação entre pilar e parede através de tela galvanizada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5 - Interação entre pilar e parede através de ferro cabelo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As paredes em alvenaria, em geral, apresentam boa resposta aos esforços de compressão, conferida por seus elementos componentes, blocos e argamassas, não ocorrendo o mesmo quanto às solicitações de tração, flexão e cisalhamento, sendo estas, as responsáveis por quase todos os casos de fissurações dos painéis, conforme Oliveira F. (2001) e Gasperín (2014).

Os esforços que atuam no sistema de vedação, segundo Thomaz E. (1989) e a ABNT NBR 15575-4:2013, são originados decorrentes de:

- Aberturas (vãos);
- Uso e ocupação;
- Vento;
- Deformação de elementos da superestrutura
- Sobrecargas (não prevista em projeto);
- Movimentações hidrostáticas;
- Variações de temperatura;

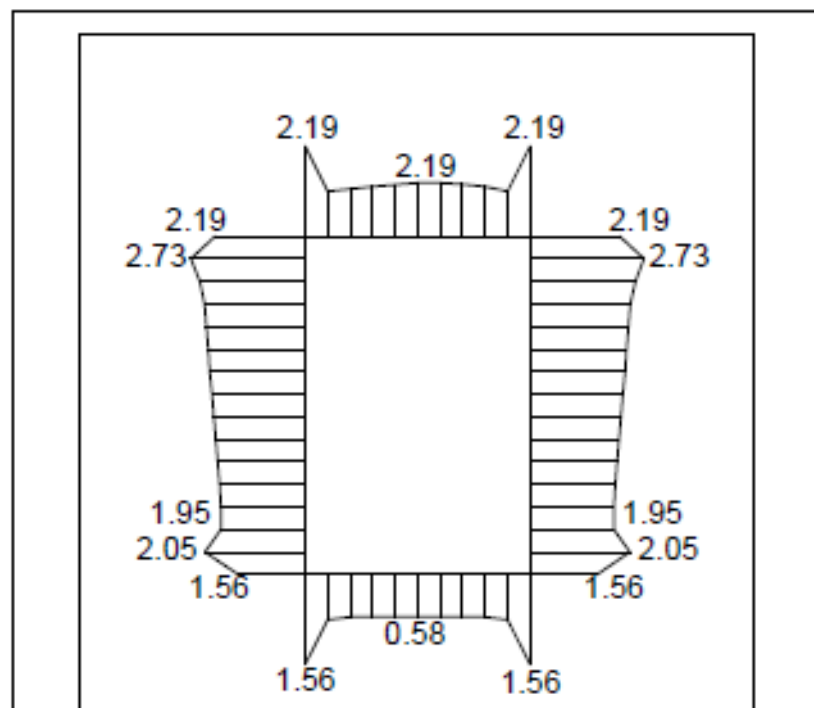
Em seus estudos, Gasperín (2014) e Thomaz E. (1989), mostram a magnitude da concentração dos esforços em vãos nas paredes de alvenarias, que são responsáveis por grande parte das patologias dos sistemas de vedação. Este acúmulo de tensões varia em função do tamanho e localização da abertura na parede.

Com isso, visando aliviar as estruturas de vedação, é comum elementos como vergas e contra vergas para aliviar a concentração das cargas, redistribuindo os esforços nas paredes de alvenaria. Nota-se que há maior concentração de esforços nos cantos das aberturas, conforme as Figura 6, Figura 7, Figura 8 e Figura 9.

Os fatores de majoração das tensões ilustrados, retratam o quanto difere o valor das tensões ao longo do painel de vedação em alvenaria, salientando as desigualdades de tensões ao longo do mesmo vão. Nas Figura 6 e Figura 7 observa-se que na parte inferior da abertura (local da contraverga) há um alívio nas tensões, de modo que o fator de majoração é menor que 1,00. Já nas extremidades e borda superior, há uma concentração maior, fazendo-se necessário o reforço do painel.

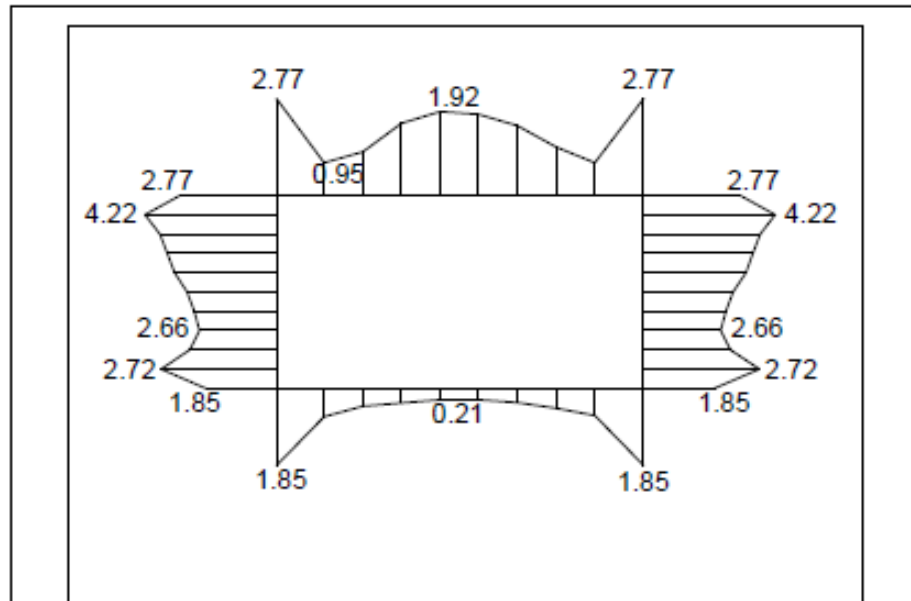
Na alvenaria estrutural, mesmo não sendo necessário, para fins de Estado Limite Último, é comum a prática do enrijecimento dos bordos laterais das aberturas com o uso de graute, visando evitar problemas futuros de fissuração.

Figura 6 - Fatores de majoração das tensões ao longo de janela presente numa parede (relação entre comprimento e altura da parede = 1; relação entre comprimento da parede e comprimento da janela = 2,9).



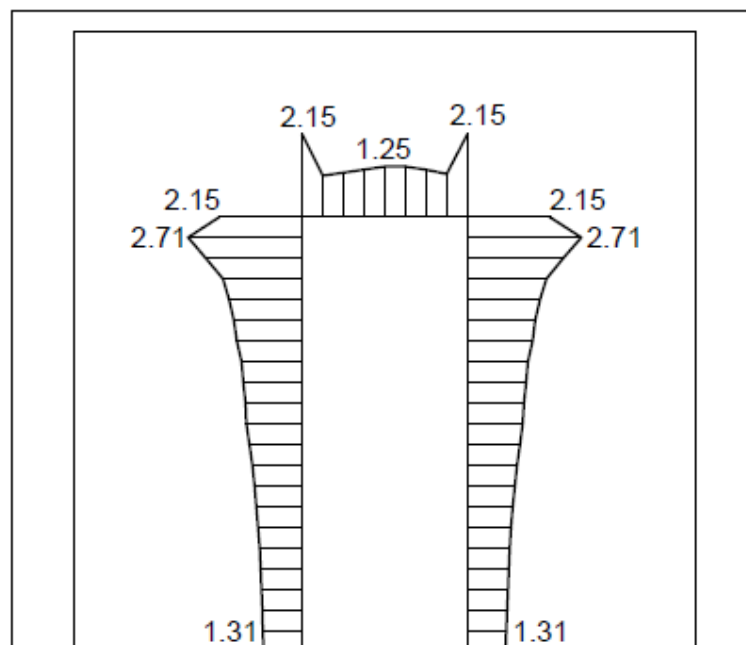
Fonte: Adaptado de (Thomaz E., 1989, p. 62)

Figura 7 - Fatores de majoração das tensões ao longo de janela presente numa parede (relação entre comprimento e altura da parede = 2; relação entre comprimento da parede e comprimento da janela = 2,8).



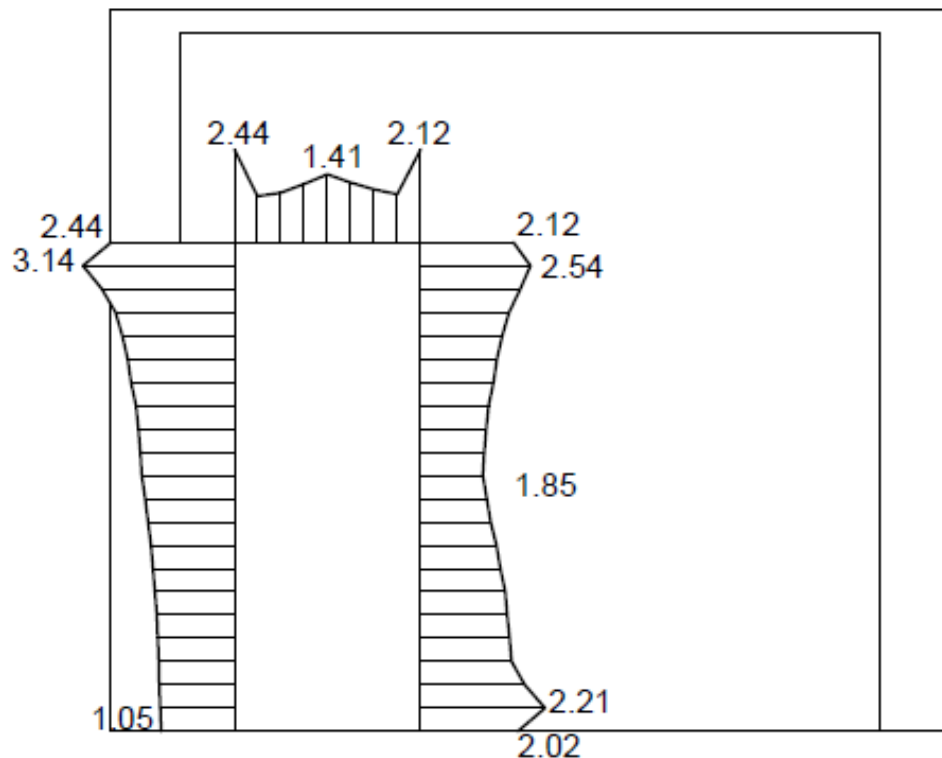
Fonte: Adaptado de (Thomaz E., 1989, p. 62)

Figura 8 - Fatores de majoração das tensões ao longo de uma porta (relação entre comprimento e altura da parede = 1; porta no centro da parede).



Fonte: Adaptado de (Thomaz E., 1989, p. 63)

Figura 9 - Fatores de majoração das tensões ao longo de uma porta (relação entre comprimento e altura da parede = 1; porta deslocada em relação ao centro da parede).



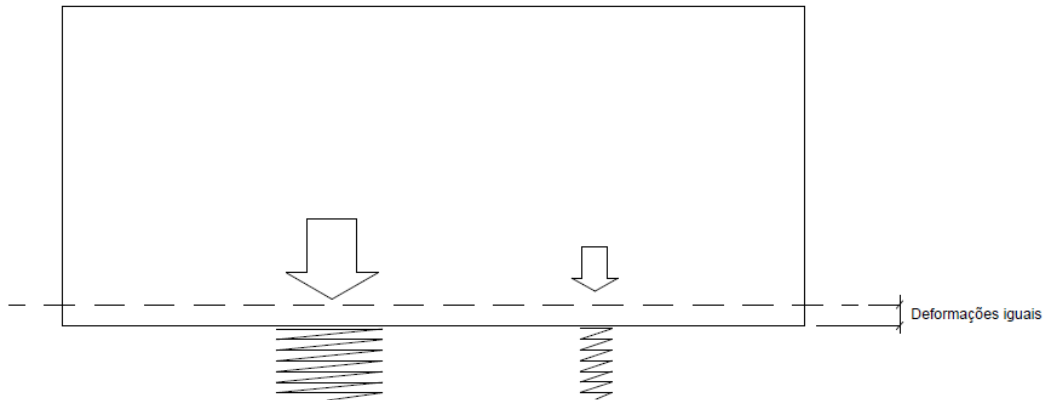
Fonte: Adaptado de (Thomaz E., 1989, p. 63)

Nas Figura 8 e Figura 9, onde se tem aberturas de portas, nota-se o acúmulo de tensões nas bordas laterais e superior da abertura. No segundo caso, onde a porta está mais deslocada, observa-se maiores níveis de tensões.

Segundo Wendler Filho (2017), tal fato pode-se atribuir ao comportamento do painel como uma placa. As placas tendem a se deformar uniformemente, de modo que haja um acréscimo de tensões na região de maior rigidez, visando diminuir a deformação diferencial. Portanto, quando a abertura se localiza próxima a uma região de elevada rigidez no painel, há um maior nível de tensões nesta região.

A situação pode ser explicada conforme a Figura 10, que mostra que para um elemento que se comporta como uma placa, quanto maior a rigidez de seu apoio, maior a tensão, seguindo o princípio da uniformidade de deformações em um painel.

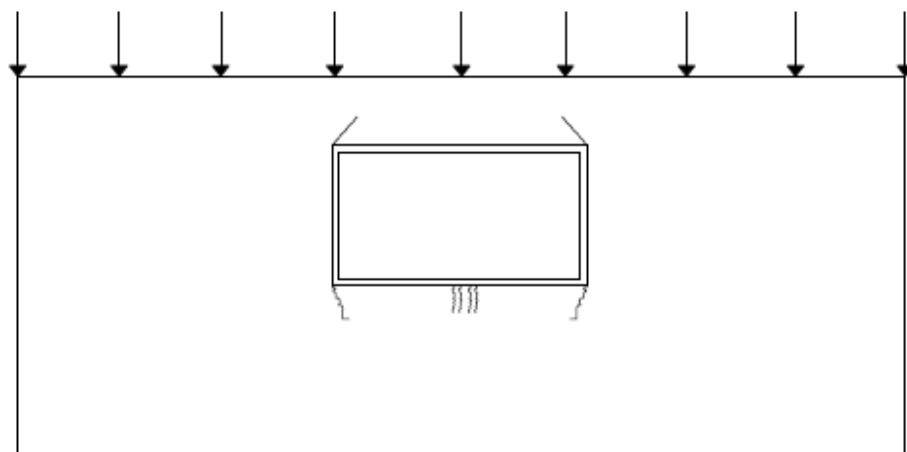
Figura 10 - Desenho representativo da igualdade de deformações de placas.



Fonte: Adaptado de Wendler Filho (2017)

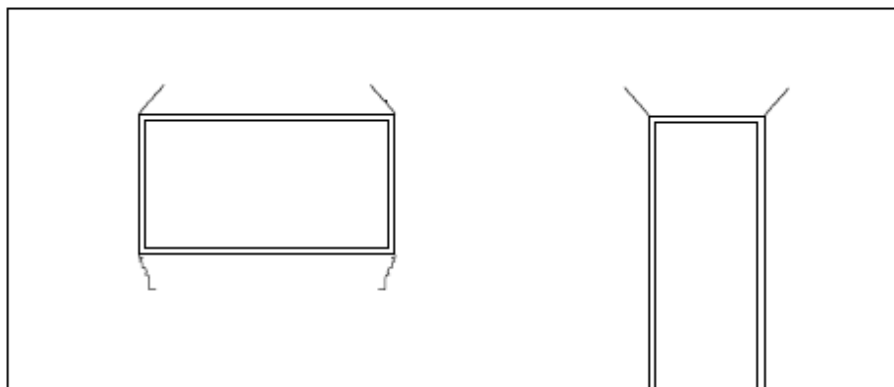
As Figura 11 e Figura 12 retratam situações típicas de fissuras em painéis com aberturas submetidos a cargas verticais, sejam elas seu peso próprio, ou tensões de deformação de elementos estruturais, como vigas ou lajes. Nota-se que como visto anteriormente, as fissuras ocorrem geralmente, em torno de aberturas nos painéis de vedação. O enrijecimento das bordas das aberturas, com a construção de vergas e contra vergas, ou pilaretes, quando os blocos possuem furos na vertical, diminuem as chances de ocorrerem fissuras.

Figura 11 - Fissuração teórica no entorno de abertura, em parede solicitada por sobrecarga vertical.



Fonte: Adaptado de Thomaz E., 1989, p. 66.

Figura 12 - Fissuração típica (real) nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas.



Fonte: Adaptado de Thomaz E., 1989, p. 66.

Relacionado a ações decorrentes de uso e ocupação, os sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE), segundo a ABNT NBR 15575:4 (2013), devem resistir às solicitações decorrentes de:

- Fixação de peças suspensas (armários, prateleiras, lavatórios, etc.);
- Impactos de corpo mole e duro (traduz a resistência a impactos acidentais ou intencionais durante a utilização da edificação);
- Impactos de portas (oriundos de fechamentos bruscos e impactos nas portas);
- Cargas incidentes de parapeitos de janelas ou guarda-corpos;

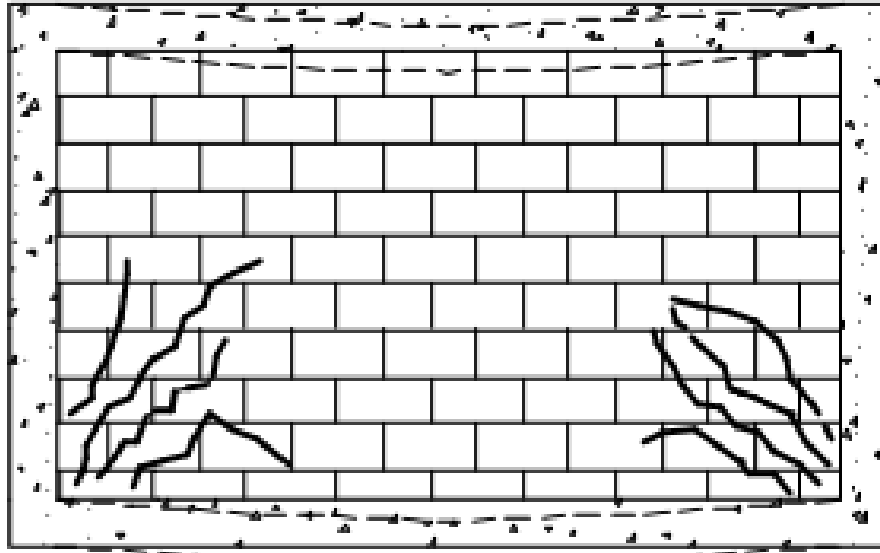
Os parâmetros de mensuração e controle de qualidade do sistema de vedação, bem como a metodologia dos ensaios que devem ser realizados, quanto aos requisitos mencionados acima, estão descritos na própria norma de desempenho.

Quanto ao vento, a ABNT NBR 15575-4:2013 cita como premissa de projeto de alvenaria, inclusive as não estruturais, a verificação analítica ou ensaios de cargas laterais uniformemente distribuídas, visando simular as ações devidas ao vento.

A sobrecarga e a deformação dos elementos da superestrutura, na maioria das vezes, se configuram pelo carregamento não previsto em projeto, que pode atuar em elementos estruturais, gerando deformações além dos limites do estado limite de

serviço, conforme se observa na Figura 13. Caso as cargas sejam previstas em projetos estruturais, as fissuras podem decorrer da má execução dos elementos estruturais, ou erros de cálculo no projeto, no que se refere à flechas e deformações. (THOMAZ R., 2009)

Figura 13 - Fissuração de parede em alvenaria devido deformação de elementos estruturais.



Fonte: Oliveira F., 2001, p. 9.

As tensões devido às movimentações higroscópicas são decorrentes a diferentes expansões dos materiais utilizados quando há o aumento do teor de umidade. Da mesma forma, quando há diminuição do teor de umidade, há uma retração dos materiais. Caso haja restrições nas movimentações destes materiais, poderão ocorrer fissuras nos elementos que compõem os sistemas de vedação vertical. (Thomaz E., 1989)

Semelhante ao que acontece nas movimentações higroscópicas, os sistemas de vedação podem sofrer tensões decorrentes de variações térmicas. Os elementos que compõem o sistema sofrem movimentação devido a variação térmica no qual estão submetidos. Portanto, caso haja restrições de movimentação para os materiais, poderão ocorrer fissuras.

5.4. Reforço de sistemas de vedação vertical em alvenaria

A importância do sistema de vedação em uma edificação é algo incontestável, e mesmo assim, é recorrente um desempenho inadequado e com frequentes patologias.

Lourenço (2006) mostra que, em seu estudo, tomando base a França e Espanha, a maior causa de patologias dos sistemas de vedação são as fissuras, que por consequência, afeta outros quesitos como estanqueidade, desempenho estrutural e conforto ao usuário.

Visando garantir melhor resposta aos esforços de tração, cisalhamento e flexão da alvenaria, foram introduzidos à cultura de grandes empresas construtoras, a utilização de mecanismos de reforços, como vergas, contravergas, cintas de amarração, armaduras de juntas, etc., conforme afirmam Lourenço (2006), Thomaz E. (1989) e Gasperín (2014).

Tabela 4 - Tipos de reforços adotados para situações e solicitações em painéis de alvenaria.

Situação	Problema	Reforço usualmente adotado
Vãos (esquadrias)	Acúmulo de tensões	Vergas e contravergas
Painéis de alvenaria altos	Estabilidade	Vigas intermediárias (cintas)
Deformações de elementos estruturais	Sobrecarga e consequente acúmulo de tensões no topo ou base da parede	Encunhamento com Poliestireno
Amarração de paredes	Baixa rigidez do vínculo das paredes	Telas metálicas ou ferro cabelo
Movimentações higroscópicas	Aumento e redução de volume dos materiais componentes devido a variação de umidade	Melhoria do estudo de dosagem da argamassa quanto a porosidade
Vento	Cargas uniformemente distribuídas no sentido horizontal	Inserção de pilaretes e cintas
Uso e Ocupação	Cargas não previstas em projeto	Reforço estrutural pontual

Fonte: Acervo do autor.

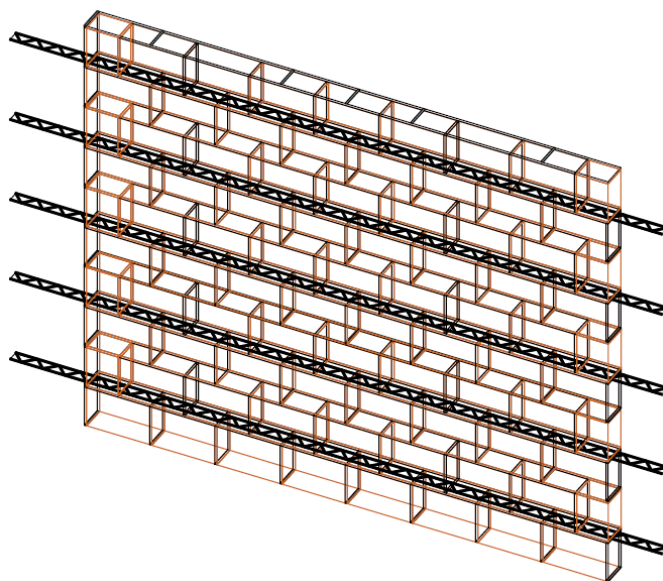
Basicamente, a partir das técnicas mencionadas, o reforço dos sistemas de vedação baseia-se na redução da esbelteza da parede, visto que a introdução de um elemento produz uma descontinuidade do pano de alvenaria, reduzindo seu comprimento e/ou altura. Como opção, tem-se também a introdução do aço no painel como armaduras de juntas verticais e/ou horizontais, visando dar maior ductilidade ao conjunto. Com isso, na Tabela 4 são listados alguns métodos de reforço em painéis de alvenaria, para cada solicitação, usualmente utilizados.

5.4.1. Reforço de juntas horizontais

Quando foi introduzido pela primeira vez na indústria da construção, o reforço de alvenaria teve como principal uso o controle de fissuras decorrentes de retração e expansão dos materiais devido umidade e amarração de painéis de alvenaria, porém testes posteriores comprovaram significativa melhora na estabilidade de paredes que utilizam reforço de junta horizontal. (NCMA, 2005)

O posicionamento da armadura e a configuração da estrutura armada com esse tipo de reforço pode ser observado na Figura 14, onde é utilizado treliças planas como reforço de junta horizontal.

Figura 14 – Estrutura em arame de alvenaria com reforço de junta horizontal.



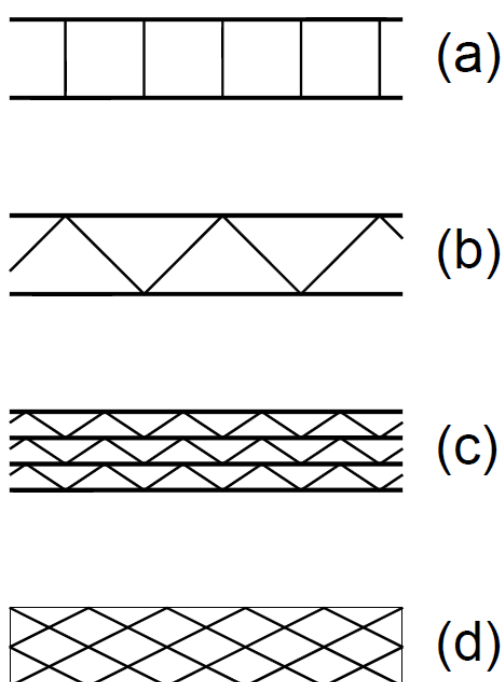
Fonte: Elaborada pelo autor.

Lourenço (2006) afirma que a utilização de reforços de junta evita a rigidez de execução do painel de alvenaria, e concebem uma estrutura com fissuração controlada. Tal fato se explica já que as técnicas consagradas para reforço das alvenarias se resumem a integração de elementos de concreto armado ao painel de alvenaria. O uso de treliça plana, possibilita o ganho de rigidez sem a presença de elementos de concreto armado.

Os benefícios do reforço de juntas de painéis de alvenaria é a substituição de vigas intermediárias, ou seja, cintas de amarração, vergas e contravergas. As principais vantagens da utilização deste tipo de reforço são a melhoria da ductilidade global do painel de alvenaria, e consequente redução no consumo de materiais, segundo Pfeiffermann (2004).

Segundo Lourenço (2006), o uso de treliças planas em juntas horizontais aumenta a qualidade da construção, ao mesmo tempo que conduz maior economia, considerando aspectos técnicos, no que diz respeito ao aumento do tempo de vida útil da vedação, redução das recorrentes patologias, bem como aumento das possibilidades construtivas decorrentes do ganho de desempenho estrutural do painel.

Figura 15 - Armaduras reforço de junta de alvenaria: (a) tela soldada em escama; (b) tela eletrosoldada em treliça; (c) armadura com amarração contínua; e (d) rede de metal expandido.



Além das treliças, há ainda diversas possibilidades de reforços planos para juntas horizontais que podem ser observados na Figura 15, que divergem na configuração geométrica, e por consequência, rigidez e área de aço.

Ainda não é devidamente reconhecida a eficiência do reforço de alvenaria do tipo reforço de junta, contra flexão horizontal, para fins estruturais. Em países da Europa, este reforço é utilizado para garantir resistência à flexão e atender requisitos mínimos em situações de sismos. (NCMA, 2005)

Porém, Pfeiffermann (2004) comprova a melhora no desempenho a cargas uniformemente distribuídas horizontais (vento), de paredes externas de alvenaria, com a utilização do reforço de junta. Em seu estudo, o autor propôs a substituição de vigas intermediárias pelo reforço, bem como redução da espessura da parede.

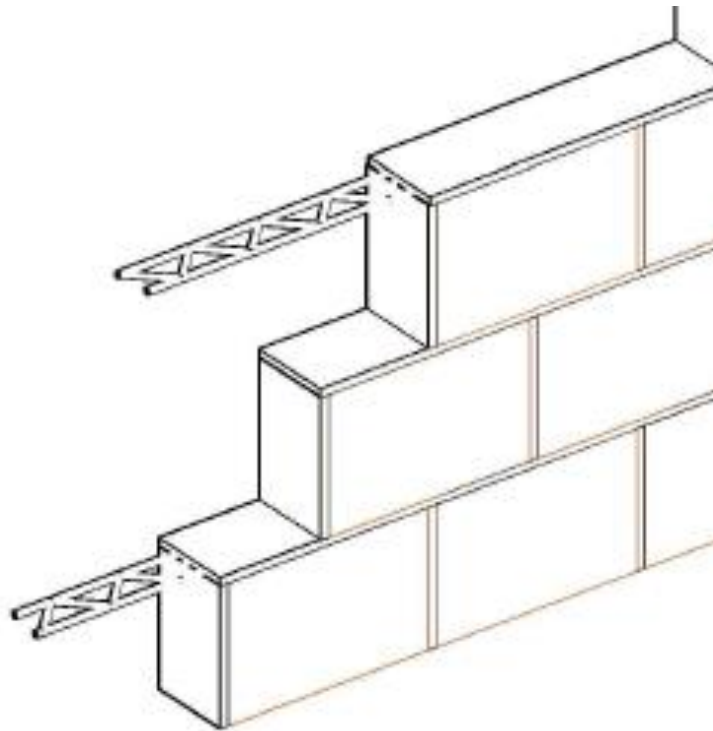
Em seu trabalho, Lourenço (2006) com base no *Eurocode 6*, cita que a área de aço da armadura de reforço não deve ser inferior a 0,03% da espessura da parede e o espaçamento vertical não deve exceder 60cm.

A NCMA (2005) cita que normalmente, a distância entre as fiadas comumente utilizada é de 400mm, podendo ainda, fazer uso de cliques sísmicos, que atuariam melhorando a aderência e garantindo estabilidade à parede.

Segundo o *Eurocode 6*, norma Europeia que trata de estruturas de alvenarias reforçadas e não reforçadas, as barras longitudinais constituintes do reforço de junta deve ser aço carbono ou inoxidável, apresentar boa soldabilidade e pode, ou não, ser nervurado.

Dentre os tipos de armaduras de juntas, o NCMA (2005) cita a do tipo *Ladder* e *Truss*. A primeira consiste em fios longitudinais ligados por fios perpendiculares, dando a armadura, um aspecto de escada na vista superior. Possui uma rigidez menor que a do tipo *Truss*, porém, possibilita a utilização de enrijecimento vertical do painel, já que não interfere a criação de pilaretes nos orifícios dos blocos de alvenaria. O modelo pode ser visualizado na Figura 15 (a).

Figura 16 - Corte esquemático de painel de alvenaria utilizando reforço de junta do tipo treliça plana.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Já a segunda, do tipo *Truss*, Figura 15 (b), é formada por dois fios longitudinais, ligados por um fio cruzando no sentido diagonal, dando a ele, um aspecto de uma treliça. Esse tipo, garante maior rigidez ao painel reforçado, restringindo grande parte de sua movimentação, conforme se visualiza na Figura 16. Os fios cruzados podem interferir, caso haja necessidade ou intenção de enrijecer verticalmente o painel de alvenaria. (NCMA, 2005)

5.4.2. Telas Treliçadas

As telas treliçadas são um tipo reforço de junta para alvenaria, caracterizado por uma treliça composta por dois fios longitudinais de aço, com um espaçamento entre si de acordo com a espessura do bloco em que será empregada. Os fios longitudinais são unidos por um fio em forma sinusoidal, eletrossoldado em

todos os pontos de encontro, fornecendo travamento à treliça plana. (Arcelormittal, 2014)

As treliças planas possuem diversas larguras de acordo com a espessura do bloco de alvenaria que será utilizado na obra, conforme a Tabela 5. Basicamente, não há variação entre o diâmetro dos fios longitudinais e fio sinusoidal, nem o comprimento de um elemento de treliça plana. Porém, com o aumento da largura do bloco de alvenaria, há mudança da largura do elemento de reforço do tipo treliça plana, bem como o consequente peso unitário de uma treliça plana.

Tabela 5 - Dimensões disponíveis das Treliça Murfor de acordo com o tipo de bloco utilizado na obra.

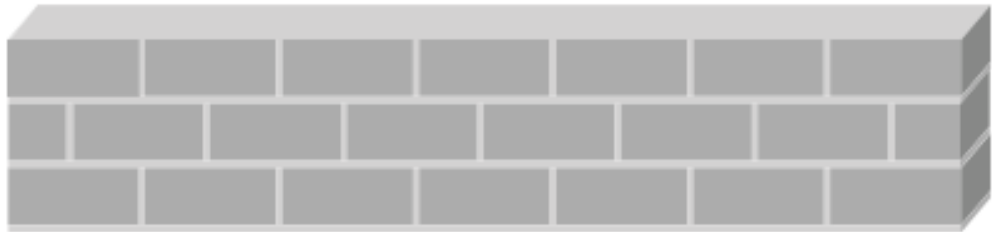
Largura do bloco	Largura do Murfor	Peso unitário da treliça	Fios Longitudinais	Fio Sinusoidal	Comprimento
7 a 13 cm	5 cm	0,875 kg	4,0 mm	3,75 mm	3,05 m
7 a 13 cm	6,5 cm	0,880 kg			
14 a 18 cm	11,5 cm	0,897 kg			
≥ 19 cm	17,5 cm	0,930 kg			

Fonte: Adaptado de Arcelormittal, 2014, p. 2.

O processo executivo da colocação deste tipo de reforço entre as fiadas é simples, visto que não há necessidade de mão de obra especializada e pode ser assentado com argamassa industrializada ou produzida em obra. Porém, se faz necessário, como todo serviço de engenharia, um rigoroso controle tecnológico, desde o levante das alvenarias, espessura das juntas horizontais e verticais, bem como a correta locação da treliça plana na junta horizontal.

Segundo as recomendações da Arcellormittal (2014), aplica-se uma camada parcial de argamassa sob os blocos. É colocada a treliça e é aplicado sob a mesma uma pressão de pequena intensidade. Completa-se, com a colher de pedreiro, a argamassa sob a treliça e então deve ser feito o alisamento, certificando que toda a treliça esteja coberta pela argamassa. Após isso, coloca-se a fiada de cima, comprimindo a argamassa com a treliça, conforme ilustrado na Figura 17.

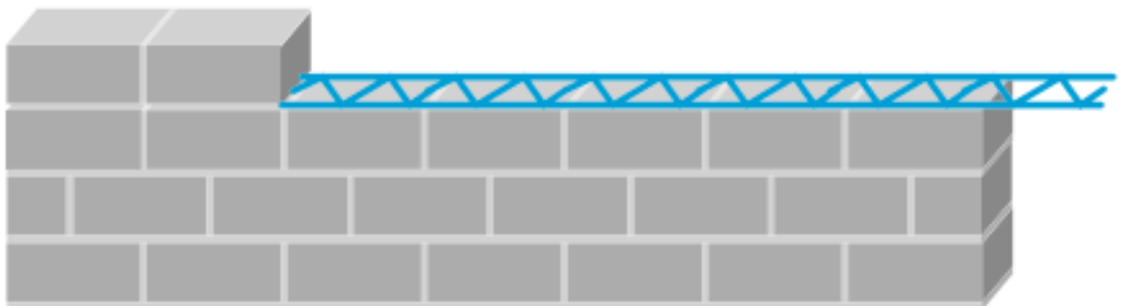
Figura 17 - Processo executivo da instalação das peças MURFOR: (1) Aplicação da argamassa de assentamento; (2) Colocar as peças de Murfor® e pressioná-las sobre a argamassa de assentamento; (3) Assentamento da próxima fiada de blocos.



(1)



(2)



(3)

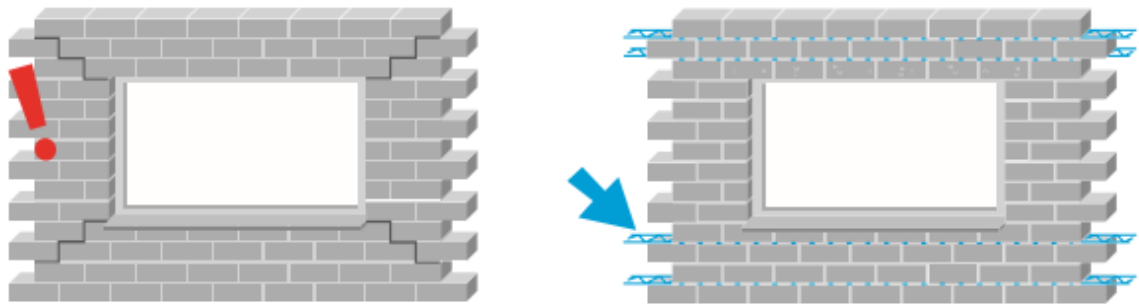
Fonte: Adaptado de Arcelormittal, 2014, p. 2.

A utilização da treliça plana como reforço tem como objetivo garantir um aumento na resistência à esforços de tração e cisalhamento da parede, além de garantir estabilidade global ao painel e absorver tensões que provocariam fissuras. (Lourenço, 2006; Coelho, 2013)

Dentre as possíveis utilizações deste tipo de reforço, pode citar a substituição de vergas e contravergas, que, conforme Gasperín (2014) e Arcellormittal

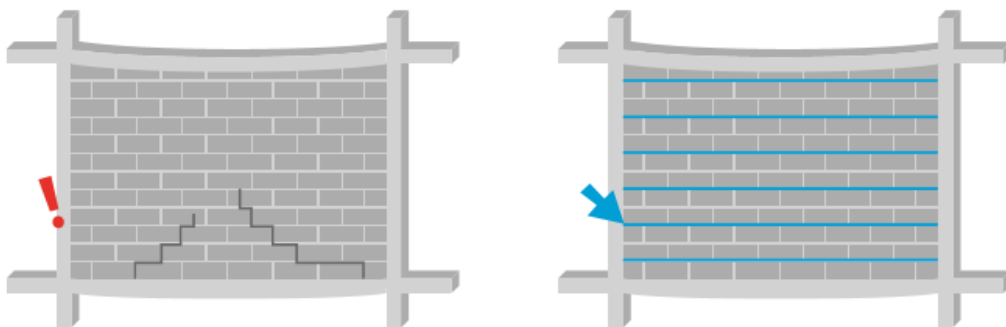
(2014), elimina uma etapa da construção, com consequente economia na mão de obra, custos e diminuição de tempo de execução, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Utilização do Murfor na substituição de vergas e contravergas.



Fonte: Arcelormittal, 2014, p. 3.

Figura 19 - Utilização do Murfor em paredes submetidas a cargas oriundas da deformação de elementos estruturais. (Arcelormittal, 2014, p. 3)



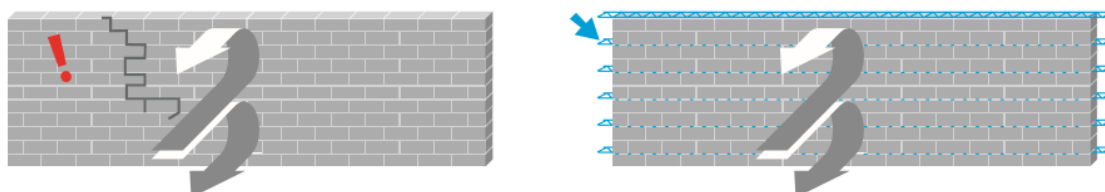
Fonte: Arcelormittal, 2014, p. 3.

De acordo com o estudo de Pfeffermann (2004), outra potencialidade do reforço de junta do tipo treliça plana é a substituição de vigas intermediárias. O *Murfor* ainda pode atuar aumentando a resistência de paredes à tração, oriundas da deformação de elementos estruturais, como se observa na Figura 19. A flexão sob carga da deformação pode ser absorvida e controlada pelo reforço. (Arcelormittal, 2014)

Em seu estudo quanto a estabilidade de paredes de alvenaria, Pfeffermann (2004) afirma ainda a utilização da treliça na melhora da parede quanto a cargas

horizontais de ventos. Arcelormittal (2014) também cita esta, como uma das possíveis aplicações do reforço, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Uso do Murfor no aumento da resistência de painéis de alvenaria a cargas horizontais de vento.



Fonte: Arcelormittal, 2014, p. 4.

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada neste trabalho foi dividida em duas etapas. A primeira, consistiu na revisão bibliográfica sobre o tema, abrangendo livros, revistas, periódicos, dissertações, teses, artigos e publicações.

A segunda, consistiu em um estudo de caso, onde foi analisado o uso das treliças planas como reforço de junta horizontal dos painéis de vedação vertical de uma unidade residencial. Foram apresentados os projetos de arquitetura, estrutura e paginação das alvenarias do apartamento, bem como descritos os materiais utilizados na execução da obra que sejam necessários ter conhecimento para o desenvolvimento deste trabalho.

Nesta etapa, foi realizado o estudo inicial de identificação das vedações na unidade residencial escolhida para estudo, onde em seguida foram nominadas as vedações, objeto deste trabalho. A partir desta identidade, buscou-se desenvolver o projeto de primeira e segunda fiadas com as consequentes paginações das vedações, sendo desenvolvido simultaneamente o estudo dos elementos necessários para complementar a família de blocos para o projeto estudado.

Para o desenvolvimento do trabalho, as rotinas e cultura construtiva da empresa responsável para obra foram respeitadas, como definição de tipologia de

unidades de alvenaria, assim como todo o conjunto de projetos complementares que definem o escopo do empreendimento.

Com a representação gráfica definida para as vedações, foi implementado o estudo da interação destas com as subestruturas complementares como ligações de parede com pilares, vigas, vãos de esquadrias, revestimentos, *shafts* e todos os elementos presentes na documentação da obra.

Com o estudo de integração do projeto de vedação com os projetos complementares, buscou-se definir os painéis que venham a necessitar de reforços por conta de esforços variados que foram analisados a partir dos dados de projeto da obra e de análise em conjunto com a orientação do trabalho, buscando visualizar as possibilidades de uso dos elementos de reforço de junta, objeto deste estudo.

Com as definições de uso de reforço definidas, foi implementado um detalhamento com as possibilidades sugeridas e observações das potencialidades da tecnologia.

Com isso, procurando atingir o objetivo principal deste trabalho, que é a análise da viabilidade do reforço proposto, por fim, foi realizada análise numérica da(s) parede(s) reforçada(s), que buscou verificar a eficiência do reforço proposto, no que diz respeito às deformações e tensões.

7. DESENVOLVIMENTO, RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1. Identificação das vedações e desenvolvimento de projetos de primeira e segunda fiada

A identificação das vedações e desenvolvimento dos projetos de fiadas partiram da análise dos projetos de arquitetura e estrutural. A arquitetura definiu a posição, orientação e comprimento das paredes. Porém, realizou-se uma análise conjunta com o projeto de estruturas, devido a presença dos elementos estruturais em concreto armado embutidos nas paredes, que foram identificados a partir do projeto estrutural.

A escolha da família de blocos utilizada, partiu de uma análise do desempenho requerido para determinada vedação, realizada pela empresa, levando em conta os ambientes divididos pela mesma, e o revestimento que será utilizado, visto o conforto térmico e acústico esperado, conforme a ABNT NBR 15575-4:2013.

A numeração das paredes seguiu a sequência de baixo para cima e da esquerda para direita, considerando a origem do eixo de referência no canto superior esquerdo da Figura 21, e considerando os peitoris em alvenaria das fachadas curvas apenas no final da contagem, sendo estes as paredes 20, 21 e 22. A planta de primeira fiada pode ser melhor observada nos anexos, onde se encontra em escala adequada.

Além dos critérios mencionados anteriormente, para a elaboração do projeto de primeira e segunda fiada, evitou-se juntas prumo, pois nestes locais, há maior chance de ocorrer fissuras devido cargas e movimentações. A amarração das paredes é fundamental, visando garantir estabilidade e resistência ao conjunto de blocos de alvenaria. Para evitar a formação de juntas alinhadas, já que todos os vãos e dimensões das paredes não foram moduladas, foram utilizados blocos compensadores de diversos tamanhos, que constam nos quadros de quantitativos de cada paginação das paredes.

Vale ressaltar que a quebra de blocos em obra, que ocorre com grande frequência, é considerado um retrocesso, visto que a construção civil caminha para obras mais racionalizadas e econômicas, onde o lucro da empresa é advindo do quanto ela consegue racionalizar seus recursos. (Souza e Abiko, 1997)

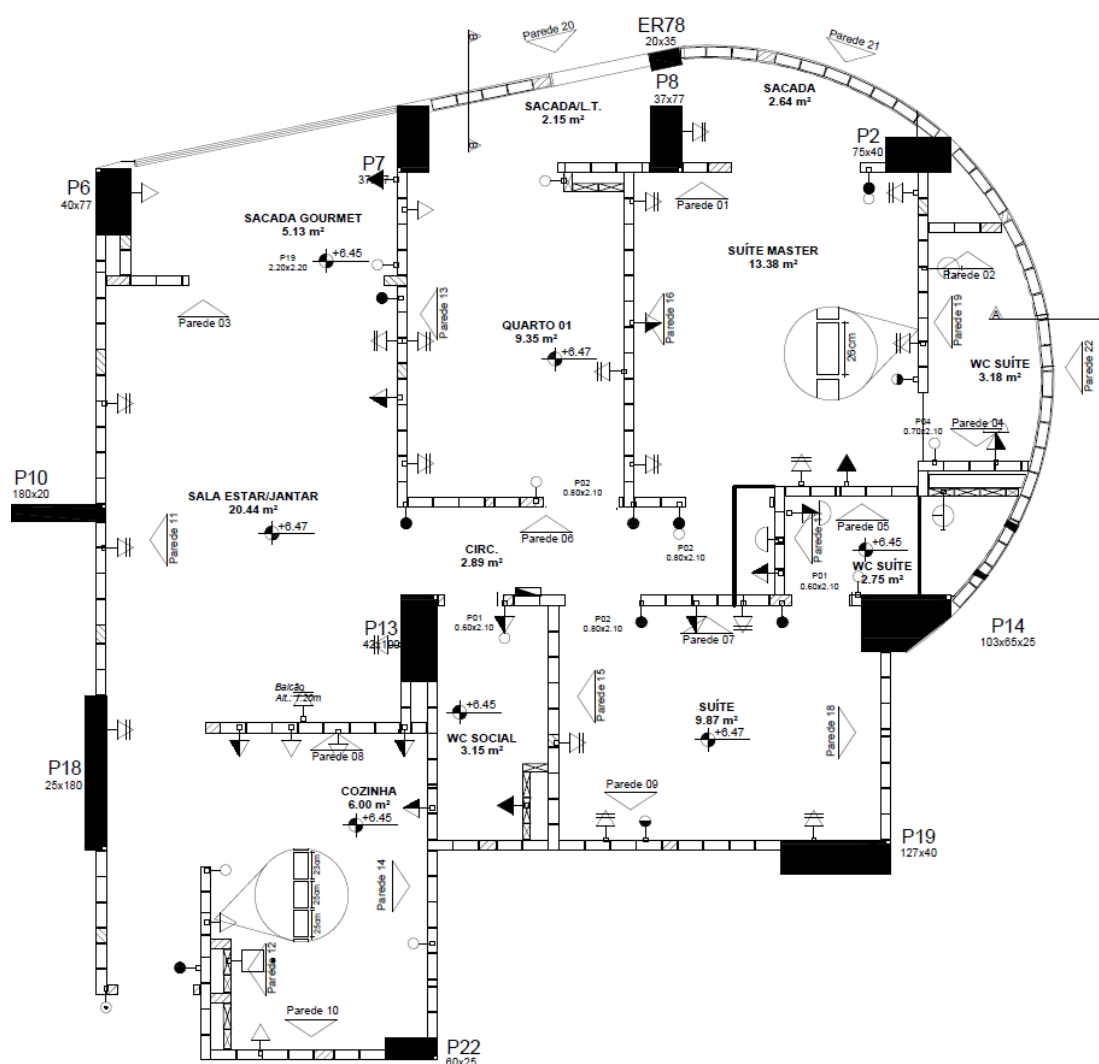
7.2. Compatibilização dos projetos complementares e projeto de paginação das alvenarias

A compatibilização de projetos complementares com os demais projetos é fundamental para o bom andamento da obra, evitando assim, retrabalhos ou gastos indevidos. Afinal, a construção baseia-se na execução de projetos, logo, bons projetos, não necessitam de adaptações e/ou alterações. Por isso, na fase de elaboração do projeto, cabe ao responsável técnico integrar todos os projetos. Na

Figura 21 é mostrada a planta de primeira fiada. Nela, foram identificados todos os pontos do projeto elétrico, após a devida compatibilização dos projetos.

Os pontos de instalações hidráulicas não foram identificados, pois estes não serão embutidos na alvenaria, mas vindo da laje de piso de cada unidade habitacional.

Figura 21 - Planta de primeira fiada.



Fonte: Acervo do autor.

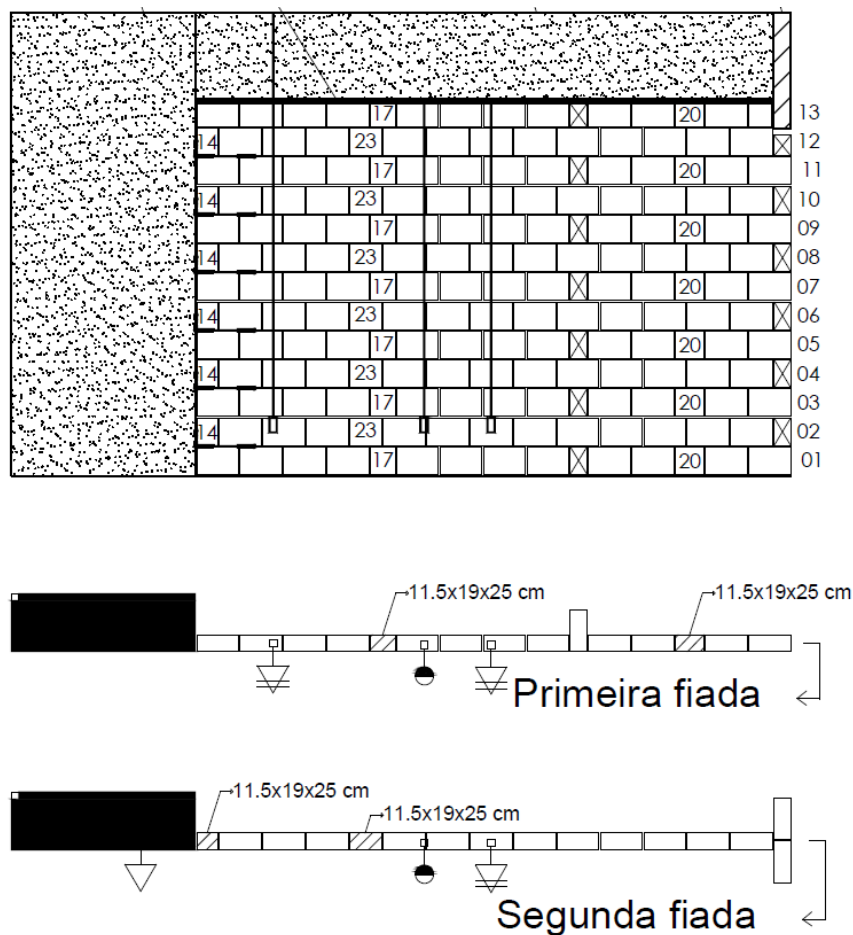
Além das instalações, na planta de primeira e segunda fiada, observa-se a indicação e nomeação dos pilares, bem como a identificação dos ambientes. Também são inseridos detalhes de dimensões de blocos, para identificação dos blocos a serem cortados para a execução das alvenarias previstas na paginação. Vale ressaltar, que

as paginações utilizando blocos cortados se deu com o fato de os vãos dos ambientes não terem sido modulados.

7.3. Identificação dos painéis que necessitam de reforço, analisando suas possibilidades

Com base na arquitetura da unidade residencial estudada, foi identificada como parede sujeita às maiores solicitações, a parede 9 (nove), visto que esta, é parede de fachada, e possui rasgos para passagem de instalações, logo, foi considerada a vedação com potencial surgimento de fissuras, sendo a sua paginação exposta na Figura 22.

Figura 22 - Paginação da parede 09.



Fonte: Acervo do autor.

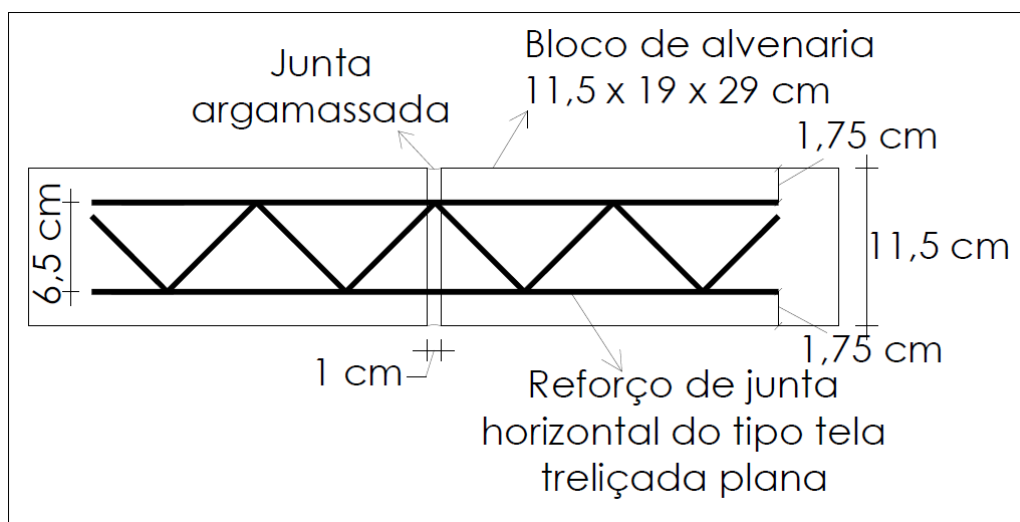
Sendo uma parede que faceia o ambiente externo, a parede 9 está sujeita tanto a cargas de vento, quanto cargas decorrentes de uso do ambiente interno, conforme explica a ABNT NBR 15575-4:2013.

7.4. Dimensionamento e detalhamento do reforço

Conforme Lourenço (2006), o dimensionamento do reforço de junta horizontal configura a vedação como uma parede armada. A geometria da treliça plana garante baixa deformação, e por consequência, aumento da rigidez da parede no plano horizontal.

A armadura, locada nas juntas horizontais, deve ter seu cobrimento garantido, para evitar a corrosão da mesma. O recomendável, é utilizar o reforço com largura adequada à largura da parede, bem como locá-la centralizada na largura da parede, conforme a Figura 23.

Figura 23 - Vista em planta - Detalhamento da locação do reforço de junta do tipo treliça plana na fiada.



Fonte: Acervo do autor.

Segundo o EUROCODE 6 (2005), para casos onde se pretende o controle de fissuração e garantir ductilidade à parede, a área de aço a ser utilizada como reforço não deve ser inferior a 0,03% da espessura da parede e o espaçamento vertical não deve exceder 600mm. Com isso, considerando que a parede selecionada

(parede 09) possui largura de 11,5cm, obteremos o dimensionamento, conforme a equação 1.

$$A_{s, \text{mín}} = 0,115 \times 0,03\% = \mathbf{0,345\text{cm}^2/\text{m}} \quad (1)$$

De acordo com a tabela 6 deste trabalho, serão adotados, para bloco com largura de 11,5cm, fios longitudinais de 4mm. Logo, a área de aço é dada pela equação 2.

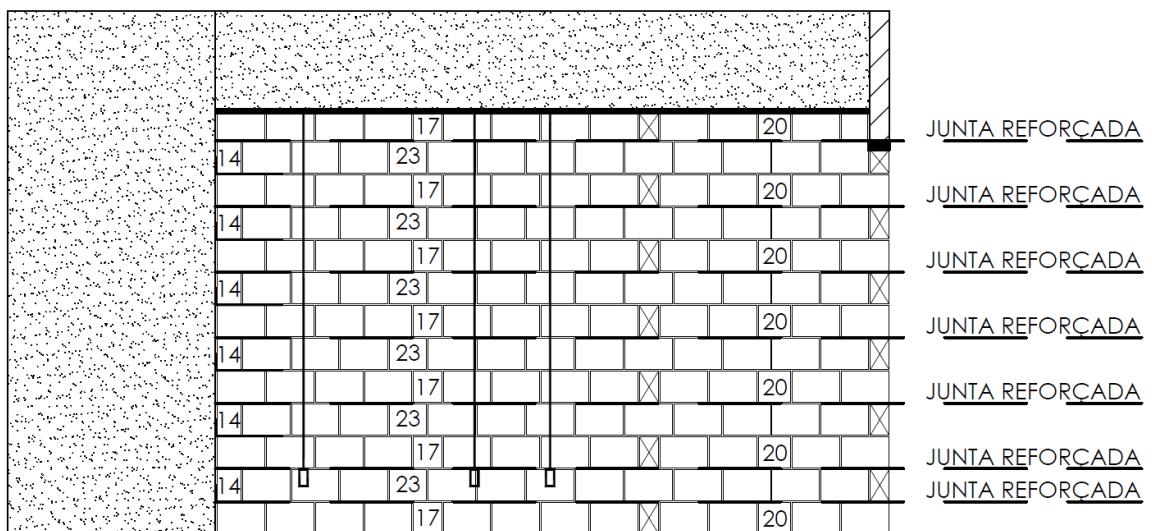
$$A_s = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \times 2 = \mathbf{0,2513\text{cm}^2/\text{m}} \text{ para cada fiada armada.} \quad (2)$$

Deste modo, duas fiadas armadas por metro são suficientes para atender os requisitos mínimos expostos no EUROCODE 6 (2005). Vale lembrar, que para este critério de dimensionamento, a área do fio sinusoidal não é considerada.

Ainda assim, também deve ser levado em conta, possíveis deformações da base da parede (flexão da viga que recebe a carga da parede), ocasionando tração na base da parede, comum em estruturas que se comportam como placas. Com isso, as duas primeiras fiadas terão suas juntas horizontais armadas, visando garantir maior resistência ao cisalhamento e tração da parede em sua base.

Logo, a indicação das fiadas a serem armadas, seguindo o dimensionamento e o tração na base da parede, está ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Parede 9: Indicação das fiadas reforçadas por treliça plana em juntas horizontais.



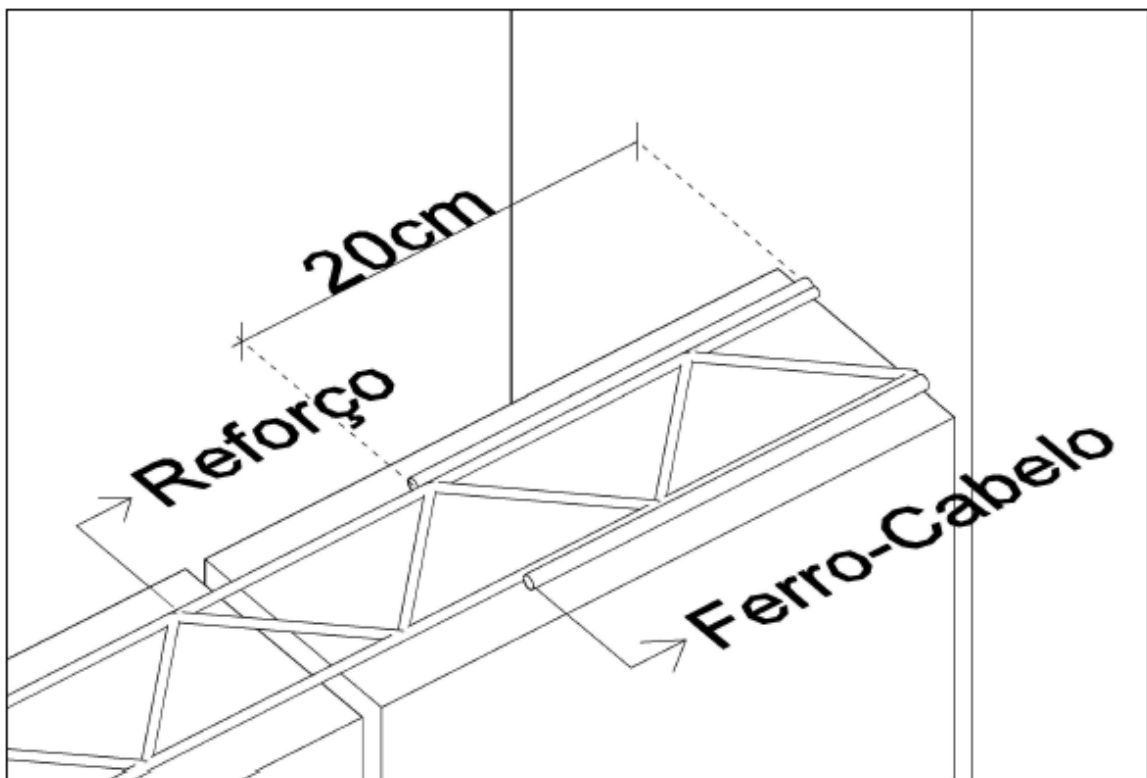
Fonte: Acervo do autor.

A integridade do conjunto parede-estrutura, é garantida pela ligação da parede com o pilar, que pode ser feita através de ferro-cabelo ou telas de arame galvanizado.

Visando a melhor compatibilidade da ligação com o reforço, será utilizado o ferro cabelo, sendo o transpasse mínimo para amarração, do reforço de junta com o ferro-cabelo, de 40 vezes o diâmetro, segundo a ABNT NBR 6118:2014. Com isso, para cada fiada reforçada, haverá ferro-cabelo para a integração do reforço com a estrutura.

Logo, considerando que os fios longitudinais do reforço possuem diâmetro de 4mm, e os ferro cabelo possuem 5mm, o transpasse mínimo de ancoragem é de 200mm, conforme o detalhamento da Figura 25 indica.

Figura 25 - Detalhamento do transpasse de armaduras para ligação do reforço com o ferro-cabelo.



Fonte: Acervo do autor.

Foi adotado o ferro cabelo com diâmetro de 5mm, pois sendo 1 cm a espessura da junta horizontal de argamassa de assentamento, este diâmetro não prejudica a aderência do conjunto na região da ligação.

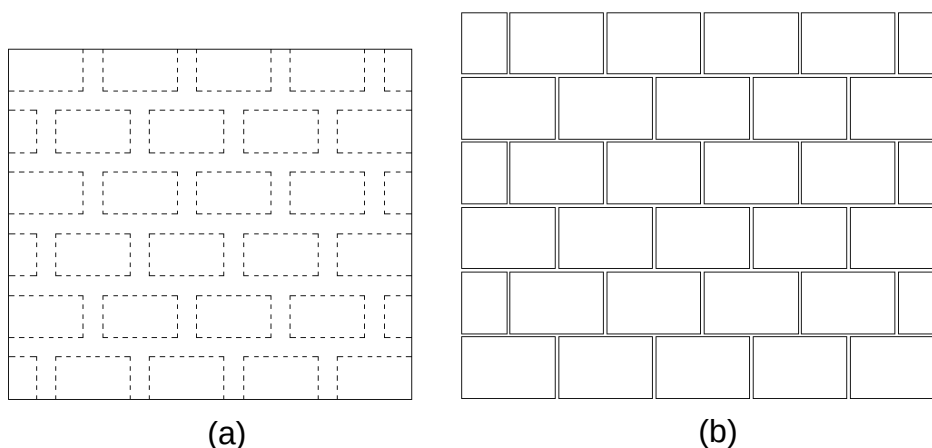
7.5. Análise numérica

A análise numérica de estruturas tem sido cada vez mais recorrente, possibilitando o estudo aprimorado sem a necessidade da realização de ensaios.

Em alvenaria, a modelagem numérica proporciona um estudo dos elementos isolados (bloco e argamassa), como também do conjunto (paredes). Neste estudo, foi utilizado o trabalho de Moraes (2012) como referência, visto que já se tem parâmetros de modelagem conhecidos. Esta etapa é denominada como calibragem do modelo numérico.

Foi realizada a modelagem numérica em elementos finitos, onde nas definições de modelagem, fez-se uso do manual do programa SAP2000 bem como a dissertação de Moraes (2012), que, para representar o comportamento da vedação em alvenaria, as unidades (bloco e argamassa) foram modeladas com elementos **SHELL** (elemento de casca), disponível na biblioteca do software.

Figura 26 - Exemplificação de tipos de modelagem de alvenarias. (a) - Macro modelagem, com SHELL único, representando o conjunto entre bloco e argamassa. (b) – Micro modelagem com cada bloco e junta sendo representados por elementos SHELL.



Fonte: Adaptado de Moraes, 2012.

Porém, em seu modelo, Moraes (2012) utilizou a macro modelagem, onde, segundo Lourenço (1996), é uma consideração em que o painel de alvenaria é composto por um único elemento de casca, contínuo, necessitando, portanto, apenas um refinamento da malha de pontos de elementos finitos para melhor representação das variações de tensões e deslocamentos. Neste estudo, será considerada a micro

modelagem, que, de maneira detalhada, é realizada a modelagem dos blocos e juntas, conforme a Figura 26.

A principal etapa do processo de modelagem é a adaptação da situação real, para o modelo computacional, tentando aproximar o modelo computacional da situação real de maneira mais fiel possível. É verdade que, quanto mais condizentes com a realidade os dados de entrada da modelagem forem, mais próximos da realidade os resultados da modelagem serão.

Para dar início à modelagem, é importante a descrição dos parâmetros físicos dos materiais que irão compor o modelo computacional, que no caso, são os blocos, argamassa e o reforço. Na Tabela 6, estão listados os parâmetros físicos utilizados para a modelagem para cada um dos componentes do modelo deste estudo.

Tabela 6 - Propriedades físicas dos elementos da modelagem numérica.

ELEMENTO	PROPRIEDADE	VALOR
Bloco	Modulo de Elasticidade (E) em MPa	1.800
	Peso específico (KN/m³) – ABNT NBR 6120 (1980)	13
	Coeficiente de Poisson	0,2
Argamassa	Modulo de Elasticidade (E) em MPa	500
	Peso específico (KN/m³) – ABNT NBR 6120 (1980)	19
	Coeficiente de Poisson	0,3
Reforço	Modulo de Elasticidade (E) em MPa	200.000
	Peso específico (KN/m³) – ABNT NBR 6120 (1980)	78,5
	Coeficiente de Poisson	0,3
	Tensão de escoamento (MPa)	500
	Tensão de ruptura à tração (MPa)	550

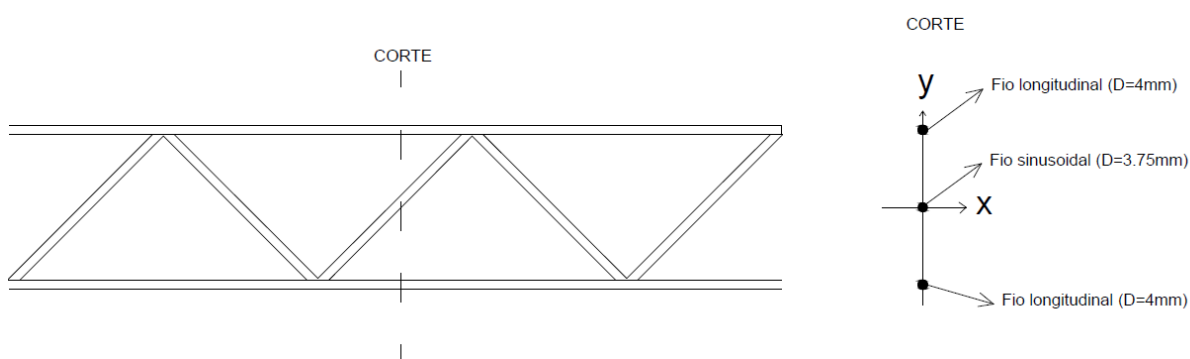
Fonte: Acervo do autor.

Com o modelo calibrado e parâmetros definidos, foi modelada a parede 09, identificada como a que irá receber o reforço proposto nesse estudo. Como no modelo

de calibragem não há proposição de reforço para a alvenaria, a extrapolação deste modelo em relação ao estudo de MORAES (2012), consiste na introdução de um elemento **SHELL** (elemento de casca) entre a junta horizontal de argamassa, representando o reforço do tipo treliça plana. Como não há parâmetros conhecidos para modelagem do reforço, será proposto além da sua modelagem em **SHELL**, condições de vínculos diferentes nas extremidades, para fins comparativos, sendo uma situação ele sem vinculação nas extremidades, e a outra, o mesmo estará engastado.

Outra consideração feita para a modelagem, foi a adequação da geometria do reforço na situação real, para o modelo numérico. O reforço, por possuir uma configuração de treliça plana, não apresenta as mesmas características geométricas de um elemento em **SHELL** com a espessura de 11,5 centímetros (segundo a espessura parede e argamassa), conforme estipulado inicialmente no modelo. Com isso, fez-se a adaptação, de modo que o elemento **SHELL** com determinada espessura, possuísse uma altura, tal que fossem mantidas as inércias e área de aço do reforço.

Figura 27 - Reforço de junta horizontal em treliça plana e corte transversal.

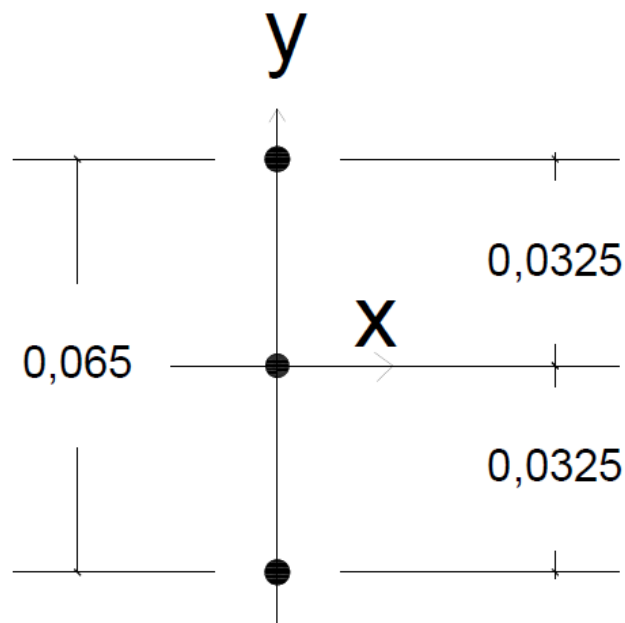


Fonte: Acervo do autor.

Considerando os eixos e seções na Figura 27, e considerando que o reforço será alojado nas juntas horizontais, conforme detalhamentos anteriores, a flexão do painel quanto às solicitações verticais, terá como variável a inercia em torno do eixo y. Já as cargas horizontais irão provocar flexão em torno do eixo x, e terá como variável a inercia em torno do eixo x.

Com a aplicação das cargas verticais, o reforço trabalhará basicamente à tração, sendo, portanto, desconsiderada a verificação da inércia em torno de y. Já com os carregamentos horizontais, o reforço irá ser solicitado com a flexão em torno do eixo x, e conforme o exposto pelo NCMA (2005) a geometria da treliça plana propiciará um enrijecimento do painel quanto às solicitações horizontais, e, por isso, se faz necessário, para fins de adequação do modelo computacional, a aproximação da inércia em x do elemento **SHELL**, à inércia da treliça plana.

Figura 28 - Distância entre as seções transversais das barras componentes do reforço de junta horizontal.



Fonte: Acervo do autor.

Portanto, com base na distância entre eixos das barras do reforço, conforme Figura 28, é calculada a inércia da seção transversal da treliça plana em torno do eixo x. Logo, calculou-se a inércia em x a partir do teorema dos eixos paralelos (equação 3), onde:

$$I_x = \sum (I_x + A \cdot d^2) \quad (3)$$

Onde:

I_x Inércia da seção transversal

A Área da seção transversal

- d Distância do centro de gravidade da seção transversal ao centro de gravidade do conjunto.

Sabendo que a inércia de seções circulares é definida por:

$$I_y = I_x = \frac{\pi \cdot r^4}{4} \quad (4)$$

Onde:

I_x Inércia em x da seção transversal.

I_y Inércia em y da seção transversal.

r Raio da seção transversal.

Logo, para os fios longitudinais, conforme a equação 4:

$$I_x = \frac{\pi \cdot 0,2^4}{4} = 12,56 \times 10^{-4} \text{ cm}^4$$

E, para os fios sinusoidais, conforme a equação 4:

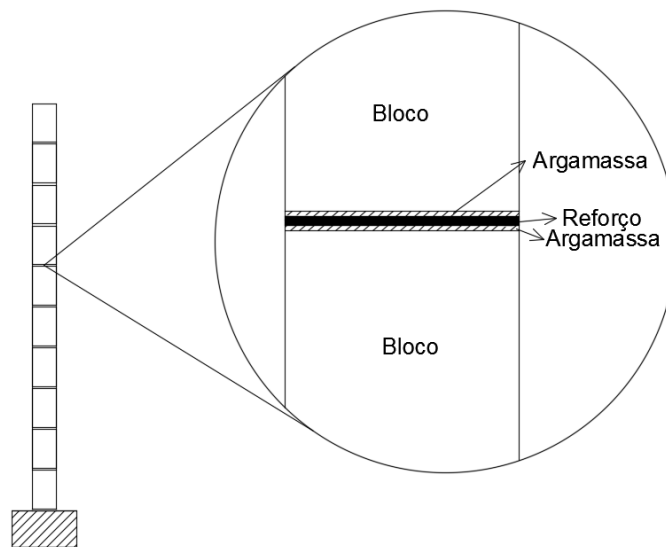
$$I_x = \frac{\pi \cdot 0,1875^4}{4} = 9,7 \times 10^{-4} \text{ cm}^4$$

Portanto, aplicando o teorema dos eixos paralelos, conforme a equação 3, a inércia em x do conjunto é dada por:

$$I_x = 2 \cdot (12,56 \times 10^{-4} + 0,1256 \cdot 3,25^2) + (9,7 \times 10^{-4}) = 2,6568 \text{ cm}^4$$

Logo, adaptando o elemento **SHELL**, que representará o reforço, à inércia em x da treliça plana, e atribuindo uma espessura de 0,2cm ao elemento do reforço, será determinada a dimensão “h”, que seria a largura, conforme a Figura 29, igualando as inércias.

Figura 29 – Detalhamento dos elementos SHELL da modelagem numérica.



Fonte: Acervo do autor.

A inércia de uma seção transversal retangular é obtida a partir da equação 5, onde:

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \rightarrow 2,6568 = \frac{0,2 \cdot h^3}{12} \rightarrow h = 5,42cm \quad (5)$$

Onde:

- I_x Inércia da seção transversal.
- b Dimensão da base do retângulo.
- h Dimensão da altura do retângulo.

Levando em consideração a situação onde a parede sofre carregamentos verticais, visando saber a espessura necessária do elemento **SHELL** para equivalência da área de aço, tem-se, a partir da equação 2:

$$A_s = \frac{\pi \times \phi 1^2}{4} \times 2 + \frac{\pi \times \phi 2^2}{4} = 0,3618cm^2$$

Onde:

- A_s Área de aço.

- Ø1 Diâmetro do fio longitudinal do reforço.
- Ø2 Diâmetro do fio sinusoidal do reforço.

Logo, a espessura do **SHELL** do reforço necessário para compatibilizar a área de aço é dada pela equação 6:

$$A = b \cdot h \rightarrow 0,3618 = 0,2 \cdot h \rightarrow h = 1,81\text{cm} \quad (6)$$

Onde:

- A Área do elemento **SHELL** de seção retangular.
- b Dimensão da base do retângulo.
- h Dimensão da altura do retângulo.
- e Espessura do elemento **SHELL**.

Com isso, observa-se que há dois valores para qual a largura do elemento **SHELL** pode ser adotado, visando compatibilizar área de aço e inércia em x. Como a situação mais desfavorável seria a flexão devido ao carregamento horizontal uniformemente distribuído, já que sob carregamento vertical, o aço está submetido a tração, possuindo assim, grande folga no valor da solicitação e a resistência, a largura adotada foi de 5,4 centímetros, e espessura de 0,2cm.

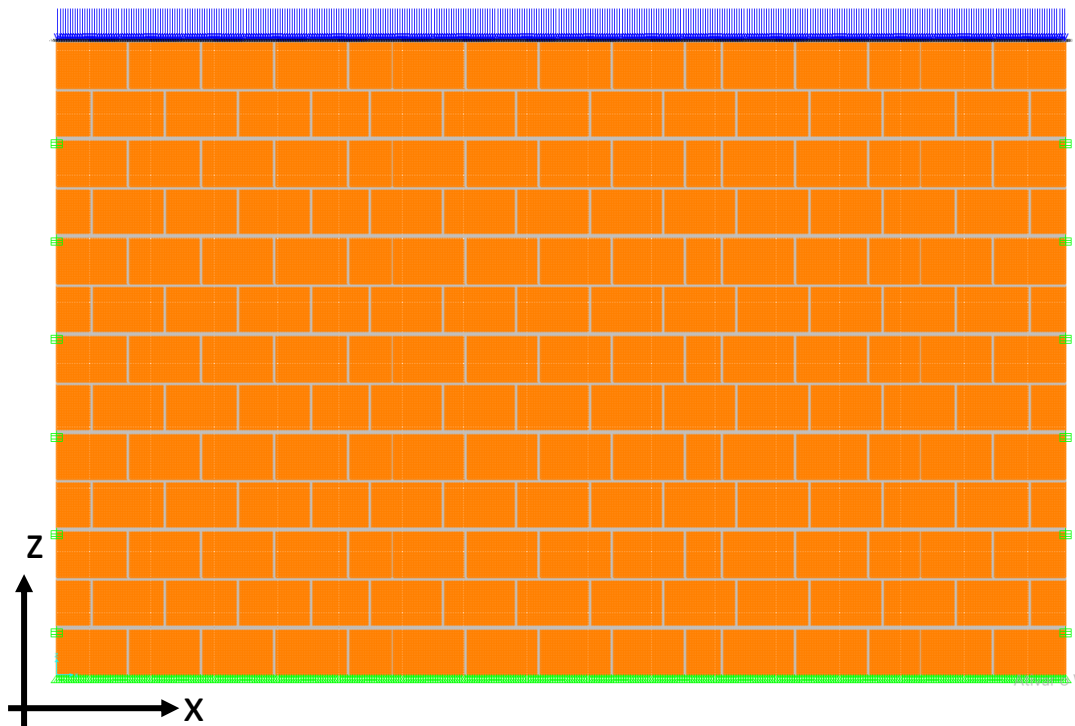
Com as dimensões do elemento SHELL equivalente as treliças planas definidas, realizou-se então a modelagem numérica por elemento finitos da parede sem o reforço, e com o reforço, variando as condições de vínculo da extremidade do reforço. O reforço foi considerado sem vínculo em sua extremidade em uma primeira situação, e com engaste perfeito na segunda situação. O vínculo na extremidade do reforço é definido pelo transpasse e amarração da treliça plana no ferro-cabelo.

Como o intuito desta modelagem numérica foi apenas avaliar a melhora do desempenho às solicitações verticais e horizontais do painel de vedação do estudo de caso em questão, foram considerados apoios indeformáveis na base da parede.

Nas situações de modelagem, foi considerada uma carga de 150 KN/m² no sentido vertical no topo das paredes, para a avaliação das tensões e deformações no

plano do painel, e 1KN/m^2 no sentido horizontal no plano das paredes. Para avaliar as deformações e tensões fora do plano do painel. Vale ressaltar que na análise de cargas horizontais, apenas estas foram consideradas.

Figura 30 - Modelo de parede 09 sem o reforço de junta, submetida a carregamento vertical de 150KN/m^2 .

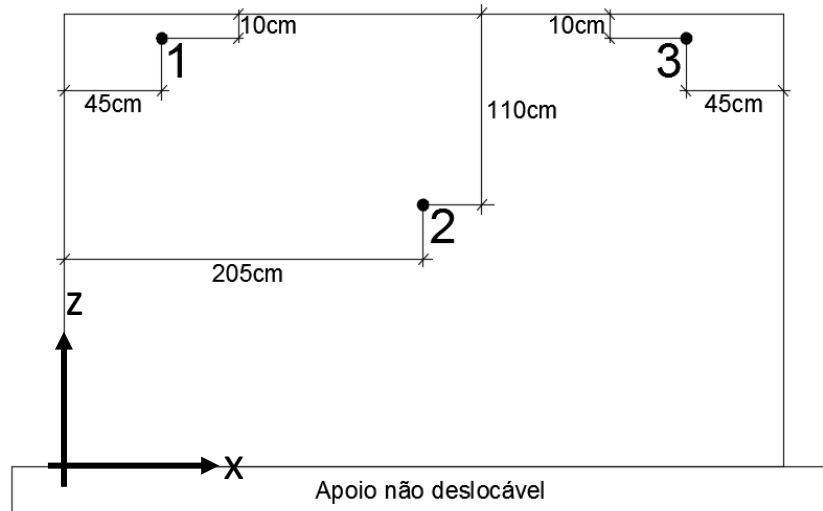


Fonte: Acervo do autor.

Com as condições de apoio e cargas definidas, sendo uma das situações ilustradas na Figura 30, executou-se então o processamento da estrutura, obtendo os resultados de deformações e tensões máximas. Para comparação, foram escolhidos três pontos nos painéis analisados numericamente, onde foram anotados seus deslocamentos e tensões, para fins comparativos. As localizações dos pontos escolhidos estão indicadas na Figura 31.

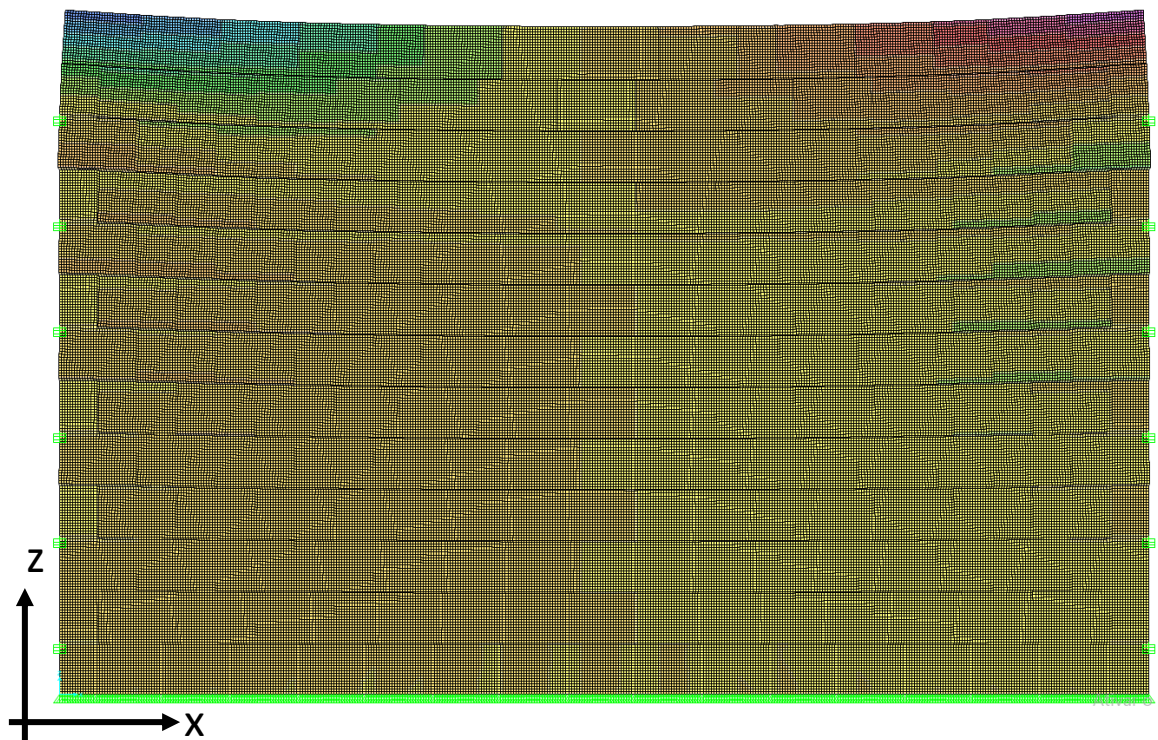
Para a escolha dos pontos, pensou-se em anotar regiões equidistantes e simétricas em relação ao centro da parede, de modo a se avaliar a distribuição de tensões e deformações nas bordas superiores, bem como também avaliar se há distribuições irregulares devido a paginação conter blocos com dimensões variadas (cortados).

Figura 31 - Localização dos pontos estudados na parede 9.



Fonte: Acervo do autor.

Figura 32 – Diagrama de deformações da parede 9 sob carregamento vertical, sem reforço.



Fonte: Acervo do autor.

Na primeira situação, onde a parede recebe carregamento vertical, sem reforço, quanto aos deslocamentos, notou-se uma concentração de grandes deformações na região das extremidades do topo do painel, conforme a Figura 32, onde não há ligação com a estrutura, e onde normalmente, é realizado apenas o encunhamento.

Na Tabela 7, estão anotados os deslocamentos, obtidos na modelagem, dos pontos 1, 2 e 3 indicados anteriormente. Nota-se que as deformações foram maiores no topo da parede, conforme o diagrama de cores das deformações demonstra.

Tabela 7 - Deslocamentos e rotações da parede 9 sob carga vertical, sem reforço.

Deslocamentos e rotações da parede 9 sob carga vertical, sem reforço						
Eixo	Deslocamentos (cm)			Rotações (rad)		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	- 1,00	0,00375	- 0,95	0	0	0
(y)	0	0	0	0,032	0,00022	-0,032
(z)	0,6	1,68	-0,93	0	0	0

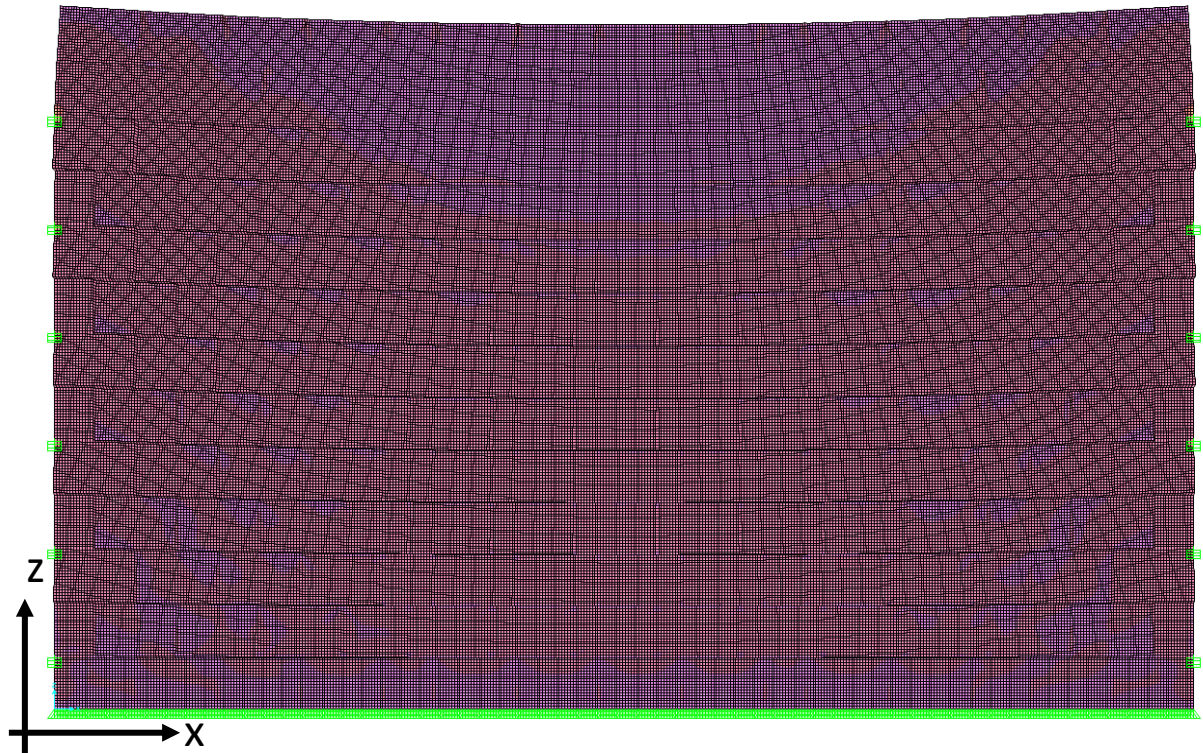
Fonte: Acervo do autor.

Observou-se que nos pontos 1 e 3, localizados mais ao topo da parede, houve maior deslocamento na direção do eixo x, ou seja, deslocamento horizontal. Já o ponto 2, apresentou um maior deslocamento vertical. Também é percebido que os pontos próximos ao topo da parede apresentaram maior rotação em torno de y.

Outra observação a ser feita, é que os pontos 1 e 3 são equidistantes tendo como referência o meio da parede. Porém, os deslocamentos apresentaram leve diferença. Tal fato pode ser justificado pela paginação da parede, pois como os blocos não apresentam as mesmas dimensões, a distribuição de tensões e deformações ao longo do painel não ocorre de maneira uniforme. Desta maneira, aumenta-se a possibilidade da ocorrência de fissuras no painel de alvenaria.

Quanto as tensões máximas atuantes no painel, observa-se uma concentração na região central, e alívio no topo e regiões próximas à base da parede. Na Figura 33, a região de cor vermelha é a que apresenta maior concentração de tensões. Já a região de cor roxa, é a que apresenta um alívio de tensões. Mesmo este modelo não considerando a deformação da base da parede, observa-se uma tendência ao surgimento de tensões de tração na base da parede, com o alívio das tensões de compressão.

Figura 33 - Tensões na parede 09 sem reforço submetida ao carregamento vertical.



Fonte: Acervo do autor.

Tabela 8 - Tensões máximas do painel 9 sob ações de cargas verticais.

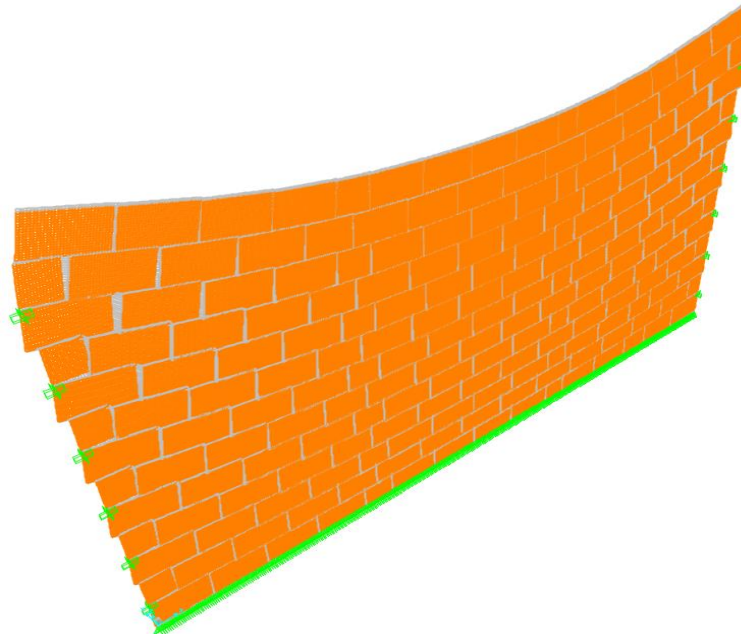
TENSÕES MÁXIMAS EM PAREDE SEM REFORÇO – CARGA VERTICAL	
Ponto	Tensão (MPa)
01	0,45
02	1,5
03	0,45

Fonte: Acervo do autor.

Concordando com a análise anterior, as leituras dos pontos 1, 2 e 3, segundo a Tabela 8 mostraram tensões na região central da parede três vezes maiores que as outras regiões, demarcadas pela cor roxa.

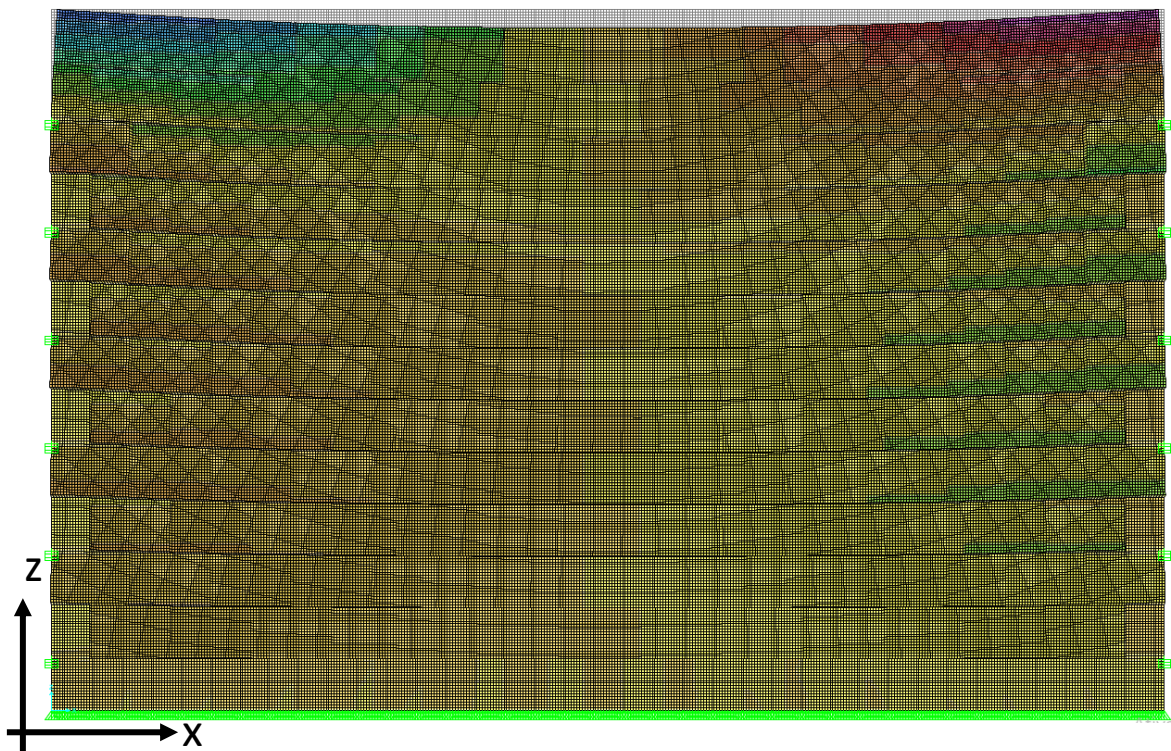
Em seguida foi modelada então a mesma parede submetida à um carregamento horizontal uniformemente distribuído de 1,00 KN/m². A vista da estrutura do painel de alvenaria deformada pode ser visualizada na Figura 34.

Figura 34 - Vista 3D da parede 9 sem reforço deformada, submetida ao carregamento horizontal de 1KN/m^2 .



Fonte: Acervo do autor.

Figura 35 - Vista frontal da parede 9 sem reforço, submetida a carregamento horizontal uniformemente distribuído.



Fonte: Acervo do autor.

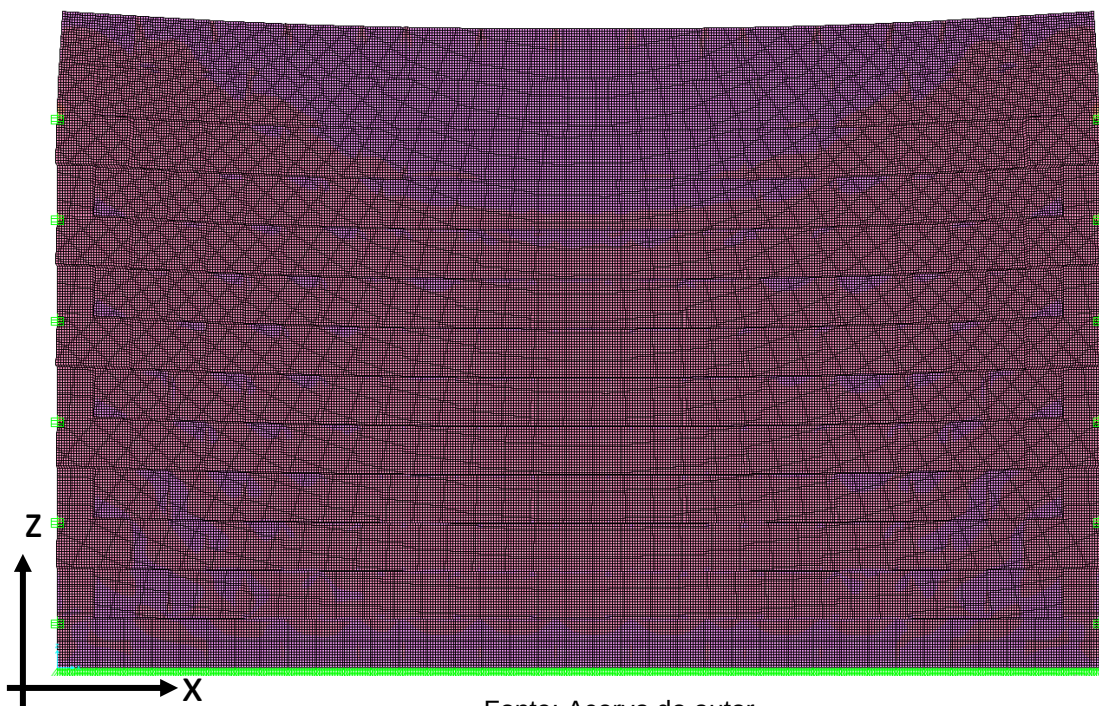
Tabela 9 - Rotações e deslocamentos dos pontos 1,2 e 3 da parede 9, sob carga de vento, sem reforço.

Deslocamentos e rotações em parede 9 sob carga horizontal, sem reforço						
Eixo	Deslocamentos (cm)			Rotações (rad)		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	0	0	0	0,00234	0,00117	0,00234
(y)	-0,178	-0,483	-0,269	0	0	0
(z)	0	0	0	-0,00434	-0,000656	0,00481

Fonte: Acervo do autor.

Os resultados dos deslocamentos e rotações obtidos, conforme a Tabela 9 mostram que há grande diferença entre os pontos 1 e 3, em aspectos de deformações e rotações, semelhante ao observado na parede submetida a carregamento vertical. Com isso, observa-se que a vedação não apresenta boa estabilidade quando submetida a carregamentos horizontais. As diferenças entre deslocamentos e rotações podem ser visualizadas na mudança de coloração na Figura 35.

Figura 36- Vista frontal do diagrama de tensões da parede 9 sem reforço, submetida a carga de vento.



Fonte: Acervo do autor.

Quanto às tensões, observou-se uma concentração de tensões no meio da parede, e tensões de tração na base e topo da parede, conforme se observa na Figura 36. Quanto aos valores das tensões que foram anotados, apesar de apresentar

deslocamentos diferentes, as tensões obtidas foram valores próximos entre os pontos 1 e 3, e no ponto 2, localizado na região central da parede, observou-se um aumento em relação aos demais pontos, como se observa na Tabela 10.

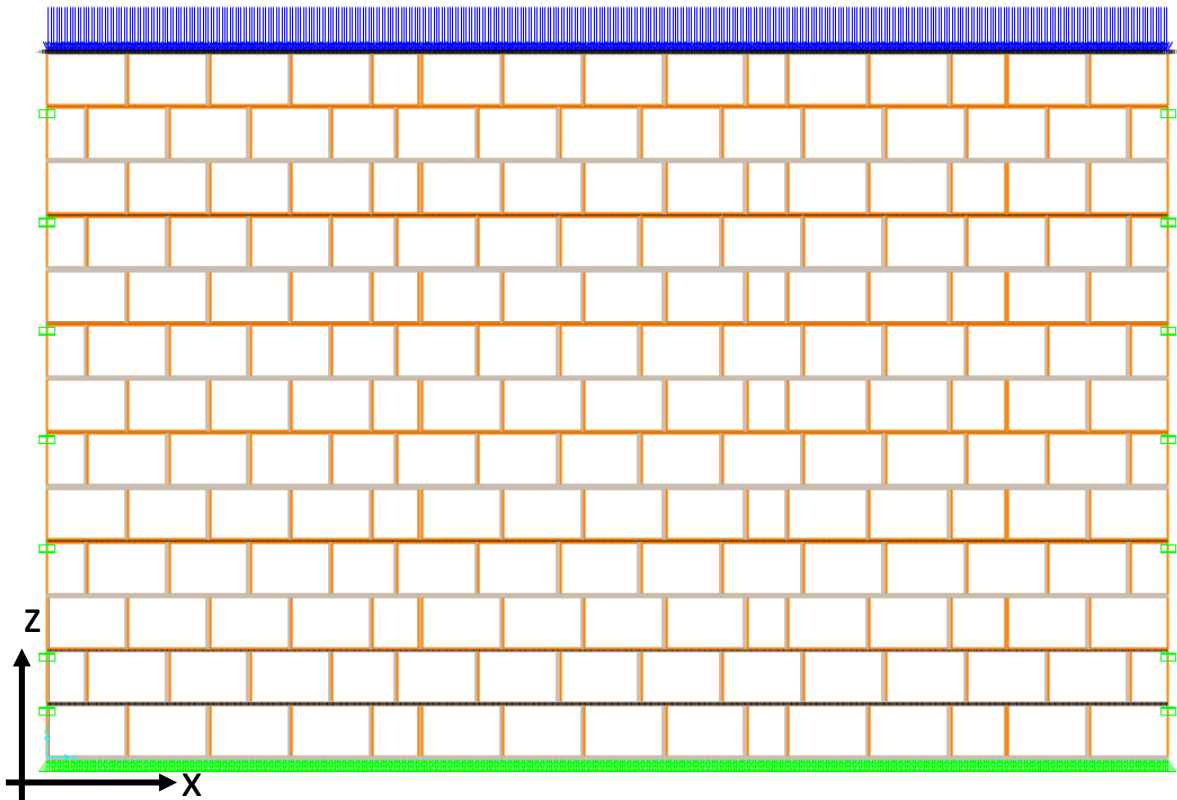
Tabela 10 - Tensões máximas em parede 9 sem reforço, sob carga de vento.

TENSÕES MÁXIMAS EM PAREDE SEM REFORÇO – CARGA HORIZONTAL	
Ponto	Tensão (MPa)
1	0,04
2	0,1
3	0,04

Fonte: Acervo do autor.

Por fim, foram então modeladas as duas últimas situações, onde a mesma parede, submetida aos mesmos carregamentos, possuía reforço de junta, levando em consideração a adaptação do elemento em **SHELL** que representa o reforço, mantendo a mesma inércia em x e área de aço conforme discutido anteriormente.

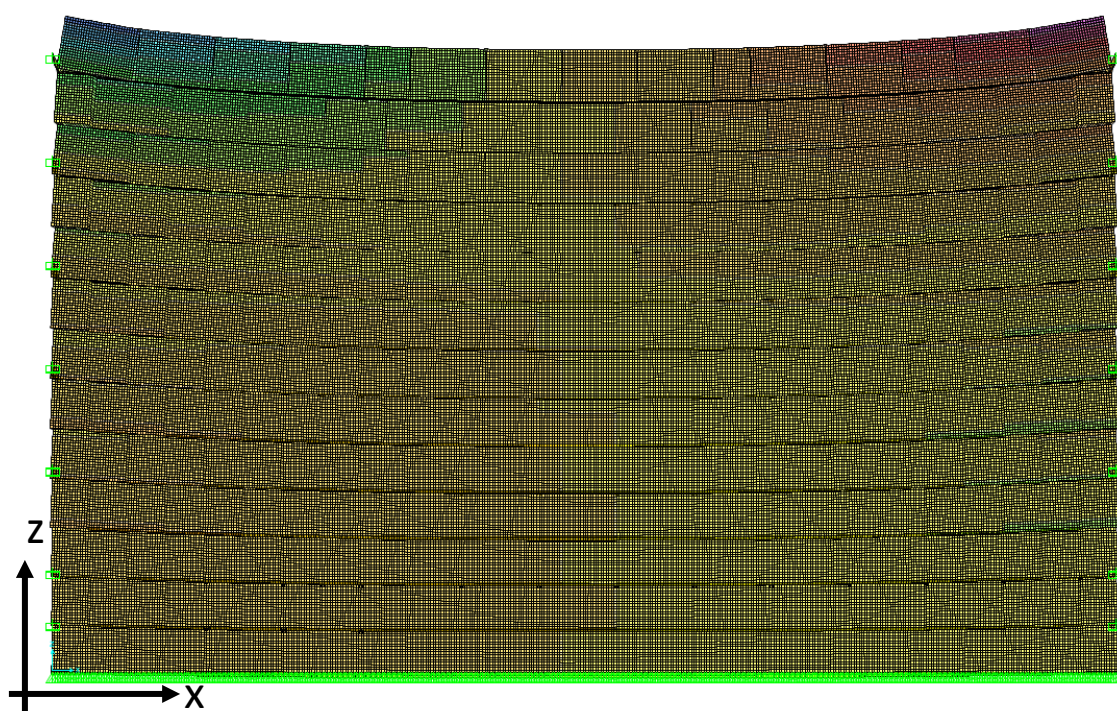
Figura 37 - Modelo computacional de parede 9 reforçada.



Fonte: Acervo do autor.

Nota-se que na Figura 37 as condições de contorno utilizadas convergem ao discutido anteriormente, de modo que as regiões das ligações do ferro cabelo com as treliças planas foram consideradas engastadas. Neste terceiro modelo, foram obtidos os deslocamentos e rotações dos pontos 1, 2 e 3 da parede com o reforço, submetida a carregamento uniformemente distribuídos no sentido vertical de 150KN/m^2 .

Figura 38 - Diagrama de deformações da parede 9 sob carregamento vertical, com reforço.



Fonte: Acervo do autor.

Tabela 11 - Deslocamentos e rotações da parede 9 reforçada, sob carga vertical.

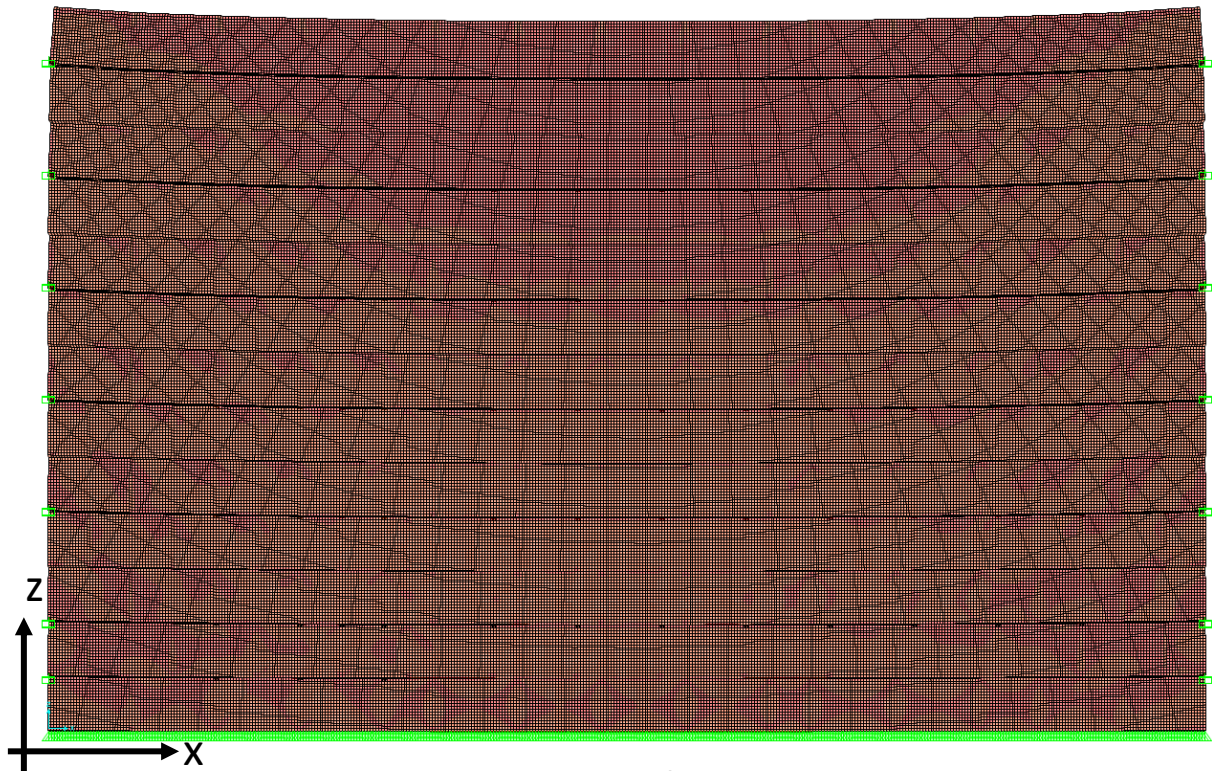
Deslocamentos e rotações da parede 9 em carregamento vertical – Com reforço						
Eixo	Deslocamentos (cm)			Rotações (rad)		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	- 0,232	- 0,323	- 0,22	0	0	0
(y)	0	0	0	0,032	0,00022	-0,032
(z)	0,071	0,000312	-0,11	0	0	0

Fonte: Acervo do autor.

Quanto aos deslocamentos, observou-se, segundo a Tabela 11 que os pontos 1 e 3 reduziram consideravelmente os deslocamentos em z. Também apresentaram redução nos deslocamentos e x, enquanto o ponto 2, sofreu grande

redução do deslocamento em z, e aumento considerável do deslocamento em x. Nota-se também que os pontos 1 e 3 apresentam deslocamentos diferentes, fato este que nota-se na mudança da escala de cor, segundo a Figura 38.

Figura 39 - Tensões máximas na parede 9 reforçada, sob carregamento vertical.



Fonte: Acervo do autor.

Tabela 12 – Tensões máximas em parede 9 reforçada com treliça plana - Carga vertical.

TENSÕES MÁXIMAS DE COMPRESSÃO EM PAREDE REFORÇADA – CARREGAMENTO VERTICAL	
Ponto	Tensão (MPa)
1	0,40
2	0,30
3	0,40

Fonte: Acervo do autor.

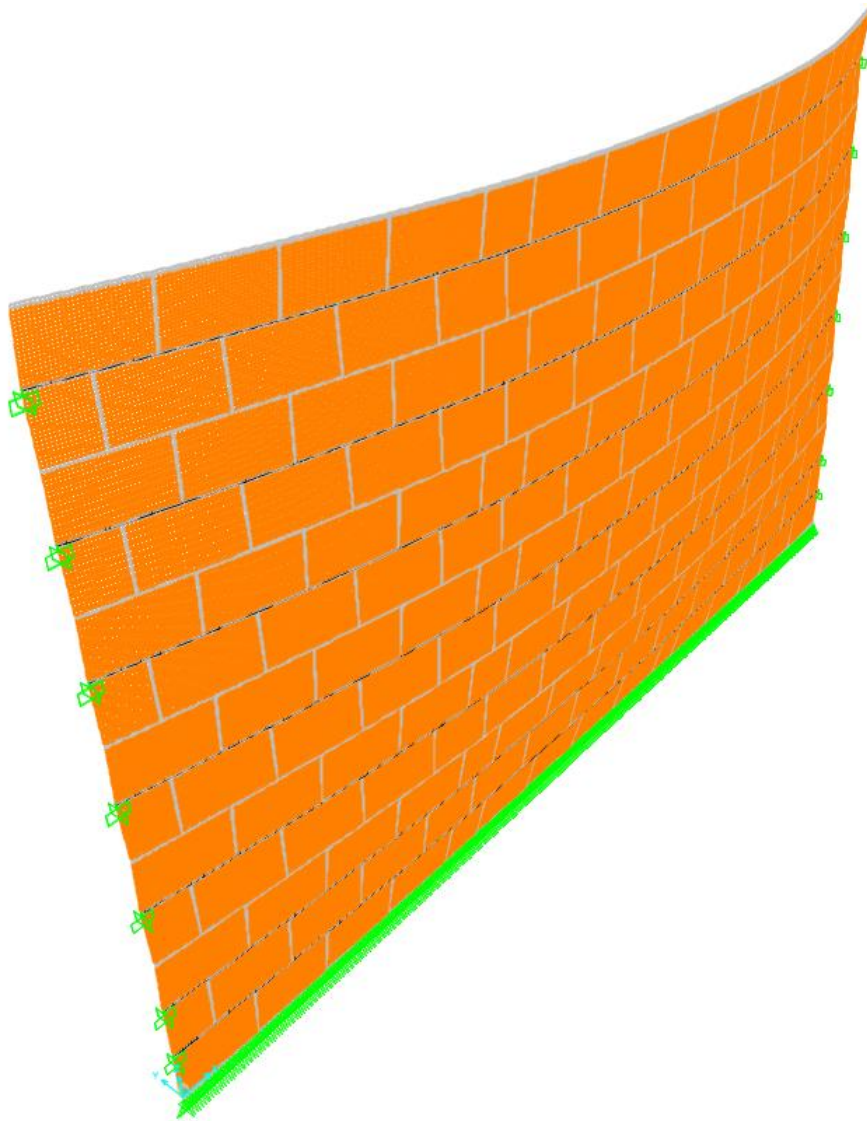
Conforme a Tabela 12 nota-se que houve um alívio das tensões no meio da parede, de modo que se promoveu uma uniformização das tensões. Mesmo com a uniformização, o topo da parede sofreu maiores tensões, conforme pode-se notar a partir da Figura 39, onde se nota que há uma distribuição de tensões tendendo a

uniformidade, na região onde há maior taxa de reforço (centro da parede). Já nos topos, localiza-se a região de maior tensão.

Por fim, foi modelada a ultima situação, onde a parede submetida em carregamento horizontal uniformemente distribuído de $1,00\text{KN/m}^2$ fez uso do reforço de junta do tipo treliça plana, com as mesmas considerações anteriores quanto a geometria do elemento **SHELL**.

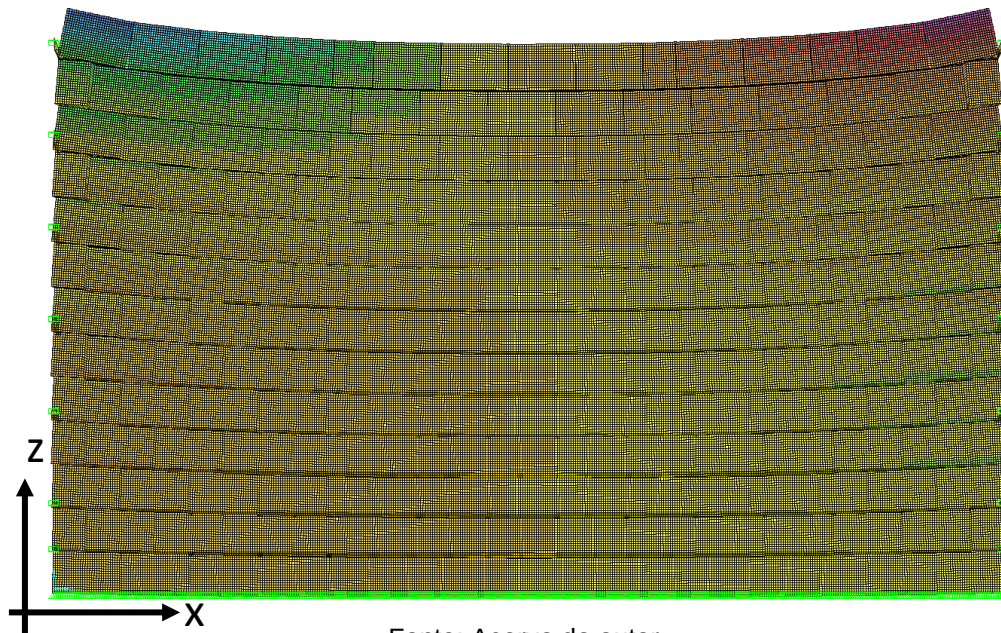
A vista 3D deformada da parede modelada pode ser visualizada na Figura 40, onde se nota que a vinculação da extremidade do reforço seguiu a mesma condição da anterior.

Figura 40 - Vista 3D deformada da parede 9 reforçada, em situação de carga de vento de $1,00\text{ KN/m}^2$.



Fonte: Acervo do autor.

Figura 41 - Deformações da parede 9 sob carregamento horizontal, com reforço.



Fonte: Acervo do autor.

As deformações observadas nesta última situação de modelagem, conforme o anotado na Tabela 13, mostram que os pontos 1 e 3 apresentaram deslocamentos reduzidos, quando comparados a mesma situação de carregamento sem reforço. O ponto 2, localizado no meio do vão, apresentou maior deslocamento que os pontos 1 e 3, visto que este encontra-se no meio do vão da parede, porém também apresentou redução quando comparado com a parede sem reforço.

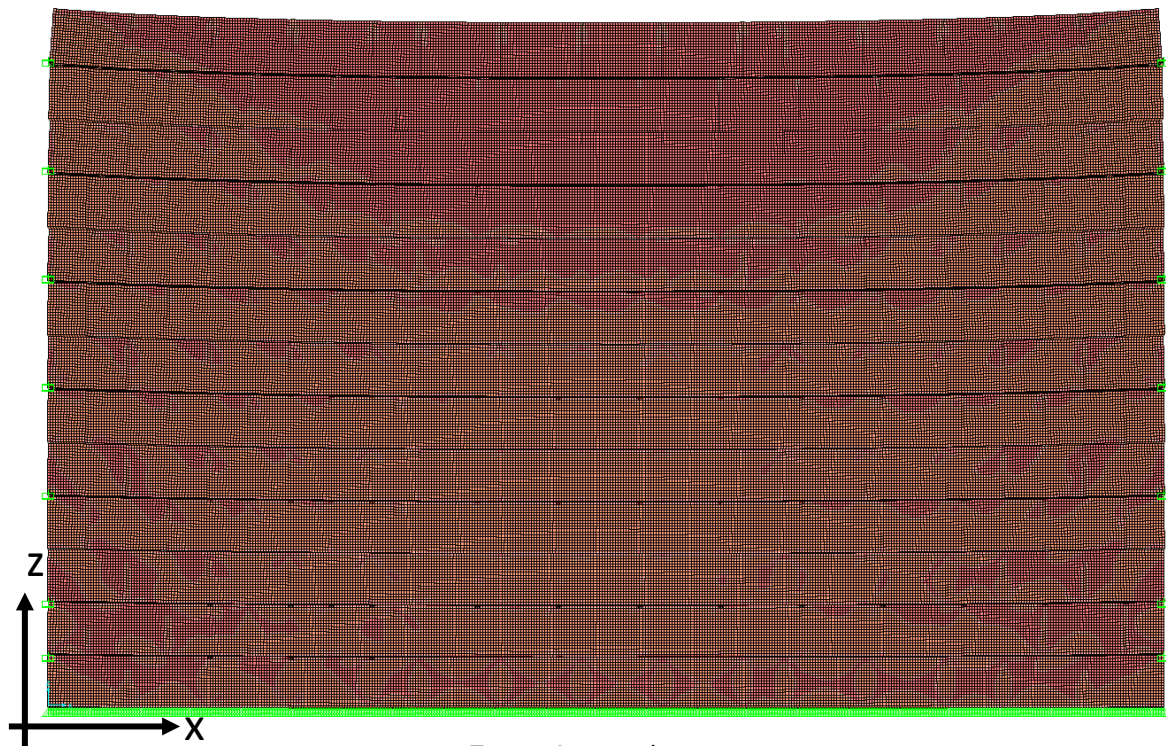
As diferenças de deslocamentos entre os pontos 1 e 3 também podem ser notadas na Figura 41, onde há diferença entre as cores nas regiões dos respectivos pontos.

Tabela 13 - Deslocamentos e rotações da parede 9 sob carregamento horizontal, com reforço.

Deslocamentos e rotações da parede 9 em carregamento horizontal – Com reforço						
Eixo	Deslocamentos (cm)			Rotações (rad)		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	0	0	0	0,00349	0,000629	0,00362
(y)	-0,0466	-0,19	-0,000817	0	0	0
(z)	0	0	0	-0,00127	-0,000056	0,00118

Fonte: Acervo do autor.

Figura 42 - Diagrama de tensões em estrutura deformada da parede 9 reforçada, sob carga de vento.



Fonte: Acervo do autor.

Com base na Tabela 14, nota-se que há um alívio nas tensões máximas da parede na região central da parede, e redução ainda maior das tensões nos pontos 1 e 3, localizados no topo. A redução das tensões máximas pode ser notada na Figura 42, onde se observa uma escala de cores próximas no plano da parede, porém com um acréscimo de tensões ainda na região central, já que esta fica no meio do vão. Nota-se que praticamente não há variação de tensões na base da parede.

Tabela 14 - Tensões máximas em parede 9 reforçada, sob carregamento horizontal.

TENSÕES MÁXIMAS EM PAREDE REFORÇADA – CARGA HORIZONTAL	
Ponto	Tensão (MPa)
1	0,02
2	0,08
3	0,01

Fonte: Acervo do autor.

A partir das modelagens das 4 situações, foi elaborada a Tabela 15, onde se tem um resumo dos deslocamentos e rotações para a situação onde a parede foi submetida a carregamento vertical.

Tabela 15 - Resumo dos deslocamentos e rotações sob carregamento vertical.

Resumo dos deslocamentos e rotações da parede 9 em carregamento vertical						
Eixos	Deslocamentos (cm) – sem reforço			Rotações (rad) - sem reforço		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	-1,00	0,00375	-0,95	0	0	0
(y)	0	0	0	0,032	0,00022	-0,032
(z)	0,6	1,68	-0,93	0	0	0
	Deslocamentos (cm) – com reforço			Rotações (rad) – com reforço		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	-0,232	-0,323	-0,22	0	0	0
(y)	0	0	0	0,032	0,00022	-0,032
(z)	0,071	0,000312	-0,11	0	0	0

Fonte: Acervo do autor.

O modelo computacional sugere que o reforço de junta do tipo treliça plana proporcionou uma significativa redução dos deslocamentos verticais na região central da parede. A região não reforçada, localizada no topo da parede (pontos 1 e 3), sofreu uma redução dos deslocamentos, porém de menor magnitude, quando comparada ao centro da parede. Além disso, nota-se que mesmo o ponto 1 e 3 sendo equidistantes do centro da parede, apresentaram diferentes deslocamentos. Uma possível explicação, considerando que o carregamento foi distribuído de maneira igual sobre o topo da parede, seria o fato de a parede apresentar blocos com geometria diferente ao longo de sua paginação, devido a não modulação do vão, levando à prática de corte dos blocos.

Tabela 16 - Resumo das tensões máximas de compressão em parede sob carregamento vertical.

Resumo de tensões máximas de compressão na parede 9 sob carregamento vertical.		
Ponto	Tensão (MPa)	
	Com reforço	Sem reforço
1	0,4	0,45
2	0,3	1,5
3	0,4	0,45

Fonte: Acervo do autor.

A partir da Tabela 16, nota-se que houve uma redução considerável das tensões máximas do ponto 2, localizado na região central da parede. Os pontos 1 e 3, localizados na extremidade da mesma, apresentaram tensões superiores ao centro da parede após a utilização do reforço de junta.

Nas situações de carregamento horizontal, foram observados significativas melhoras no desempenho da parede com a utilização do reforço de junta, no que diz respeito a deslocamentos no plano horizontal (y). A Tabela 17 mostra que os deslocamentos anotados nos pontos 1 e 3 foram reduzidos significativamente, principalmente o ponto 3. No ponto 2, localizado no meio do vão, observou-se redução de aproximadamente 60% do deslocamento horizontal da parede, com a utilização do reforço de junta do tipo treliça plana.

Tabela 17 - Resumo dos deslocamentos e rotações sob carregamento horizontal.

Resumo dos deslocamentos e rotações da parede 9 em carregamento horizontal						
Eixos	Deslocamentos (cm) - SR			Rotações (rad) - SR		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	0	0	0	0,00234	0,00117	0,00234
(y)	-0,178	-0,483	-0,269	0	0	0
(z)	0	0	0	-0,00434	-0,000656	0,00481
Eixos	Deslocamentos (cm) – CR			Rotações (rad) – CR		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
(x)	0	0	0	0,00349	0,000629	0,00362
(y)	-0,0466	-0,19	-0,000817	0	0	0
(z)	0	0	0	-0,00127	-0,000056	0,00118

Fonte: Acervo do autor.

Também é notada a diferença entre os deslocamentos dos pontos 1 e 3, que conforme já abordado, pode ser explicada pela utilização de blocos com dimensões diferentes na paginação, o que promove uma distribuição não uniforme de tensões ao longo do painel de vedação.

Outro ponto a ser observado, é o limite de deslocamento do painel de vedação, de acordo com a ABNT NBR 15575-4:2013, que limita as paredes submetidas a carregamentos horizontais de vento a um deslocamento instantâneo de $h/350$, sendo h a altura do elemento parede. Como a parede analisada possui 2,6 metros de altura, seu deslocamento limite é de aproximadamente 0,74 centímetros.

Logo, mesmo a parede sem reforço não possuir carga horizontal que promovesse um deslocamento superior ao limite, os resultados da análise numérica mostram que o uso do reforço pode promover melhoras em painéis mais solicitados horizontalmente, de modo que se reduzam os deslocamentos e os tornem inferiores ao valor limite imposto pela norma de desempenho.

As tensões anotadas na situação de carregamento horizontal, conforme a Tabela 18, concluíram que a presença do reforço de junta promoveu uma redução das tensões máximas da parede nos pontos anotados. Os pontos 1 e 3 foram os que apresentaram menores tensões quando comparadas com o ponto 2. Também se observa a diferença de tensões entre os pontos 1 e 3, que converge com as discussões anteriores.

Tabela 18 - Resumo das tensões máximas de compressão da parede sob carregamento horizontal.

Resumo de tensões máximas de compressão na parede 9 sob carregamento horizontal		
Ponto	Tensão (MPa)	
	Com reforço	Sem reforço
1	0,02	0,04
2	0,08	0,1
3	0,01	0,04

Fonte: Acervo do autor.

A modelagem realizada neste trabalho buscou verificar a eficiência do reforço, analisando se o mesmo promoveria reduções nos deslocamentos e tensões máximas ao longo do painel. A eficiência do reforço foi comprovada, conforme visto nas tabelas e figuras anteriores, porém ainda assim não retratam fielmente a magnitude da melhora do desempenho dos painéis, já que para a modelagem, foram utilizadas adaptações nas características geométricas e condições de contorno do reforço.

Outro ponto que pode interferir na eficiência do reforço, são as solicitações decorrentes da flexão dos elementos estruturais (vigas e pilares) quando solicitadas a cargas não previstas em projeto, ou até mesmo flechas destes elementos dentro dos limites previstos, que não foram consideradas na modelagem numérica deste estudo.

8. CONCLUSÕES

Com o objetivo de comprovar a eficiência e explorar as potencialidades do reforço de junta horizontal do tipo treliça plana em painéis de alvenaria, este estudo analisou as vedações de uma unidade residencial, propondo o uso do reforço como alternativa para melhoria de desempenho das vedações verticais.

Para atingir os objetivos do trabalho, foram desenvolvidos os projetos de primeira e segunda fiada da unidade habitacional, compatibilizando com os projetos complementares, bem como as consequentes paginações e detalhamentos.

Durante a execução destes projetos, um dos gargalos encontrados foi a não utilização do conceito de modulação dos vãos, durante a concepção da arquitetura, de modo que, como os blocos utilizados foram de 29 centímetros de comprimento, as paredes deveriam ter comprimentos múltiplos de 15 centímetros. Assim, os quantitativos de blocos se resumiriam apenas aos blocos principais (29 centímetros de comprimento), meio blocos (14 centímetros de comprimento) e 3/2 blocos (34 centímetros de comprimento), conceito semelhante ao utilizado na concepção de projetos em alvenaria estrutural.

Porém, ainda que fossem modulados os vãos, no caso de estruturas reticuladas, o projetista estrutural deveria ter cuidado para compatibilizar as dimensões de seus elementos (pilares e vigas), de modo que fiquem embutidos nas alvenarias, e não prejudiquem a modulação dos vãos.

Porém, mesmo com o quantitativo de blocos se resumindo aos mencionados anteriormente, sendo estes com furo na horizontal, ainda sim seriam necessários cortes em blocos, pois comercialmente, só há blocos com furos na horizontal com as medidas principais disponíveis (11,5 x 19 x 29 cm). Segundo Téchne (2017), a ideia da alvenaria racionalizada consiste em prever as etapas de execução durante a etapa de projeto, de modo que se diminuam os retrabalhos, desperdício de materiais e mão de obra, fazendo uso de representações gráficas (projetos de fiadas e paginações) e especificações técnicas dos serviços envolvidos no levantamento das alvenarias.

Outra crítica que se faz quanto as alvenarias tradicionais, além da não modulação dos vãos, é a utilização de blocos com furos na horizontal. A racionalização desta etapa construtiva (vedação) sugere a utilização de blocos com furos na vertical, que possui diversos pontos favoráveis, dentre eles:

- Favorece a passagem das instalações sem a necessidade de rasgos;
- Induz a modulação, visto que não se observa a prática de cortes em blocos com furos na vertical
- Planejamento do quantitativo e disposição dos blocos em paletes, aplicando conceitos de logística no canteiro de obras;
- Limpeza e organização no canteiro;

Com a elaboração dos projetos de primeira, segunda fiada e paginações, foi escolhida a parede 9 (Figura 22), como a com maior potencial para surgimento de fissuras, devido a sua extensão e por ser de fachada, logo, mais solicitada.

Após a identificação do painel que será reforçado com as treliças planas, foi proposto o dimensionamento fazendo uso das considerações do EUROCODE 6 e de conceitos estruturais quanto ao comportamento dos painéis. Junto ao dimensionamento, se fez necessário o detalhamento do reforço, visando a correta integração do mesmo à vedação e à estrutura, garantindo um conjunto monolítico, diminuindo as chances de ocorrência de fissuras nas interfaces dos elementos ligados.

A verificação do desempenho e potencialidade do uso de reforço de junta do tipo treliça plana se deu na última etapa deste trabalho, onde, através da modelagem numérica por elementos finitos, se confirmou um aumento da resistência ao cisalhamento e tração da parede de vedação (já que o reforço propiciou o alívio de tensões nos blocos), bem como redução das deformações do painel, de modo que sejam reduzidas as tensões de cisalhamento e tração na interface do bloco com a argamassa.

Também ao final da análise da modelagem numérica, verificou-se que a parede apresentou deslocamentos inferiores aos valores limites dados pela ABNT NBR 15575-4:2013, que depende inteiramente de sua altura. Também pode-se concluir, que mesmo a parede sem reforço, não apresentar deslocamentos superiores

ao limite, devido a magnitude da carga aplicada, nota-se que o uso de treliças planas como reforço de juntas horizontais promovem um ganho considerável de desempenho do painel, quanto a deslocamentos e tensões máximas.

Também vale salientar que o desempenho do reforço, obtido pela modelagem, não representa fielmente a realidade, pois as adaptações quanto a forma do elemento modelado, não transmite ao modelo virtual a rigidez que a configuração da treliça plana proporciona.

A cultura de estudar e propor reforços às vedações não é usual na construção civil brasileira, de modo que se constata frequentes patologias de vedações, decorrentes de diversos fatores, como recalques de fundações, sobrecargas, cargas horizontais não previstas, dentre outros.

Este trabalho buscou verificar as potencialidades e benefícios do uso de reforços de juntas horizontais, não somente em casos onde as alvenarias são projetadas para serem solicitadas vertical e horizontalmente, porém como cuidados construtivos. Na maioria das vezes, em um projeto de alvenaria não racionalizado, a simples ação de não se pagnar as alvenarias, realizando cortes em blocos e utilizando geometrias diferentes, pode promover o surgimento de fissuras decorrentes de variações de tensões e deslocamentos do painel, como foi verificado na análise numérica por elementos finitos deste estudo.

A necessidade dos cuidados e estudos das vedações se faz evidente quando se pensa na interação entre os sistemas componentes de uma edificação. As vedações, são responsáveis não apenas por delimitar os ambientes, mas proteger e dar funcionalidade aos demais sistemas, bem como garantir a vida útil estipulada em projeto.

9. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Visando agregar conhecimento ao tema pesquisado, recomenda-se o estudo das potencialidades do reforço de junta em vedações verticais, através de análises experimentais e modelagens numéricas, em estruturas de muros, estruturas de contenção e alvenaria estrutural. Ainda podem também ser avaliados outras

geometrias e configurações de reforços, analisando qual seria a que proporcionaria melhor desempenho as vedações verticais em alvenaria. Também se sugere que se avalie o desempenho do reforço de treliças planas em vedações de alvenaria com blocos com espessuras variadas.

10. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Arcelormittal. MURFOR: Reforço de Aço para Alvenaria. [S.l.:s.n], 2014. 6p. Disponível em: <<http://longos.arcelormittal.com.br/pdf/produtos/construcao-civil/murfor/catalogo-murfor.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15270-1: Componentes cerâmicos parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos , 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE, 2013.

Brandstetter, M. C. de O.; Santos, F. C. dos; Carasek, H. Redução do tamanho do lote em projetos como estratégia de implementação do fluxo contínuo. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 79-98, jul./set. 2013.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Desempenho das edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Brasília. abr. 2013.

Coelho, R. Construção: Reforço de Alvenaria. Técnica, São Paulo, Ed. 139 fev. 2013. Disponível em: < <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/139/artigo299155-1.aspx>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

EN 1996-1-1, EUROCODE 6: Design of Masonry Structures – Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures, Redraft 9A, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, 2005.

Gasparín, T.. Análise do desempenho de treliças planas e barras de aço em substituição as vergas de alvenarias. 2014. 73 f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

Ikeda, C. Y. K.; Aquilino, M. de M. Soluções inovadoras: desempenho acústico de vedações verticais. Notícias da Construção, v. 9, n. 113, p. 48-49, jun., 2012.

Lordsleem Júnior, A. C. Melhores Práticas – Alvenaria de Vedação com Blocos de Concreto. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, 72p. São Paulo. 2012.

Lourenço, P. J. B. B. *Computational strategies for masonry structures*. 1996. 220 f. Thesis – Delft University Press III, Delft University Technology, Netherlands, 1996.

Lourenço, P. J. B. B. Paredes de Alvenaria Armada (I): Possibilidades e Aplicações. Departamento de Engenharia Civil. Universidade do Minho. Azurém. Portugal. Fev. 2006. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6886>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

Moraes, R. S. de. Análise de sistemas mistos de concreto armado em alvenaria. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2012.

NCMA – *National Concrete Masonry Association. Joint reinforcement for concrete masonry*, TEK 12-2B. Herndon, VA, 2005.

Oliveira, D. R. B.. Estudo comparativo de alternativas para vedações internas de edificações. 2013. 91 f. Trabalho de final de curso - Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Oliveira, F. L. de. Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada. Tese de doutorado em Engenharia de Estruturas. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2001.

Pfeffermann, O. *Bed joint reinforced masonry under lateral loading. 13^o International Brick and Block Masonry Conference Amsterdam. 6p. Amsterdam. 2004.*

Silva, R. C. da; Gonçalves, M. de O.; Alvarenga, R. de C. S. S. Tecnologia: Alvenaria Racionalizada. *Téchne*, São Paulo, Ed. 112 julho 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285542-1.aspx>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

SOUZA, R. de, ABIKO, A.. Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 1997.

Téchne. Sistemas construtivos, p.26. Editora PINI, edição especial. Agosto. 2017.

Thomaz, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989.

Thomaz, R.; et. Al. 1. Código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos — São Paulo : IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

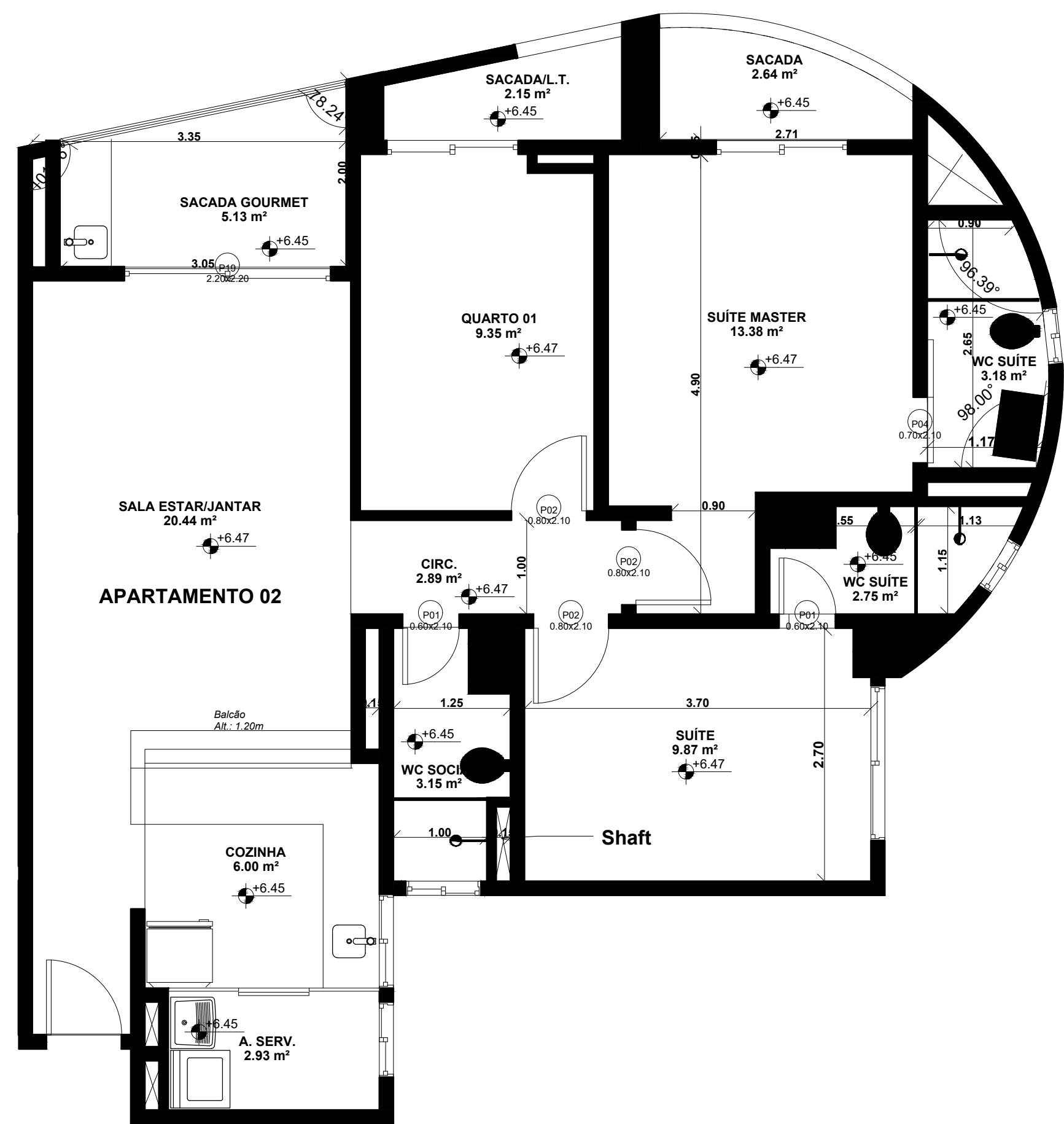
Wendler Filho, A. A. Educação: As transições na alvenaria estrutural. Técnica. Ed. PINI. São Paulo. Ed. 242, maio, 2017.

Silva, R. C. da; Gonçalves, M. de O.; Alvarenga, R. de C. S. S. Tecnologia: Alvenaria Racionalizada. Técnica, São Paulo, Ed. 112 julho 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285542-1.aspx>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

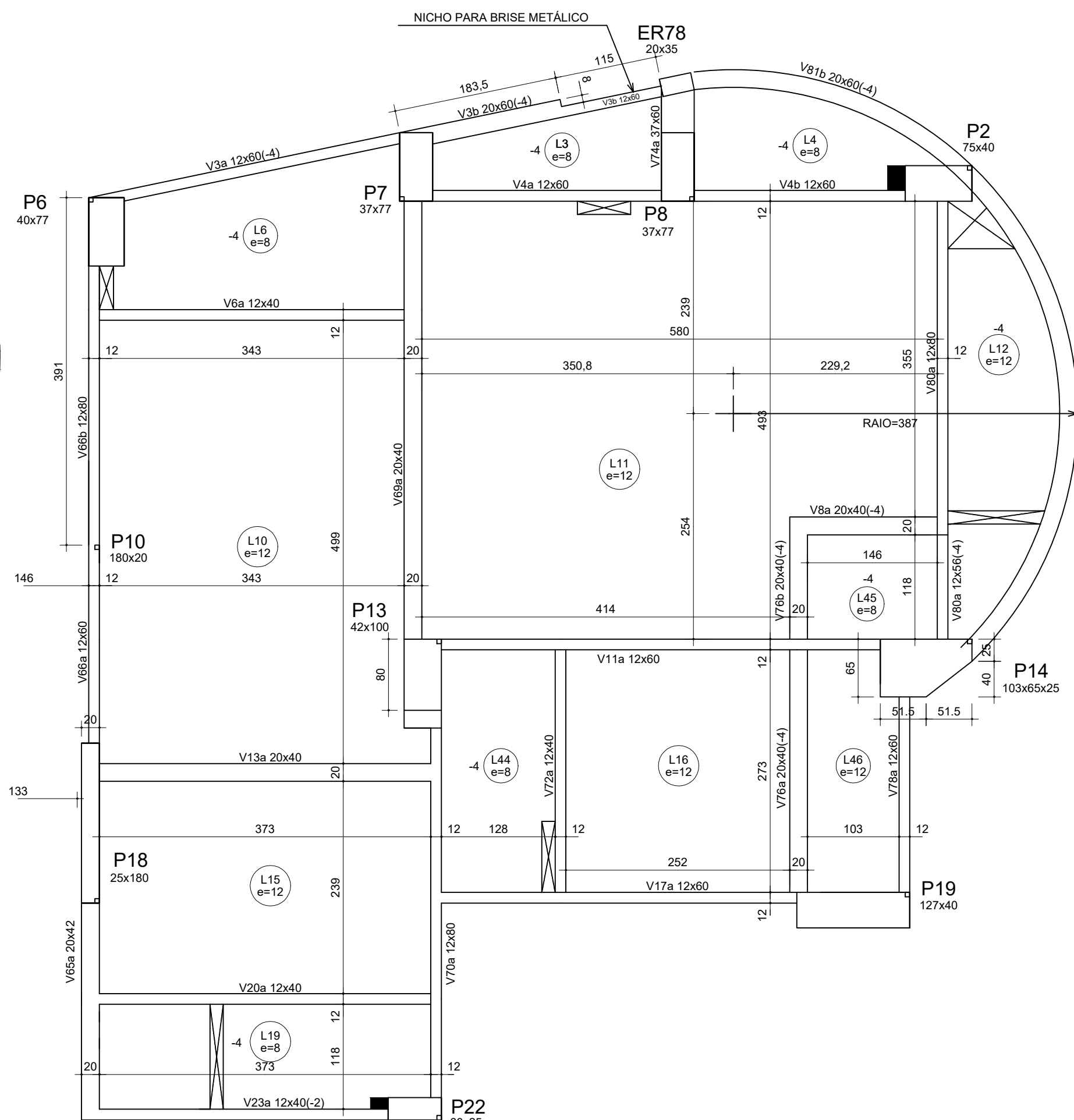
11. ANEXOS

Prancha 1: Planta baixa – arquitetônico, Planta de formas – estrutural, Planta de primeira fiada, Planta de segunda fiada, Legenda, Detalhamento de encunhamento, Detalhamento de ligação parede-pilar e Paginação de paredes.

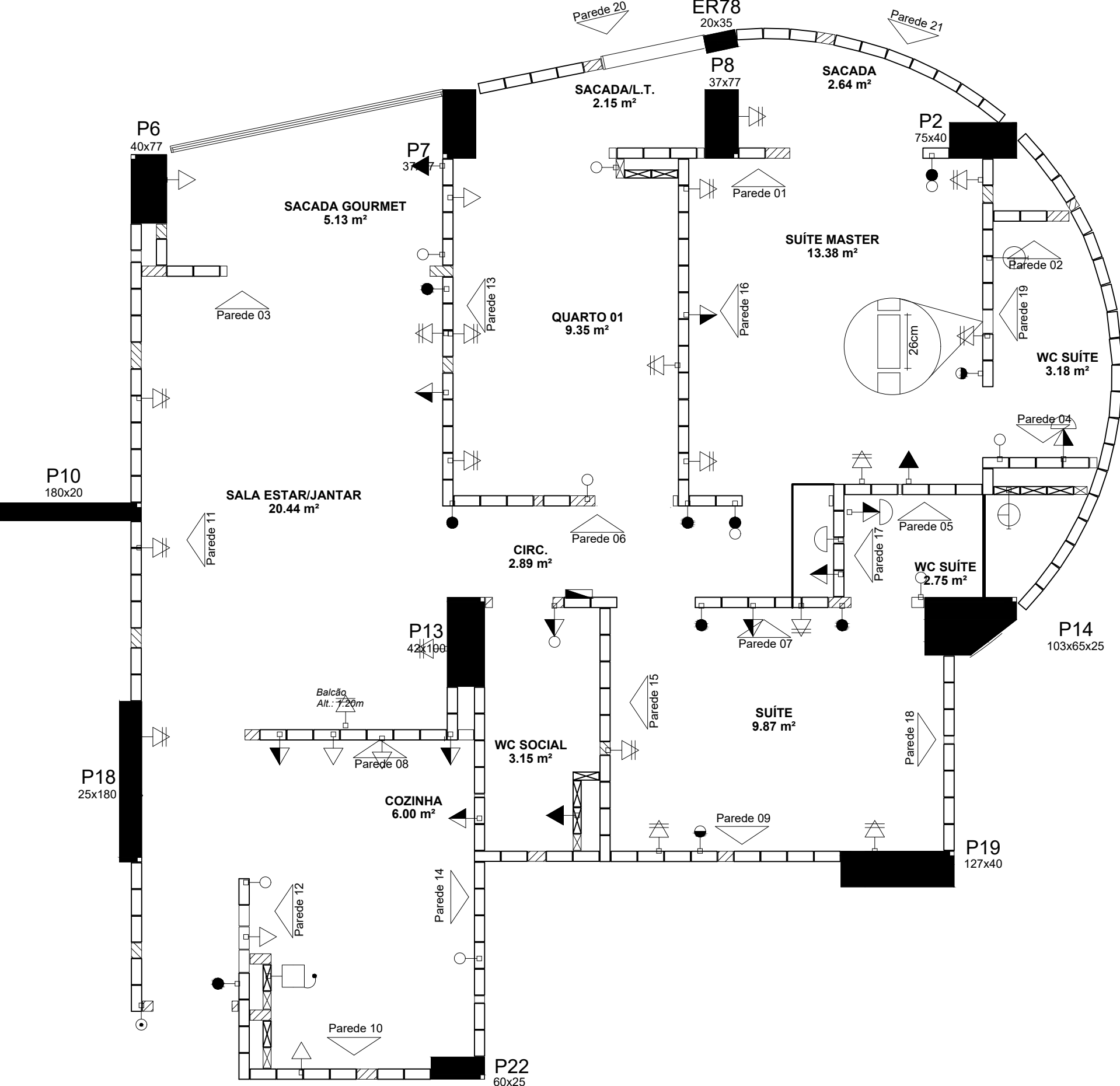
Prancha 2: Paginação de paredes e legenda.



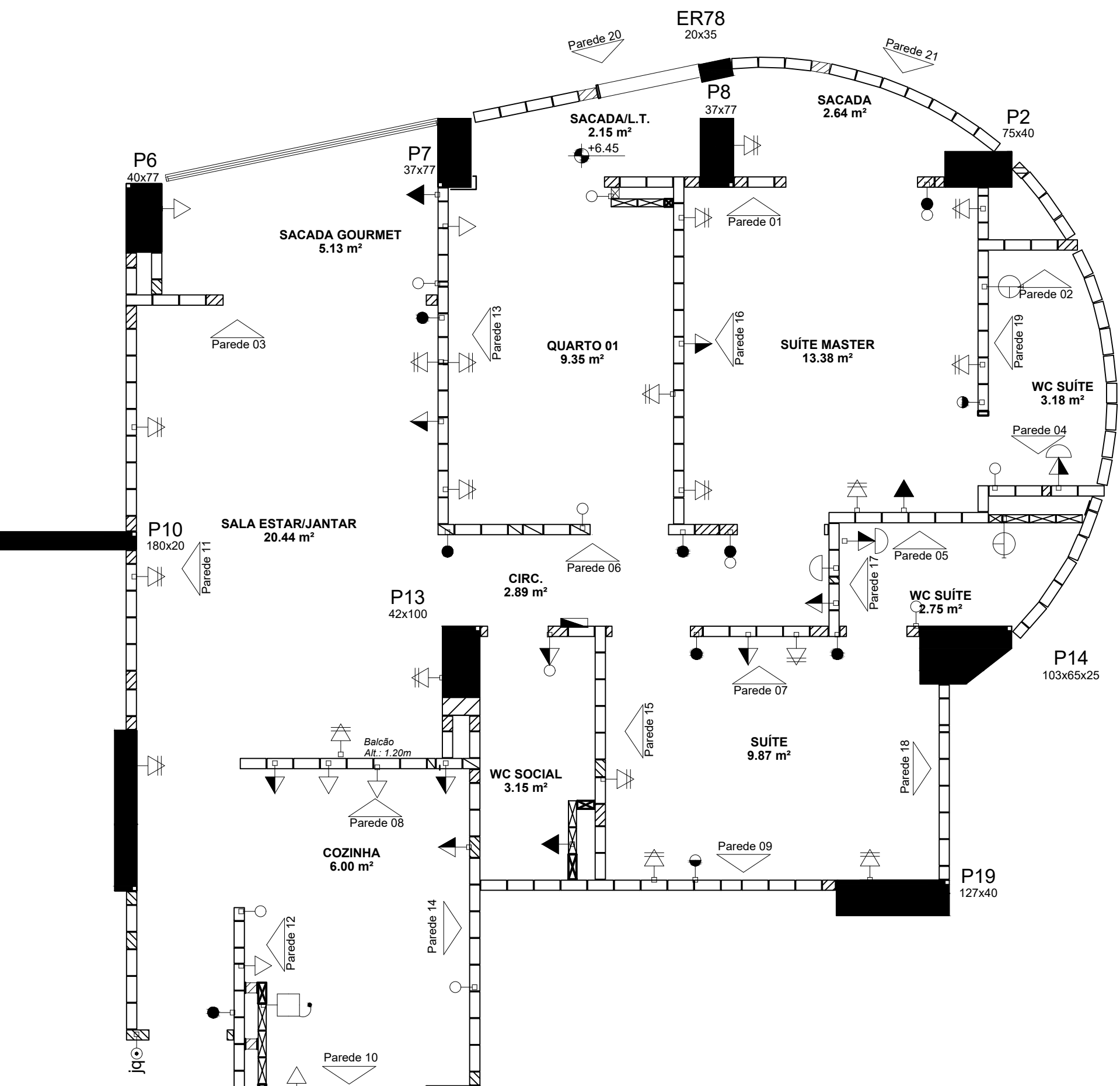
Planta baixa
Esc.: 1:50



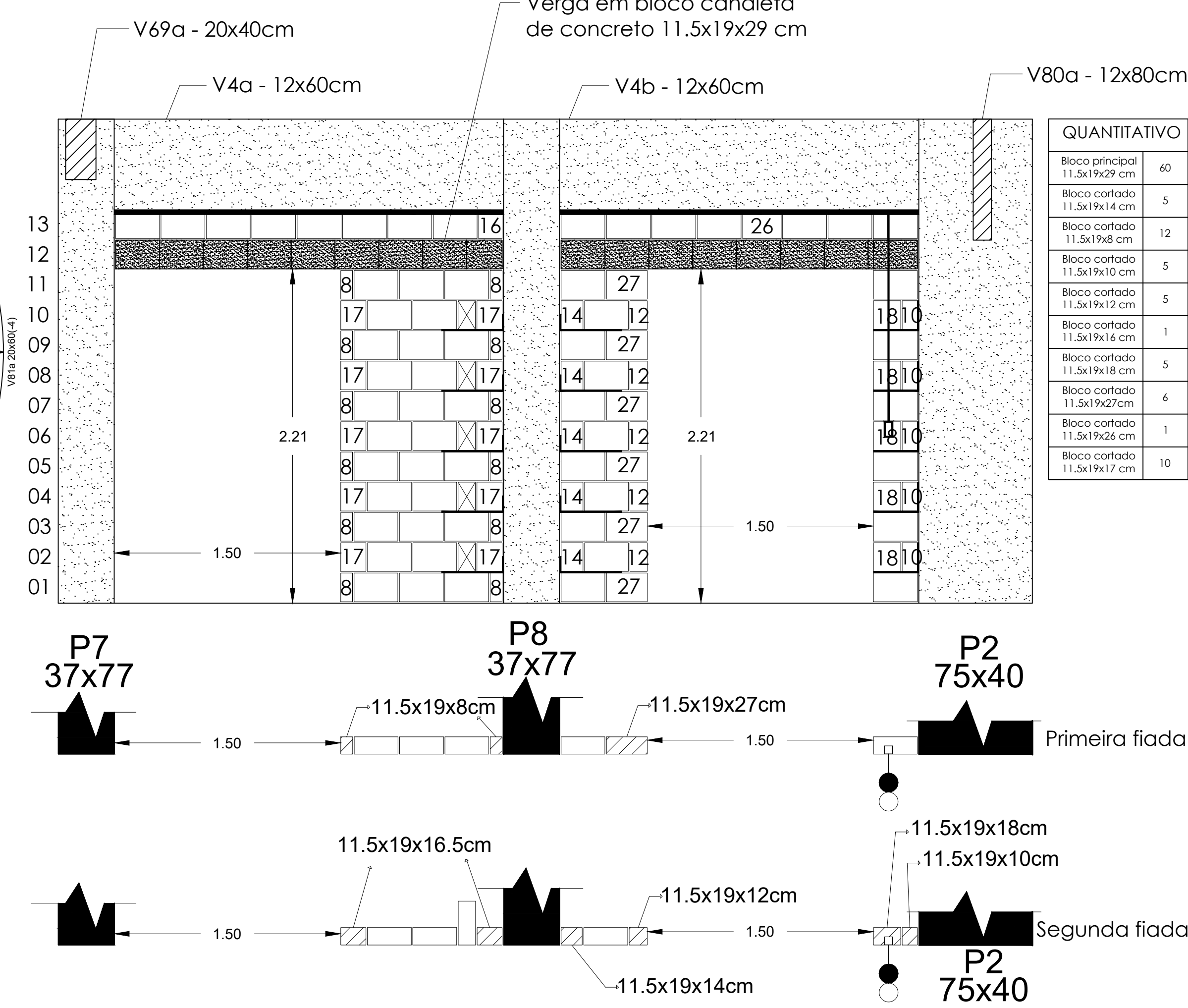
Planta de forma
Esc.: 1:50



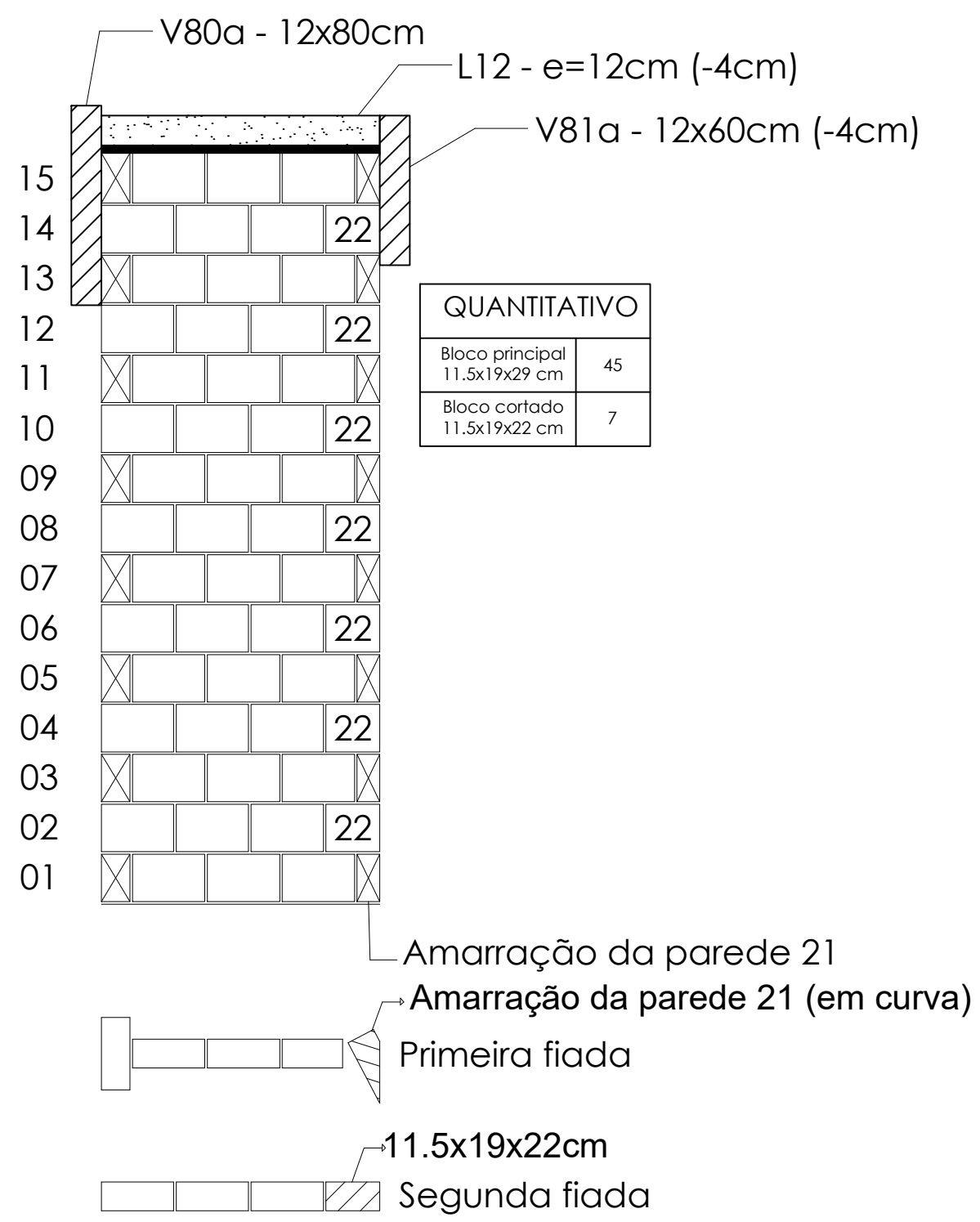
Planta de 1ª fiada
Esc.: 1:50



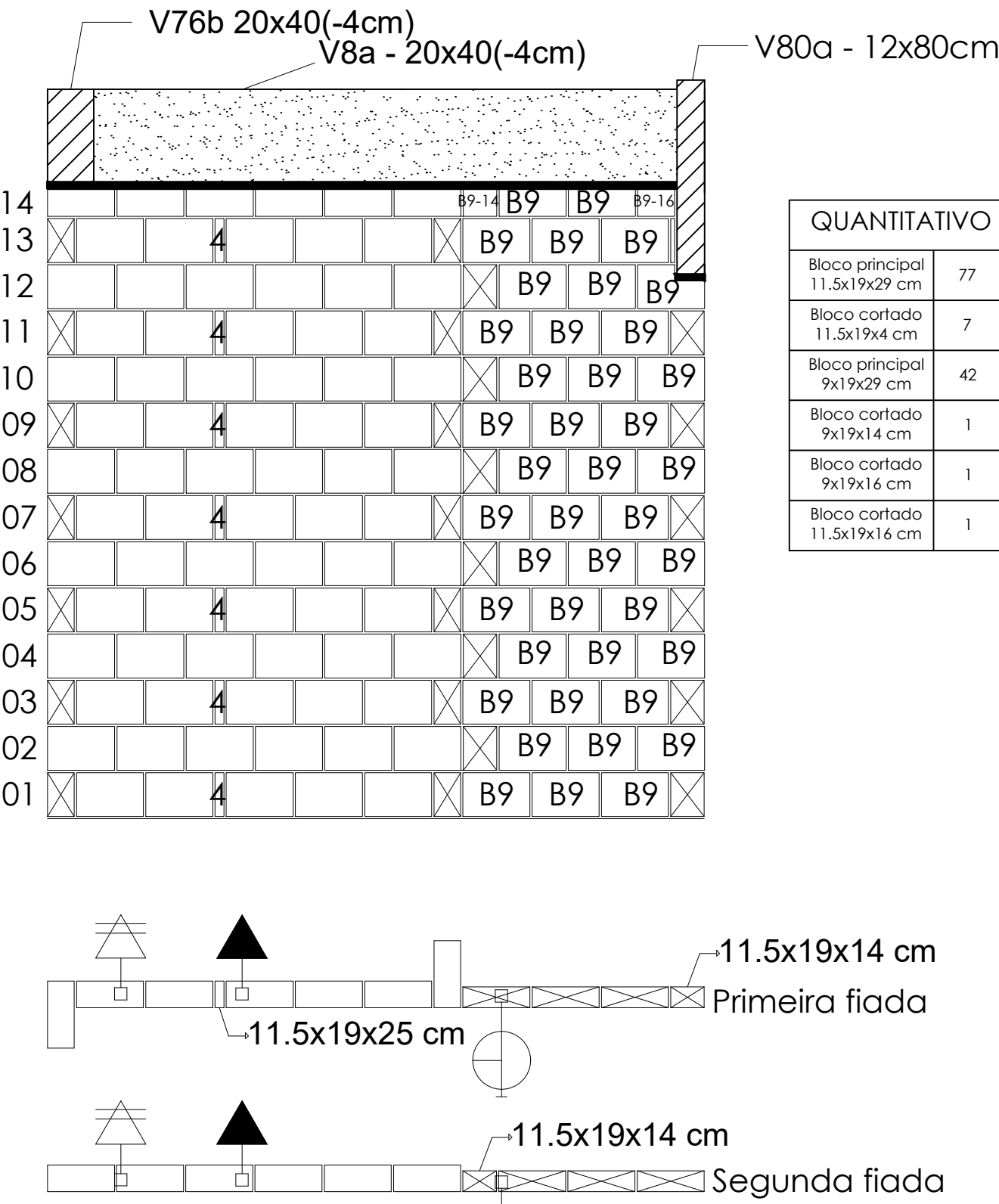
Planta de 2ª fiada
Esc.: 1:50



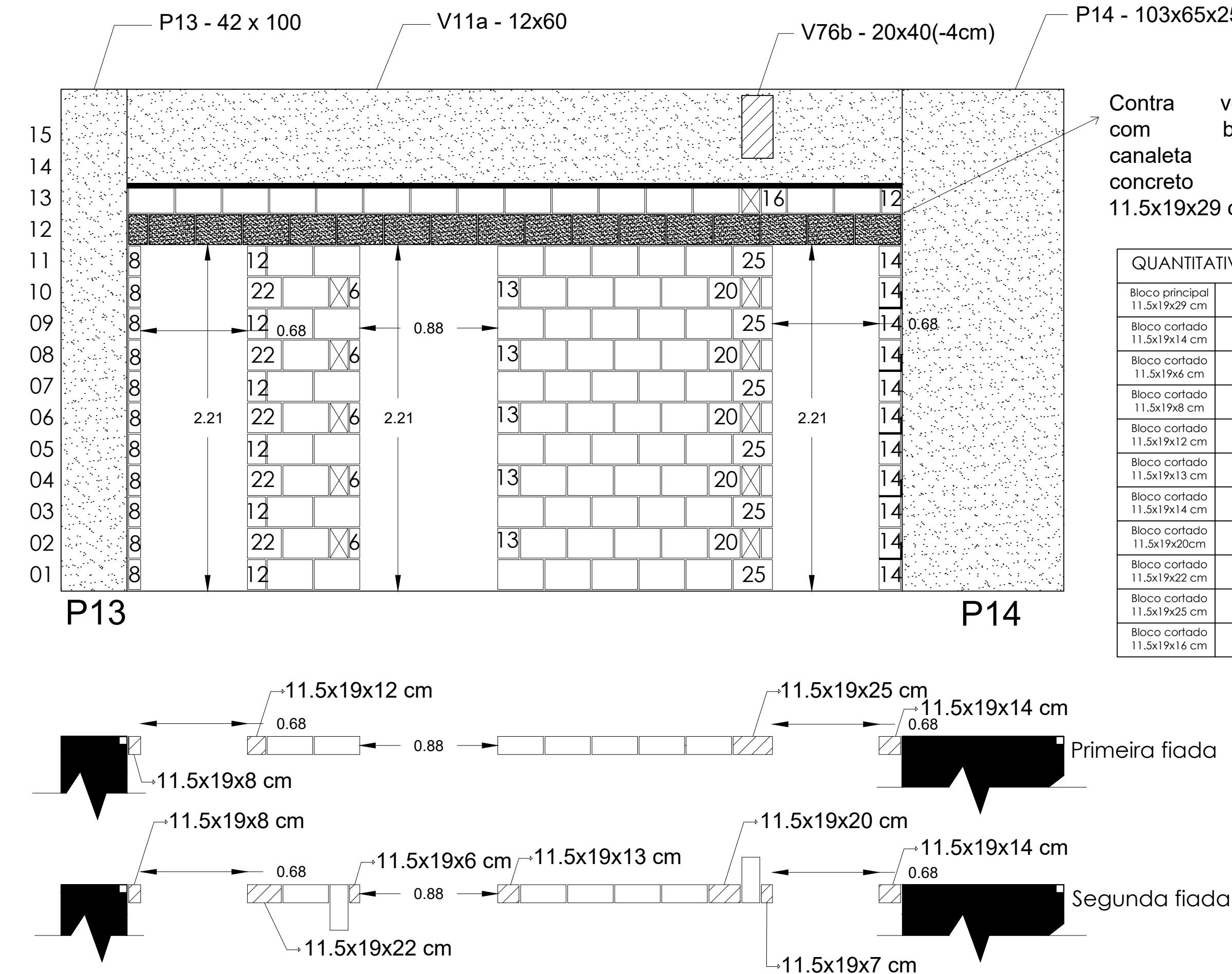
PAREDE 01 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



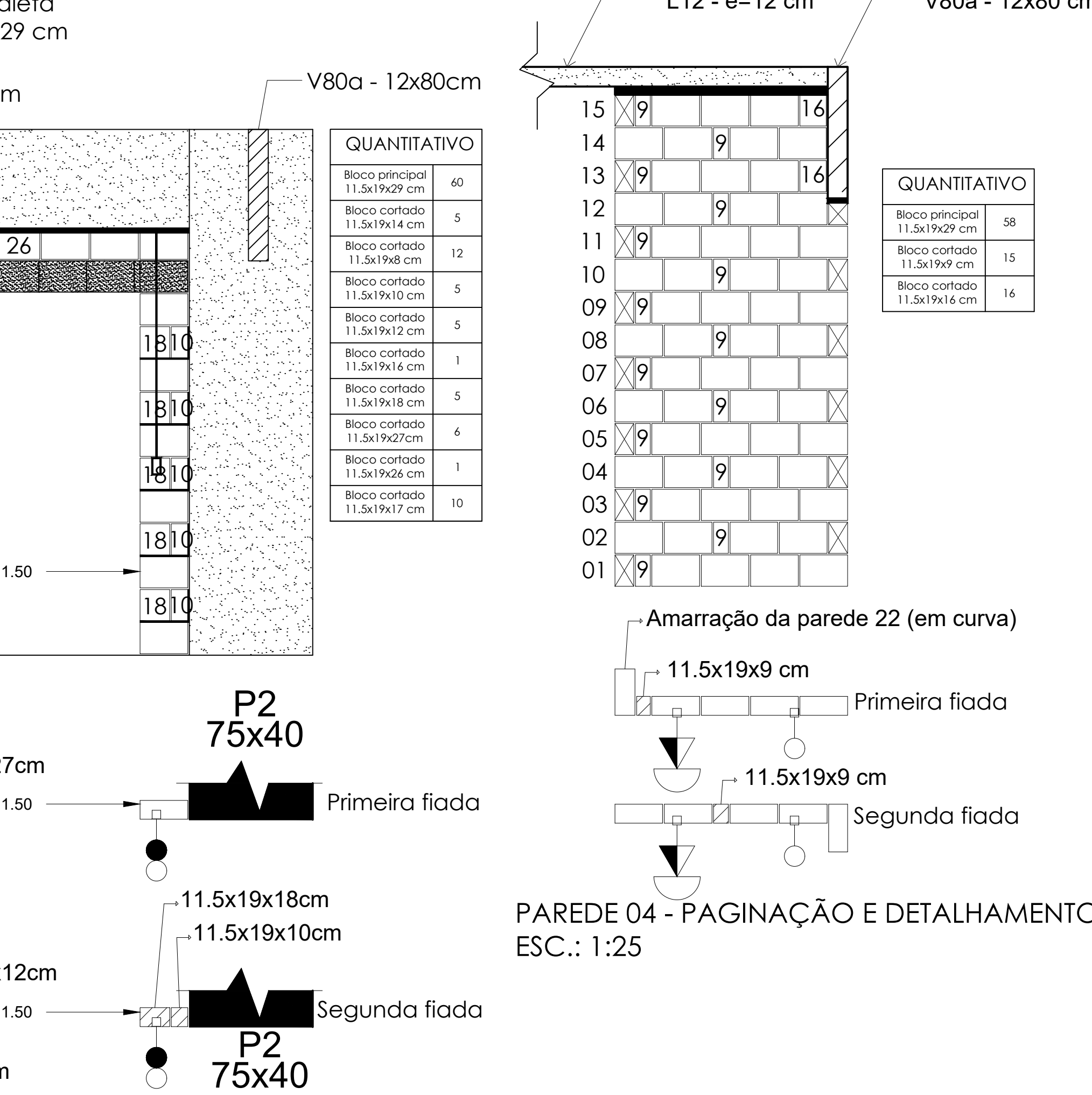
PAREDE 02 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



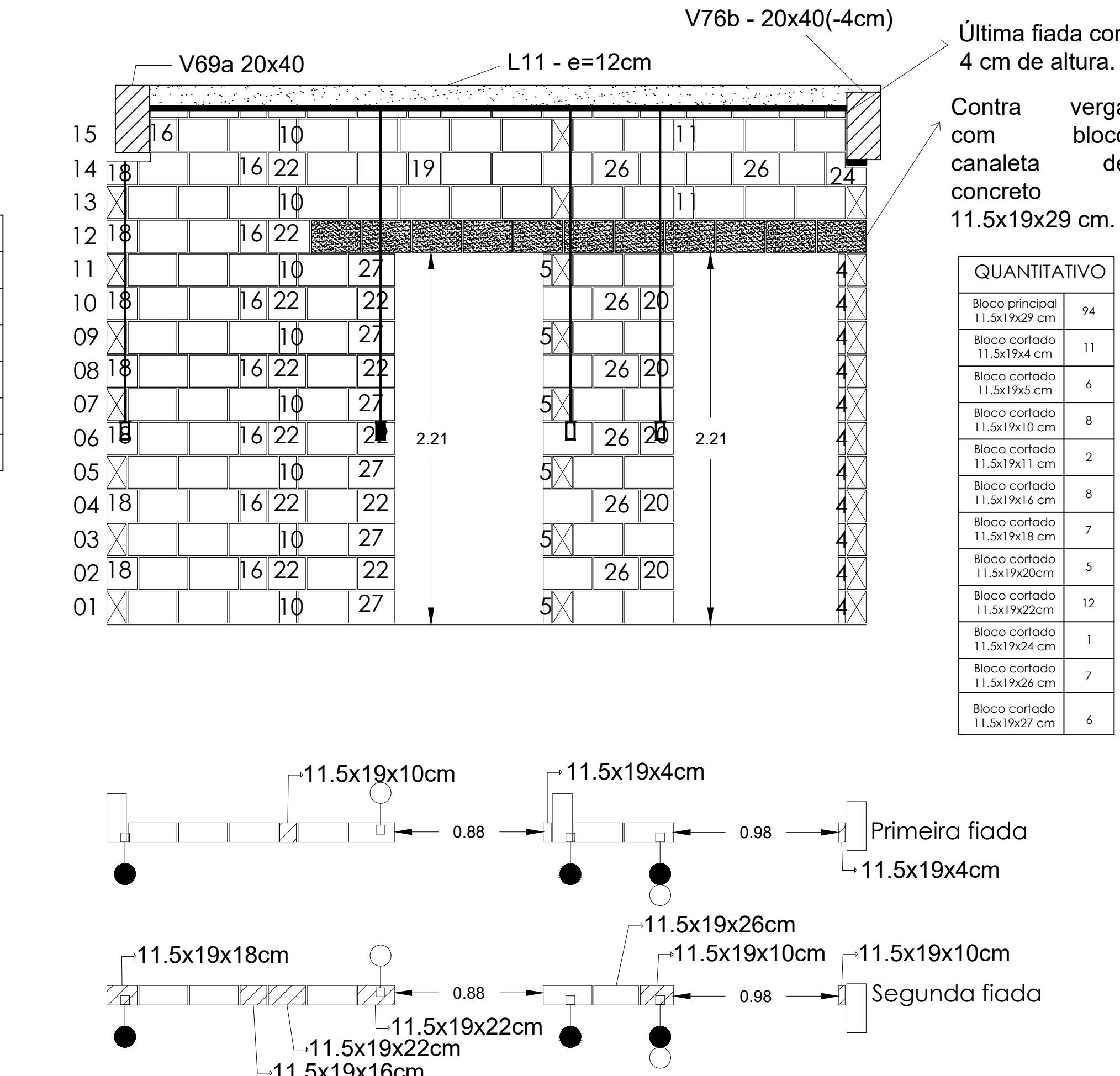
PAREDE 05 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



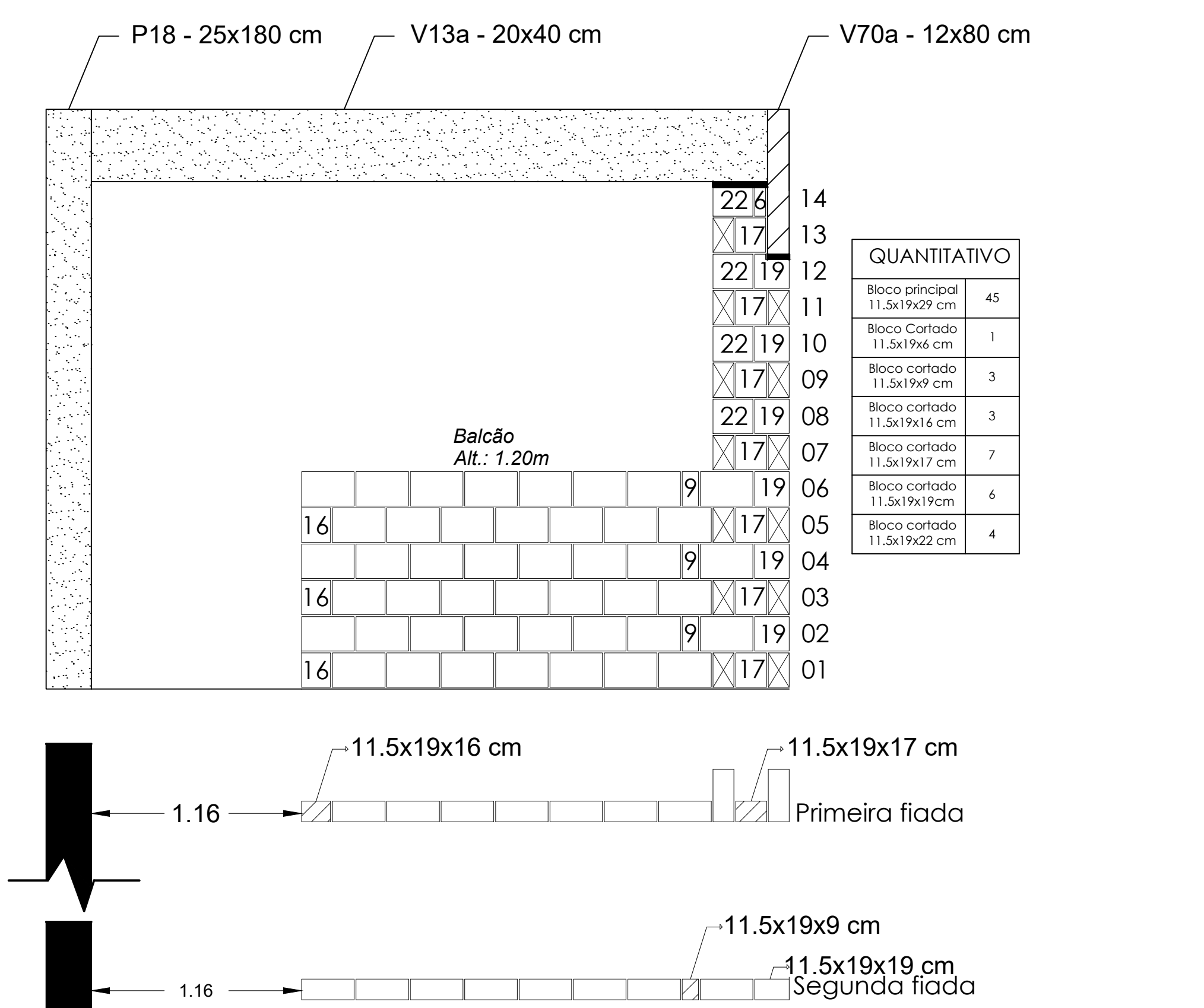
PAREDE 07 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



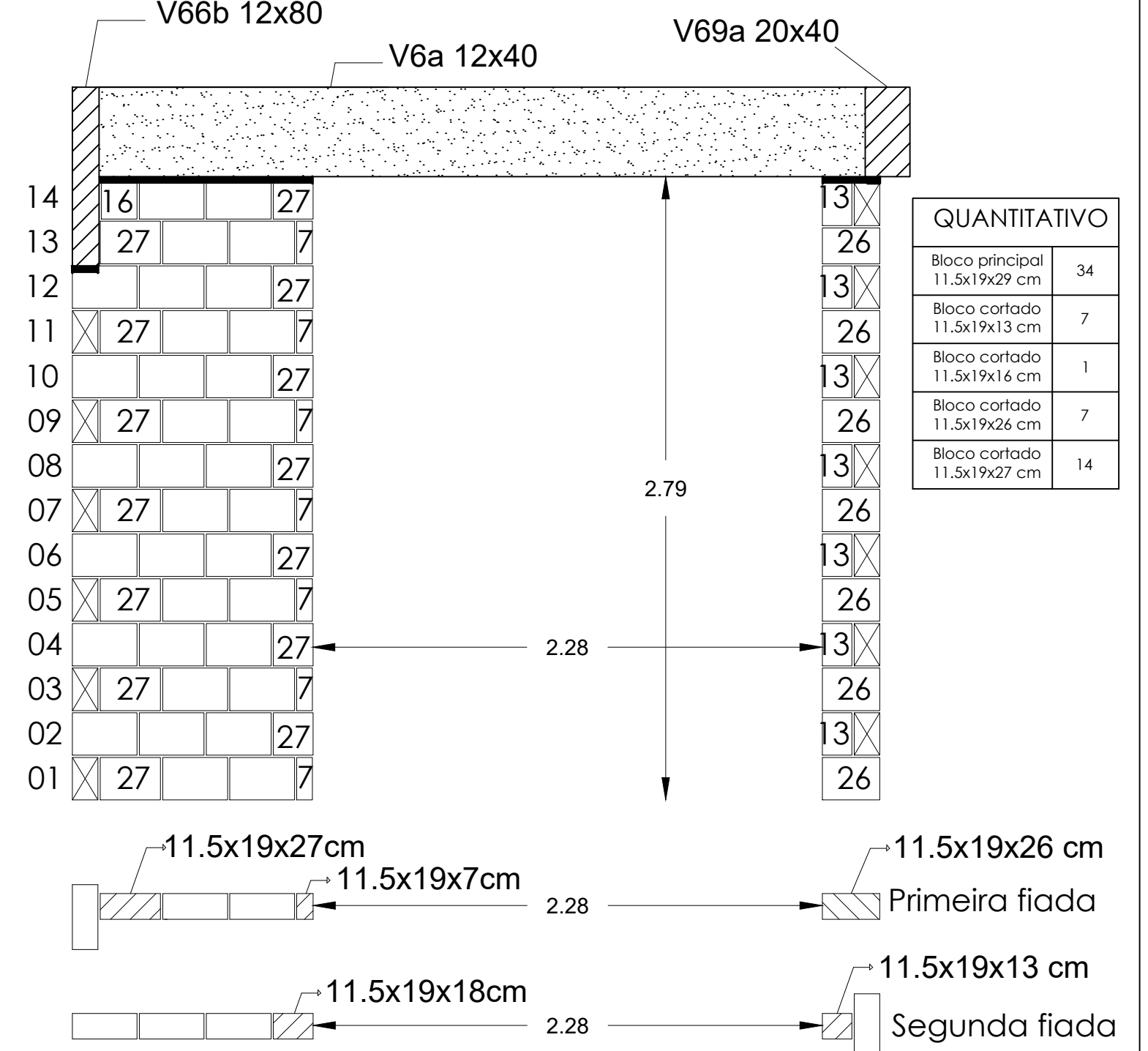
PAREDE 04 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



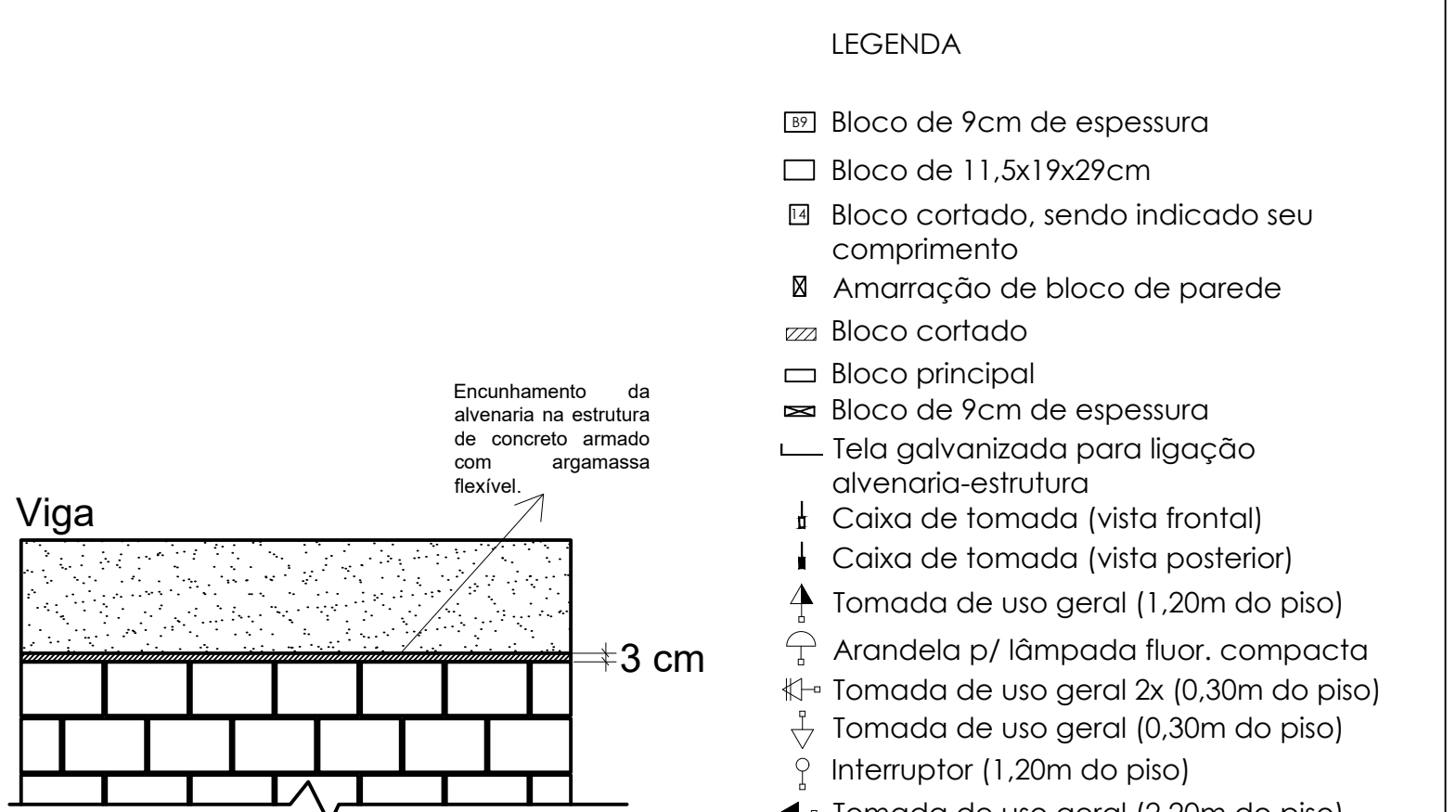
PAREDE 06 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



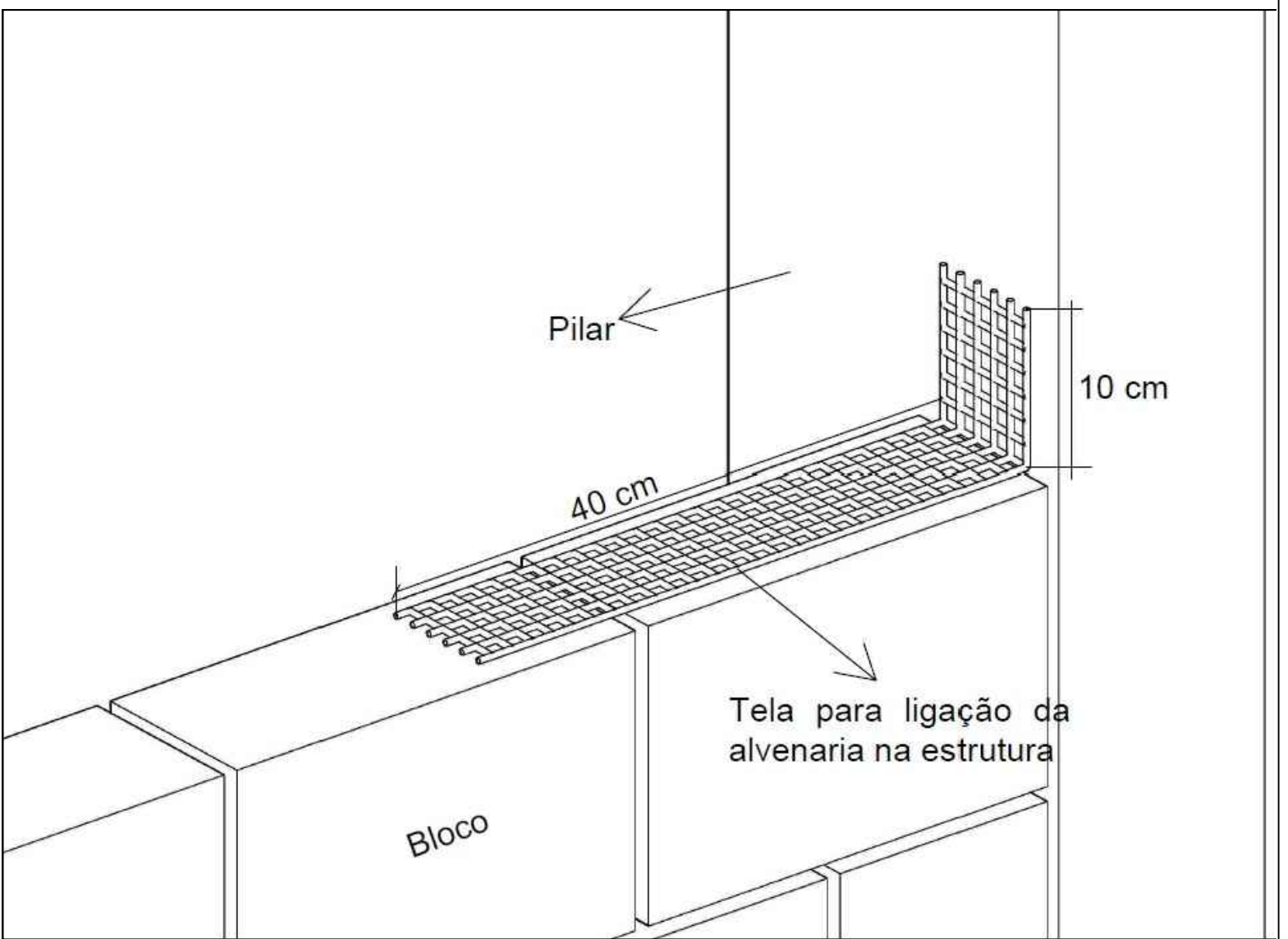
PAREDE 08 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



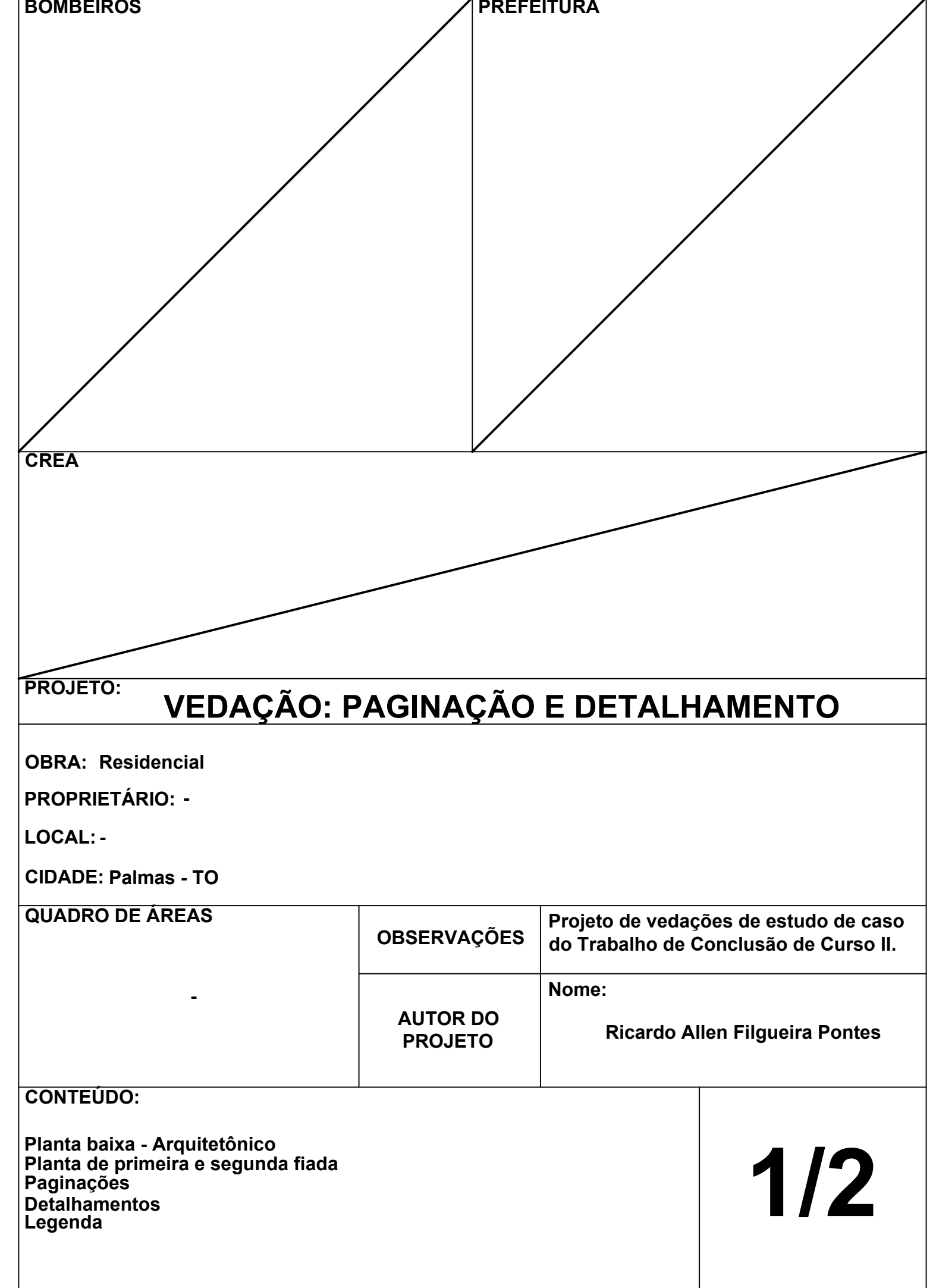
PAREDE 03 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



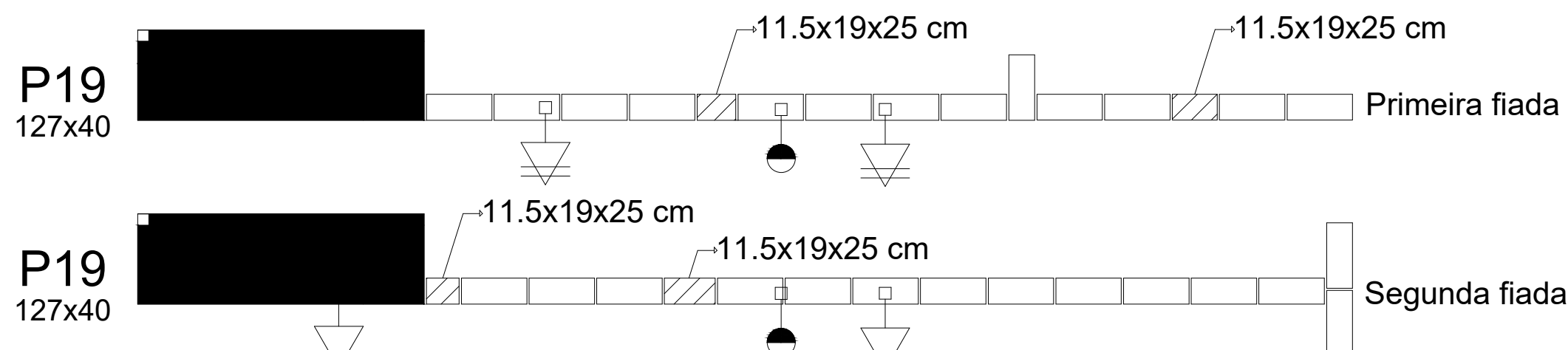
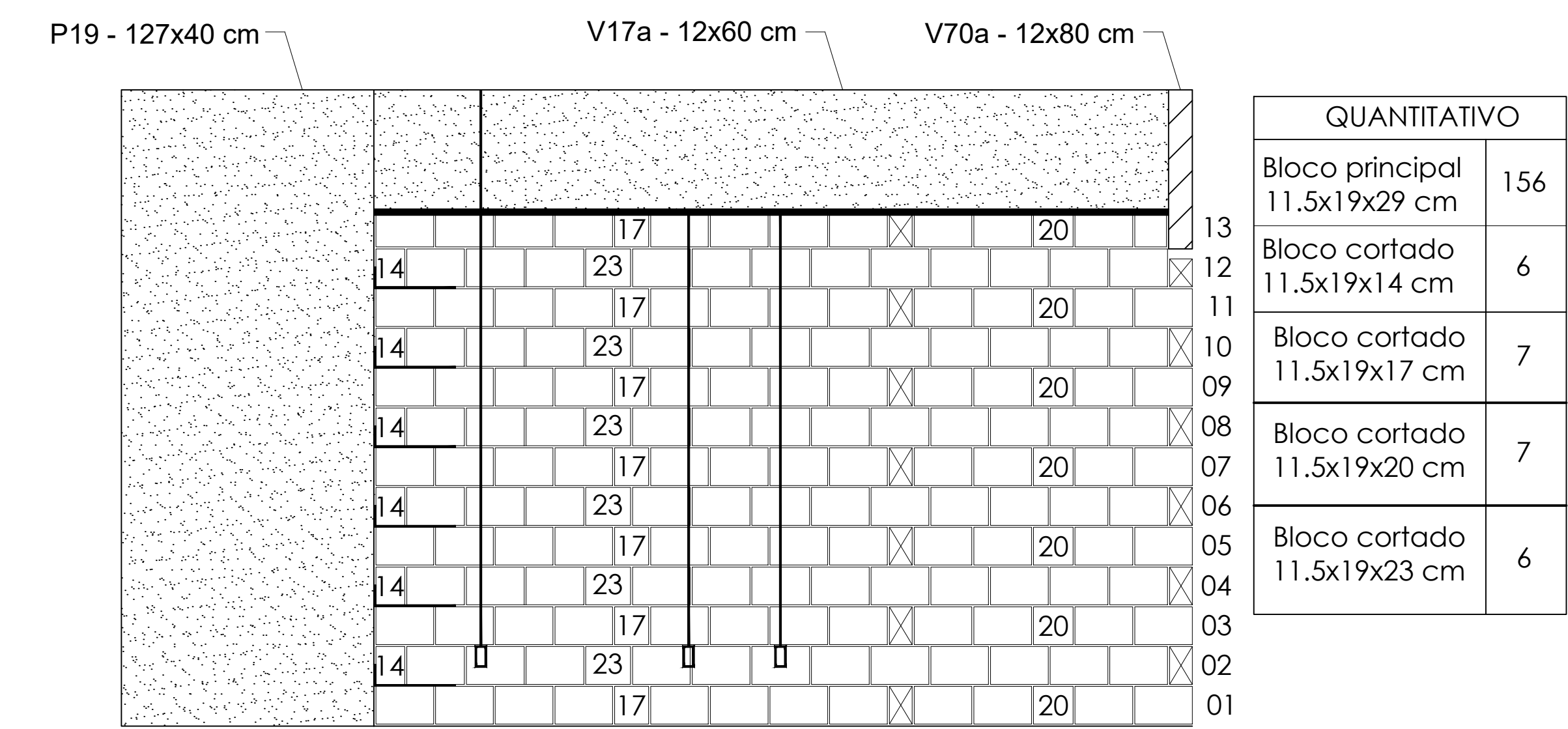
PAREDE 09 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



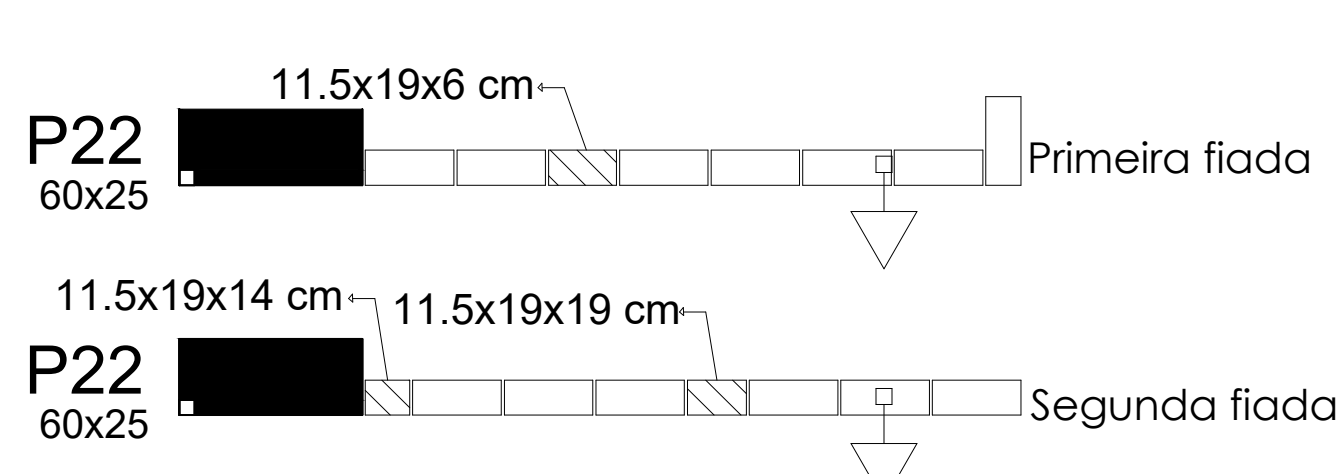
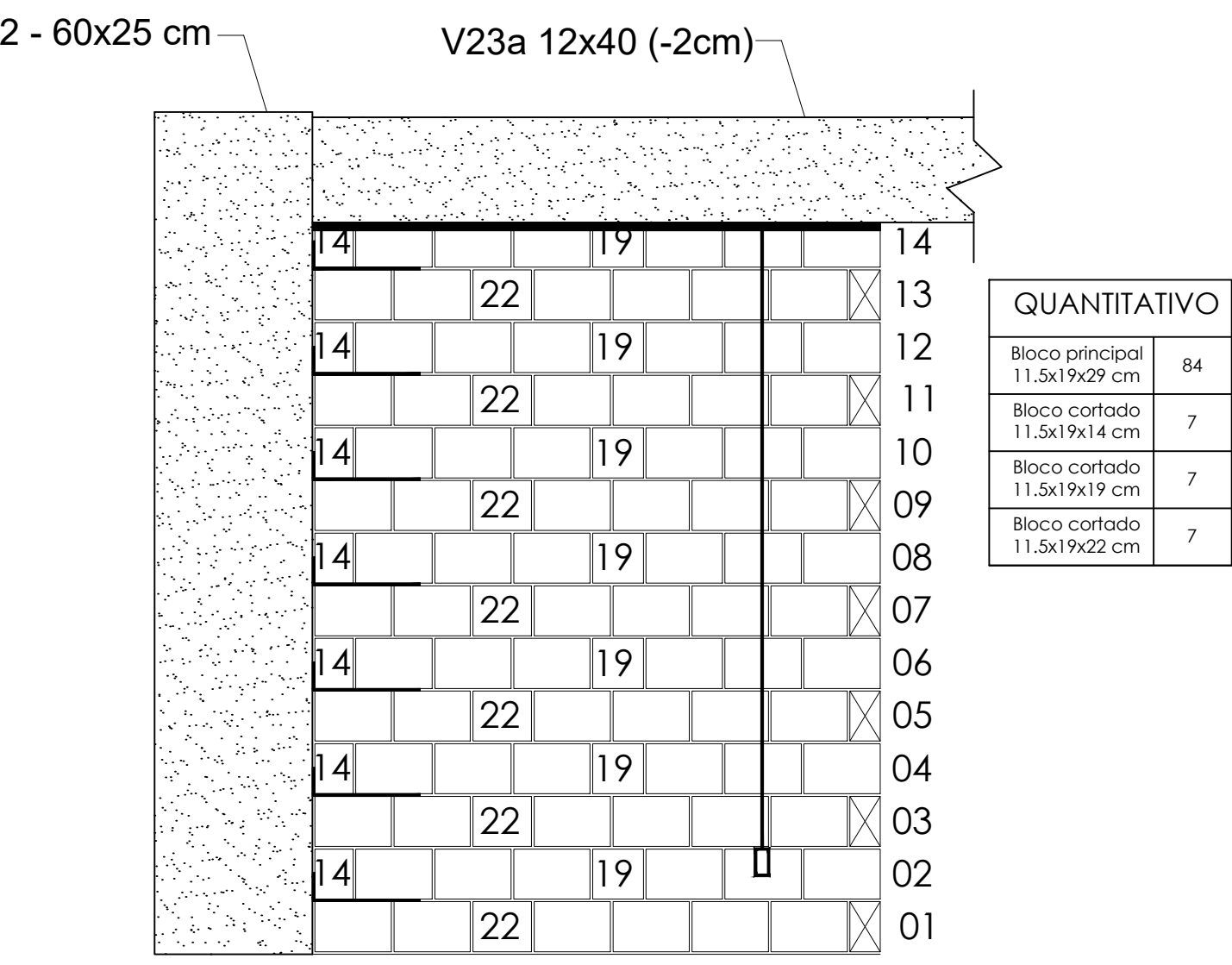
PAREDE 10 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



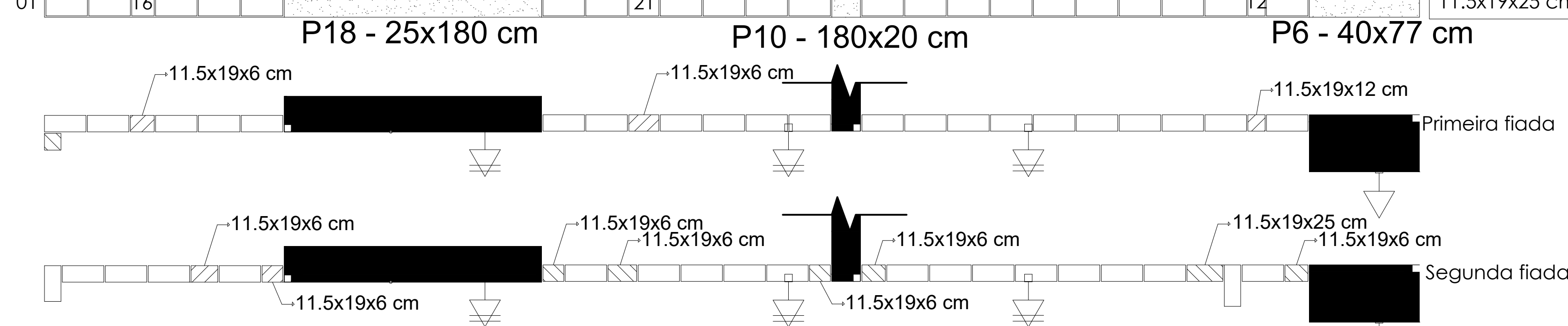
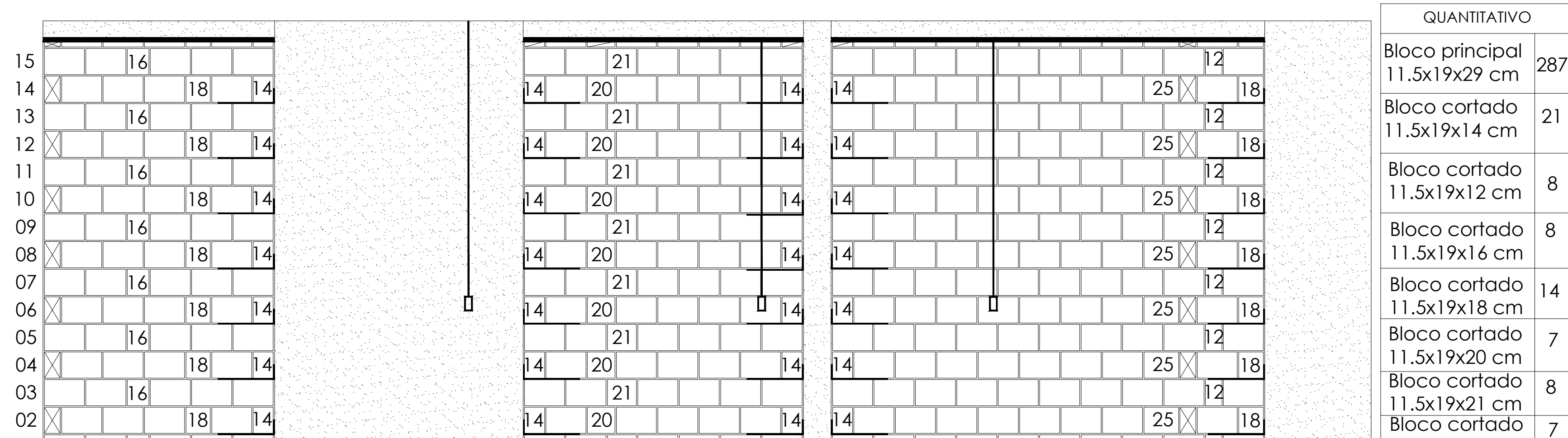
PAREDE 11 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
Esc.: 1:25



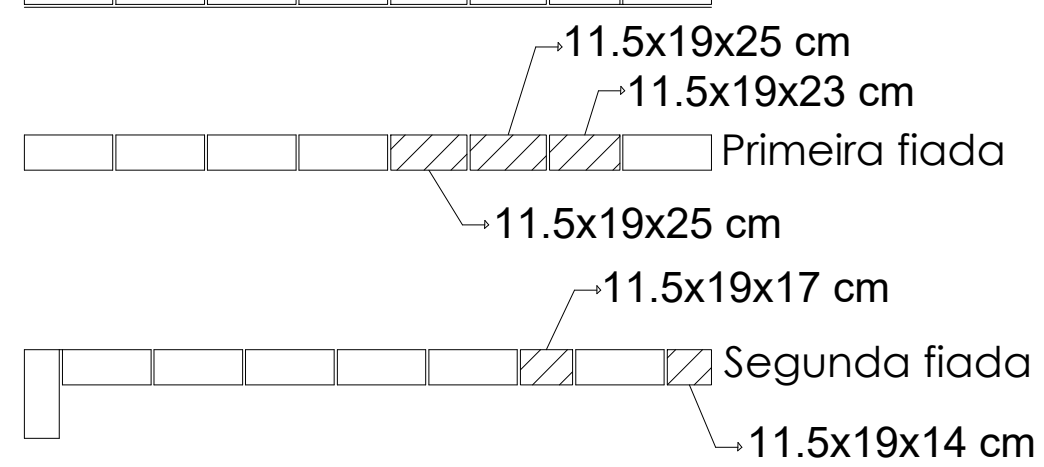
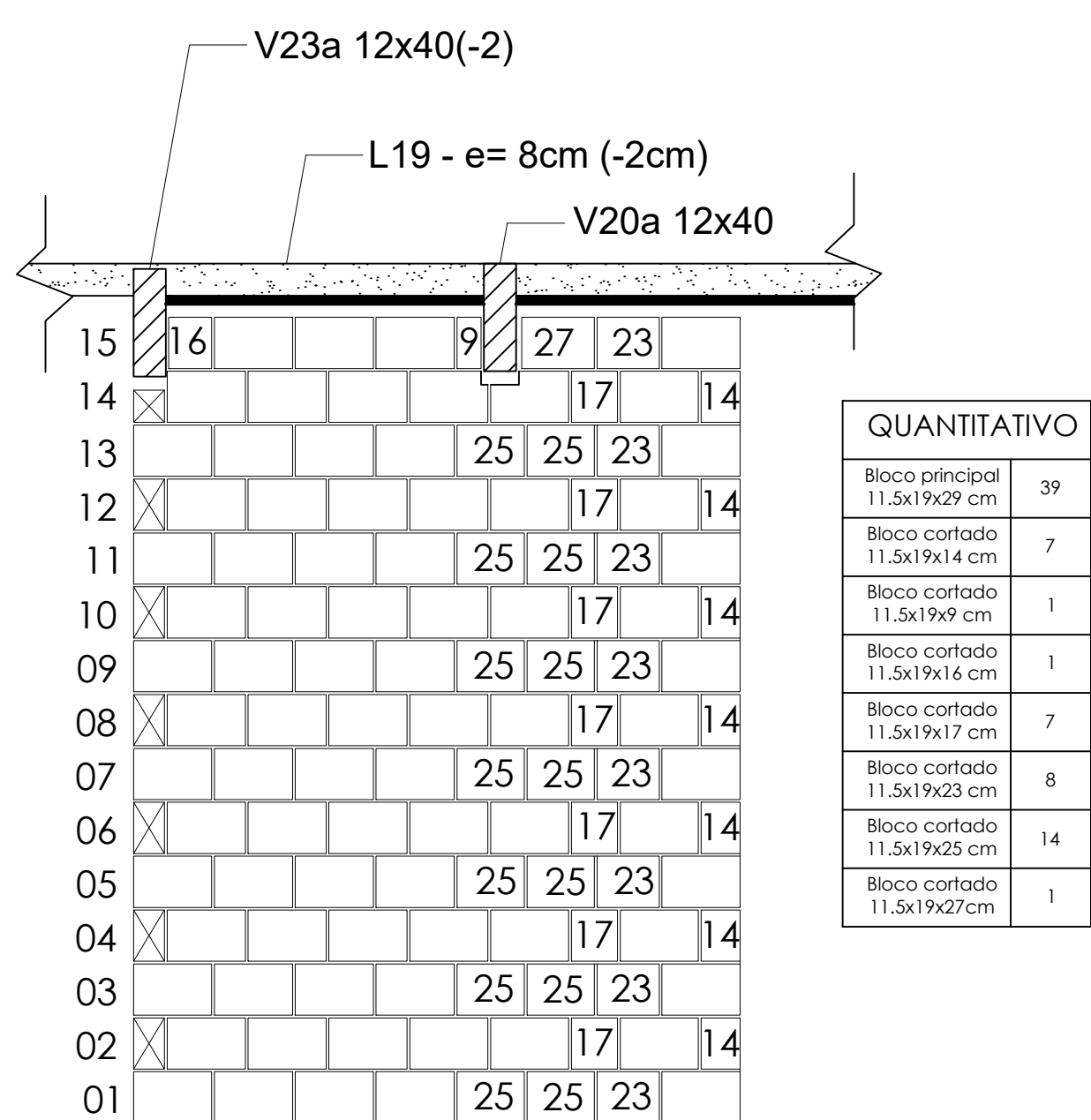
PAREDE 09 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



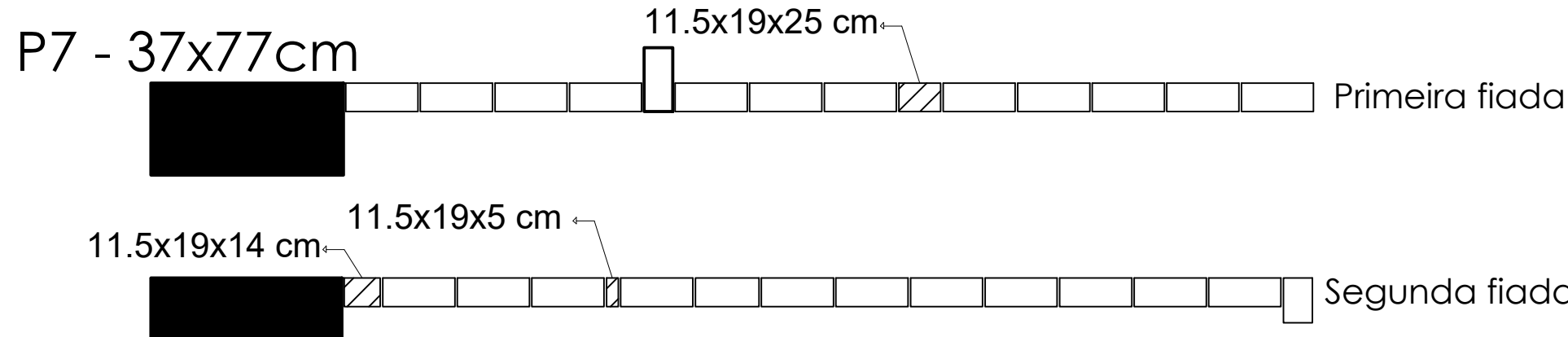
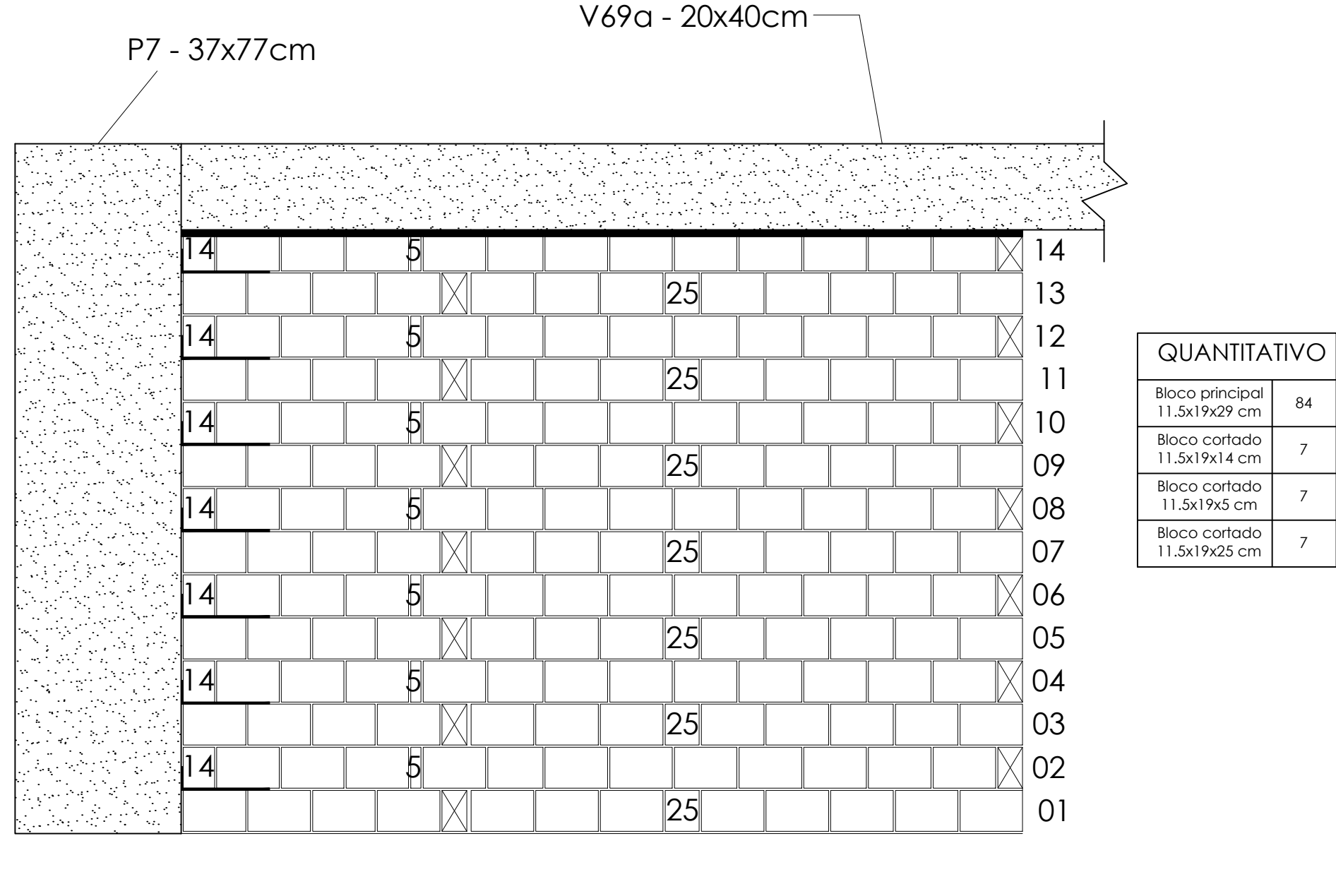
PAREDE 10 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



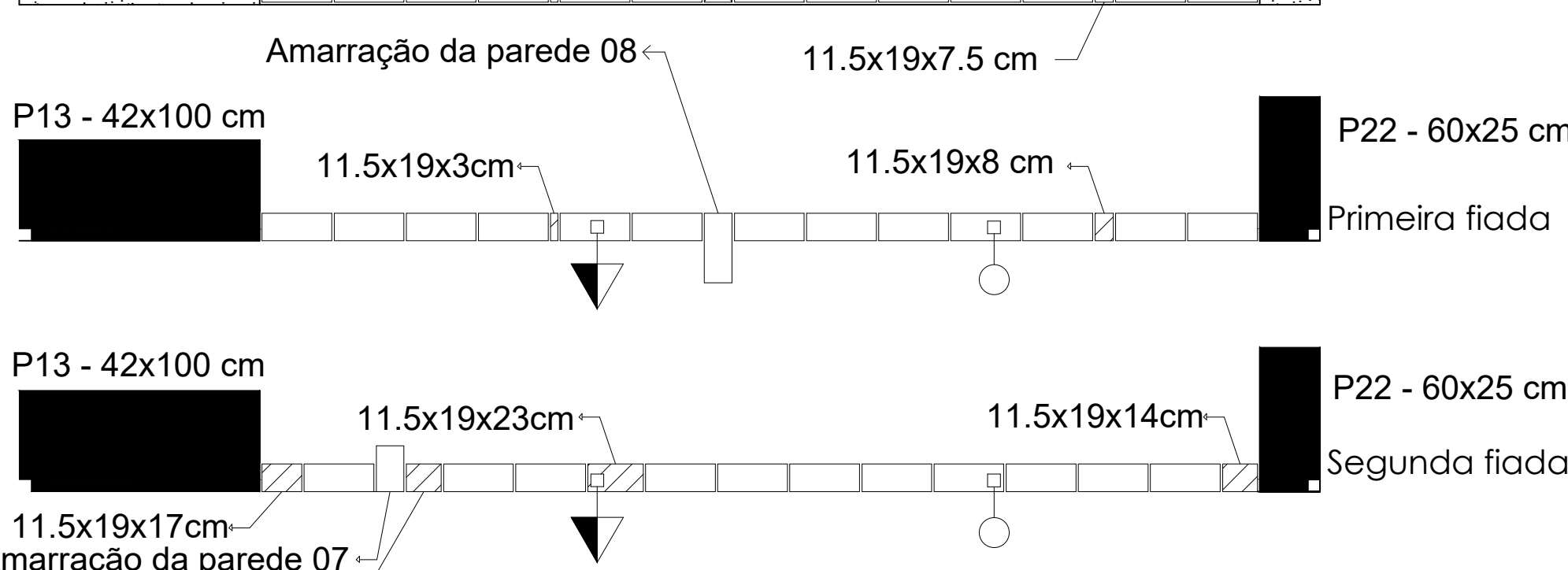
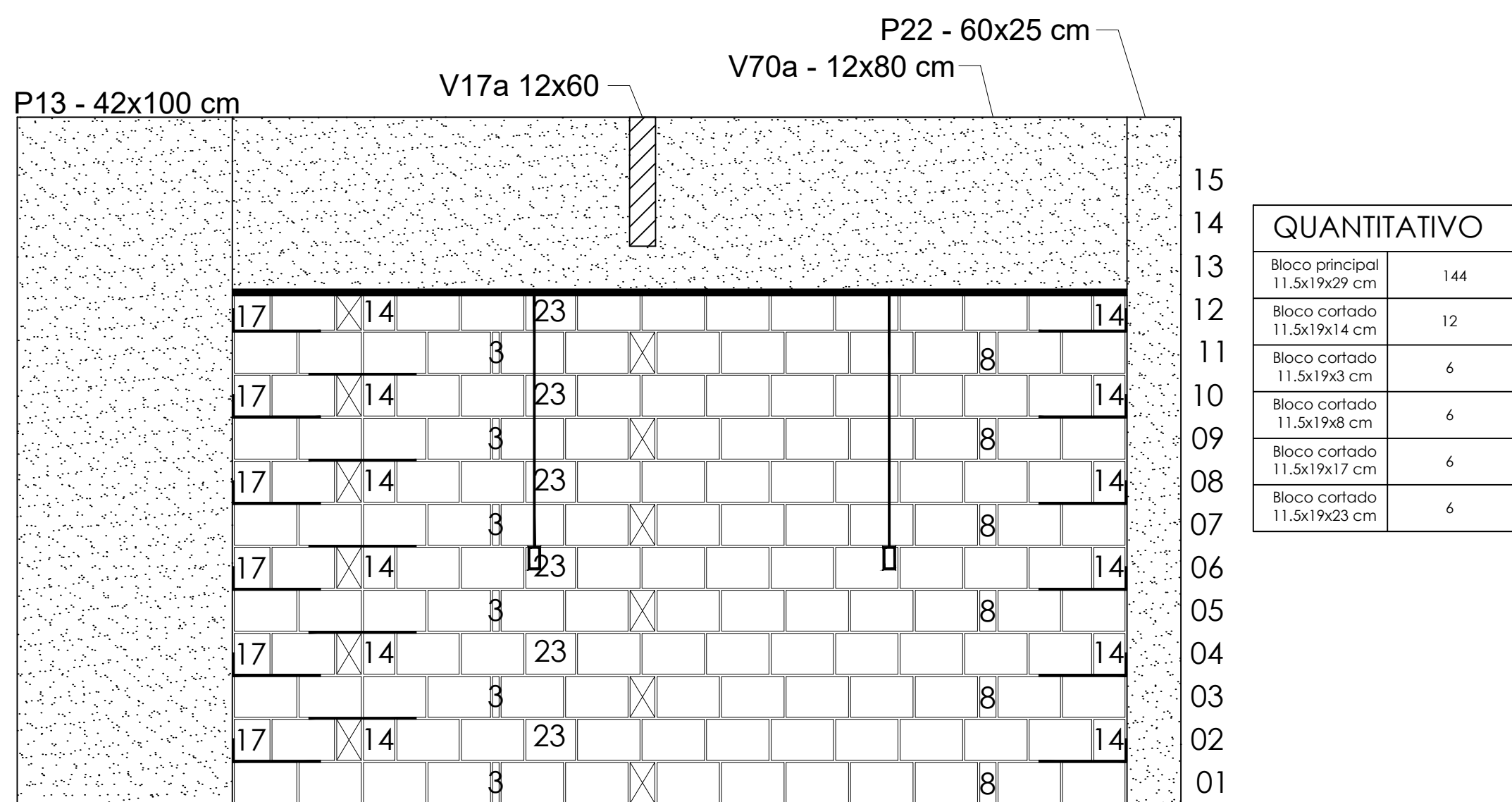
PAREDE 11 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



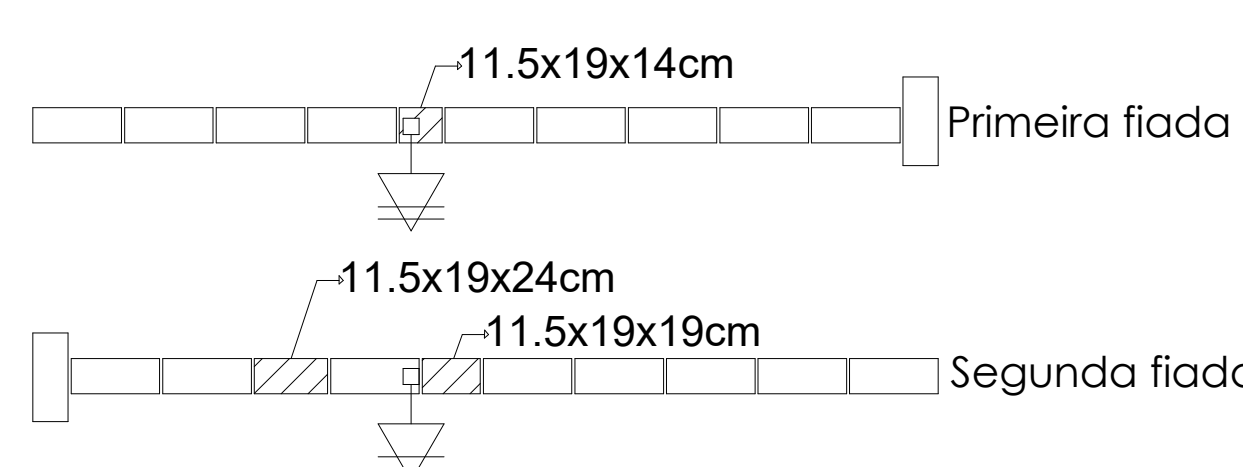
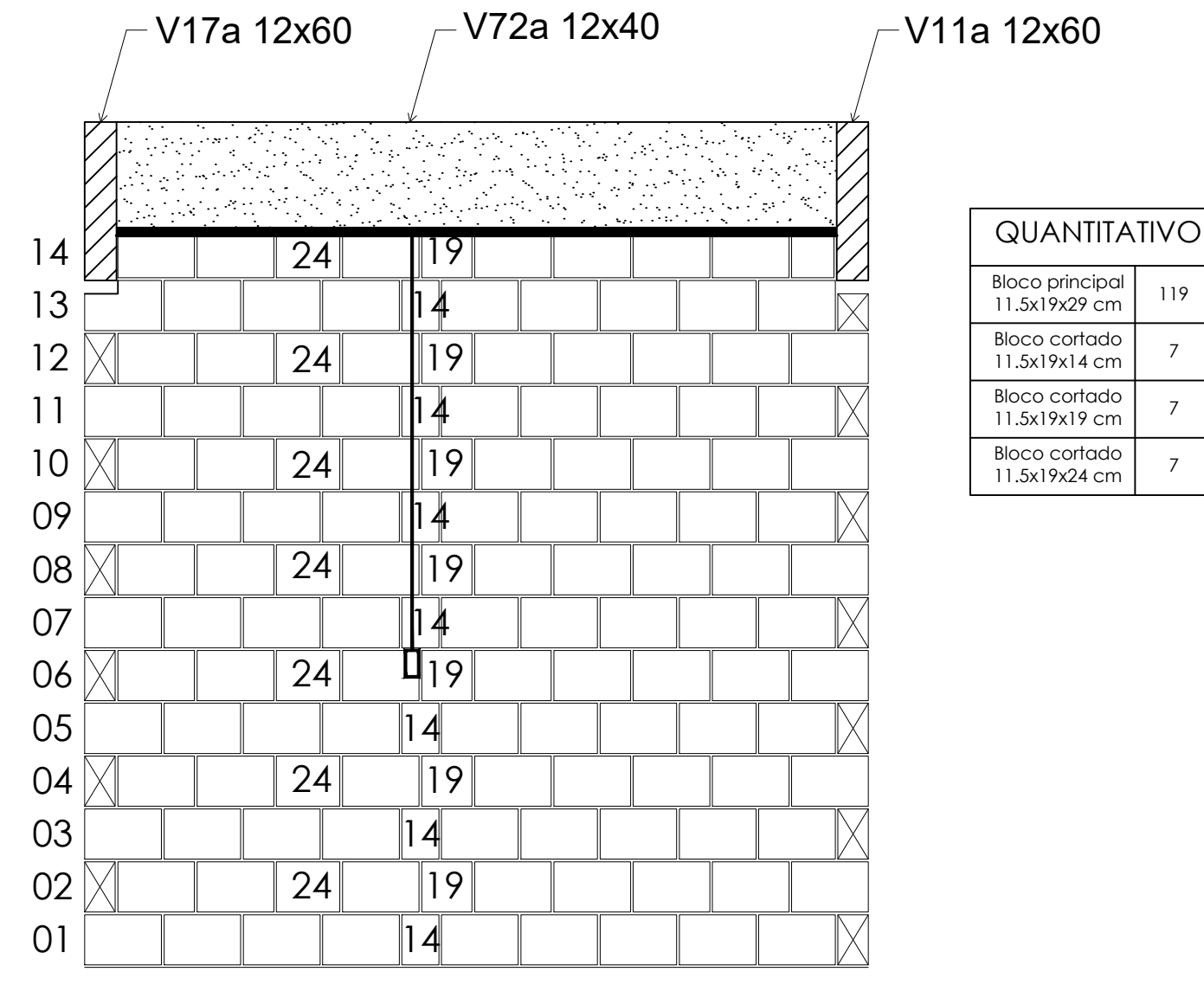
PAREDE 12 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



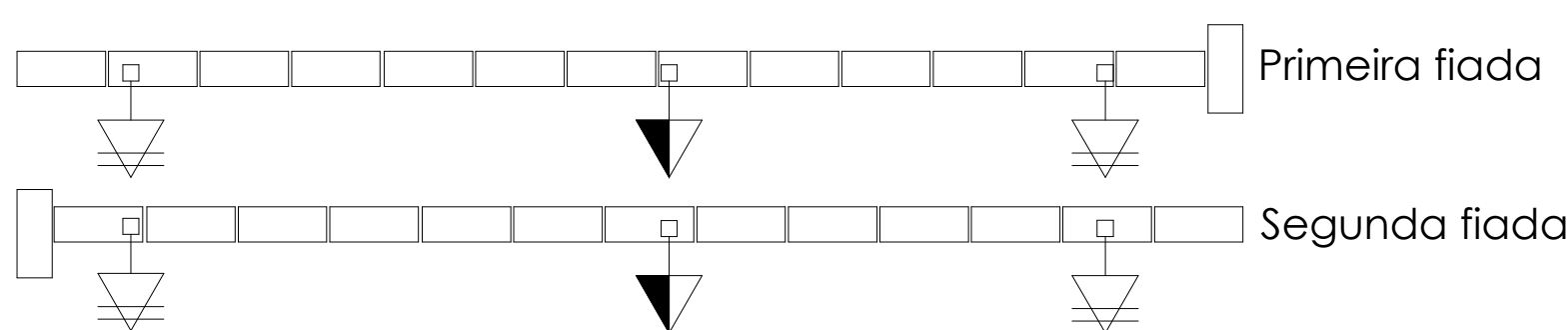
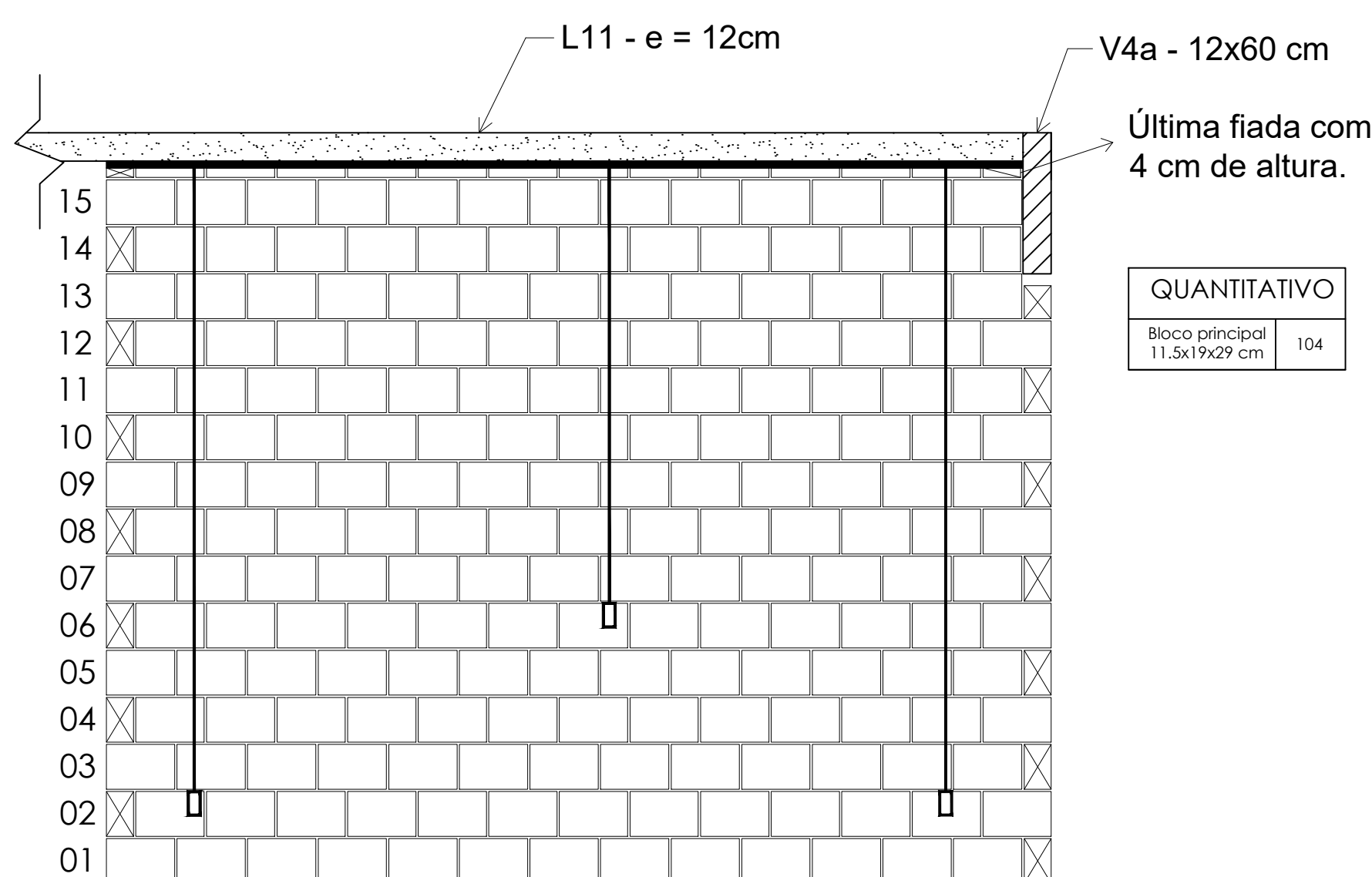
PAREDE 13 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



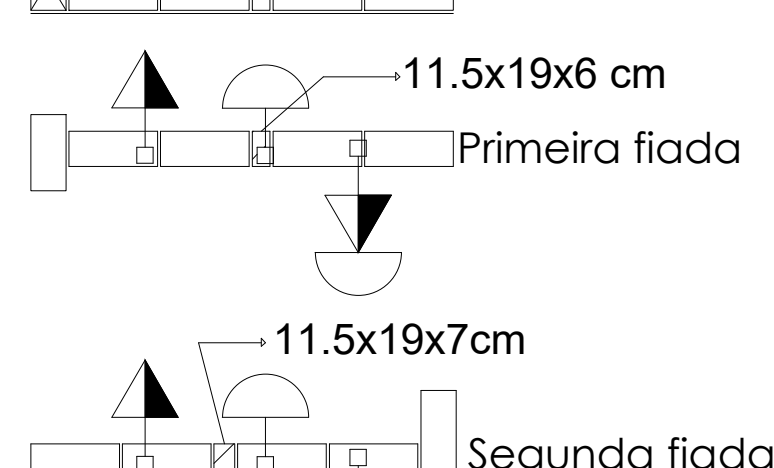
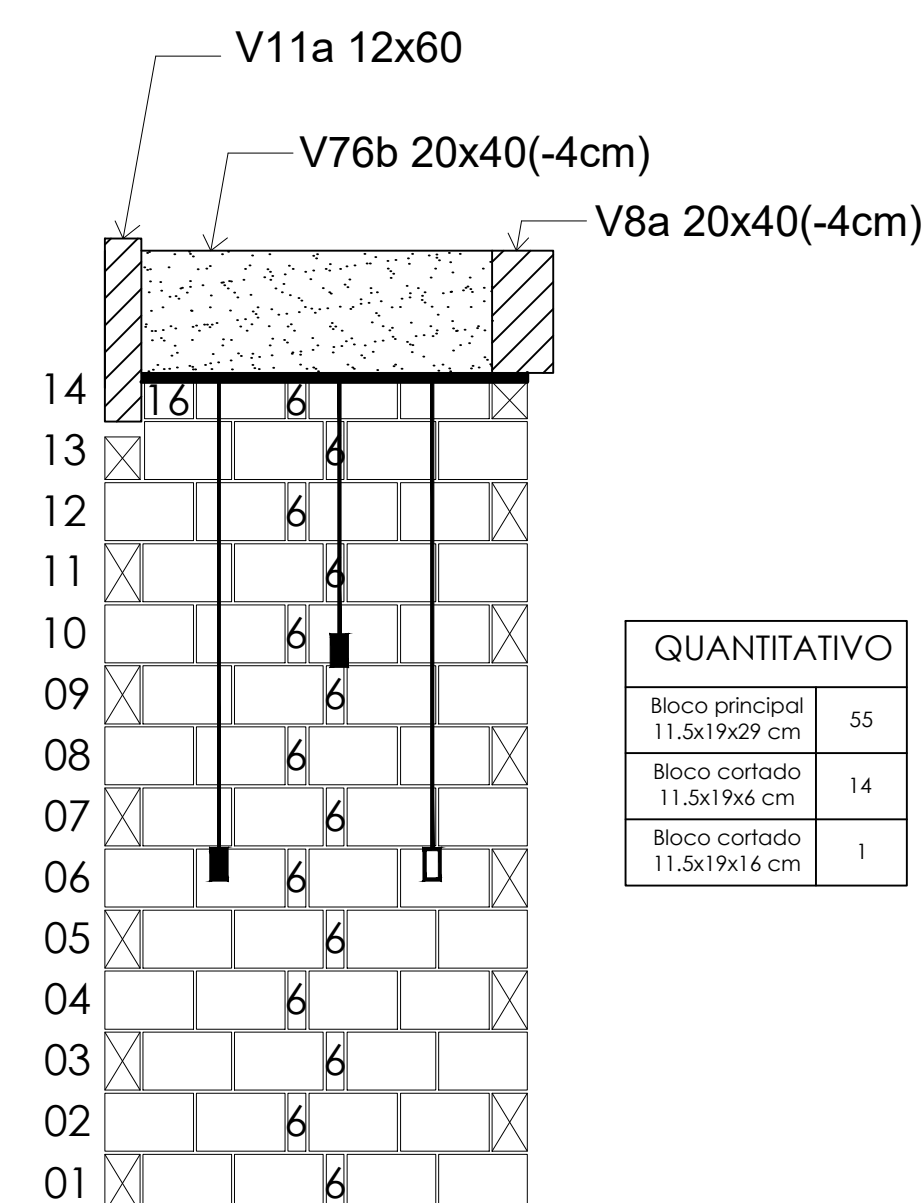
PAREDE 14 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



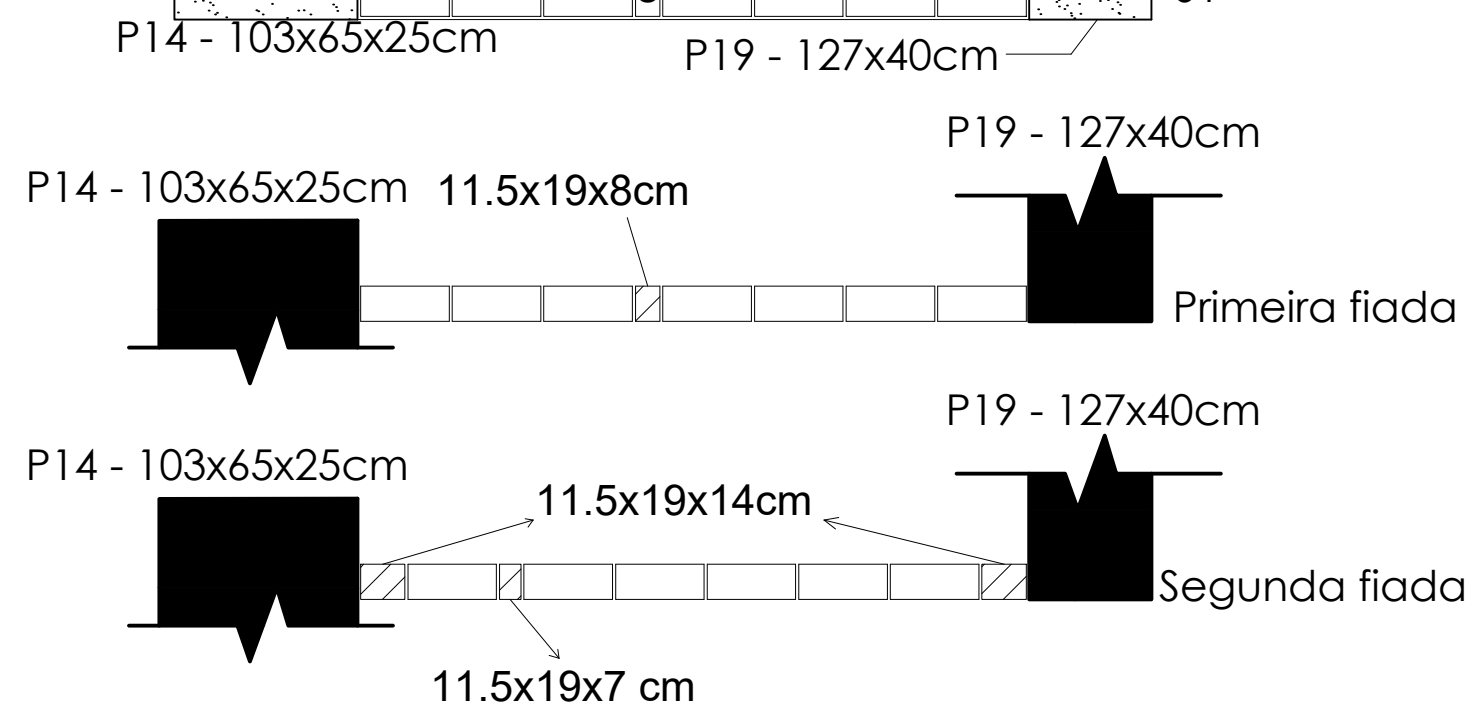
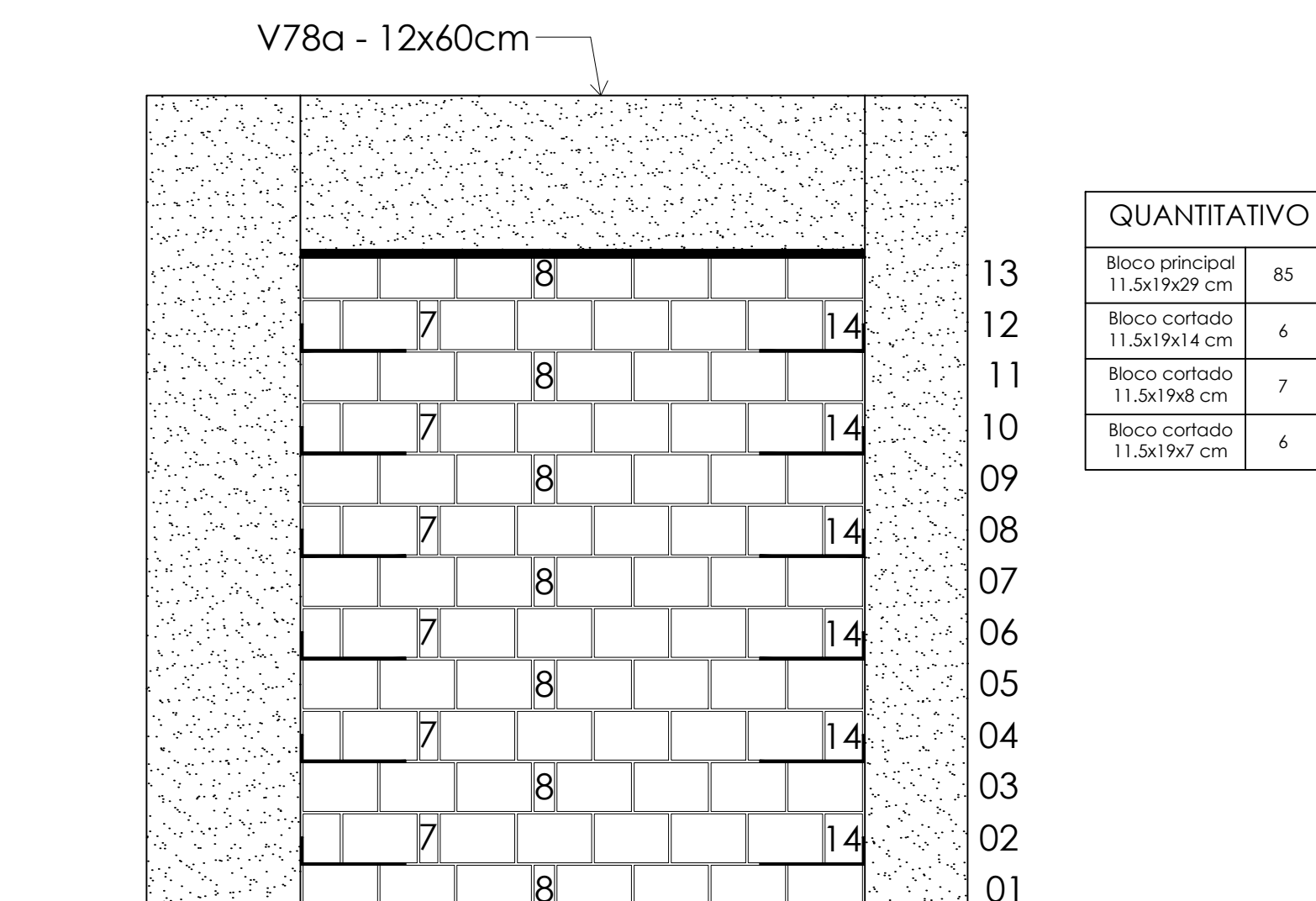
PAREDE 15 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



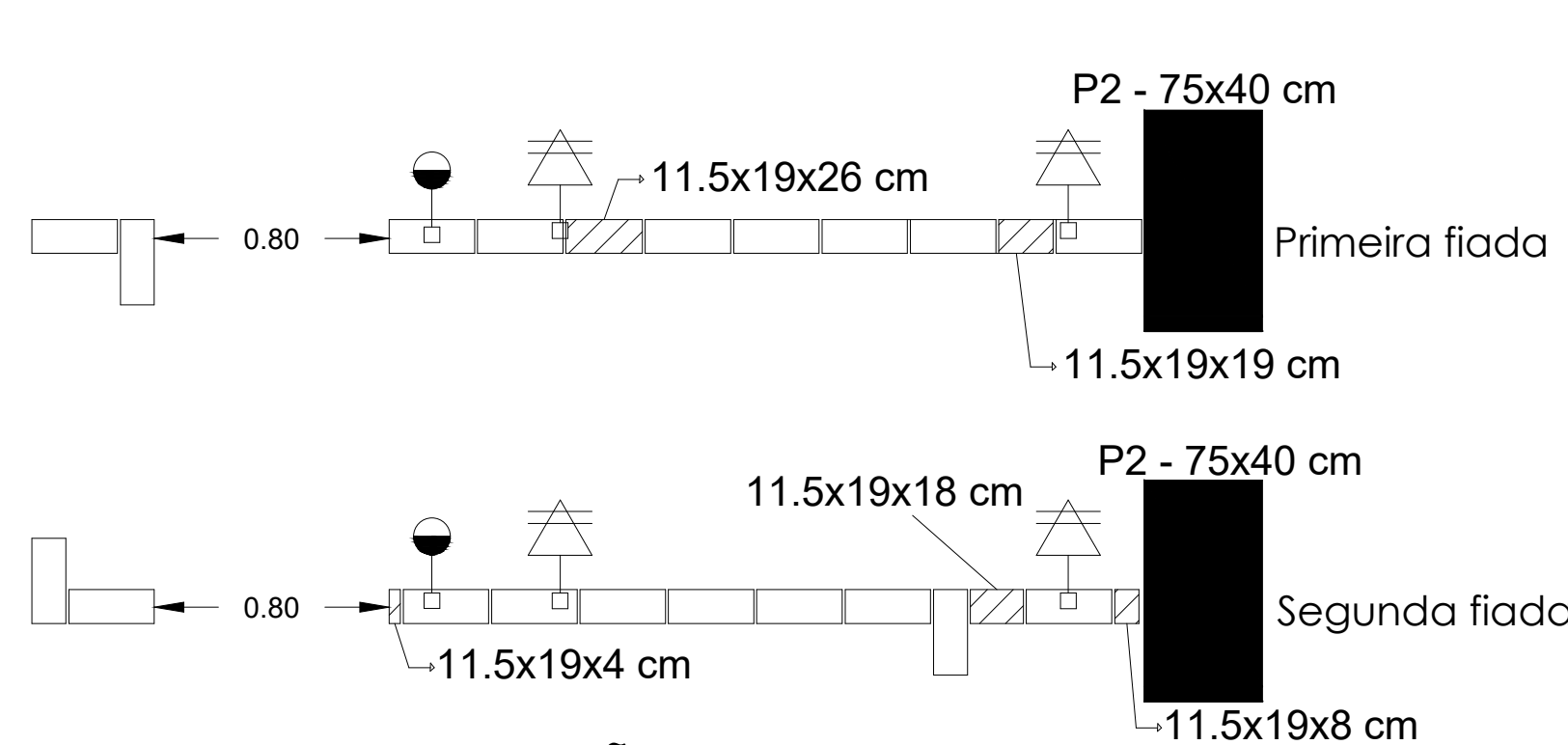
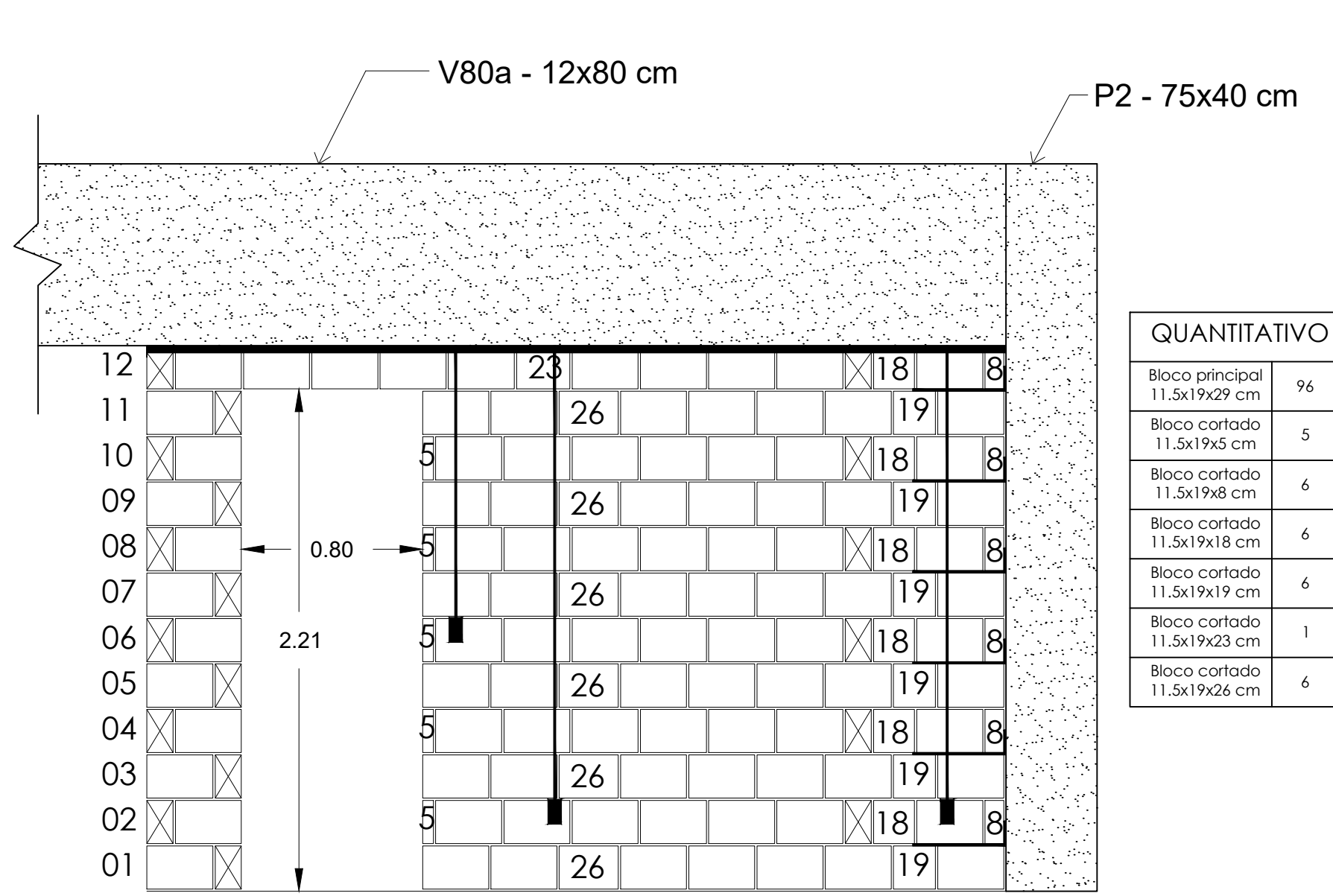
PAREDE 16 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



PAREDE 17 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



PAREDE 18 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25



PAREDE 19 - PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO
ESC.: 1:25

LEGENDA

- Bloco de 9cm de espessura
- Bloco de 11.5x19x29cm
- Bloco cortado, sendo indicado seu comprimento
- Amarração de bloco de parede
- Bloco cortado
- Bloco principal
- Tela galvanizada para ligação alvenaria-estrutura
- Caixa de tomada (vista frontal)
- Tomada de uso geral (1.20m do piso)
- Arandela p/ lâmpada fluor. compacta
- Tomada de uso geral 2x (0.30m do piso)
- Tomada de uso geral (0.30m do piso)
- Interruptor (1.20m do piso)
- Tomada de uso geral (2.20m do piso)
- Quadro de distribuição elétrica (1.50 m do piso)

BOMBEIROS		PREFEITURA	
CREA			
PROJETO: VEDAÇÃO: PAGINAÇÃO E DETALHAMENTO			
OBRA: Residencial			
PROPRIETÁRIO: -			
LOCAL: -			
CIDADE: Palmas - TO			
QUADRO DE ÁREAS		OBSERVAÇÕES	Projeto de vedações de estudo de caso do Trabalho de Conclusão de Curso II.
		AUTOR DO PROJETO	Nome: Ricardo Allen Filgueira Pontes
CONTEÚDO: Paginações Legenda			