



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA**  
**CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PLANEJAMENTO DO USO DE BLOCO CERÂMICO EM ALVENARIA DE**  
**VEDAÇÃO E CONTROLE DO VOLUME DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE**  
**CONSTRUÇÃO CIVIL**

**LUCAS LIMA SANTOS**

**BARREIRAS-BA**  
**SETEMBRO-2024**

**LUCAS LIMA SANTOS**

**PLANEJAMENTO DO USO DE BLOCO CERÂMICO EM ALVENARIA DE  
VEDAÇÃO E CONTROLE DO VOLUME DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do  
Oeste da Bahia, como requisito à obtenção do grau de  
Engenheiro Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. Dennis Coelho Cruz

**BARREIRAS-BA  
SETEMBRO-2024**

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

S237 Santos, Lucas Lima.

Planejamento do uso de bloco cerâmico em alvenaria de vedação e controle do volume de resíduos sólidos de construção civil. / Lucas Lima Santos. – 2024.

95f.

Orientador: Prof. Dr. Dennis Coelho Cruz.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. Barreiras, BA, 2024.

1. Bloco Cerâmico. 2. Coordenação Modular. 3. Alvenaria Racionalizada. 4. Resíduos. I. Cruz, Dennis Coelho. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 624

---

**LUCAS LIMA SANTOS**

**PLANEJAMENTO DO USO DE BLOCO CERÂMICO EM ALVENARIA DE  
VEDAÇÃO E CONTROLE DO VOLUME DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do  
Oeste da Bahia, como requisito parcial à obtenção do  
grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em 30 de agosto de 2024

**Banca Examinadora**

Orientador(a): \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Dennis Coelho Cruz  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Kuelson Rândello Dantas Maciel  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Suzy Magaly Alves Cabral de Freitas  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais que fortaleceram diariamente a minha caminhada.

Aos demais familiares.

Aos colegas e amigos. Em especial aos ingressantes nos semestres 2017.1 e 2018.1, que dividiram comigo esta jornada.

A todos os docentes e demais companheiros da UFOB.

## RESUMO

A geração de resíduos é um dos maiores problemas enfrentados pelo setor da Construção Civil atualmente no Brasil. O estado da Bahia gera 7,6 milhões de toneladas de resíduo de construção civil, ao passo que a cidade de Barreiras deposita 28 mil toneladas em seus aterros. A maior parte desses resíduos da região Nordeste são oriundos de concretos, argamassas e, principalmente de cerâmica vermelha, que são gerados de uma fragmentação improvisada de um bloco cerâmico inteiro, advinda da necessidade de preenchimento dos espaços da alvenaria de vedação da construção, em conformidade com o projeto. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo reduzir o quantitativo de blocos cerâmicos fragmentados descartados em uma obra residencial (72,45 m<sup>2</sup>) na cidade de Barreiras (BA), através da reelaboração do projeto arquitetônico com substituição dos blocos cerâmicos de vedação com vazados na horizontal por outros com vazados na vertical. Para tal, de posse dos projetos executivos da obra, realizou-se um estudo teórico do assentamento dos blocos cerâmicos e da interação destes com as instalações de água fria, esgoto e elétricas, de modo a possibilitar estimativas de geração de resíduos e perdas financeiras ocasionadas pela fragmentação dos blocos cerâmicos convencionais (9x19x19 cm). Posteriormente, aplicando os conceitos de coordenação modular e alvenaria racionalizada, realizou-se a reelaboração do projeto arquitetônico com a utilização dos blocos cerâmicos com vazados da vertical (11,5x19x29cm). Ao fim deste processo, comparou-se os cenários a fim de explicar as vantagens auferidas mediante a substituição do projeto arquitetônico. Destaca-se que o planejamento do assentamento de blocos cerâmicos do projeto arquitetônico original apresentou uma geração de 9,11 kg por m<sup>2</sup> de resíduos sólidos, estimado em 660,04 kg de material descartado, o que corresponde a 17,97% do total despendido na aquisição de blocos cerâmicos. Ao passo que, a proposta de projeto reelaborado apresentou uma redução de 95,20% no descarte de material e que a adoção da metodologia do conceito de coordenação modular e alvenaria racionalizada poder-se-á conduzir à uma obra menos onerosa e poluidora, e com otimização de recursos financeiros, energéticos e ambientais.

**Palavras-chave:** Bloco Cerâmico, Coordenação Modular, Alvenaria Racionalizada, Resíduos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição média dos materiais de RCD no estado da Bahia.....	16
Figura 2: Alvenaria de vedação tradicional.....	22
Figura 3: Vedação em drywall.....	23
Figura 4: Alvenaria racionalizada e a estrutura.....	25
Figura 5: Alvenaria racionalizada e as esquadrias.....	25
Figura 6a: Bloco cerâmico de vedação com vazados na horizontal.....	26
Figura 6b: Bloco cerâmico de vedação com vazados na vertical.....	26
Figura 7: Acomodação de instalações.....	27
Figura 8: Rasgos em alvenaria para embutimento de instalações.....	28
Figura 9: Execução da primeira fileira de blocos cerâmicos.....	29
Figura 10: Tela metálica eletrossoldada executada.....	29
Figura 11: Projeção de tela metálica eletrossoldada.....	30
Figura 12: Execução de vergas.....	31
Figura 13: Execução de verga e contraverga.....	31
Figura 14: Desenho esquemático das etapas.....	35
Figura 15: Projeto Arquitetônico.....	37
Figura 16: Projeto de instalações de água fria.....	38
Figura 17: Projeto de instalações de esgoto.....	39
Figura 18: Projeto de instalações elétricas.....	40
Figura 19: Planejamento da primeira fileira de blocos.....	42
Figura 20: Planejamento da segunda fiada.....	43
Figura 21: Elevação frontal da Parede 1.....	44
Figura 22: Elevação frontal da Parede 2.....	44
Figura 23a: Fragmentação 1/2 bloco.....	45
Figura 23b: Fragmentação 1/4 e 3/4 de bloco.....	45
Figura 23c: Fragmentação 1/3 e 2/3 de bloco.....	45
Figura 23d: Fragmentação 1/6 e 5/6 de bloco.....	45
Figura 24 Composição do material descartado pelas fases da obra.....	53
Figura 25: Contribuição financeiras dos descartes de resíduos por etapa de execução.....	58
Figura 26 Projeto arquitetônico reelaborado com execução da primeira fiada.....	60
Figura 27: Parede 1 reelaborada.....	61
Figura 28: Elevação da parede 3.....	74
Figura 29: Elevação da parede 4A .....	74

Figura 30: Elevação da parede 4B.....	75
Figura 31: Elevação da parede 5A.....	75
Figura 32: Elevação da parede 5B.....	76
Figura 33: Elevação da parede 6.....	76
Figura 34: Elevação da parede 7A.....	77
Figura 35: Elevação da parede 7B.....	77
Figura 36: Elevação da parede 8A.....	78
Figura 37: Elevação da parede 8B.....	78
Figura 38: Elevação da parede 9A.....	79
Figura 39: Elevação da parede 9B.....	79
Figura 40: Elevação da parede 10A.....	80
Figura 41: Elevação da parede 10B.....	80
Figura 42: Elevação da parede 11A.....	81
Figura 43 Elevação da parede 11B.....	81
Figura 44: Elevação da parede 12A.....	82
Figura 45: Elevação da parede 12B.....	82
Figura 46: Elevação da parede 13A.....	83
Figura 47: Elevação da parede 13B .....	83
Figura 48: Elevação da parede 2 .....	84
Figura 49: Elevação da parede 3.....	84
Figura 50: Elevação da parede 4A .....	85
Figura 51: Elevação da parede 4B.....	85
Figura 52: Elevação da parede 5A.....	86
Figura 53: Elevação da parede 5B.....	86
Figura 54: Elevação da parede 6.....	87
Figura 55: Elevação da parede 7A.....	87
Figura 56: Elevação da parede 7B.....	88
Figura 57: Elevação da parede 8A.....	88
Figura 58: Elevação da parede 8B.....	89
Figura 59: Elevação da parede 9A.....	89
Figura 60: Elevação da parede 9B.....	90
Figura 61: Elevação da parede 10A.....	90
Figura 62: Elevação da parede 10B.....	91
Figura 63: Elevação da parede 11A.....	91
Figura 64: Elevação da parede 11B.....	92
Figura 65: Elevação da parede 12A.....	92

Figura 66: Elevação da parede 12B.....	93
Figura 67: Elevação da parede 13A.....	93
Figura 68: Elevação da parede 13B .....	94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantificação de resíduos gerada para montagem das alvenarias dos cômodos.....	49
Tabela 2: Quantificação de resíduos gerada pelas instalações.....	51
Tabela 3: Quantitativo total de resíduos.....	52
Tabela 4: Dados complementares do empreendimento e material descartado.....	53
Tabela 5: Valores financeiros de descarte de material para montagem dos cômodos .....	54
Tabela 6: Contabilização financeira do descarte de materiais devido às instalações prediais.....	56
Tabela 7: Contabilização financeira total do descarte de materiais .....	57
Tabela 8: Dados complementares do empreendimento do descarte em valores financeiros.....	57
Tabela 9: Quantificação de resíduos gerada pelas instalações após a reelaboração do projeto.....	62
Tabela 10: Contabilização financeira do descarte de materiais devido às instalações prediais após a reelaboração do projeto.....	63
Tabela 11: Comparação entre os planejamentos de assentamento de alvenaria.....	64
Tabela 12: Comparação do custo unitário (R\$/m <sup>2</sup> ) para assentamento de blocos cerâmicos entre os projetos avaliados.....	65
Tabela 13: Estimativa de custo para implementação dos projetos.....	65

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Quantificação de resíduos gerada para montagem das alvenarias dos cômodos.....	26
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil
AF	Coluna de Alimentação de Água Fria
CI	Caixa de Inspeção
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CR	Composição Representativa
CV	Coluna de Ventilação
NBR	Norma Brasileira
PF	Perda Financeira
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>19</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>SISTEMAS CONSTRUTIVOS: ELEMENTOS DE VEDAÇÃO</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Alvenaria de vedação tradicional</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Sistema de gesso acartonado (drywall)</b>	<b>23</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Alvenaria de vedação racionalizada</b>	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>31</b>
<b>2.4</b>	<b>CONTROLE DOS PREJUÍZOS FINANCEIROS DE UM EMPREENDIMENTO</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS PROJETOS</b>	<b>41</b>
<b>3.3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CÁLCULOS ESTIMADOS PARA O VOLUME DE RESÍDUOS SÓLIDOS E PERDAS FINANCEIRAS</b>	<b>45</b>
<b>3.4</b>	<b>REELABORAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	<b>47</b>
<b>3.5</b>	<b>COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS UTILIZANDO O PROJETO ARQUITETÔNICO DA CONSTRUTORA “A”</b>	<b>49</b>
<b>4.2</b>	<b>PERDAS FINANCEIRAS</b>	<b>54</b>
<b>4.3</b>	<b>REELABORAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	<b>59</b>
<b>4.4</b>	<b>COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS</b>	<b>64</b>
	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>67</b>

<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	68
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	69
<b>APÊNDICE A</b> .....	74
<b>APÊNDICE B</b> .....	84

## 1. INTRODUÇÃO

Em meio à intensa busca por soluções fundamentadas nos conceitos de sustentabilidade, economicidade e eficiência energética, nos mais variados âmbitos que compõem a sociedade brasileira, encontra-se o setor da Construção Civil que, apesar dos esforços de seus agentes, segue apresentando números que apontam para a baixa efetividade na aplicação dos conceitos supracitados. Evidenciada pela massiva geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), aproximadamente 100 milhões de toneladas geradas em território nacional apenas no ano de 2020, conforme apontam estudos realizados pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil (Ângulo, Oliveira e Machado, 2022).

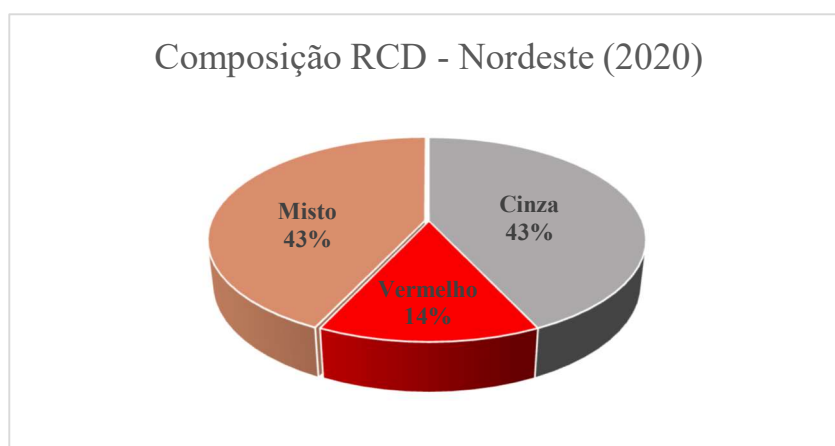
O referido estudo aponta o estado da Bahia no 4º lugar em que mais gera RCD, com 7,6 milhões de toneladas por ano, sendo que à frente dele estão os estados de São Paulo (23,1 milhões de toneladas por ano), Minas Gerais (10,6 milhões de toneladas por ano) e Rio de Janeiro (8,7 milhões de toneladas por ano). Ou seja, 7,6 % de todos os RCD's gerados no país são produzidos no território baiano, totalizando cerca de 537,42 kg anuais per capita. A cidade de Barreiras gera cerca de 28 mil toneladas de RCD's na região oeste do estado, de acordo com dados da Prefeitura Municipal, referente ao ano de 2021, que equivale acerca de 178,37 kg de RCD's per capita, anualmente (Ângulo, Oliveira e Machado, 2022).

Segundo Tolentino (2013) e Nagalli (2016) a construção civil é o setor responsável por aproximadamente 40% da geração de resíduos sólidos mundiais. De modo que se fazem necessárias proposições inovadoras nos métodos construtivos atuais e no planejamento das atividades da construção civil, com vistas à otimização dos materiais de construção, e conseqüentemente, à minimização, reutilização, reciclagem ou descarte adequado dos resíduos. Goldemberg (2011) explica que o principal desafio da construção civil é equilibrar o custo e benefício da construção e o meio ambiente, que envolve a necessidade de investigar as formas de reduzir o impacto ambiental gerado pela construção. Nagalli (2016) reforça que os resíduos de construção e de demolição, além de potencialmente degradadores do meio ambiente, ocasionam problemas logísticos e prejuízos financeiros.

Para entender melhor o dilema explanado, é fundamental que seja analisada a composição dos RCD's, a fim de evidenciar os materiais mais recorrentes. De modo a otimizar a redução dos resíduos, direcionando-a para os materiais que geram as maiores perdas na construção civil. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de

Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), as usinas de processamento de resíduos de construção civil recebem os resíduos de construção e demolição (RCD) caracterizados por uma composição mista de materiais cimentícios diversos (concretos e argamassas), cerâmica vermelha, e solos argilosos. A Figura 1, apresenta a composição média obtida com base na coloração apresentada, nas referidas usinas na região Nordeste (Ângulo, Oliveira e Machado, 2022).

Figura 1: Composição média dos materiais de RCD no estado da Bahia



Fonte: Adaptado de Ângulo, Oliveira e Machado, 2022

Depreende-se, a partir da coloração obtida na composição média, que a maior parte dos RCD's gerados na região Nordeste se resume aos oriundos de concretos e argamassas (coloração cinza); e material cerâmico (coloração vermelha e mista). Ressalvada eventual presença de resíduos de solos argilosos que conferem aos resíduos tonalidades semelhantes, esses materiais tornam-se resíduos a partir da fragmentação de um corpo inteiro, oriunda da necessidade de moldar os painéis da construção de acordo com as predefinições de projeto, tanto pela concepção arquitetônica, quanto pela exigência das instalações prediais, que convencionalmente precisam estar embutidas.

Lima (2009) reforça o pressuposto, afirmando que a maior perda de materiais está na etapa de fechamento das paredes da edificação, onde o uso de blocos cerâmicos é quebrado com qualquer ferramenta para obter diferentes formatos e tamanhos a serem aplicados tanto em encaixes, acabamentos, bem como para realiza-se a abertura de vãos<sup>1</sup> para instalações elétricas

<sup>1</sup> Convencionalmente chamada de rasgo em alvenaria, consiste no corte vertical ou horizontal na parede já executada com profundidade suficiente para que sejam embutidos os elementos que constituem as instalações prediais.

e hidrossanitários. O autor complementa que os blocos cerâmicos quebram durante o transporte da olaria para a obra, o que contribui para aumentar o quantitativo de cerâmica vermelha em RCD.

De acordo com Neto (2019), o projeto arquitetônico é outra fonte que também deve ser apontada como um fator indutor relevante no processo construtivo, na medida em que parte dos arquitetos apresenta certa resistência em rever o processo projetual, associando as variáveis de ordem construtiva apenas aos profissionais de engenharia. A revisão do processo projetual, moldando a arquitetura aos elementos construtivos e nuances encontradas no canteiro de obras, apresenta-se como potencial oportunidade de otimização de processos e recursos. Para Moreira e Kowaltowski et al. (2011), a compreensão e interpretação ocorridas neste processo surgem como diretrizes e exigem, por parte dos profissionais de arquitetura, a multidisciplinaridade de saberes para a tomada de sucessivas decisões projetuais, com vistas a alcançar o aperfeiçoamento do processo produtivo.

Diante da necessidade de otimização do projeto arquitetônico no que tange à eficiência do emprego dos materiais de construção, surge o conceito de coordenação modular, definido por Mascaró (1976) como um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção ou montagem, com mínimas modificações ou ajustes. Para Neto (2019), a coordenação modular, trata-se de uma ferramenta de diálogo entre todos os participantes da cadeia produtiva, que instituem uma espécie de ‘acordo tecnológico’, percorrendo desde o detalhamento à fabricação dos componentes e execução das partes. Ainda segundo Mascaró (1976), tal interação entre estes profissionais proporciona ganhos de produtividade e economia, na medida em que progride de uma fase de produção artesanal para uma linha de montagem na obra.

A produção artesanal supracitada pode ser evidenciada nos mais diversos canteiros de obras do país e consiste, no tocante à execução das paredes de vedação, no improvisado por parte dos profissionais de campo para fazer com que o bloco cerâmico se adeque à posição que resta a ser preenchida. Tal ato é realizado com a fragmentação do bloco cerâmico inteiro, segmentando-o até que este adquira as dimensões que possibilitem o encaixe. Essa quebra improvisada – que reduz o bloco ora na metade de suas dimensões iniciais, ora em frações menores (1/3, 1/4, 1/6) – geralmente não possui qualquer controle e é, assim como a mencionada abertura de vãos requisitada para acomodação das instalações, um dos principais fatores para a baixa eficiência em uma obra, denotada pela constante presença de improvisado e retrabalho (Dueñas e Franco, 2006).

Aliada à coordenação modular e em busca de conferir maior produtividade às construções, evidencia-se o conceito de alvenaria racionalizada, definido pela *NBR 15270-1 – Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria* (ABNT, 2023), como a alvenaria integrante ou não da estrutura, construída a partir de um projeto específico (projeto de produção), contendo compatibilização com instalações, coordenação modular e demais detalhes necessários para a execução com o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Brasil, 2023). Camargo (2008) reforça a importância da difusão deste conceito em meio a sua baixa aderência no âmbito construtivo brasileiro afirmando que em tempos de amplas e inusitadas referências para a investigação arquitetônica, a opção pelo racionalismo construtivista pode parecer para alguns um antagonismo, enquanto para outros, longe de ser uma ideologia reducionista e ultrapassada, continua um fértil caminho de investigação.

Diante dos conceitos, cenários e nuances supramencionados, a redução da geração de resíduos e perdas financeiras é evidente e, o objetivo consiste em se antecipar ao processo de fragmentação da cerâmica vermelha ao realizar um planejamento arquitetônico com racionalização da execução da alvenaria de vedação, visando à implementação de blocos cerâmicos planejados para atender às exigências dimensionais dos ambientes e encaixe das instalações elétricas e hidrossanitárias. Com base nisso, o presente trabalho avaliou o planejamento do uso de blocos cerâmicos de vedação vazados na horizontal (9 x 19 x 19cm) de um projeto arquitetônico de uma edificação residencial a ser construída na cidade de Barreiras (BA). Além disso, considerando os conceitos de alvenaria racionalizada e coordenação modular, propôs realizar um estudo comparativo do projeto arquitetônico com a substituição dos blocos cerâmicos por outros com vazados na vertical (11,5 x 19 x 29cm), o que mostrou proporcionar benefícios ambientais e redução nos custos da execução da alvenaria de vedação.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Reduzir o quantitativo de blocos cerâmicos fragmentados descartados em uma obra residencial na cidade de Barreiras (BA), através da reelaboração do projeto arquitetônico com substituição dos blocos cerâmicos de vedação com vazados na horizontal por outros com vazados na vertical.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Quantificar a geração de resíduos na fragmentação dos blocos cerâmicos oriundos da execução das paredes de vedação pelo método convencional e pelo conceito de coordenação modular e alvenaria racionalizada;

Reelaborar o projeto arquitetônico, conforme os conceitos de coordenação modular e alvenaria racionalizada;

Comparar os cenários – o projeto arquitetônico original e a proposta reelaboração – e avaliar os ganhos potenciais que a adoção dos conceitos de coordenação modular e alvenaria racionalizada podem conferir à execução da obra.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

Imai (2010) destaca a importância da fase de projeto na garantia da qualidade construtiva de uma edificação, e afirma que a fase de projeto deverá atender às expectativas do usuário final, minimizando os riscos de equívocos nas etapas de execução, e que são significativamente mais onerosos em termos de posterior manutenção corretiva<sup>2</sup>. O autor salienta sobre a importância dessa fase do empreendimento, sobretudo se o objetivo é modelar a arquitetura para fazê-la coincidir e se adequar à utilização de materiais específicos, ou seja, elaborar o projeto arquitetônico pautando-se no módulo dimensional do bloco cerâmico adotado, processo que requer maior atenção e dedicação do projetista nesta etapa.

A adequação dimensional do projeto arquitetônico aos materiais empregados na construção, aproxima-se do conceito de coordenação modular, definido por ROMAN et al. (1999), como a técnica que permite relacionar as medidas de projeto ao um reticulado espacial de referência, que configura uma malha espacial de referência para o posicionamento dos componentes da construção, das juntas e dos acabamentos. Evidentemente que, o módulo em questão será determinado pelas dimensões do bloco de vedação, que de acordo com Silva (2003) e Freire (2006), será o elemento padronizado e o ponto de partida para a modulação e, conseqüentemente, para a racionalidade da obra, ou seja, trata-se de um mecanismo que dentre suas características tem como consequência a racionalização das dimensões, levando em consideração a sua relação com a edificação, permitindo a articulação dos elementos construtivos, sem cortes e ajustes, fazendo uso de um módulo como unidade medida, diminuindo a variedade de tamanhos e formas dos componentes, tornando-os conjugados entre si, padronizados, além de facilitar sua posterior montagem e combinação.

Conforme apresenta a norma NBR 15873 – Coordenação Modular para Edificações, a coordenação modular visa a promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes e construtivos, objetivando (Brasil, 2010):

- a) ampliar a cooperação entre os agentes da cadeia produtiva da construção civil;

---

<sup>2</sup> Processo realizado para corrigir falhas e desgastes identificados nos equipamentos e estrutura da edificação, trata sobretudo de questões emergenciais, ocasionando custos mais elevados e paralisações não planejadas.

- b) racionalizar a variedade de medidas de coordenação empregadas na fabricação de componentes construtivos;
- c) simplificar o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;
- d) aumentar a intercambialidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil projetada da edificação.

Outro quesito intrínseco à realização do projeto arquitetônico é a compatibilização com os projetos complementares (instalações hidráulicas, elétricas, incêndio, climatização, gás, telefonia, Circuito Fechado de TV etc.), de modo a garantir que não haja interferência entre a arquitetura e as instalações, permitindo que ambas coexistam harmoniosamente. A compatibilização pode se estender ao processo de coordenação modular, desde que o projeto arquitetônico seja elaborado com este fim.

De maneira mais ampla, englobando a concepção da coordenação modular e primando por técnicas de construção mais eficientes, adiciona-se a noção de alvenaria racionalizada, que em termos de planejamento, atrela-se à racionalização construtiva, entendida por Sabbatini (1989) como um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar os recursos materiais, humanos e organizacionais, energéticos e tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.

## **2.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS: ELEMENTOS DE VEDAÇÃO**

De acordo com Sabbatini (1989), sistema construtivo é o processo de construção caracterizado por possuir elevados níveis de industrialização e organização, sendo constituído de um conjunto de elementos e componentes que se interrelacionam integrados no processo. A vedação é a etapa construtiva responsável pelo fechamento da edificação e compartimentação dos ambientes internos. Segundo Rodrigues (2013), os elementos de vedação mais utilizados no âmbito da construção civil se resumem em: alvenaria tradicional com paredes de bloco cerâmico ou de concreto, vedação com gesso acartonado; e alvenaria racionalizada com paredes de bloco cerâmico ou de concreto.

### 2.2.1 Alvenaria de vedação tradicional

Consiste na junção de elementos estruturais de concreto armado moldado *in loco* e uma vedação com blocos cerâmicos (Figura 2). Sabbatini (1989) comenta que a alvenaria de vedação tradicional tem como principal vantagem uma boa relação custo-benefício, baixa condutividade térmica, estabilidade dimensional, resistência às cargas compressivas, durabilidade, trabalhabilidade, entre outros. Em contrapartida, de acordo com Rodrigues (2013), este tipo de alvenaria apresenta as seguintes desvantagens:

- Necessidade de retrabalho: após os tijolos ou blocos cerâmicos serem assentados, em algumas situações é necessário seccionar as paredes para a inserção de instalações elétricas ou hidrossanitárias e, em seguida, são feitos remendos com a utilização de argamassa para o preenchimento dos vazios;
- Descarte de materiais: a preparação de uma parede pode gerar quebra de tijolos, como também, no manuseio e transporte, a realização de aberturas com utilização de marretas e talhadeiras nas paredes, são procedimentos que demandam uma frequente retirada de caçambas de entulho da obra;
- Falta de controle na execução: eventuais problemas na execução são detectados somente quando são conferidos o prumo do revestimento externo, gerando elevados consumos de argamassa e aumento das ações permanentes para corrigir erros anteriores.

Figura 2 – Alvenaria de vedação tradicional



Fonte: Revista AdNormas, 2018.

### 2.2.2 Sistema de gesso acartonado (drywall)

De acordo com Moura e Coelho (2018), drywall é um tipo de sistema construtivo empregado em paredes internas e forros (Figura 3), constituído por placas em bloco de gesso, revestidas com papel acartonado que são sustentadas e firmadas por parafusos de aço, o que o torna um sistema de rápida execução. Apesar da praticidade, maleabilidade, baixa geração de resíduos de construção e, flexibilidade no encaixe das instalações prediais. Rodrigues (2013) aponta as seguintes desvantagens na adoção deste sistema de vedação:

- Limitação do uso em condições ambientais de elevada umidade;
- Requer mão de obra qualificada;
- Não apresentam bom desempenho frente à umidade;
- Requer cuidados com o transporte das placas.

Figura 3 – Vedação em drywall



Fonte: Portal Metálica, 2020.

### 2.2.3 Alvenaria de vedação racionalizada

Um sistema construtivo que é gerado de um projeto específico denominado de projeto de produção, a alvenaria racionalizada pauta-se na compatibilização da concepção arquitetônica com instalações, coordenação modular e demais detalhes necessários para a execução, primando por um aproveitamento eficiente dos recursos disponíveis.

Segundo Duarte (1982), se um sistema construtivo possui processos de construção com elevado nível de industrialização, deve ser incorporado cada vez mais o conceito de racionalização, além da padronização, pré-fabricação, coordenação dimensional e modular. Rodrigues (2013) indica que o princípio básico da alvenaria racionalizada é planejar os passos de execução de uma obra na fase de elaboração do projeto executivo e documentá-los em forma de desenho ou observações descritivas. Assim, o projeto contempla todo o detalhamento executivo, compatibilizando o projeto arquitetônico com os projetos estrutural e instalações elétricas e hidrossanitárias.

Rodrigues (2013) complementa que, quando comparado com a alvenaria tradicional, a alvenaria racionalizada apresenta as seguintes vantagens:

- Utilização de blocos de melhor qualidade, com furos na vertical para a passagem de instalações;
- Planejamento prévio da paginação da alvenaria, onde cada bloco cerâmico é desenhado na posição exata de execução;
- Compatibilização da estrutura, alvenarias e demais subsistemas;
- Utilização de família de blocos<sup>3</sup> com blocos seccionáveis ou compensadores, utilizados como complemento para correção ou ajuste de modulação para evitar a quebra de blocos na execução;
- Redução do descarte de materiais, sem quebras e sem remendos;
- Melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras.

As Figuras 4 e 5 apresentam parte destas vantagens, evidenciadas sobretudo, na utilização do meio bloco (11,5x19x14cm) no encontro da alvenaria com os pilares e esquadrias e na execução das instalações elétricas, com a passagem dos conduítes pelos furos verticais dos blocos e, em alguns casos, utiliza-se blocos cerâmicos fabricados com vazados para inserir as caixas de passagem, onde serão instalados os interruptores e tomadas.

---

<sup>3</sup> Conjunto de componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com outros elementos construtivos.

Figura 4 – Alvenaria racionalizada e a estrutura



Fonte: Adaptado de Pauluzzi, 2012.

Figura 5 – Alvenaria racionalizada e as esquadrias



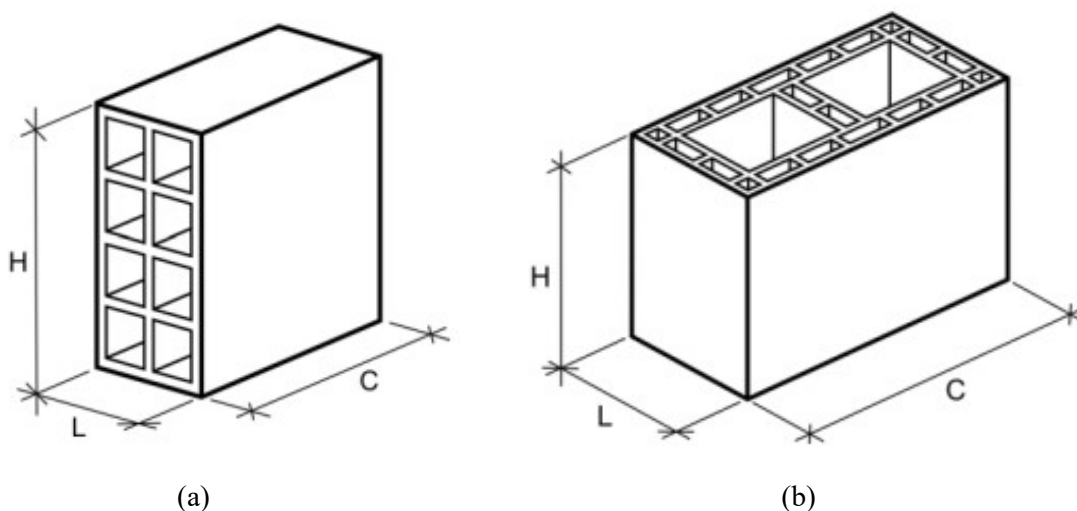
Fonte: Adaptado de Pauluzzi, 2012.

Diante da aplicação como componentes das alvenarias de vedação não estruturais<sup>4</sup>, a norma NBR 15270-1/2023 recomenda que os blocos cerâmicos fabricados conforme Figura 6

<sup>4</sup> Componentes sem função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte.

(a) deverão ser utilizados com os vazados na horizontal, e caso os blocos cerâmicos assemelham-se aos da Figura 6 (b, a utilização é feita com os furos na vertical (Brasil, 2023).

Figura 6 – Bloco cerâmico de vedação: (a) com vazados na horizontal; (b) com vazados da vertical



Fonte: Brasil, 2023.

A referida norma define o padrão dimensional de fabricação dos blocos cerâmicos de vedação, onde C é o comprimento, L é a largura e H é a altura do bloco, conforme apresentado nas Figura 6a e 6b, e considerando o módulo dimensional (M) de 10cm, os blocos cerâmicos poderão ter as medidas especificadas pela Tabela 1 (Brasil, 2023).

Quadro 1: Dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos de vedação

Dimensões L X H X C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm				
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)		
			Bloco Principal	1/2 Bloco	
(1) M x (1)M x (2) M	9	9	19	9	
(1) M x (1)M x (5/2) M			24	11,5	
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9	
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5	
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14	
(1) M x (2)M x (2) M		19	19	19	9
(1) M x (2)M x (5/2) M				24	11,5
(1) M x (2)M x (3) M				29	14
(1) M x (2)M x (4) M	39			19	

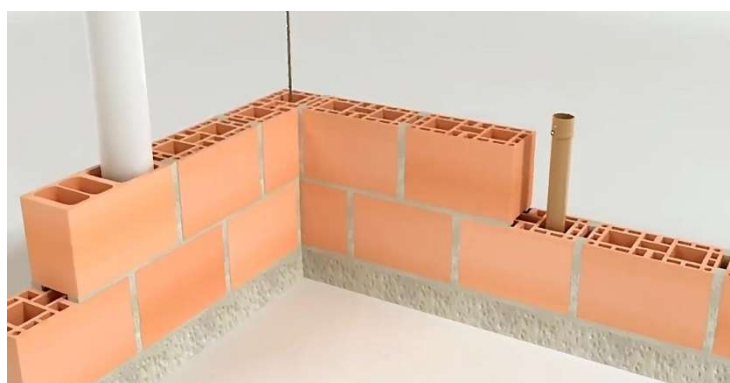
Dimensões L X H X C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm				
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)		
			Bloco Principal	1/2 Bloco	
$(5/4) M \times (5/4) M \times (5/2) M$	11,5	11,5	24	11,5	
$(5/4) M \times (3/2) M \times (5/2) M$		14	24	11,5	
$(5/4) M \times (2)M \times (2) M$		19		19	9
$(5/4) M \times (2)M \times (5/2) M$				24	11,5
$(5/4) M \times (2)M \times (3) M$				29	14
$(5/4) M \times (2)M \times (4) M$				39	19

Fonte: Adaptado de Brasil, 2023.

O bloco cerâmico apresentado na Figura 6 (a) é o componente utilizado no emprego das alvenarias de vedação ditas tradicionais, dotado de vazados na horizontal este elemento é parte integrante de uma estrutura reticulada, responsável tão somente pelo fechamento dos vãos, delimitando o ambiente interno da edificação, ao passo que a função estrutural fica a cargo, exclusivamente, dos elementos de concreto armado: pilares, vigas, lajes e fundações.

A exemplo do sistema de alvenaria planejado com a utilização do bloco cerâmico convencional, o bloco cerâmico da Figura 6b permite a possibilidade da elaboração de um projeto de alvenaria racionalizada em que baseia-se em um planejamento voltado para a compatibilização entre os projetos de instalações, arquitetônico e estrutural; inclui-se a coordenação modular, onde se condiciona as dimensões da edificação ao módulo de referência; e pelas características físicas do bloco cerâmico, possibilita-se acomodar tubulações e conduítes nos vazados na vertical da parede (Figura 7).

Figura 7 – Acomodação de instalações



Fonte: Anicer, 2020.

Cabe destacar que o embutimento dos tubos, conduítes e demais elementos das instalações prediais, reduz a necessidade da realização de rasgos na alvenaria (Figura 8), um processo corriqueiro na execução da alvenaria tradicional. A necessidade de fragmentação do bloco de alvenaria racionalizada se resume a peças de utilização pontuais, como registros, quadros elétricos e caixas de passagem<sup>5</sup>, como também, de eventuais rasgos horizontais, haja vista que os furos dos blocos cerâmicos permitem a passagem de instalações no sentido vertical. Portanto, deve-se priorizar nos projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias a passagem de tubos e conduítes na posição vertical, evitando realizar o mínimo de cortes na horizontal.

Figura 8 – Rasgos em alvenaria para embutimento de instalações



Fonte: Pauluzzi, 2012.

No que tange à execução da alvenaria racionalizada, de acordo com Pauluzzi. (2012), deve-se proceder com a marcação da primeira fileira de blocos cerâmicos (Figura 9), corriqueiramente conhecido como fiada, iniciando pelas alvenarias periféricas, a partir das quais se fará a locação das paredes internas e conferência do esquadramento. Neste processo, são usados escantilhões metálicos devidamente alinhados e aprumados, linha de nylon e esquadro.

---

<sup>5</sup> Conforme visto nas figuras 4 e 5, no caso das caixas de tomada é possível ainda adquirir o bloco com o rasgo prévio efetuado na produção, evitando a necessidade de fragmentação para este fim.

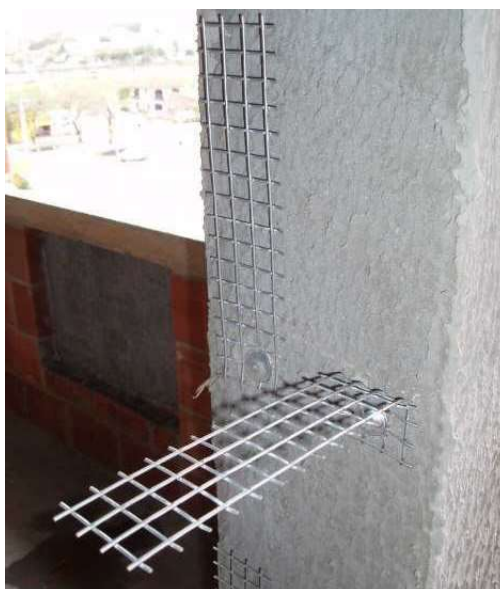
Figura 9 – Execução da primeira fileira de blocos cerâmicos



Fonte: Pauluzzi, 2018.

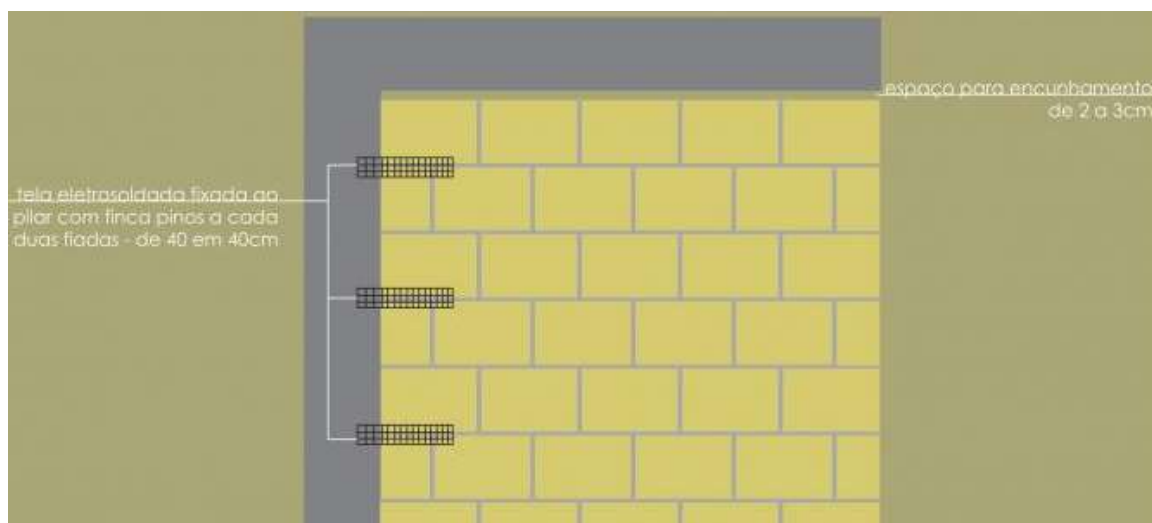
Destaca-se, outrossim, a ligação estrutura-alvenaria, ou seja, a junção entre as paredes e os pilares na execução da alvenaria racionalizada, que diante da diferença de comportamento mecânico entre os materiais empregados deve receber atenção no momento da elaboração do projeto e prolongar a vida útil da edificação (Pauluzzi, 2012). Além disso, as estruturas têm se tornado cada vez mais esbeltas, existindo então maior possibilidade de deformações, o que pode tornar as ligações alvenaria/estrutura mais suscetíveis a problemas. A solução construtiva indicada para atuar nesta interface é a tela metálica eletrossoldada no vergalhão do pilar (Figura 10), que atuará como elemento de ligação. A Figura 11 sugere que as telas sejam fixadas a cada 40 cm como forma de reduzir a geração de patologias.

Figura 10 – Tela metálica eletrossoldada executada



Fonte: Pauluzzi, 2012.

Figura 11 – Projeção de tela metálica eletrossoldada.



Fonte: Pauluzzi, 2012.

Outra informação importante destacada na Figura 11, é a presença de um espaço entre a última fiada de blocos cerâmicos e a viga, conhecido como espaço para encunhamento que normalmente tem uma abertura de 2 a 3 cm, e geralmente é preenchido com argamassa ou poliuretano expandido, que são considerados materiais que conferem a flexibilidade necessária à acomodação das flechas das vigas, oriundas de um esforço cortante.

Salienta-se que, conforme apresentado na Figura 11, os blocos devem ser assentados com juntas de amarração, ou seja, de forma defasada, em que o componente superior se projeta, ao mesmo tempo, sobre as duas metades dos componentes inferiores. Ou seja, após a execução da primeira fiada (Figura 9), os blocos da segunda fiada devem, um a um, ser assentados com as arestas posicionadas no meio dos blocos inferiores que lhe dão sustentação. Tal amarração otimiza a resistência ao cisalhamento e a cargas laterais, defesa contra o fogo e o desempenho termoacústico, além de promoverem a redistribuição de tensões provenientes de cargas verticais ou introduzidas por deformações higrótérmicas (Azevedo e Brito, 2014).

Outros componentes dos sistemas construtivos convencionais, as vergas e contravergas (Figuras 12 e 13) são elementos destinados a receber os esforços verticais não suportados pelos vãos das esquadrias, destacando-se como peças fabricadas de concreto pré-moldado, dada a sua facilidade de se moldar às dimensões determinadas pelos espaços entre as fiadas de blocos cerâmicos.

Figura 12 – Execução de vergas



Fonte: Adaptado de Pauluzzi, 2012.

Figura 13 – Execução de verga e contraverga



Fonte: Adaptado de Pauluzzi, 2012.

## 2.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com base na Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resíduos de Construção Civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da terraplenagem de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (Brasil, 2002).

A resolução classifica os resíduos quanto as suas características e destinação final (Brasil, 2002):

Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados;

Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Segundo Figueiró (2009), a alvenaria é considerada como uma etapa da construção responsável pelos maiores índices de descarte de materiais de uma obra. Estudo realizado por Fraga (2006) apontou que os blocos cerâmicos e tijolos são responsáveis por cerca de 13% do total de resíduos de construção civil gerados por um empreendimento, e ressalta que há uma dificuldade no controle sobre as variáveis que envolvem a geração de resíduos no setor da construção civil, considerando que as obras de construção civil têm características e portes diferentes entre elas.

Pinho (2013) em pesquisa realizada em Recife com variadas obras e sistemas construtivos distintos, relata que o maior percentual de material descartado foi obtido de uma obra cujo elemento utilizado era o tijolo cerâmico, e aponta como fator principal para tal, a necessidade de realizar a quebra do componente inteiro para atendimento a amarração das paredes e trinchos, contribuindo para a geração do resíduo. Pinho e Lordsleem Jr. (2009) avaliaram um estudo de caso realizado em 04 obras, que constataram que o descarte médio dos blocos cerâmicos alcançava até 17% do total de material utilizado na vedação.

No que tange ao manuseio, de acordo com Nagalli (2016) o gerenciamento de resíduos visa reduzir, reutilizar, ou reciclar resíduos (3R's), incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e programar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos. Em se tratando de construção civil e o massivo emprego dos mais variados tipos de materiais, Yuan e Shen (2011) inferem que a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) é inevitável e a política de "zero resíduo" é irrealizável, visto que existem esforços de pesquisas rumo a minimização dos resíduos.

O processo de minimização da geração de resíduos se inicia antes mesmo do início da construção, conforme salienta Leite et al. (2018), sendo que o processo de gerenciamento de resíduos sólidos nas construções civis não se caracteriza por uma medida corretiva, mas sim,

por medidas preventivas e ações educativas, cujo intuito é manter a qualidade do serviço final, e reduzir o impacto do volume de resíduos no meio ambiente

Em razão disso, foram desenvolvidas estratégias de gerenciamento de resíduos, conforme aponta Nagalli (2016), uma delas é a prevenção qualitativa que consiste em escolher adequadamente materiais duráveis ou de fácil substituição e que possibilitem seu reaproveitamento ou reciclagem que evitem a geração de passivos ambientais; a segunda estratégia trata-se da prevenção quantitativa, onde a adoção de processos construtivos mais “limpos”, mais industrializados ou pré-fabricados, que – aliados ao treinamento da mão de obra – podem repercutir positivamente na redução do volume de resíduos gerados. O autor ressalta que a pré-fabricação contribui com a gestão de resíduos à medida em que minimiza a diversidade e a quantidade de resíduos a ser gerenciada no canteiro de obras, ao contrário da unidade fabril que tem a possibilidade de padronização de processos, ensejando a execução meticulosa dos materiais e preocupando com as dimensões e matéria-prima, e assim, contribuindo para a uniformização da composição dos resíduos.

## **2.4 CONTROLE DOS PREJUÍZOS FINANCEIROS DE UM EMPREENDIMENTO**

De acordo com Lordsleem e Neves (2009), o emprego mais recente de medidas de racionalização construtiva tem sido utilizado como um importante elemento na estratégia das construtoras, dentre elas destaca-se o planejamento construtivo das alvenarias de vedação, que tem se tornado um diferencial para alcançar o sucesso no atual cenário de competição no mercado. Salientam ainda que as paredes de alvenaria são os elementos empregados com maior frequência no processo produtivo tradicional brasileiro, sendo muitas vezes responsáveis por 15 a 20% do total de resíduos de tijolos/blocos cerâmicos verificado nas obras de construção de edifícios. Ainda segundo o estudo dos autores, a partir da racionalização das alvenarias é possível a redução de custos, o aumento de produtividade e a própria diminuição de patologias no conjunto de esquadrias e das instalações hidrossanitários e nos revestimentos, os quais juntos, influenciam cerca de 20% a 40% do custo total do edifício.

A racionalização da alvenaria está atrelada à necessidade do projeto de produção, planejamento e organização no processo executivo da obra, proporcionando aumento da produtividade e minimizando custos, pois já foram previstas possíveis interferências e patologias que pudessem ocorrer advindas da interação dos subsistemas, como também o retrabalho e o desperdício de materiais (Dueñas e Franco, 2006).

No que tange às perdas supramencionadas, Lordsleem e Neves (2009) em estudo realizado com 4 obras distintas, das quais duas utilizavam o método construtivo de alvenaria racionalizada e duas utilizavam o método construtivo convencional, aferiram uma perda média de blocos em relação à totalidade de 8,5% e 17% para as obras que utilizaram o método convencional, ao passo que as obras com alvenaria racionalizada apresentaram percentuais de 2% e 5,8%. Neste mesmo estudo os autores apontaram que estas obras apresentaram uma perda financeira, por m<sup>2</sup> de alvenaria de R\$ 4,75 e R\$ 2,13 (executadas pelo método convencional), e R\$ 0,38 e R\$ 0,63 (executadas em alvenaria racionalizada), evidenciando as vantagens obtidas mediante a adoção da racionalização. Cabe destacar que o levantamento de custos e confecção de composições unitárias acerca de insumos, mão de obra e equipamentos das obras de construção civil no Brasil, são realizados pautando-se, majoritariamente, na base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

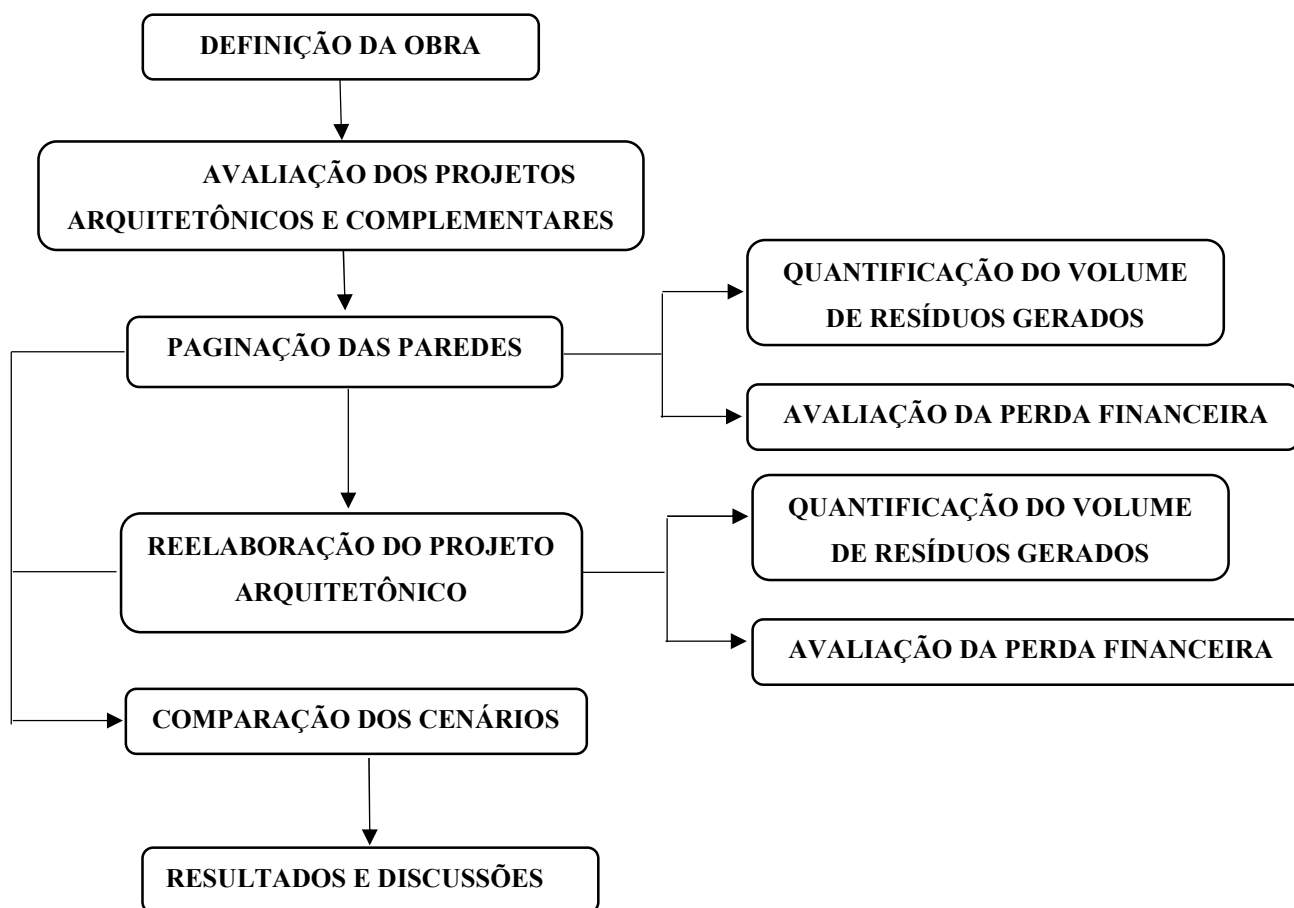
Trindade (2013) infere que a adoção da racionalização nas vedações verticais, alinhada a uma mão de obra qualificada, pode gerar uma economia de até 30% em relação ao custo global da construção do empreendimento, quando comparada com a alvenaria convencional. Defende ainda que a racionalização requisita mão de obra especializada, mas em menor escala, haja visto que haverá uma redução de retrabalho, indissociável do sistema construtivo de vedação convencional.

Franco (1998) contrasta opiniões de senso comum com as nuances presentes em um complexo processo construtivo, embora os custos associados à alvenaria de vedação das edificações não sejam expressivos se considerados isoladamente, quando somados dentro dos subsistemas do qual faz parte, tornar-se-ão itens de alto valor agregado. Ratificando tal premissa, estudo realizado pelo Sindicato da Indústria da Construção (Sinduscon) e publicado na revista Construção Mercado (2016), aponta que as vedações verticais contribuem de forma expressiva para o custo da edificação, chegando a valores entre 6% e 10% do custo total da construção de edifícios habitacionais e comerciais, chegando à marca de 17% no caso de edifícios populares. Tais números apresentam, ainda, margem para aumento, caso fossem considerados os custos associados ao desperdício e ao retrabalho presentes na etapa de execução da alvenaria, não levados em consideração no estudo mencionado.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando os objetivos descritos anteriormente, o estudo do caso deste trabalho consistiu em planejar e avaliar teoricamente o volume de descarte resíduo da paginação da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos com furos horizontais de um projeto arquitetônico de uma edificação residencial a ser construída na cidade de Barreiras (BA), e comparar com uma proposta de readequação arquitetônica com o uso de bloco cerâmico com furos na vertical. Uma Construtora “A” disponibilizou os projetos complementares e os memoriais descritivos para o estudo. A Figura 14 mostra um desenho esquemático das etapas, sendo que, também, foram quantificadas as perdas financeiras nos dois cenários para efeito comparativo e discussões dos resultados.

Figura 14 – Desenho esquemático das etapas

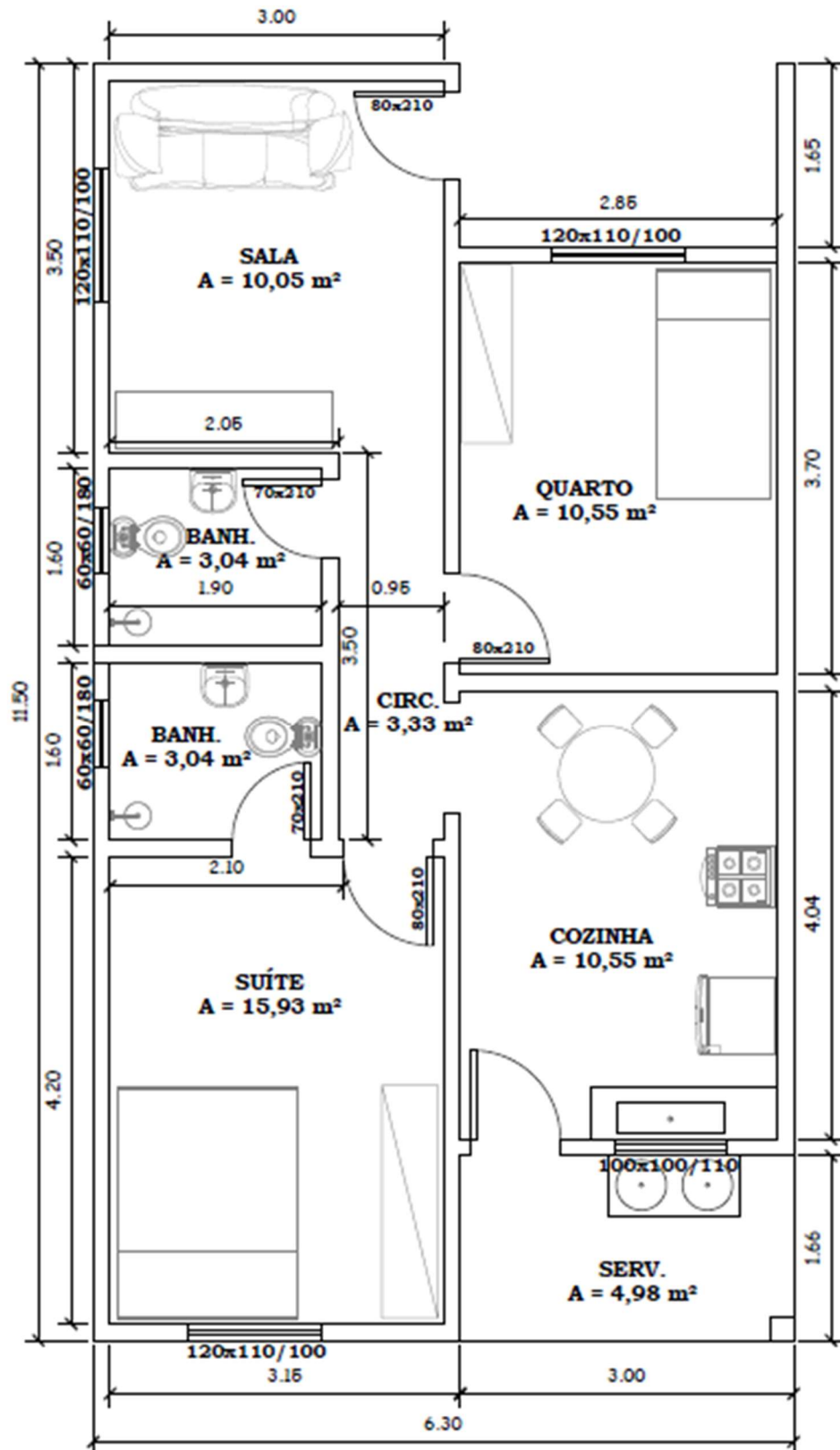


Fonte: O autor, 2024.

### **3.1 ESTUDO DE CASO**

Compõem o estudo do presente trabalho, um projeto arquitetônico de uma edificação residencial com área de 72,45 m<sup>2</sup> para ser construída num lote de 8 x 18 m na cidade de Barreiras (BA), cedido por uma Construtora “A”, não mencionada o nome para manter o sigilo. A planta baixa (Figura 15) mostra que a edificação será construída junto à divisa da direita, e respeitando o mínimo de 1,50m no lado esquerdo para ventilação e iluminação dos cômodos – exigido por norma – e, sua garagem não será coberta. De forma a auxiliar o estudo, os projetos complementares foram fornecidos: de instalação de água fria (Figura 16), esgotamento sanitário (Figura 17) e instalações elétricas (Figura 18).

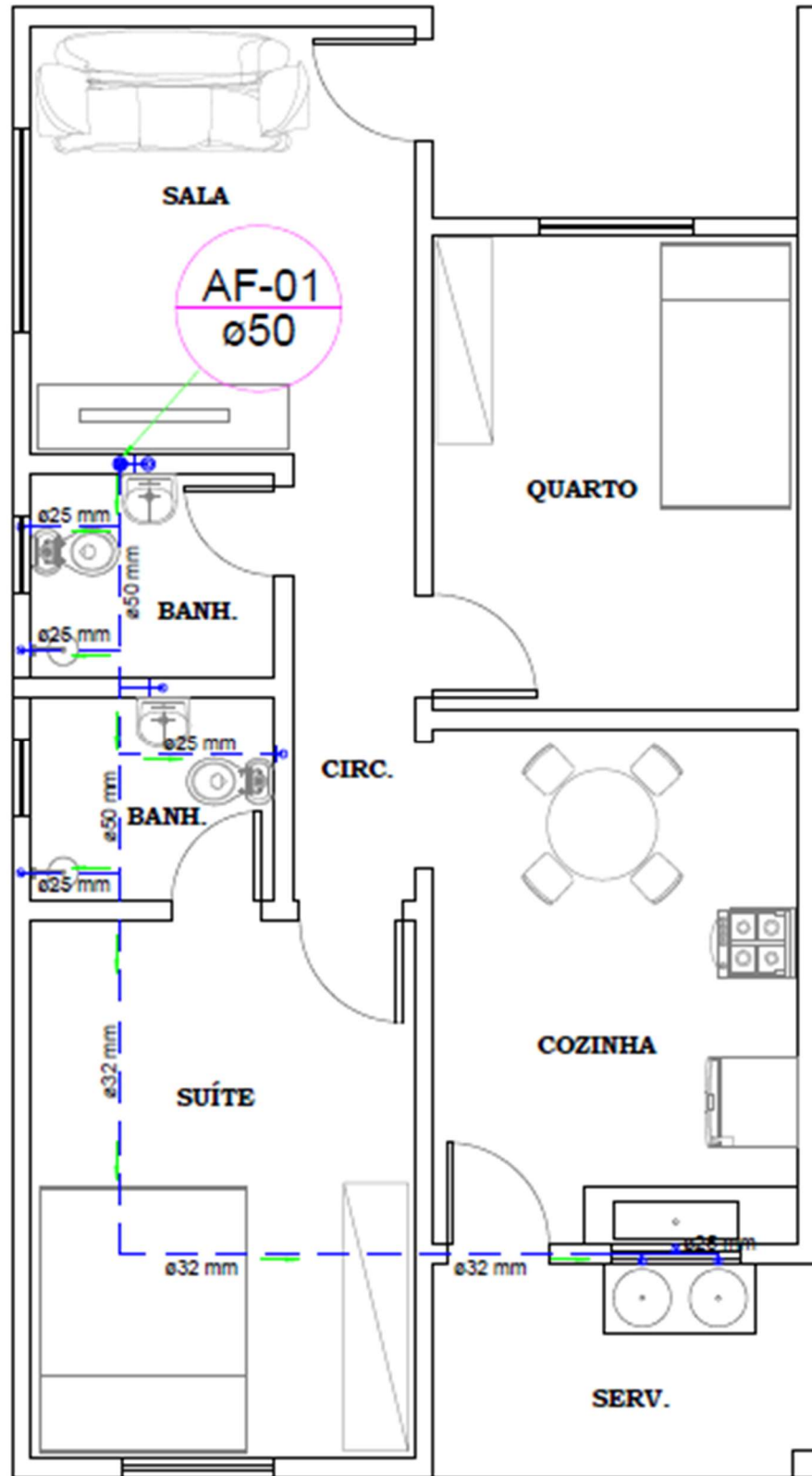
Figura 15 – Projeto Arquitetônico



PLANTA BAIXA  
SEM ESCALA

Fonte: Construtora "A", 2024.

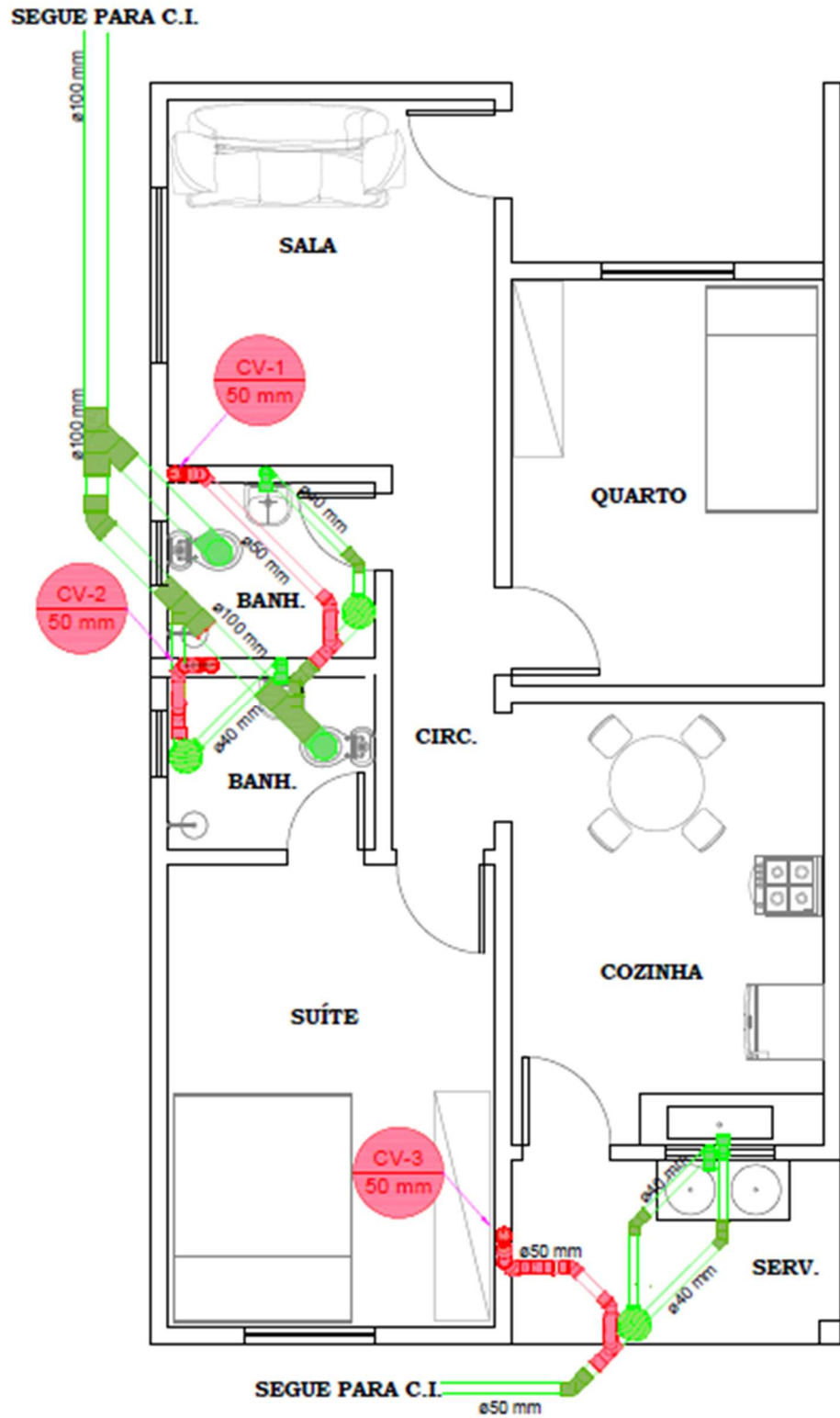
Figura 16 – Projeto de instalações de água fria



PLANTA BAIXA  
SEM ESCALA

Fonte: Construtora "A", 2024.

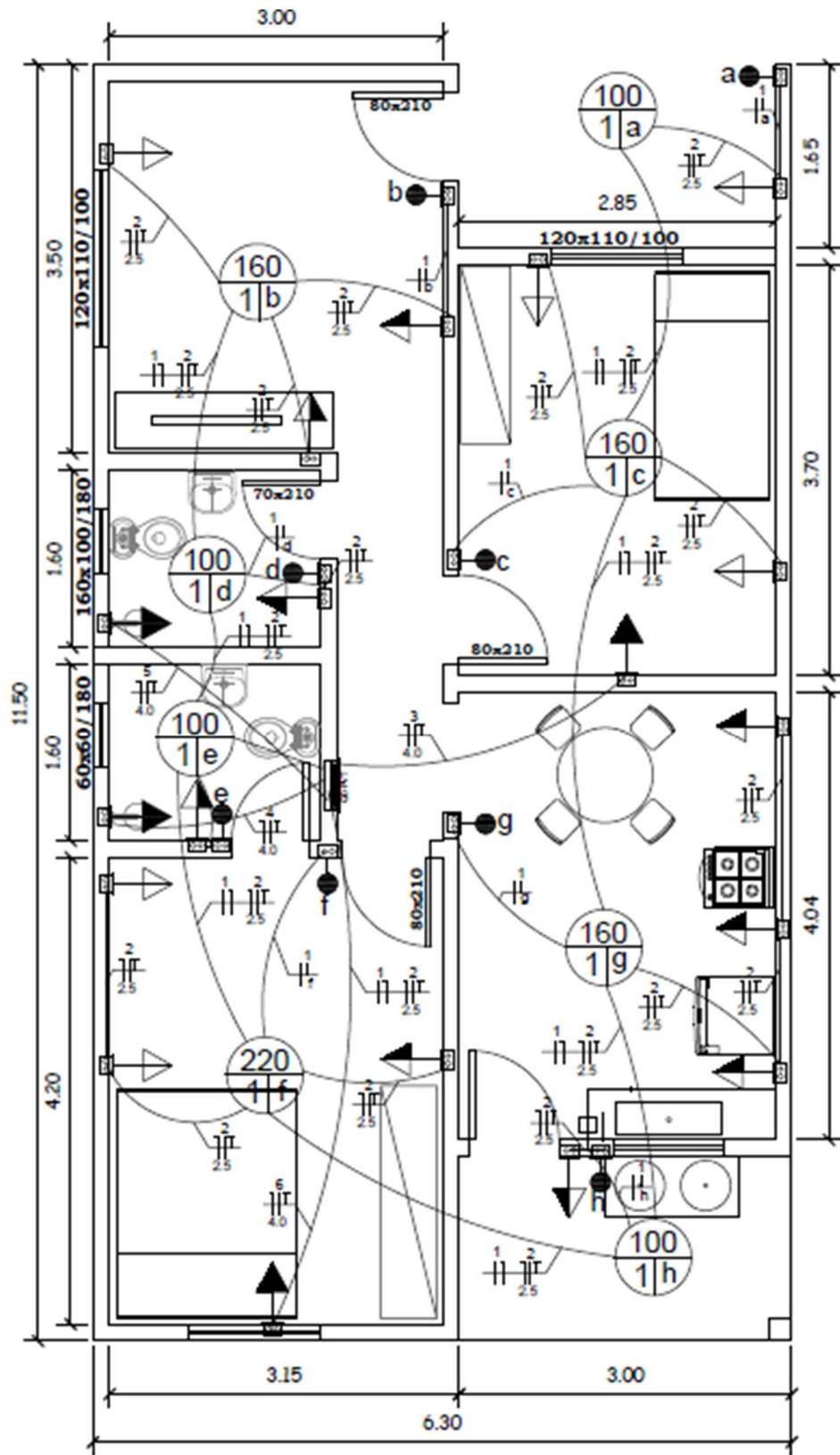
Figura 17 – Projeto de instalações de esgoto



PLANTA BAIXA  
SEM ESCALA

Fonte: Construtora "A", 2024.

Figura 18 – Projeto de instalações elétricas



PLANTA BAIXA  
SEM ESCALA

Fonte: Construtora "A", 2024.

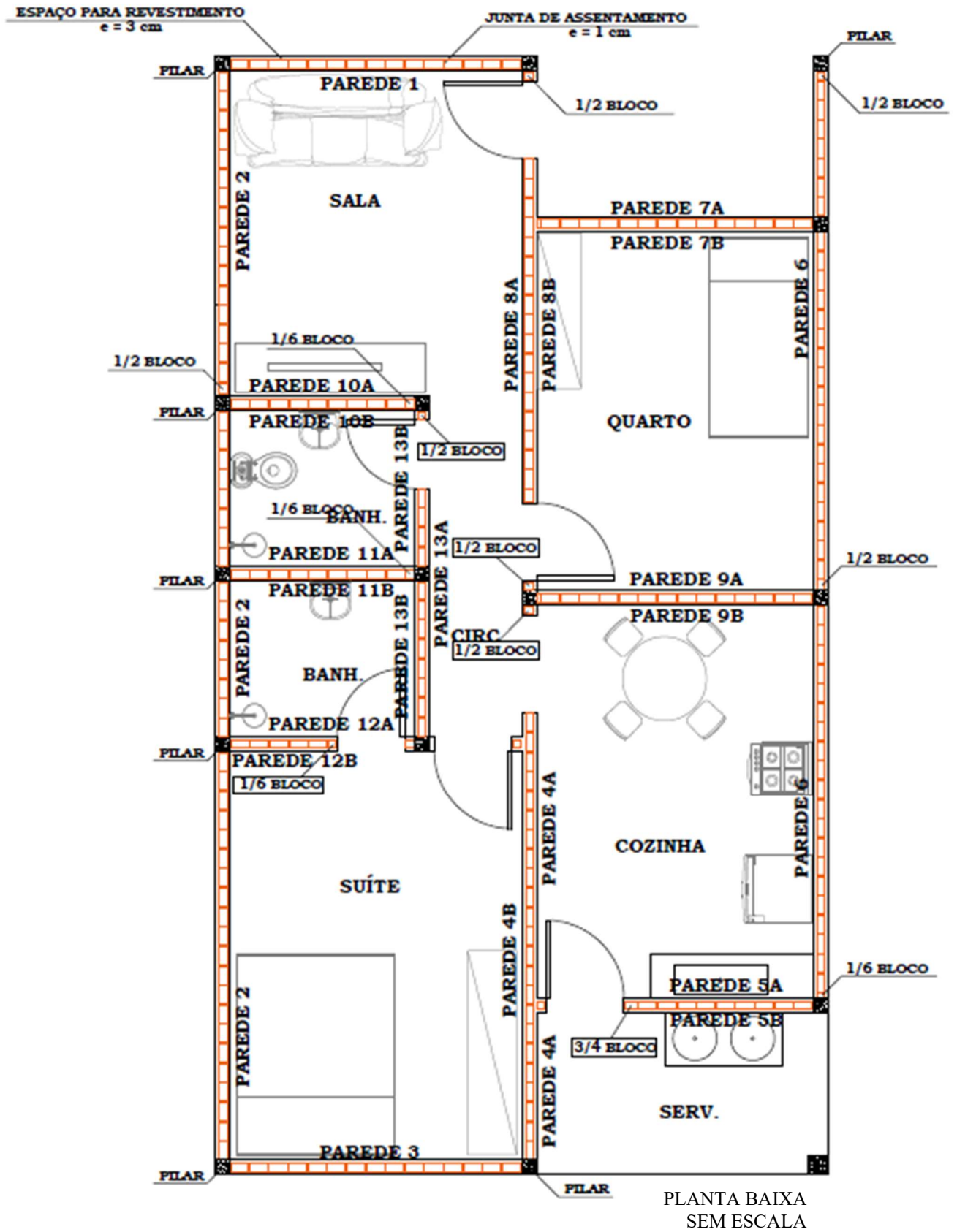
### **3.2 AVALIAÇÃO DOS PROJETOS**

De posse dos projetos, foram realizados estudos da compatibilidade da edificação e suas instalações propostas. Ressalta-se que não foram identificadas interferências entre os elementos construtivos e as instalações que impedissem o prosseguimento do trabalho.

Cabe destacar que o estudo da execução da alvenaria foi realizado de modo teórico, pautando-se nos rígidos e imutáveis condicionantes da execução convencional desta etapa construtiva, a saber: as dimensões das paredes, blocos cerâmicos, junta de assentamento, encunhamento e amarração entre os blocos. Ou seja, ressalvadas eventuais excentricidades, o fato de não haver margem para inovação no método de execução convencional, garante fidedignidade ao presente estudo teórico.

Para melhor avaliar o modo como seria executada a alvenaria segundo o método convencional, optou-se por subdividir o projeto arquitetônico em 13 paredes distintas e dispondo os blocos um a um, respeitando a amarração e estimando as eventuais fragmentações que seriam feitas quando da execução da alvenaria, conforme a figura 19 com a primeira fileira de blocos (corriqueiramente conhecida por fiada), onde respeitou as dimensões arquitetônicas, juntas de assentamento (argamassa) e pilares de concreto.

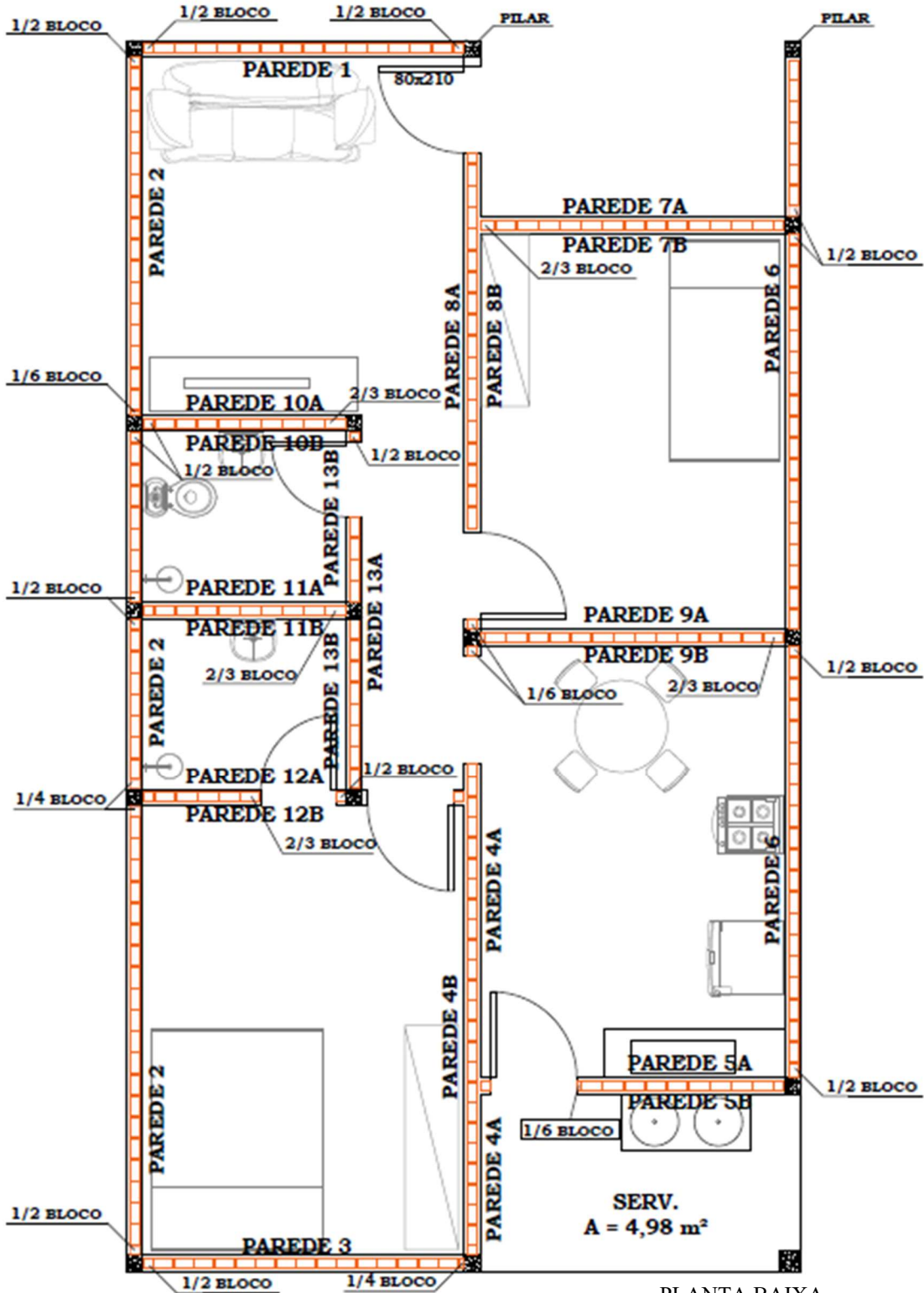
Figura 19 – Planejamento da primeira fileira de blocos cerâmicos



Fonte: O autor, 2024.

A Figura 20 apresenta a planta baixa com o planejamento da segunda fiada de blocos cerâmicos, onde estima-se tanto as amarrações e as eventuais fragmentações.

Figura 20 – Planejamento da segunda fiada



PLANTA BAIXA  
SEM ESCALA

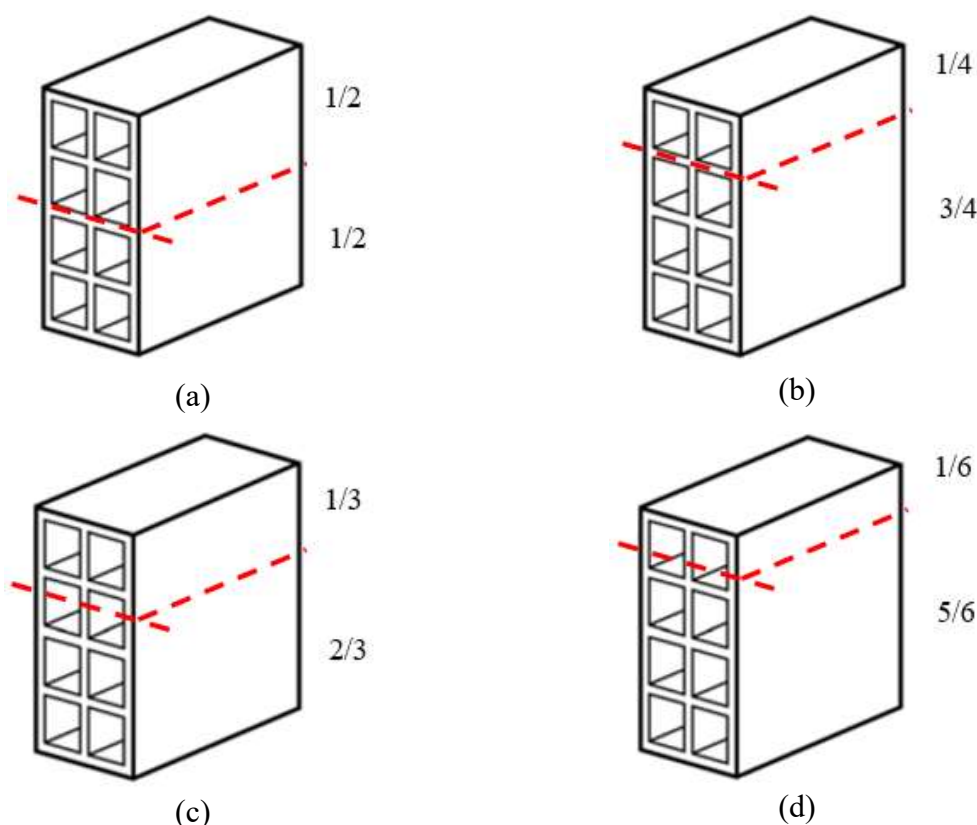
Fonte: O autor, 2024.



### 3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CÁLCULOS ESTIMADOS PARA O VOLUME DE RESÍDUOS SÓLIDOS E PERDAS FINANCEIRAS

Conforme mencionado anteriormente, o dimensionamento dos ambientes no projeto arquitetônico contribui para a geração de resíduos sólidos e perdas financeiras a partir da necessidade da fragmentação dos blocos cerâmicos para preencher vazios ou complementar o comprimento do cômodo. Esta fragmentação pode ser realizada em diferentes dimensões conforme seja exigido, ou seja, o bloco cerâmico é segmentado em distintas partes, a saber:  $1/2$ ;  $1/4$  e  $3/4$ ;  $2/3$  e  $1/3$ ; e  $1/6$  e  $5/6$ , conforme Figura 23.

Figura 23 – Fragmentação dos blocos cerâmicos: (a):  $1/2$  bloco; (b):  $1/4$  e  $3/4$  de bloco; (c):  $1/3$  e  $2/3$  de bloco; e (d):  $1/6$  e  $5/6$  de bloco



Fonte: O autor, 2024

Além das fragmentações apresentadas supra, é comum durante a execução da alvenaria que frações ainda menores sejam requisitadas, dada a necessidade de se preencher pequenos

interstícios em que apenas a argamassa de assentamento não seria capaz de fazê-lo. Para tais casos, considerou-se a fração de 1/10 do bloco.

Como a fragmentação é executada a critério do profissional de campo, sem um planejamento adequado e majoritariamente no imprevisto, considerando que o bloco cerâmico é um material frágil e a partir da quebra, a parte não utilizada não apresenta pedaços inteiros a ser aproveitado em outro lugar e gera entulho, o volume desta entrou no cômputo tanto da geração de resíduos, quanto das perdas financeiras.

Quanto à geração de resíduos, foi necessário determinar o valor da massa média do bloco unitário e estimar a proporção das frações de bloco fragmentadas. Para tal, foram escolhidas aleatoriamente no canteiro de obras em questão, 100 amostras de blocos cerâmicos inteiros e pesados em balança de precisão Bel S2202H e calculou-se o valor médio e o desvio padrão da amostragem obtido de  $2,28 \pm 0,011$  kg para um bloco cerâmico inteiro. Para obter a fração de bloco cerâmico descartado, utilizou da Equação (1):

$$\text{Resíduo} = M \times F \quad (1)$$

Onde M é a unidade da massa do bloco cerâmico inteiro e F a fração volumétrica descartada como resíduo.

A tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), um levantamento de preços realizado pela Caixa Econômica Federal nas capitais dos estados brasileiros, forneceu os preços unitários e composições representativas para quantificar a perda financeira do trabalho. O mês de referência foi junho de 2024, e por exemplo, o custo unitário do bloco cerâmico é negociado ao valor médio de R\$ 0,68. Logo, uma fração desperdiçada de 1/2 bloco gera uma perda financeira de  $R\$0,68 \times 1/2 \text{ bloco} = R\$ 0,34$  por bloco, uma fração desperdiçada de 3/4 de bloco gera uma perda financeira R\$ 0,51 por bloco e assim por diante.

No que tange aos resíduos gerados, utilizou-se um cálculo aproximado da massa que relaciona o volume fragmentado proporcionalmente ao volume do bloco inteiro, e pode-se generalizar, calculando o volume de um bloco cerâmico considerando as dimensões (Equação 2):

$$V_{\text{bloco}}[\text{cm}^3] = L \times H \times C \quad (2)$$

Onde L é largura, H é a altura e C é o comprimento do bloco cerâmico.

O rasgo é definido pelo volume retirado de material ( $V_{\text{rasgo}}$ ), conforme Equação (3):

$$V_{\text{rasgo}}[\text{cm}^3] = (l \times H \times p) \times n \quad (3)$$

Onde  $l$  é largura e  $p$  é a profundidade do rasgo e,  $n$  é o número de blocos cerâmicos fragmentados.

O percentual de volume retirado de um bloco é dado por (4)

$$\text{Frag}[\%] = \frac{V_{\text{rasgo}}}{V_{\text{bloco}}} \times 100 \quad (4)$$

Considerando  $m$  a massa do bloco, em (5) calcula o volume em massa descartado:

$$\text{Total}[\text{kg}] = m \times \text{Frag} \quad (5)$$

Para o cálculo das perdas financeiras (PF), a equação (6) utilizou do resultado de (5) multiplicando pela composição representativa (CR)<sup>7</sup> n° 72135 – referente ao serviço de abertura e fechamento de rasgo de alvenaria para tubos –, da tabela SINAPI que custa R\$ 5,52 por metro de tubo ou conduíte instalado:

$$\text{PF}[\text{R\$}] = \text{Total} \times \text{CR} \quad (6)$$

Os valores obtidos foram sintetizados em formas de tabelas e gráficos para cada uma das paredes, bem como a perda financeira associada às fragmentações para inserção das instalações prediais.

### 3.4 REELABORAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

A etapa consistiu em ajustar projeto arquitetônico compatibilizando com a coordenação modular e alvenaria racionalizada, e evitando redimensionamentos que necessite alterações estruturais no projeto.

A proposta foi substituir os blocos convencionais com vazados horizontais por blocos vazados verticais com dimensões de 11,5x19x29 cm, para que possam acomodar as instalações,

---

<sup>7</sup> Composição de custo que representa os diferentes itens envolvidos no processo de construção civil.

o que reduz a necessidade de realizar rasgos na alvenaria ou fragmentação para obter o meio bloco, visto que no mercado já existe essa configuração.

### **3.5 COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS**

Com os resultados obtidos, foram realizadas comparações entre o sistema construtivo convencional e com a composição com alvenaria racionalizada, considerando o volume de material descartado e recurso financeiro perdido.

Foi realizada uma avaliação de viabilidade de implementação da solução, utilizando as composições de custo da tabela Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que permite aferir sobre as vantagens outrora demonstradas não esbarrariam em uma onerosa implementação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta secção são apresentados inicialmente os resultados obtidos das análises do projeto arquitetônico original, o que inclui o volume de material retirado e perdas financeiras, e em segundo momento, o cenário com a reelaboração do espaço físico com alteração do bloco cerâmico com furos na vertical é analisado no mesmo raciocínio da versão anterior.

### 4.1 QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS UTILIZANDO O PROJETO ARQUITETÔNICO DA CONSTRUTORA “A”

Após a paginação das paredes apresentados pelas Figuras 21, e 28 a 47 (Apêndice A), os resultados foram reunidos na Tabela 1 discriminando as parcelas que contribuem para a geração de resíduos e perdas financeiras, sendo que algumas das paredes podem conter somente 1/2 blocos cerâmicos, e outras, além dos blocos cerâmicos fragmentados, têm ou instalações de água fria, e/ou instalações de esgoto e/ou instalações elétricas, apontadas na Tabela 1 e detalhadas na Tabela 2. Observa-se que majoritariamente a fragmentação do bloco cerâmico é utilizado na edificação por completo, com destaque para o 1/2 bloco com a quantidade total de 228 e gerando 259,92 kg, que representa 46,94% do total geral (553,76kg).

Tabela 1 – Quantificação de resíduos gerada para montagem das alvenarias dos cômodos

LOCAL	O que tem na parede				Parcela de Bloco Utilizado	Massa Unitária [kg]	Quantidade	Massa Total [kg]
	(A)	(B)	(C)	(D)				
Parede 1	X				1/2 Bloco	1,14	14	15,96
Parede 2	X	X		X	1/2 Bloco	1,14	24	27,36
					1/4 Bloco	1,71	26	44,46
					1/6 Bloco	1,90	12	22,80
Parede 3	X			X	1/2 Bloco	1,14	14	15,96
					1/4 Bloco	1,71	6	10,26
Parede 4	X		X	X	1/2 Bloco	1,14	24	27,36
					1/6 Bloco	1,90	21	39,90
Parede 5	X	X	X	X	1/2 Bloco	1,14	13	14,82
					3/4 Bloco	0,57	7	3,99
					1/6 Bloco	1,90	12	22,80
Parede 6	X			X	1/2 Bloco	1,14	42	47,88
					1/10 Bloco	2,05	7	14,36
					1/6 Bloco	1,90	12	22,80
Parede 7	X			X	1/2 Bloco	1,14	18	20,52
					2/3 Bloco	0,93	7	6,53
					1/6 Bloco	1,90	7	13,30
Parede 8	X			X	1/2 Bloco	1,14	29	33,06

LOCAL	O que tem na parede				Parcela de Bloco Utilizado	Massa Unitária [kg]	Quantidade	Massa Total [kg]
	(A)	(B)	(C)	(D)				
Parede 9	X			X	1/6 Bloco	1,90	7	13,30
					1/2 Bloco	1,14	7	7,98
					2/3 Bloco	0,93	7	6,53
					1/6 Bloco	1,90	7	13,30
Parede 10	X	X	X	X	1/2 Bloco	1,14	7	7,98
					2/3 Bloco	0,93	7	6,53
					1/6 Bloco	1,90	7	13,30
Parede 11	X	X	X		1/2 Bloco	1,14	7	7,98
					2/3 Bloco	0,93	7	6,53
					1/6 Bloco	1,90	7	13,30
Parede 12	X			X	1/2 Bloco	1,14	7	7,98
					2/3 Bloco	0,93	7	6,53
					1/6 Bloco	1,90	7	13,30
Parede 13	X	X		X	1/2 Bloco	1,14	22	25,08
Total								553,76
(A) - Blocos Cerâmicos								
(B) - Instalações de Água Fria								
(C) - Instalações de Esgoto								
(D) - Instalações Elétricas								

Fonte: O autor, 2024.

Considerando que algumas das paredes irão contar com inserção das instalações de água fria, esgoto e instalação elétrica, sintetizou-se a Tabela 2 que quantifica os resíduos gerados para cada uma das 13 paredes, e calculados conforme as equações de (3) a (5), detalhando cada um dos componentes instalados, quais sejam: chuveiro, bacia sanitária, tanque, lavatório, coluna de alimentação, coluna de ventilação, tomadas, interruptores, entrada de energia e quadro elétrico; e apresentando a quantidade de resíduos gerada na instalação de cada um deles.

Nota-se que as instalações de colunas (alimentação de água fria e ventilação de esgoto) geram o maior percentual de blocos fragmentados (15,93% com 14,94 kg), o que justifica a necessidade de propor soluções inovadoras para reduzir o volume de resíduos gerados, inclusive no tocante à execução das instalações.

Tabela 2 – Quantificação de resíduos gerada pelas instalações hidrosanitárias e elétrica

LOCAL	Quais instalações estão presentes na parede?			Componente Instalado	Percentual de Fragmentação	Quantidade	Massa Total [kg]
	(B)	(C)	(D)				
Parede 1	-	-	-	-	-	-	-
Parede 2	X	-	-	Chuveiro (2x)	10,53	21	5,04
		-	-	Bacia Sanitária	10,53	2	0,48
			X	Rasgo Horizontal	10,53	5	2,37
	-	-	X	Tomada Baixa (2x)	10,53	21	5,04
Tomada Alta (2x)				10,53	6	1,44	
Parede 3	-	-	X	Tomada Alta	10,53	3	0,72
Parede 4	-	X	-	Coluna de Ventilação	21,05	14	6,72
	-	-	X	Interruptor	10,53	9	2,16
Parede 5	X			Rasgo horizontal	10,53	5	2,37
	X	-	-	Tanque (2x)	10,53	10	2,40
				Lavatório	10,53	5	1,20
				Coluna de Alimentação (AF02)	13,15	5	1,50
	-	X	-	Tanque	16,08	3	1,10
				Lavatório	16,08	3	1,10
	-	-	X	Tomada Média	10,53	9	2,16
				Interruptor	10,53	9	2,16
Parede 6			X	Rasgo Horizontal	10,53	23	10,90
	-	-	X	Tomada Baixa	10,53	13	3,12
				Tomada Média	10,53	9	4,32
Parede 7	-	-	X	Tomada Alta	10,53	3	0,72
Parede 8			X	Rasgo Horizontal	10,53	7	3,32
	-	-	X	Tomada Média (2x)	10,53	18	4,32
Parede 9	-	-	X	Tomada Alta	10,53	3	0,72
Parede 10	X	-	-	Coluna de Alimentação (AF01)	21,05	14	6,72
				Lavatório	10,53	5	1,20
	-	X	-	Coluna de Ventilação	21,05	14	6,72
				Lavatório	16,08	3	1,10
	-	-	X	Tomada Média	10,53	9	2,16
Parede 11	-	X	-	Lavatório	10,53	5	1,20
	-	-	X	Coluna de Ventilação	21,05	14	6,72
	-	-	X	Lavatório	16,08	3	1,10
Parede 12	-	-	X	Interruptor	10,53	9	2,16
				Tomada Média	10,53	9	2,16
Parede 13	X	-	-	Bacia Sanitária	10,53	2	0,48
	-	-	X	Interruptor	10,53	9	2,16

LOCAL	Quais instalações estão presentes na parede?			Componente Instalado	Percentual de Fragmentação	Quantidade	Massa Total [kg]
	(B)	(C)	(D)				
			Entrada de Energia	17,54	9	3,60	
<b>Total</b>							<b>106,28</b>

**Legenda**

(B)	Instalações de Água Fria
(C)	Instalações de Esgoto
(D)	Instalações Elétricas

Fonte: O autor, 2024.

Em síntese, a Tabela 3 mostra o volume total de resíduos dividido por paredes para que seja erguida a alvenaria, sendo que as três paredes com maiores descartes ocorrem com em 2, 4 e 6 com um total de 279,57 kg (43% do total).

Tabela 3 – Quantitativo total de resíduos no método convencional

Parede	Massa de Resíduos [kg]	Percentual do volume total
Parede 1	15,96	2%
Parede 2	108,99	16%
Parede 3	26,94	4%
Parede 4	76,14	12%
Parede 5	55,60	8%
Parede 6	103,38	15%
Parede 7	41,07	6%
Parede 8	54,00	8%
Parede 9	28,53	4%
Parede 10	45,71	7%
Parede 11	36,83	6%
Parede 12	32,13	5%
Parede 13	34,74	5%
<b>Total</b>	<b>660,04</b>	<b>100%</b>

Fonte: O autor, 2024.

Com o intuito de entender a representatividade do volume descartado, a Tabela 4 apresenta dados complementares do empreendimento em geral. Considerando que para construir 72,45 m<sup>2</sup> necessita-se de aproximadamente 40 mil blocos cerâmicos, a cada metro quadrado de área construída será gerado 9,11 kg ou 4,36 kg por metro quadrado de alvenaria, representando um volume de material descartado de aproximadamente 6,7% do total.

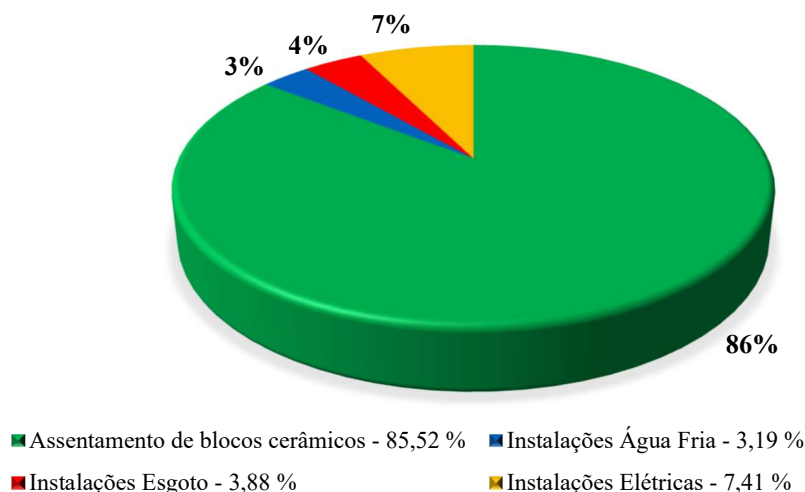
Tabela 4 – Dados complementares do empreendimento e material descartado

Área Construída [m <sup>2</sup> ]	72,45	Taxa de resíduos por área construída [kg/m <sup>2</sup> ]	9,11
Área de Alvenaria [m <sup>2</sup> ]	151,34	Taxa de resíduos por área de alvenaria [kg/m <sup>2</sup> ]	4,36
Massa Total de Blocos [kg]	9797,88	Percentual de descarte de material [%]	6,73
Massa de Resíduos [kg]	660,04		

Fonte: O autor, 2024.

Ao considerar o descarte de resíduos nas etapas de execução do assentamento dos blocos cerâmicos e, posteriormente, da abertura e fechamento para instalações prediais, observa-se que montagem dos cômodos da edificação é responsável por 85,52% do material descartado (Figura 24) e que as instalações representam menos de 15% do total de resíduos de construção gerados.

Figura 24 – Composição do material descartado pelas fases da obra



Fonte: O autor, 2024.

## 4.2 PERDAS FINANCEIRAS

Uma análise similar ao levantamento do volume de materiais descartados foi realizada a estimativa de perda financeira para o montante desse material, considerando a subdivisão das paredes e as suas particularidades.

Conforme já mencionado na seção anterior, a tabela do SINAPI foi utilizada como base de preços para cálculo dos materiais e composições representativas apresentadas pelas Tabela 5 e 6. O insumo de código 7271 do SINAPI (mês e ano de referência junho/2024) é referente ao bloco cerâmico / tijolo vazado para alvenaria de vedação, 8 furos na horizontal de 9x19x19 cm, ao custo unitário de R\$ 0,68. Considerando que parte do bloco é descartado por conta da fragmentação irregular, a Tabela 5 apresenta os valores unitários e a quantidade utilizada e destacando o preço total, conforme Equação (6).

Nota-se que o montante de uso de 1/2 bloco é majoritariamente o mais utilizado nas paredes, visto que é necessário para as juntas de amarração e distribuição de cargas na fiada inferior. Outro ponto a ser destacado pela Tabela 5, nas situações em que o cômodo tem esquadrias e portas, o profissional necessita de parcelas de blocos cerâmicos para preenchimento dos espaços, como é o caso de 1/4, 1/6 e 3/4 de bloco cerâmico, e desta forma, observa-se um descarte considerável de material e que poderia ser minimizado com o planejamento arquitetônico da edificação.

Tabela 5 – Valores financeiros de descarte de material para montagem dos cômodos

Local	Parcela de Bloco Utilizado	Preço Unitário <sup>(A)</sup> [R\$]	Quantidade	Preço Total [R\$]
Parede 1	1/2 Bloco	0,34	14	4,76
Parede 2	1/2 Bloco	0,34	24	8,16
	1/4 Bloco	0,51	26	13,26
	1/6 Bloco	0,57	12	6,84
Parede 3	1/2 Bloco	0,34	14	4,76
	1/4 Bloco	0,51	6	3,06
Parede 4	1/2 Bloco	0,34	24	8,16
	1/6 Bloco	0,57	21	11,97
Parede 5	1/2 Bloco	0,34	13	4,42
	3/4 Bloco	0,17	7	1,19
	1/6 Bloco	0,57	12	6,84
Parede 6	1/2 Bloco	0,34	42	14,28
	1/10 Bloco	0,61	7	4,27
	1/6 Bloco	0,57	12	6,84

Local	Parcela de Bloco Utilizado	Preço Unitário <sup>(A)</sup> [R\$]	Quantidade	Preço Total [R\$]
Parede 7	1/2 Bloco	0,34	18	6,12
	2/3 Bloco	0,23	7	1,61
	1/6 Bloco	0,57	7	3,99
Parede 8	1/2 Bloco	0,34	29	9,86
	1/6 Bloco	0,57	7	3,99
Parede 9	1/2 Bloco	0,34	7	2,38
	2/3 Bloco	0,23	7	1,61
	1/6 Bloco	0,57	7	3,99
Parede 10	1/2 Bloco	0,34	7	2,38
	2/3 Bloco	0,23	7	1,61
	1/6 Bloco	0,57	7	3,99
Parede 11	1/2 Bloco	0,34	7	2,38
	2/3 Bloco	0,23	7	1,61
	1/6 Bloco	0,57	7	3,99
Parede 12	1/2 Bloco	0,34	7	2,38
	2/3 Bloco	0,23	7	1,61
	1/6 Bloco	0,57	7	3,99
Parede 13	1/2 Bloco	0,34	22	7,48
<b>Total</b>				<b>163,78</b>

(A) - Valor proporcional da parcela do bloco cerâmico com valor unitário de R\$ 0,68.

Fonte: O autor, 2024.

A contabilização financeira do descarte de materiais para as instalações elétricas e hidrossanitárias utilizou de composições representativas (CR) disponíveis na tabela SINAPI, a saber:

- a) Código 72135 – Mão de obra para abertura/fechamento rasgo alvenaria para tubos, fechamento com argamassa traço 1:1:6 (cimento, cal e areia)
- b) Código 34557 – Mão de obra para realizar rasgos em alvenaria para Diâmetro Nominal (DN) a partir de 50 mm devem ser tratados com tela de aço soldada galvanizada/zincada, a fim de evitar o surgimento de fissuras precoces ao longo da vida útil da edificação.

A Tabela 6 mostra os valores financeiros contabilizados para as instalações prediais subdividido em paredes, sendo que a CR aplicada depende do volume de material a ser retirado, cabe destaque às instalações elétricas das paredes 2 e 6 que abarcam diversos ambientes e têm os valores mais elevados de perdas financeiras com este tipo de atividade.

Tabela 6 – Contabilização financeira do descarte de materiais devido às instalações hidrosanitárias e elétrica

Local	Instalações prediais			Composição Representativa SINAPI	Quantidade [m]	Valor Unitário [R\$]	Valor Total [R\$]
	(B)	(C)	(D)				
Parede 1	-	-	-	-	-	-	-
Parede 2	X	-	-	SINAPI 72135	4,60	5,52	25,39
	-	-	X	SINAPI 72135	7,80	5,52	43,06
Parede 3	-	-	X	SINAPI 72135	0,65	5,52	3,59
Parede 4	-	X	-	SINAPI 72135	2,85	5,52	15,73
	-	X	-	SINAPI 34557	2,85	1,93	5,50
	-	-	X	SINAPI 72135	1,75	5,52	9,66
Parede 5	X	-	-	SINAPI 72135	2,10	5,52	11,59
	-	X	-	SINAPI 72135	0,80	5,52	4,42
	-	-	X	SINAPI 72135	1,75	5,52	9,66
Parede 6	-	-	X	SINAPI 72135	12,10	5,52	60,17
Parede 7	-	-	X	SINAPI 72135	2,55	5,52	14,08
Parede 8	-	-	X	SINAPI 72135	7,65	5,52	40,13
Parede 9	-	-	X	SINAPI 72135	0,65	5,52	3,59
Parede 10	X	-	-	SINAPI 72135	3,55	5,52	19,60
				SINAPI 34557	2,85	1,93	5,50
	-	X	-	SINAPI 72135	3,25	5,52	17,94
				SINAPI 34557	2,85	1,93	5,50
	-	-	X	SINAPI 72135	1,75	5,52	9,66
Parede 11	-	X	-	SINAPI 72135	0,70	5,52	3,86
	-	-	X	SINAPI 72135	3,25	5,52	17,94
	-	-	X	SINAPI 34557	2,85	1,93	5,50
Parede 12	-	-	X	SINAPI 72135	3,50	5,52	19,32
Parede 13	X	-	-	SINAPI 72135	0,40	5,52	2,21
	-	-	X	SINAPI 72135	1,10	5,52	6,07
<b>TOTAL [R\$]</b>							<b>359,67</b>

**Legenda**

(B)	Instalações de Água Fria
(C)	Instalações de Esgoto
(D)	Instalações Elétricas

Fonte: O autor, 2024.

Em síntese é apresentado a Tabela 7 com o somatório das contabilizações financeiras de cada uma das paredes devido ao descarte de materiais, onde nota-se que as contribuições maiores de 10% pertencem às paredes 2, 4, 6, 8 e 10 e representam 68% do total perdido em

material e gasto com mão de obra para reparo das aberturas e respectivo fechamento para instalações prediais.

Tabela 7 – Contabilização financeira total do descarte de materiais

Local	Contabilização Financeira [R\$]	Percentual de perda do total
Parede 1	4,76	1%
Parede 2	96,71	18%
Parede 3	11,41	2%
Parede 4	51,02	10%
Parede 5	38,12	7%
Parede 6	85,56	16%
Parede 7	25,80	5%
Parede 8	53,98	10%
Parede 9	11,57	2%
Parede 10	66,18	12%
Parede 11	35,28	7%
Parede 12	27,30	5%
Parede 13	15,76	3%
<b>Total</b>	<b>523,45</b>	<b>100%</b>

Fonte: O autor, 2024.

Alguns dados complementares da edificação foram avaliados, conforme Tabela 8, onde nota-se um custo para assentamento de blocos cerâmicos da alvenaria de R\$ 14 mil – utilizando CR 103328 do SINAPI, sendo que aproximadamente R\$ 3 mil são gastos com materiais – utilizando CR7271 do SINAPI.

Tabela 8 – Dados complementares do empreendimento do descarte em valores financeiros

Área Construída [m <sup>2</sup> ]	72,45	Contabilização financeira por área construída [R\$/m <sup>2</sup> ]	7,22
Área de Alvenaria [m <sup>2</sup> ]	151,34	Contabilização financeira por área de alvenaria [kg/m <sup>2</sup> ]	3,46
Custo Global da Alvenaria [R\$] <sup>(A)</sup>	14778,35	Percentual financeiro em relação ao custo global da alvenaria [%]	3,54
Custo Global do Insumo Bloco Cerâmico 9x19x19 cm [R\$] <sup>(B)</sup>	2913,30	Percentual financeiro em relação ao custo global do insumo [%]	17,97
<b>Contabilização financeira Total [R\$]</b>			<b>523,45</b>

(A) - Conforme Composição 103328 do SINAPI (Ref.: 06/2024)

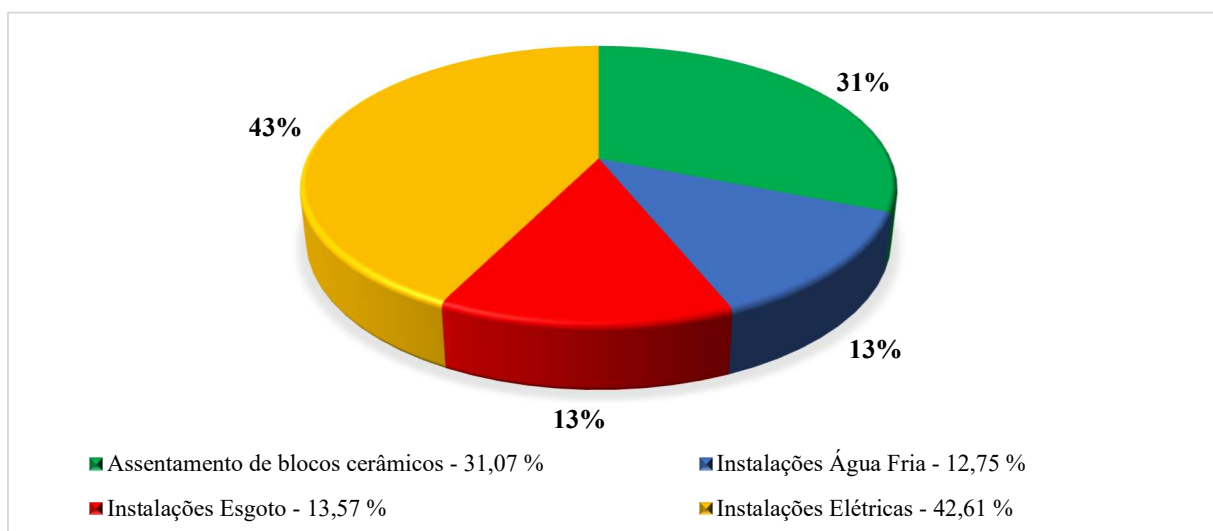
(B) - Conforme Insumo 7271 do SINAPI (Ref.: 06/2024)

Fonte: O autor, 2024.

Ressalta-se que as contabilizações consideradas nesta secção foram, tão somente, aos descartes de materiais diretos, vistas que por se tratar de um empreendimento complexo, os ônus oriundos do dispêndio com equipe limpeza no canteiro de obras e do transporte dos resíduos de construção até o descarte final não foram considerados na presente análise. Nota-se pela Tabela 8, que os descartes geraram uma perda de 3,6% do total gasto para execução da alvenaria e 18% em relação ao custo de aquisição dos blocos cerâmicos.

A Figura 25 explica a contribuição financeira em percentual de cada uma das etapas de execução que geraram resíduos, ao contrário do que fora visto na composição da geração de resíduos (Figura 24), nota-se uma distribuição mais homogênea dos seus contribuintes, cabendo o destaque para o assentamento de blocos cerâmicos (31,07%) que necessita de materiais fragmentados para realizar juntas de amarração, e para as instalações elétricas, onde se realiza abertura e fechamento de rasgos para conduítes tanto na horizontal quanto na vertical.

Figura 25 – Contribuição financeiras dos descartes de resíduos por etapa de execução



Fonte: O autor, 2024.

As Figuras 24 e 25 sugerem que, para este estudo de caso, deve ser realizado um planejamento arquitetônico para atenuar o descarte dos resíduos sólidos e conseqüentemente reduzir os gastos financeiros complementares, o que é evidenciado pelo percentual de contribuição. Por outro lado, é imprescindível considerar as instalações prediais diante da soma de 68,93% das perdas aferidas no presente estudo.

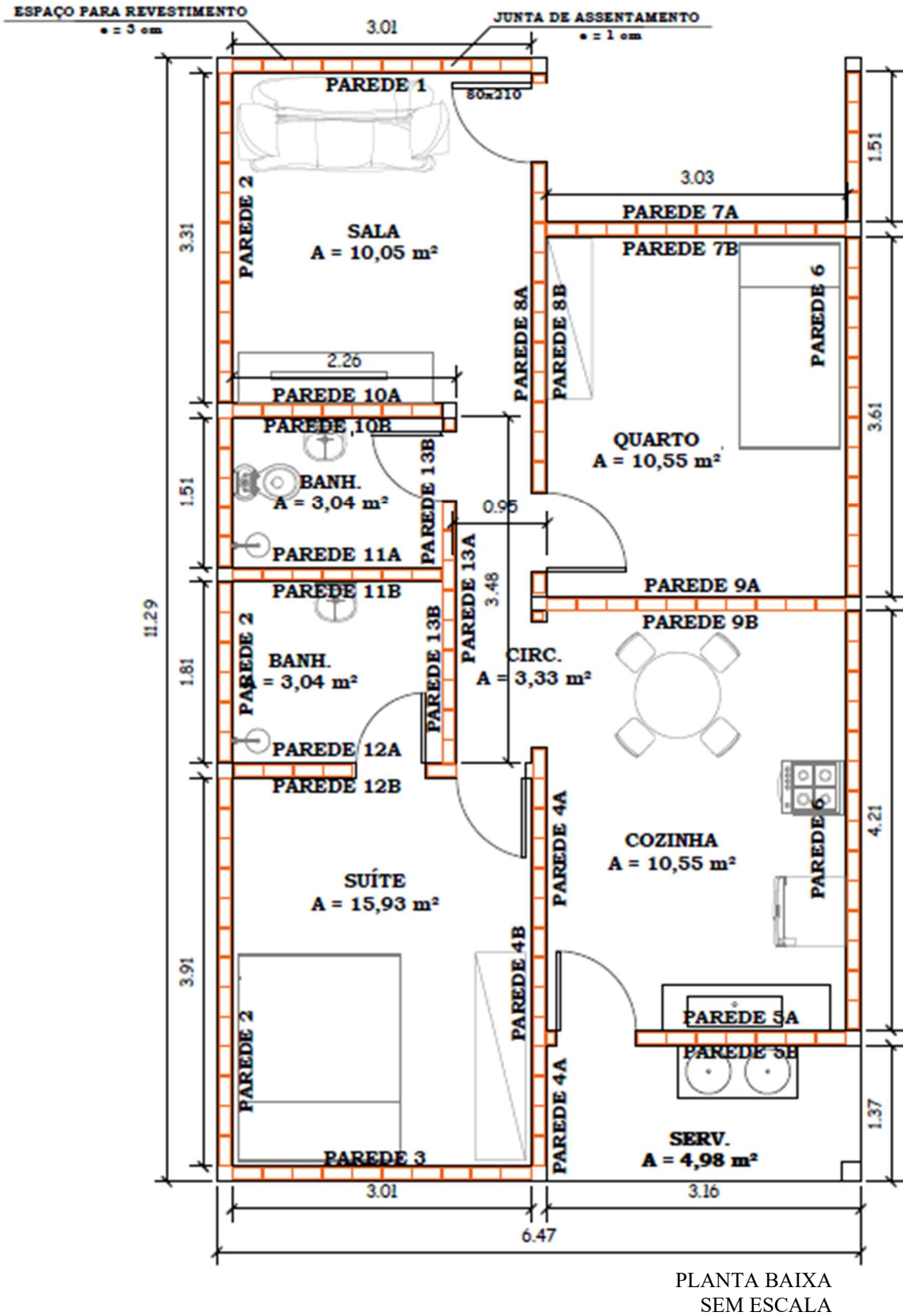
### **4.3 REELABORAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO**

Nesta etapa foi reelaborado o projeto arquitetônico da edificação substituindo o bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal pelos blocos cerâmicos de vedação com furos na vertical com as dimensões de 11,5x19x29 cm e de 11,5x19x14 cm, considerado comercialmente como meio bloco cerâmico com furos na vertical. O módulo dimensional do bloco serviu reduzir a fragmentação das peças e acomodou os tubos e conduítes das instalações prediais nos vazados verticais.

Não obstante, algumas fragmentações são inevitáveis e precisam ser levadas em conta no momento da avaliação da geração de resíduos e perdas financeiras, tais como os rasgos horizontais e os espaços destinados à instalação de registros, caixas de passagem para os conduítes e afins.

A Figura 26 apresenta a vista em planta baixa da edificação com adaptação para os blocos cerâmicos com furos na vertical, e acrescentado a primeira fiada dos blocos cerâmicos como forma de entender a distribuição das peças nos ambientes. Destaca-se que houve compatibilidade do módulo de 29cm, e que a segunda fiada foi possível travar com uso do meio bloco cerâmico.

Figura 26 – Projeto arquitetônico reelaborado com execução da primeira fiada de blocos cerâmicos



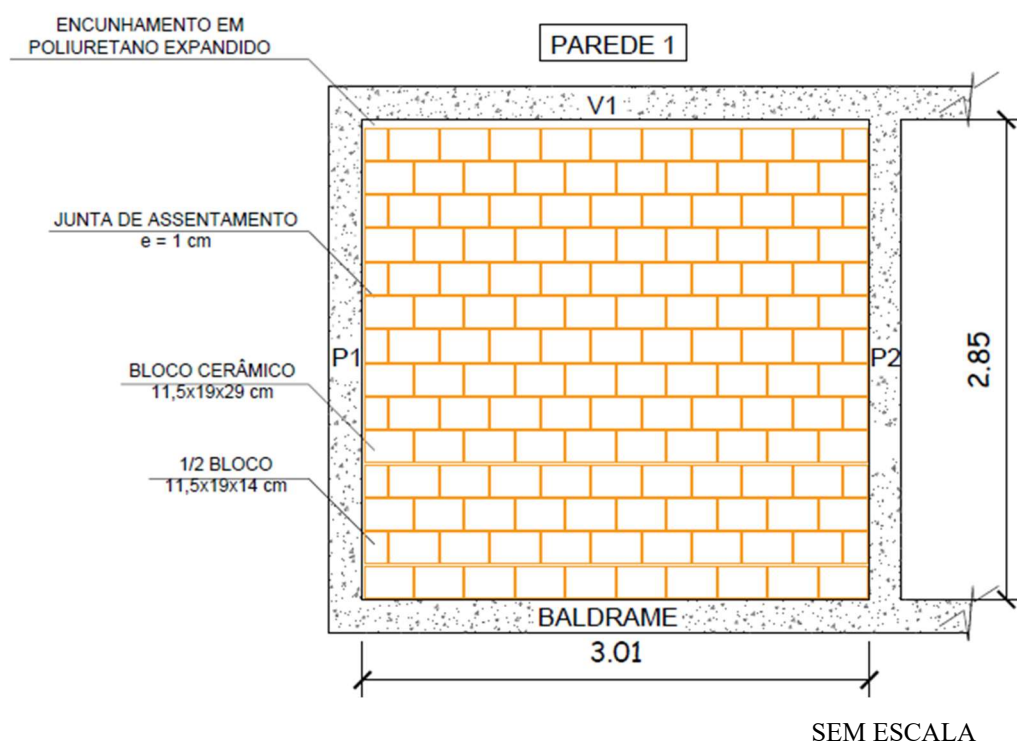
PLANTA BAIXA  
SEM ESCALA

Fonte: O autor, 2024.

Salienta-se que foram realizados ajustes para a adequação modular aumentou a área da construção para 73,03 m<sup>2</sup> (acréscimo de 0,8%), o que gerou um mínimo de alteração do projeto arquitetônico inicial, visto que a largura das paredes passou de 9 cm para 11,5 cm e o comprimento do módulo de racionalização foi de 29 cm, ao contrário dos 19 cm do bloco cerâmico com furos na horizontal.

A Figura 27 representa uma elevação frontal da nova paginação da parede 1. Observa-se que o número de fiadas não é alterada devido à mesma altura dos blocos cerâmicos e no final da alternância entre as peças, o meio bloco cerâmico comercial é incorporado em substituição material fragmentado. Podem ser consultadas as demais paredes reelaboradas das Figuras 48 a 68 no Apêndice B.

Figura 27 – Parede 1 reelaborada



Fonte: O autor, 2024.

Ressalte-se que o projeto reelaborado para a parede 1 reduziu a zero os resíduos gerados e despesas financeiras extras, sobretudo por não haver instalações a serem embutidas, pois com a reelaboração não haverá geração de resíduos ou perdas financeiras relacionadas ao assentamento do bloco cerâmico, pois não haverá fragmentação para esta finalidade. Em contrapartida, as demais paredes são dotadas de rasgos horizontais e recortes executados para a execução dos elementos das instalações prediais.

A Tabela 9 mostra os dados obtidos para cada uma das paredes com o total de massa de resíduos gerados, conforme supracitado, nas paredes 2 a 13 foi necessário realizar intervenções para abertura e fechamento dos rasgos dos componentes instalados, quais sejam: registros de pressão e de gaveta, caixas de passagem para tomadas e interruptores, rasgos horizontais, ramal de descarga dos lavatórios e quadro elétrico.

Cabe destacar que não foi adotado o bloco fabricado com o espaço para embutir as caixas de passagem das instalações elétricas, apresentados nas Figuras 4 e 5, a fim de avaliar a contribuição de tais componentes na geração de resíduos.

Tabela 9 – Quantificação de resíduos gerada pelas instalações após a reelaboração do projeto

LOCAL	Quais instalações estão presentes na parede?			Componente Instalado	Percentual de Fragmentação	Quantidade	Massa Total [kg]
	(B)	(C)	(D)				
Parede 1	-	-	-	-	-	-	-
Parede 2	X	-	-	Registro de Pressão (2x)	7,89	2	0,71
	-	-	X	Tomada (4x)	4,26	4	0,77
				Rasgo Horizontal	10,53	5	2,37
Parede 3	-	-	X	Tomada	4,26	1	0,19
	-	-	X	Interruptor	4,26	1	0,19
Parede 5	X	-	-	Rasgo Horizontal	10,53	5	2,37
				Registro de Gaveta	13,15	1	0,59
	-	X	-	Tanque	0,39	1	0,02
				Lavatório	0,39	1	0,02
	-	-	X	Tomada	4,26	1	0,19
Parede 6			X	Rasgo Horizontal	10,53	23	10,90
	-	-	X	Tomada	4,26	5	0,96
Parede 7	-	-	X	Tomada	4,26	1	0,19
Parede 8			X	Rasgo Horizontal	10,53	7	3,32
	-	-	X	Tomada (3x)	4,26	3	0,58
Parede 9	-	-	X	Tomada	4,26	1	0,19
Parede 10	X	-	-	Registro de Gaveta	13,15	1	0,59
				Lavatório	0,39	1	0,02
	-	-	X	Tomada Média	4,26	1	0,19
Parede 11	-	-	X	Lavatório	0,39	1	0,02
Parede 12	-	-	X	Tomada (2x)	4,26	2	0,38
Parede 13	-	-	X	Tomada	4,26	1	0,19

				Quadro Elétrico	75,00	2	6,75
<b>Total</b>							<b>31,69</b>

**Legenda**

(A)	Instalações de Água Fria
(B)	Instalações de Esgoto
(C)	Instalações Elétricas

Fonte: O autor, 2024.

De maneira análoga, avaliou-se a contribuição financeira referente à mão de obra para abertura/fechamento de rasgo na alvenaria para tubos, conforme a CR 72135 e 34557 do SINAPI, disposta na Tabela 10. Cabe destacar que apenas as paredes 2 e 5 apresentaram a necessidade deste serviço adicional, pois ambas contam com rasgos horizontais.

Tabela 10 – Contabilização financeira do descarte de materiais devido às instalações prediais após a reelaboração do projeto

Local	Instalações prediais			Composição Representativa SINAPI	Quantidade [m]	Valor Unitário [R\$]	Valor Total [R\$]
	(B)	(C)	(D)				
Parede 1	-	-	-	-	-	-	-
Parede 2	-	-	X	SINAPI 72135	1,45	5,52	8,00
Parede 3	-	-	-	-	-	-	-
Parede 4	-	-	-	-	-	-	-
Parede 5	X	-	-	SINAPI 72135	1,00	5,52	5,52
Parede 6	-	-	X	SINAPI 72135	12,10	5,52	66,79
Parede 7	-	-	-	-	-	-	-
Parede 8	-	-	X	SINAPI 72135	7,65	5,52	42,23
Parede 9	-	-	-	-	-	-	-
Parede 10	-	-	-	-	-	-	-
Parede 11	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
Parede 12	-	-	-	-	-	-	
Parede 13	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL [R\$]</b>							<b>122,54</b>

**Legenda**

(B)	Instalações de Água Fria
(C)	Instalações de Esgoto
(D)	Instalações Elétricas

Fonte: O autor, 2024.

#### 4.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS

Nesta secção será apresentada uma comparação entre o planejamento de assentamento dos blocos cerâmicos com furos na horizontal e com os blocos cerâmicos com furos na vertical para o projeto arquitetônico em estudo.

Observa-se que a readequação do projeto arquitetônico não gerou alterações mínimas nas dimensões dos ambientes, por conta do bloco cerâmico com furos na vertical e, que provocou um acréscimo de menos de 1% na área total da edificação.

A avaliação comparativa dos dois projetos indica uma redução no descarte de resíduos de construção e tem efeitos financeiros proporcionalmente, conforme listado na Tabela 11, e pode-se afirmar que o uso da metodologia da alvenaria racionalizada no projeto em tela é possível de implementar.

Tabela 11 – Comparação entre os planejamentos de assentamento de alvenaria

<b>COMPARATIVO ENTRE PROJETOS</b>			
	Projeto arquitetônico da Construtora “A”	Projeto arquitetônico reelaborado	Porcentagem de redução
Descarte de Resíduos [kg]	660,04	31,69	<b>95,20%</b>
Contribuição financeira do resíduo descartado [R\$]	523,45	122,54	<b>76,58%</b>

Fonte: o autor (2024)

A implantação da proposta de edificação com blocos cerâmicos com furos na vertical é necessária realizar uma investigação nos custos envolvidos para essa alteração do sistema construtivo tradicional. A Tabela 12 contém as composições representativas para cada cenário estudado, considerando que os blocos cerâmicos são diferentes e por recomendação do SINAPI, o projeto arquitetônico fornecido pela Construtora “A” utilizou a CR 103328 e o projeto arquitetônico reelaborado, a CR103344. Cabe destacar que os valores apresentados na referida tabela se referem aos quantitativos necessários para a execução de 1 m<sup>2</sup> de alvenaria.

Tabela 12: Comparação do custo unitário (R\$/m<sup>2</sup>) para assentamento de blocos cerâmicos entre os projetos avaliados

	Projeto arquitetônico da Construtora “A”	Projeto arquitetônico reelaborado
Item	Valores [R\$]	
Referência SINAPI (06/2024)	103328	103344
Argamassa Traço 1:2:8 [...]	6,63	9,70
Servente com encargos complementares	18,70	13,52
Pedreiro com encargos complementares	51,95	31,26
Pino de aço com furo	0,31	0,40
Tela de aço soldada galvanizada	0,81	1,18
Bloco cerâmico 9x19x19 cm	19,25	--
Bloco cerâmico 11,5x19x29 cm	--	31,93
	97,65	87,99

Fonte: O autor (2024).

Pela Tabela 12, nota-se que o bloco cerâmico 11,5x19x29 cm possui um custo mais elevado do que o bloco convencional 9x19x19 cm, porém, o projeto arquitetônico reelaborado é mais vantajoso, sendo que os blocos cerâmicos 11,5x19x29 cm são maiores e permite uma maior produtividade com menor tempo no assentamento, confirmado pela estimativa do SINAPI para custo unitário cerca de R\$ 10,00 mais barato do que assentar o bloco cerâmico convencional.

A análise dos projetos em termos de área de alvenaria construída mostrou que a adoção da metodologia de alvenaria racionalizada, como apresentado na Tabela 13, aponta uma economia de cerca de R\$ 1.500 apenas na fase de execução, e considerando a contabilização financeira do descarte de material do projeto arquitetônico original (aproximadamente R\$ 400) – não inclusa na Tabela 13 –, o valor final será próximo de R\$ 2.000, cerca de 13,53% do valor despendido na execução da alvenaria pelo método convencional.

Tabela 13 – Estimativa de custo para implementação dos projetos

	Valor Unitário [R\$/m <sup>2</sup> ]	Área de Alvenaria [m <sup>2</sup> ]	Total [R\$]
Projeto arquitetônico da Construtora “A”	97,65	151,34	14778,35
Projeto arquitetônico reelaborado	87,99	153,08	13469,51

Fonte: O autor, 2024.

Diante do que foi apresentado, a adoção da metodologia do conceito de alvenaria racionalizada do projeto reelaborado poder-se-á conduzir a obra, em estudo, menos onerosa e

menos poluidora, otimizando recursos financeiros, energéticos e ambientais, com uma redução da geração descarte de 660,04 kg de RCC's, como também, vislumbrar ganhos indiretos como a redução do serviço de limpeza de canteiro de obras, e de transporte de resíduos, bem como a diminuição do impacto ambiental.

## CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma avaliação da alteração de projeto arquitetônico com a substituição dos blocos cerâmicos de vedação de 9x19x19 cm com vazados na horizontal por blocos cerâmicos de vedação 11,5x19x29 com vazados na vertical. A partir dos resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser expostas:

- A metade de um bloco cerâmico foi majoritariamente a maior parcela de fragmentos utilizados nas paredes, diante da necessidade de criar uma junta de amarração;
- A maior contribuição financeira de gasto complementar foi destacada pela geração de resíduos no assentamento da alvenaria, representando um pouco mais de 31% do total, e as instalações prediais geram mais de 68% de descarte de material;
- O bloco cerâmico de vedação com vazados na vertical apresentou compatibilidade ao projeto arquitetônico reelaborado, o que permitiu gerar resíduo de construção somente nas instalações prediais com rasgo na horizontal e os tubos e conduítes puderam ser incorporados nos vazados verticais dos blocos cerâmicos, sem realizar aberturas e fechamentos da alvenaria;
- O projeto arquitetônico reelaborado mostrou ter um custo de implantação inferior ao projeto fornecido pela Construtora “A”, devido à mão de obra ser mais barata para assentar blocos cerâmicos que permite maior produtividade, apesar do bloco cerâmico de 11,5x19x29 cm ter um custo mais elevado;
- Observou-se que com o projeto arquitetônico reelaborado pode-se ter uma redução nos gastos com descarte de material na ordem de R\$2.000.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir dos conhecimentos gerados por este trabalho e tendo em vista a necessidade de buscas incessantes por soluções sustentáveis no ramo da construção civil, recomenda-se:

- Estudar a implantação do sistema de alvenaria racionalizada na prática, verificando vantagens e desvantagens da concepção e detalhando os custos indiretos não abordados por este trabalho;
- Aplicar e prospectar o desempenho da alvenaria racionalizada em obras de grande porte, a fim de verificar o comportamento da técnica aplicada à economia de escala;
- Avaliar o custo de treinamentos de mão de obra para execução da alvenaria racionalizada, associando-os aos ganhos financeiros e de produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÂNGULO, S.C.; OLIVEIRA, L.S.; MACHADO, L.C.; Pesquisa Setorial ABRECON 2020: **a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Paulo: Epusp, 2022.

AZEVEDO, G. A.; BRITO, J. C. H. **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes Cerâmicos. Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação**. Rio de Janeiro, 2023.

---

\_\_\_\_\_. **NBR 15873: Coordenação modular para edificações**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. **CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente**, 2000. Resolução nº 307, 05 de julho de 2002. Ministério do Meio Ambiente. 2002.

DUARTE, R. B. **Elementos de Avaliação da Industrialização na Construção por Sistemas no Rio Grande do Sul**. 1982. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

FRAGA, M. F. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FRANCO, L. S. **O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais, 1998, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Epusp/PCC, 1998.

FREIRE, A.M.V. **Coordenação modular de projetos como ferramenta para a racionalização da construção.** Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. 139 p.

GOLDEMBERG, J.; AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil.** Editora Blucher, 2011.

PRADO H. R. F. **A qualidade dos blocos e tijolos cerâmicos.** Revista Adnormas. São Paulo, 2018. Disponível em: < <https://www.revistaadnormas.com.br/2018/05/08/a-qualidade-dos-blocos-e-tijolos-ceramicos/>>. Acesso em: 07 jul. 2024.

IMAI, C. **O sonho da moradia no projeto: o uso da maquete arquitetônica na simulação da habitação social.** Maringá, PR: Editora da Universidade Estadual, 2010.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; MOREIRA, D.C.; PETRECHE, J.R.D; FABRÍCIO M. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria a tecnologia.** Ed. Oficina de Textos, dez. 2011, ISBN 978-85-7975-033-5, p.504.

LAGE, R. **Posso embutir instalações hidráulicas na alvenaria estrutural?** Revista Anicer, 2020. Disponível em: < <https://revista.anicer.com.br/posso-embutir-instalacoes-hidraulicas-na-alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 07, julho de 2024.

LEITE, I. C. de A. et al. **Gestão de resíduos na construção civil: Um estudo em Belo Horizonte e Região Metropolitana.** REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 14, n. 1, 2018.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil.** Série de Publicações Temáticas do Crea-PR. Curitiba: Crea, 2009.

LORDSLEEM JR, A. C.; NEVES, M. L. R. **Método para a avaliação quantitativa da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação em edifícios**. Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil. Rio Grande do Sul, n. 14, p. 15 - 24. outubro de 2009.

MASCARÓ, L. E. Y. de. Coordinación modular? Qué es? **Summa**, Buenos Aires, n. 103, p. 20-1, ago. 1976.

MOURA, M. L. A.; COELHO, M. F. O. **Gestão de custos e Drywall**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 10, Vol. 06, pp. 29-62 Outubro de 2018.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

NETO, E. M. **Proposta arquitetônica de habitações modulares com ênfase na racionalização construtiva**. Tese (Mestrado em Arquitetura, Projeto e Meio-Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

PAULUZZI, G. **Alvenaria de vedação: conheça as técnicas envolvidas para a utilização da alvenaria racionalizada**. 2012. Disponível em: < <https://pauluzzi.com.br/alvenaria-de-vedacao/>>. Acesso em: 07 jul. 2024.

PEÑA, Monserrat DUEÑAS; FRANCO, Luiz Sérgio. MÉTODO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 126–153, 2006. [DOI: 10.4237/gtp.v1i1.17](https://doi.org/10.4237/gtp.v1i1.17). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50896>. Acesso em: 11 ago. 2024.

PIMENTEL M. **Materiais e produtos**. Portal Metálica, 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/construcao-civil-precisa-mudar>>. Acesso em: 07, julho 2024.

PINHO, S.A.C. **Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento: perdas, consumo e produtividade.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de Pernambuco, Recife.

PINHO, S. A. C., LORDSLEEM JR., A. C. **O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil.** In: XVI Congresso Brasileiro de Custos, Anais... Fortaleza, 2009.

PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL. Drywall – manual de fixação, manutenção e acabamento. São Paulo: 2018. Disponível em: <https://metalica.com.br/manual-fixacao-manutencao-e-acabamento-de-drywall-2/>. Acessado em 16 de setembro de 2024

RAUBER, F C. **Contribuições ao Projeto Arquitetônico de Edifícios em Alvenaria Estrutural.** Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 111. 2005.

REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO. **Custos da construção.** São Paulo: PINI, ano 54, n. 3, out. 2016.

REVISTA ADNORMAS. **A qualidade dos blocos e tijolos cerâmicos.** São Paulo: 2018. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2018/05/08/a-qualidade-dos-blocos-e-tijolos-ceramicos>. Acessado em 16 de setembro de 2024

RODRIGUES, M. L. **Ganhos na construção com a adoção da alvenaria com blocos cerâmicos modulares.** Projeto de Monografia (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural.** Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1999. p. 83.

ROMÉRO, M.A; ORNSTEIN, S.W. (Ed.; Coord.) **Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicadas à habitação social.** Porto Alegre: Antac, 2003 (Coleção Habitare).

SILVA, G. **Sistemas construtivos em concreto armado e alvenaria estrutural: uma análise comparativa de custos.** 2003. 164 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SAN MARTIN, A. P. **Método de Avaliação de Tecnologias de Edificação para Habitação de Interesse Social sob o Ponto de Vista da Gestão de Processos de Produção.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 1999.

SABATINI, F. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos:** formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

**Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).** Relatório de Custos da Construção Civil. Junho 2024. Disponível em: < <https://www.sinapi.gov.br/relatorio-junho-2024>. Acesso em: 21 ago. 2024>

TOLENTINO, Lucas. **Construção civil precisa mudar.** Ministério do meio ambiente, 2013. Disponível em: < <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/construcao-civil-precisa-mudar>>. Acesso em: 25, outubro de 2023.

TRINDADE, R. S. **Análise da produtividade da mão de obra na execução de alvenaria estrutural e alvenaria convencional.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

YUAN, F.; SHEN, L; LEE Q. **Emergy Analysis of the recycling options for construction and demolition waste.** Waste Management, 2011.

## APÊNDICE A

1) Elevações frontais das alvenarias convencionais do projeto arquitetônico da Construtora “A”

Figura 28 – Elevação da parede 3

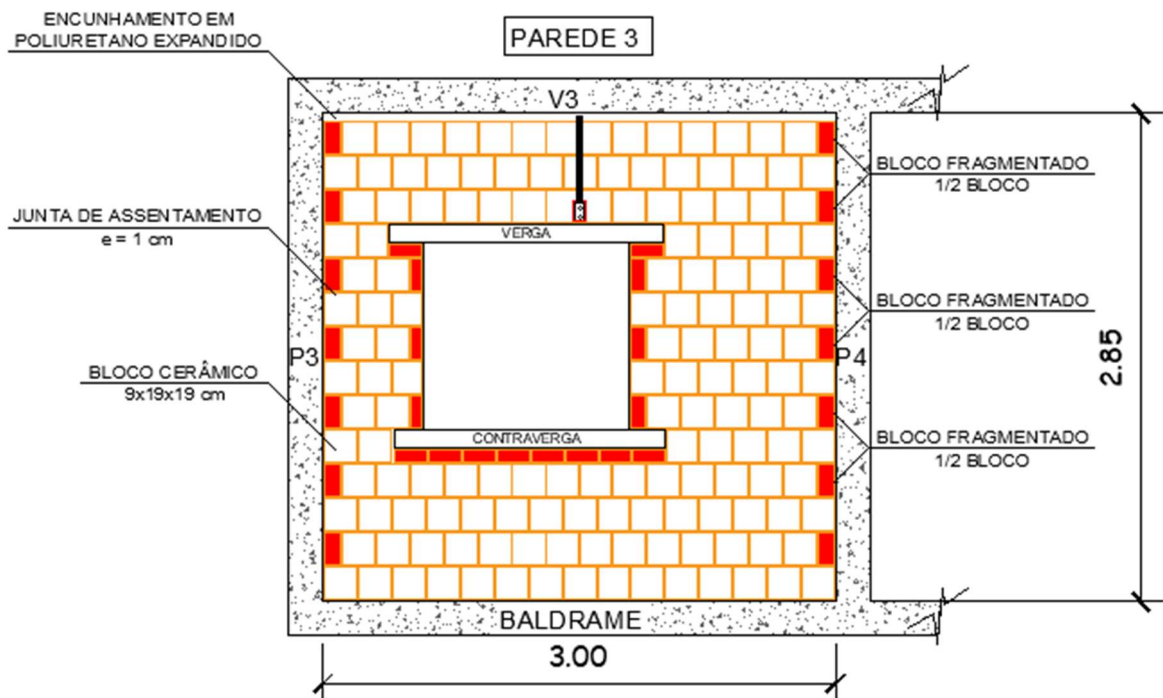


Figura 29 – Elevação da parede 4A

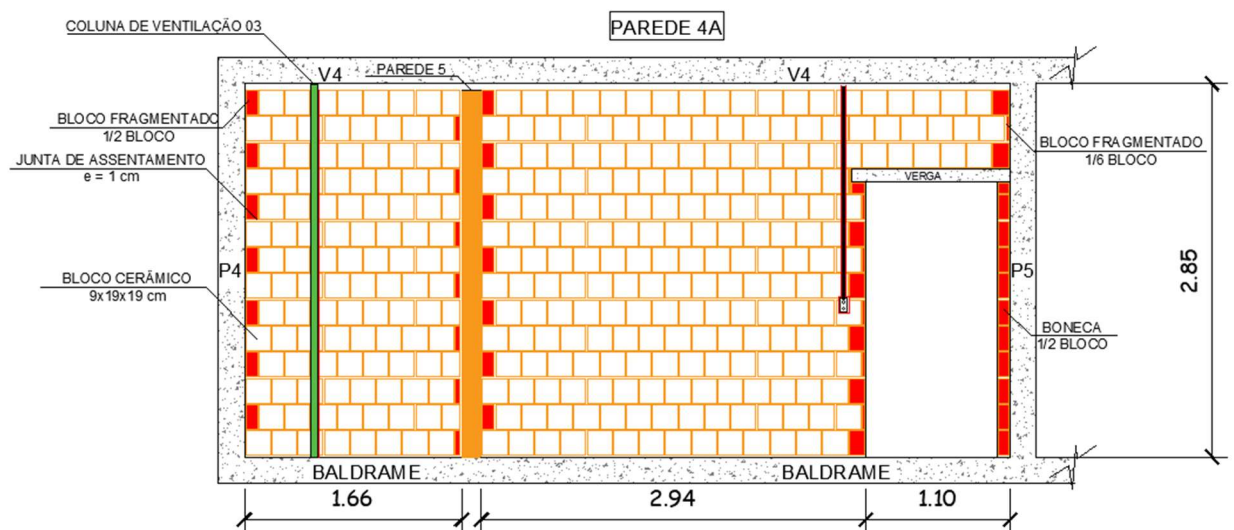


Figura 30 – Elevação da parede 4B

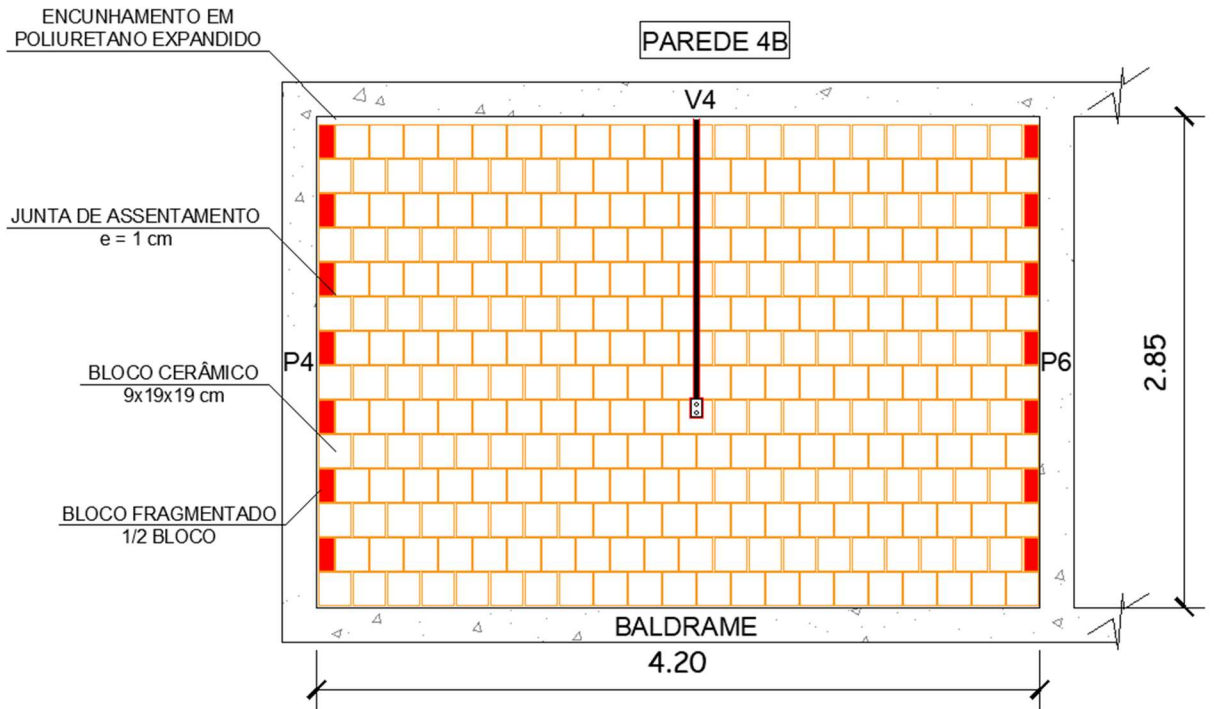


Figura 31 – Elevação da parede 5A

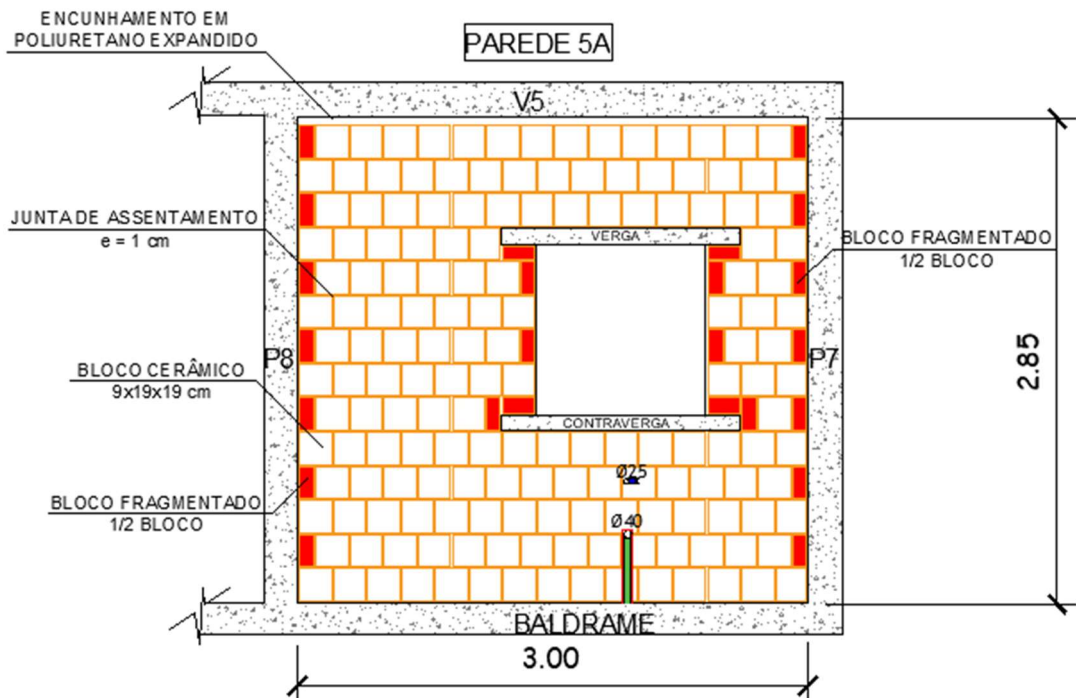
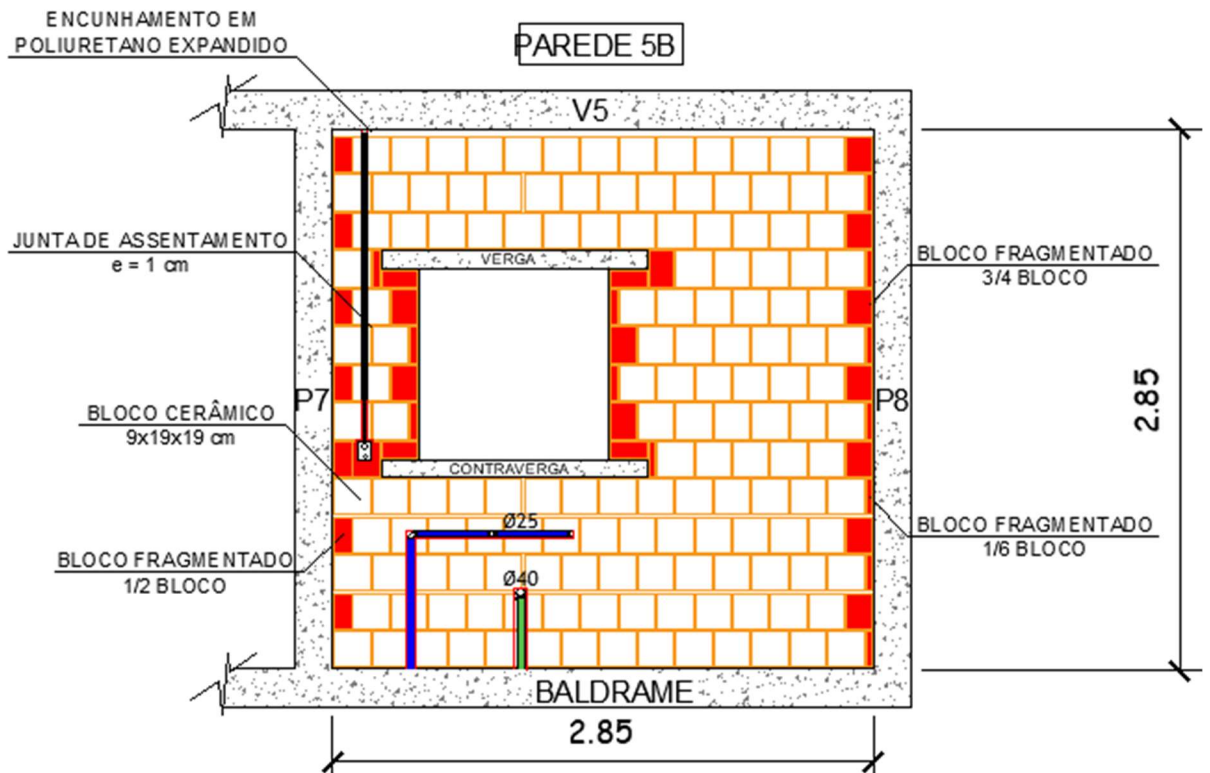


Figura 32 – Elevação da parede 5B



[Figura 33 – Elevação da parede 6

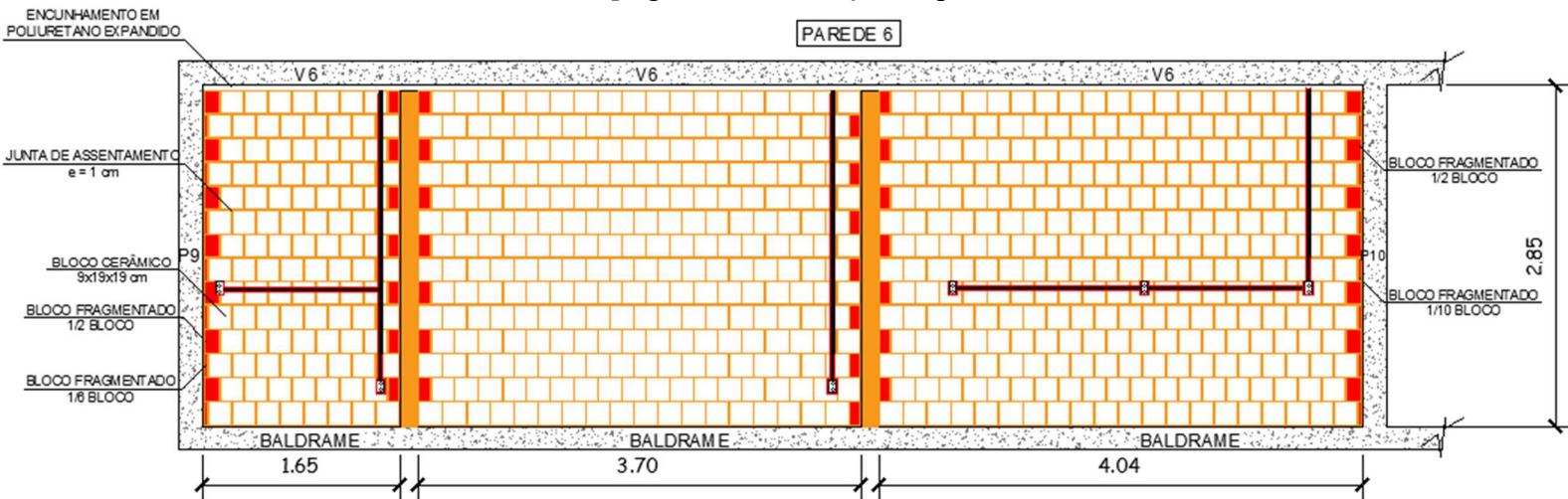


Figura 34 – Elevação da parede 7A

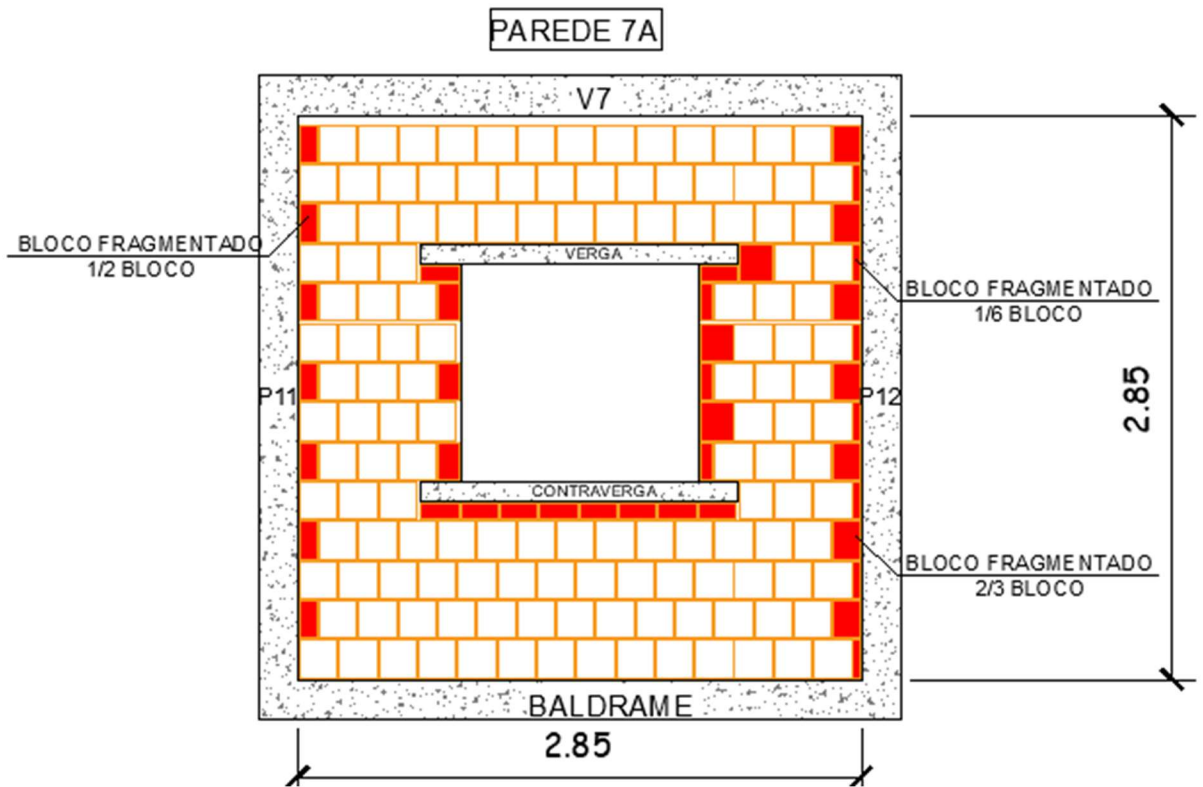


Figura 35 – Elevação da parede 7B

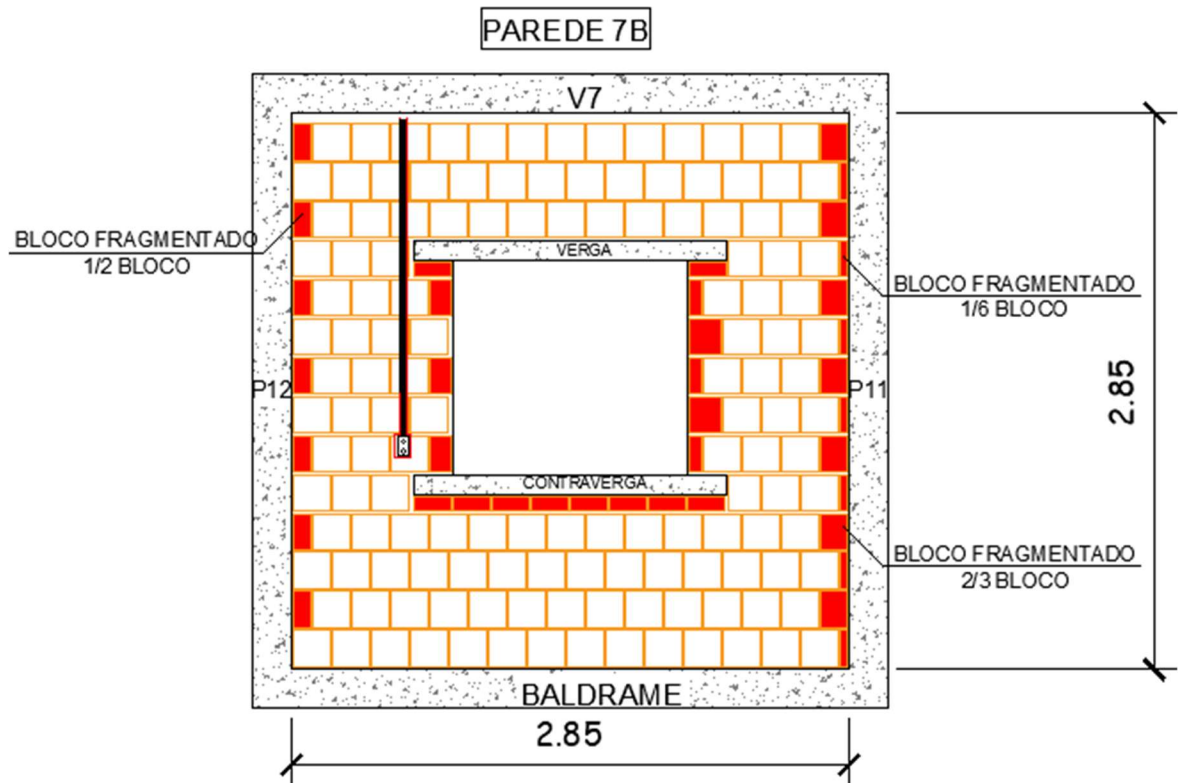


Figura 36 – Elevação da parede 8A

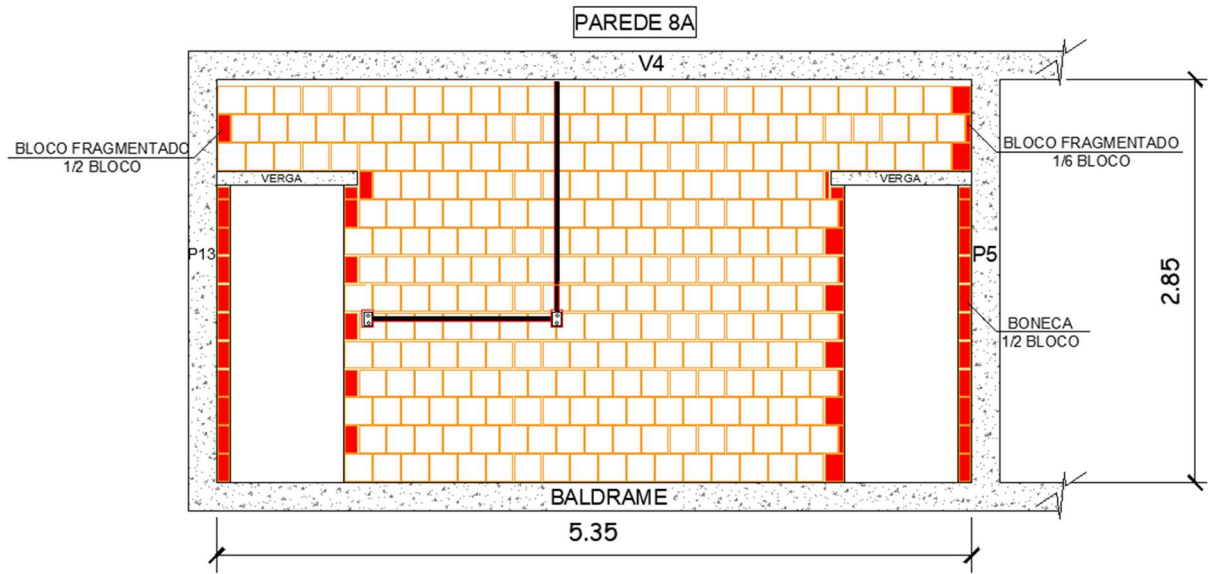


Figura 37 – Elevação da parede 8B

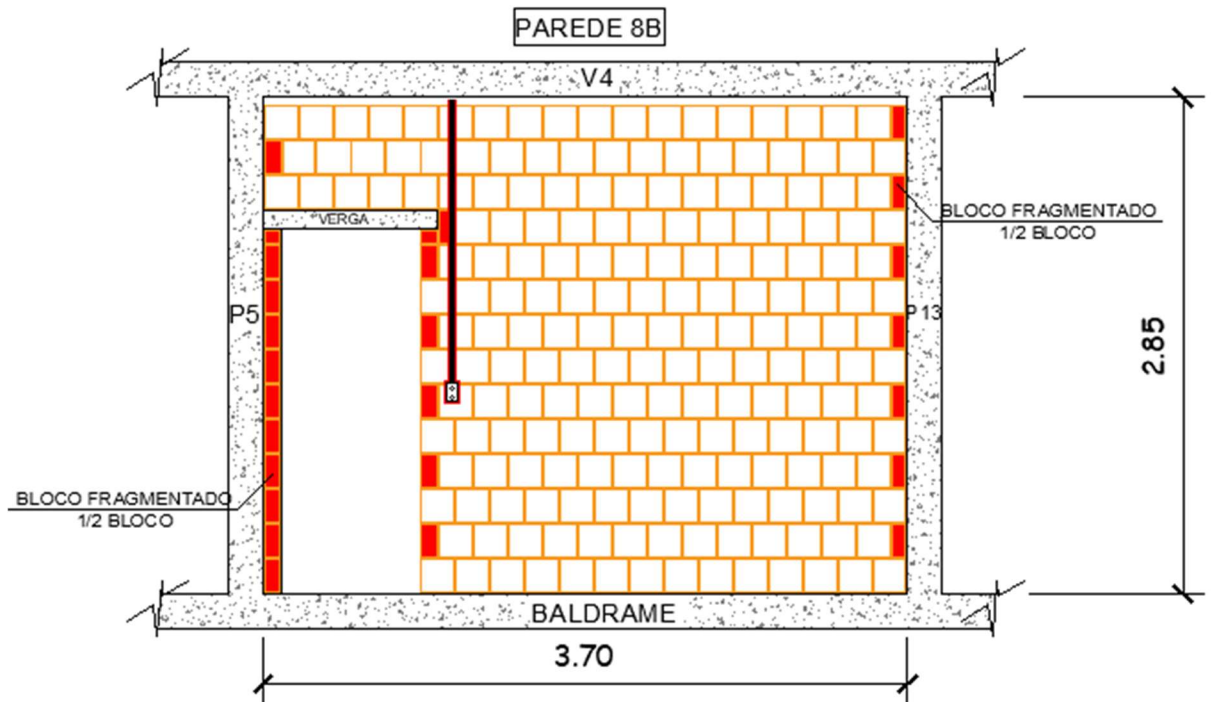


Figura 38 – Elevação da parede 9A

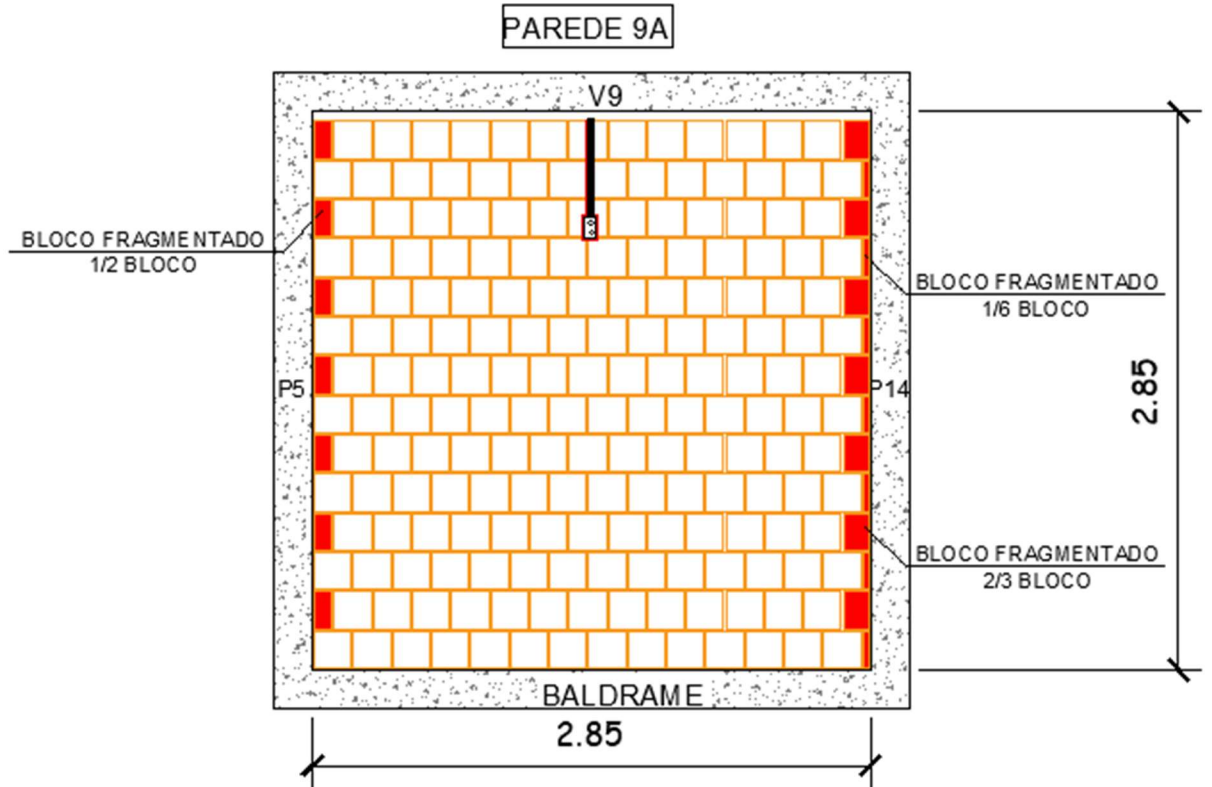


Figura 39 – Elevação da parede 9B

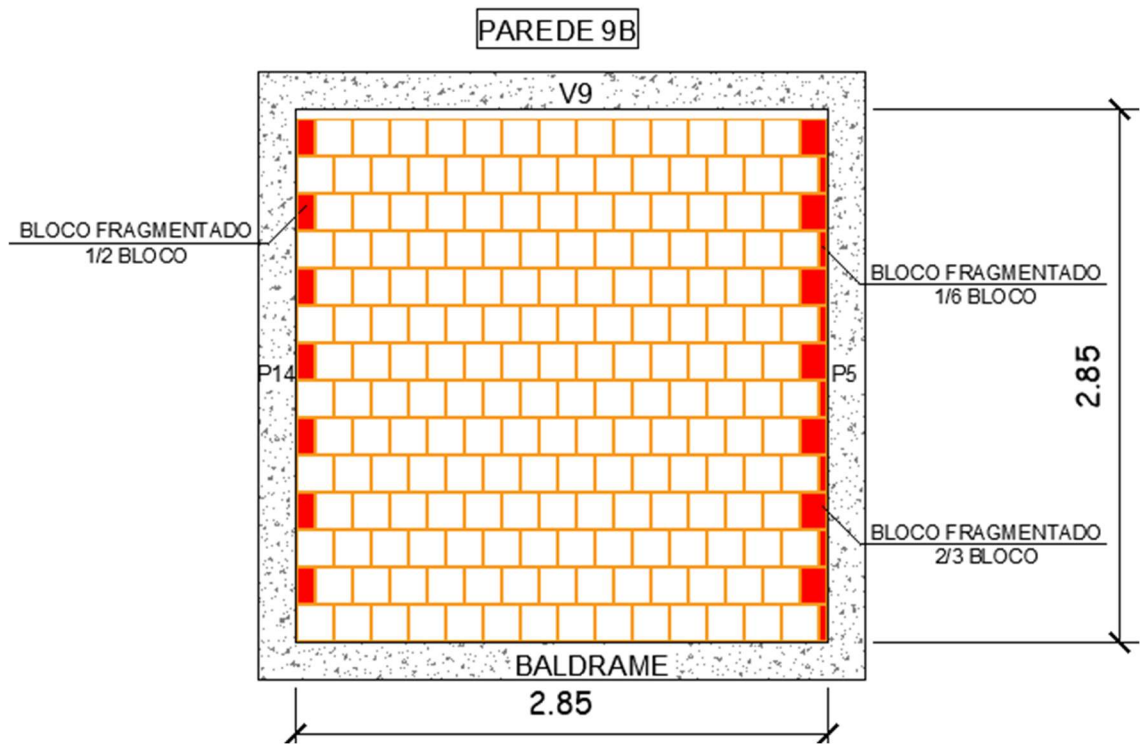


Figura 40 – Elevação da parede 10A

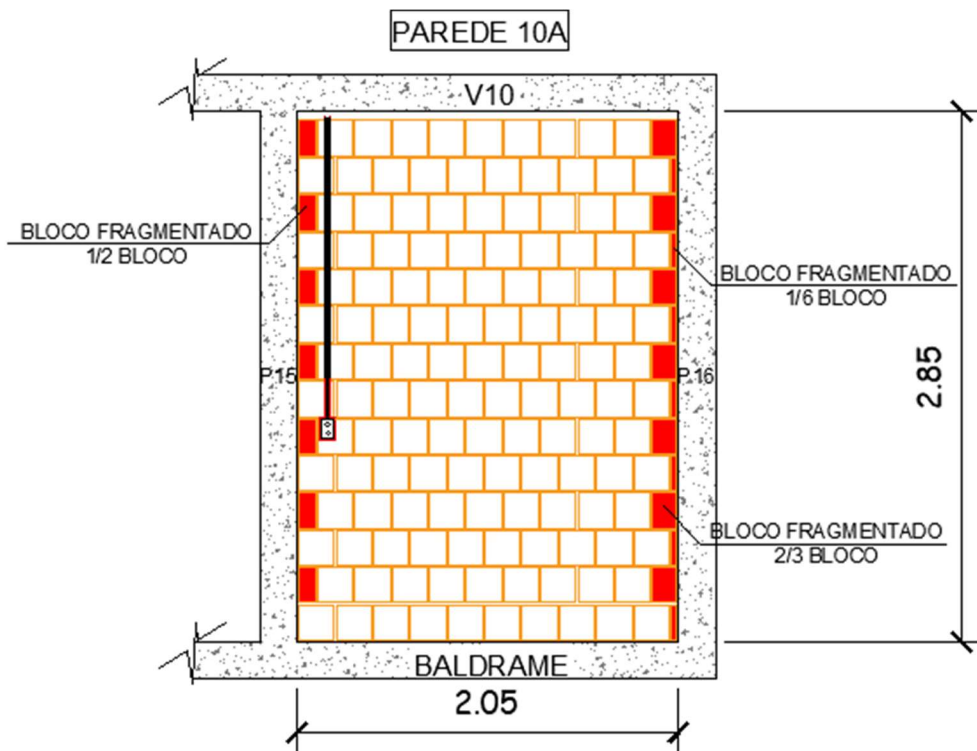


Figura 41 – Elevação da parede 10B

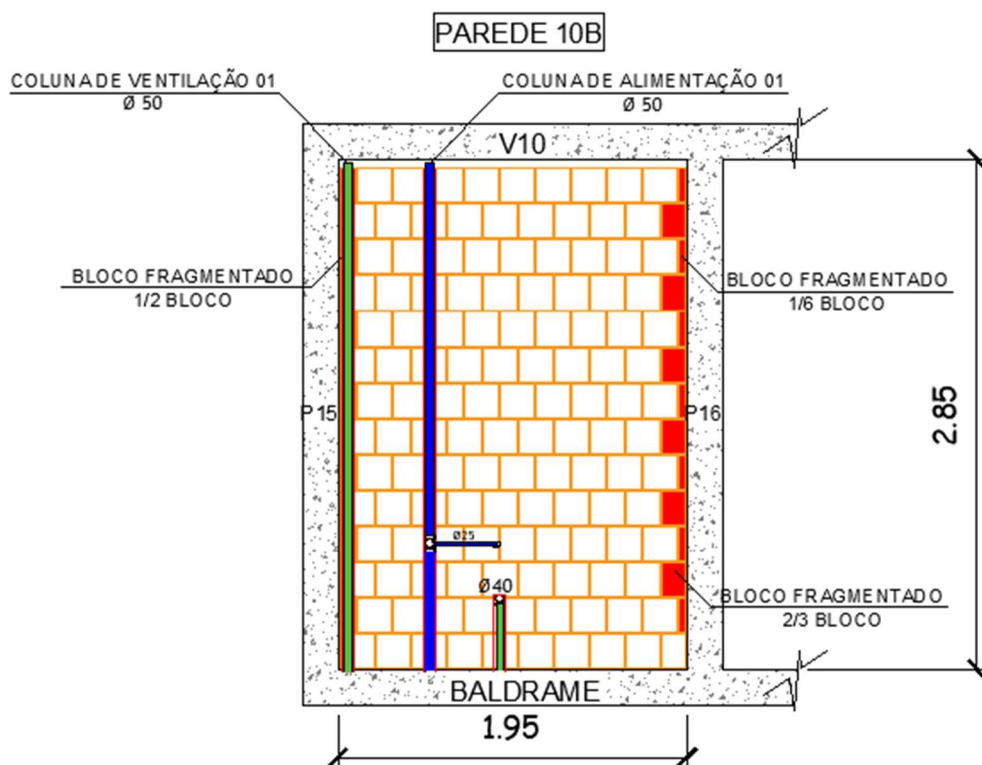


Figura 42 – Elevação da parede 11A

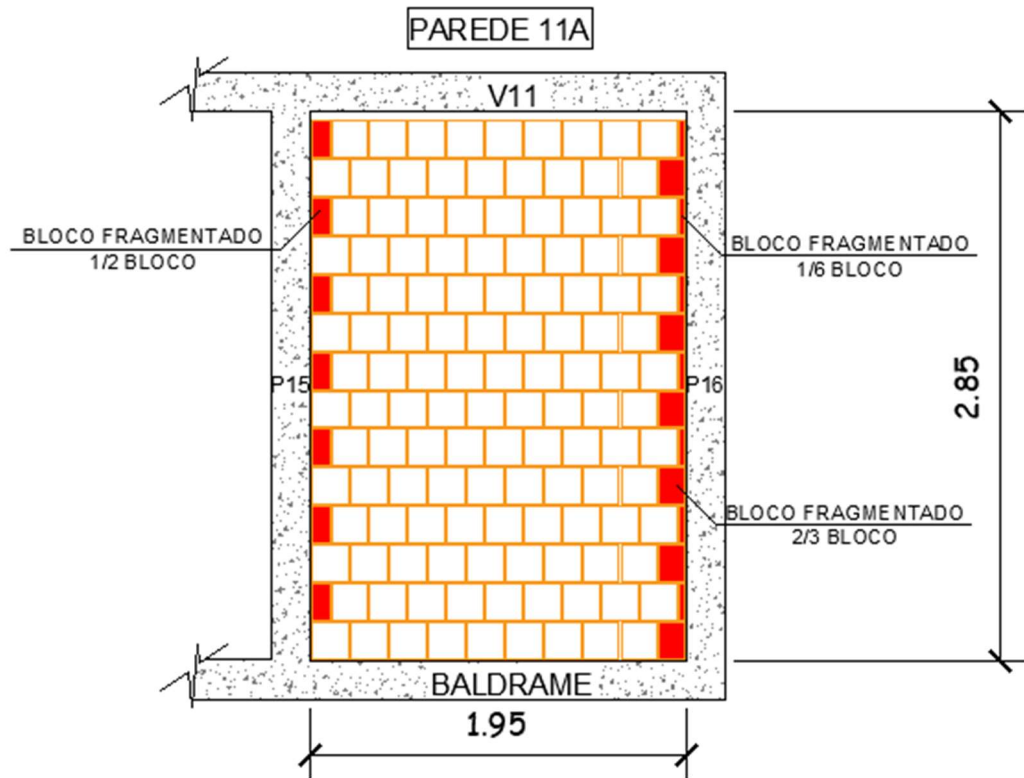


Figura 43 – Elevação da parede 11 B

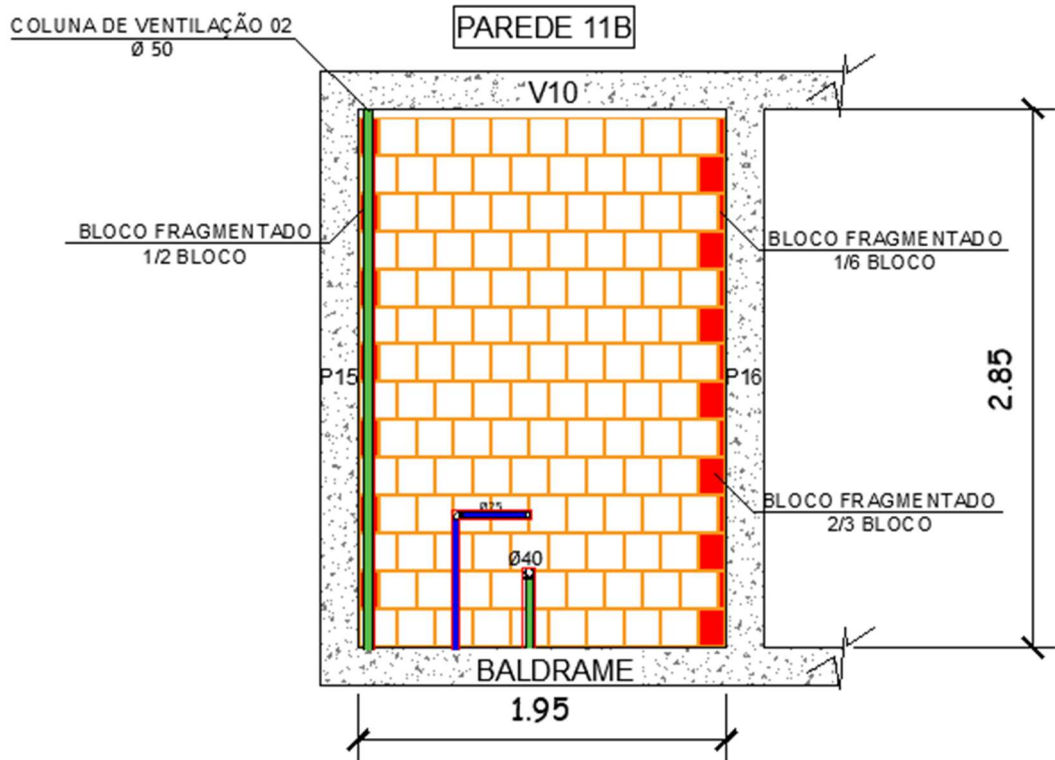


Figura 44 – Elevação da parede 12A

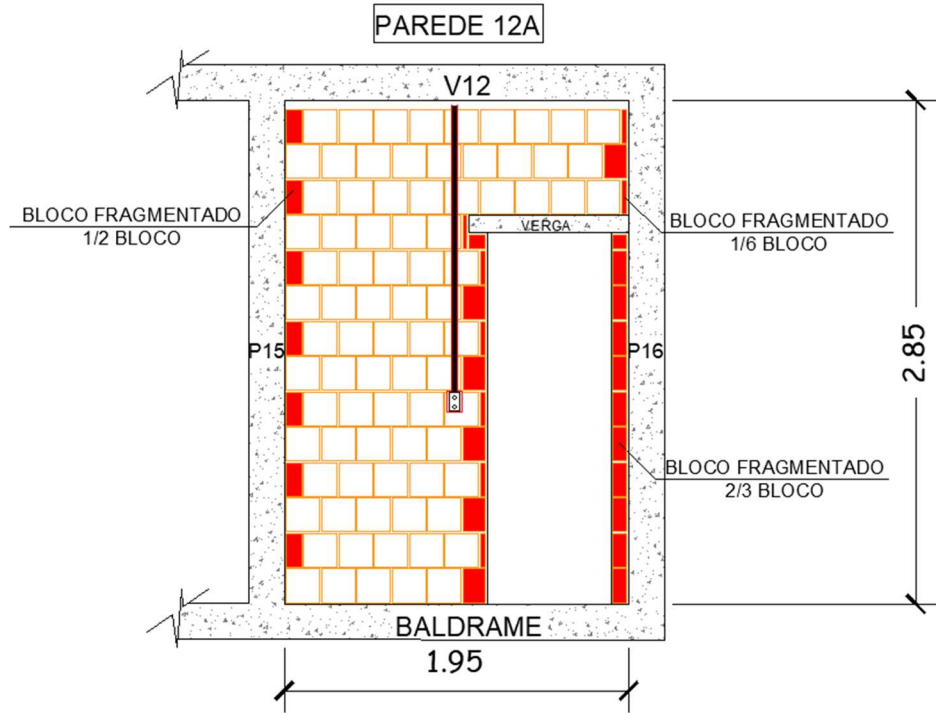


Figura 45 – Elevação 12B

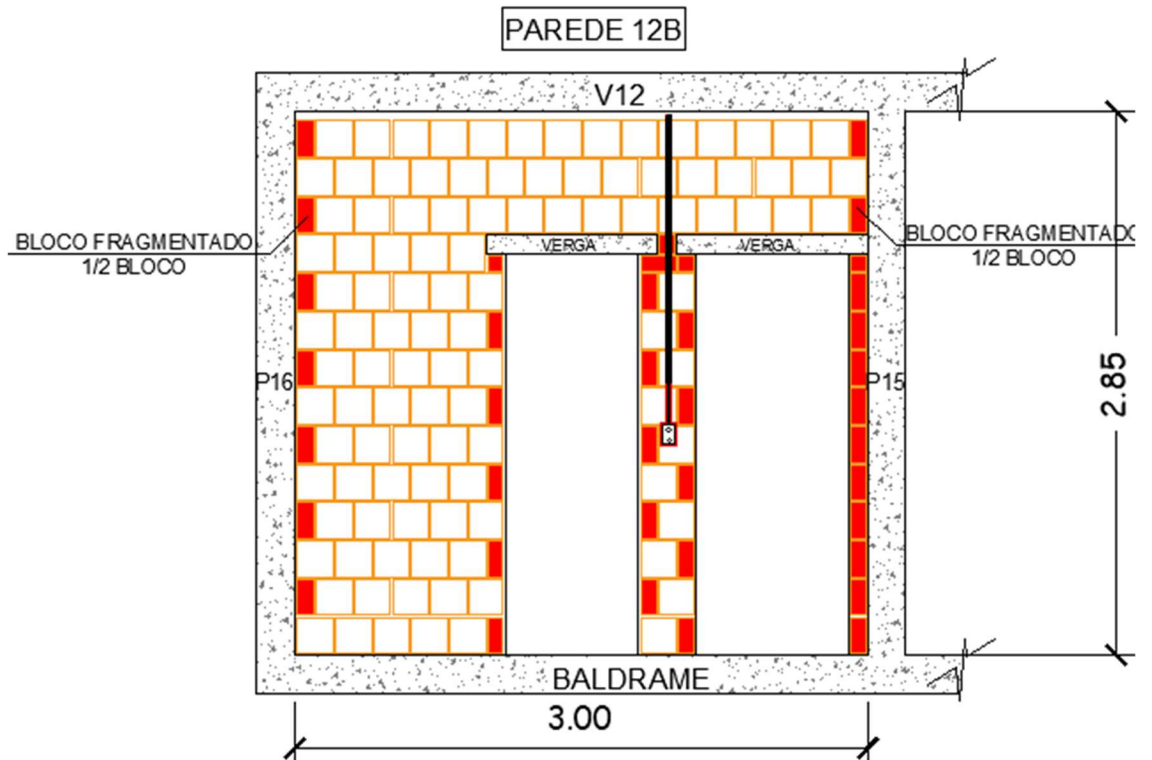


Figura 46 – Elevação da parede 13A

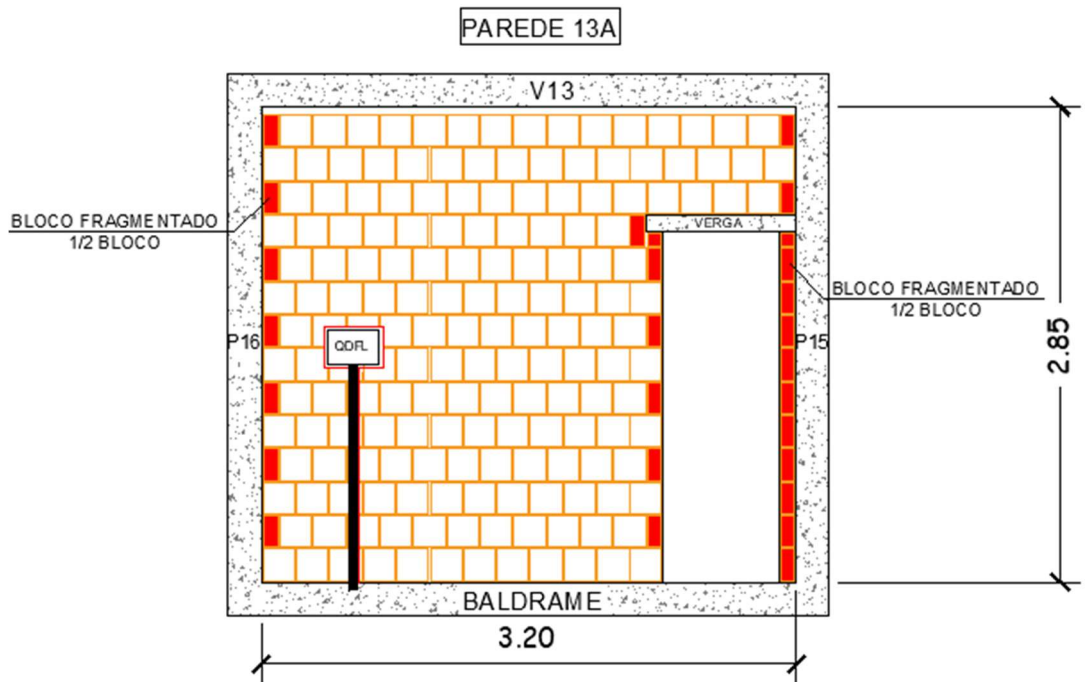
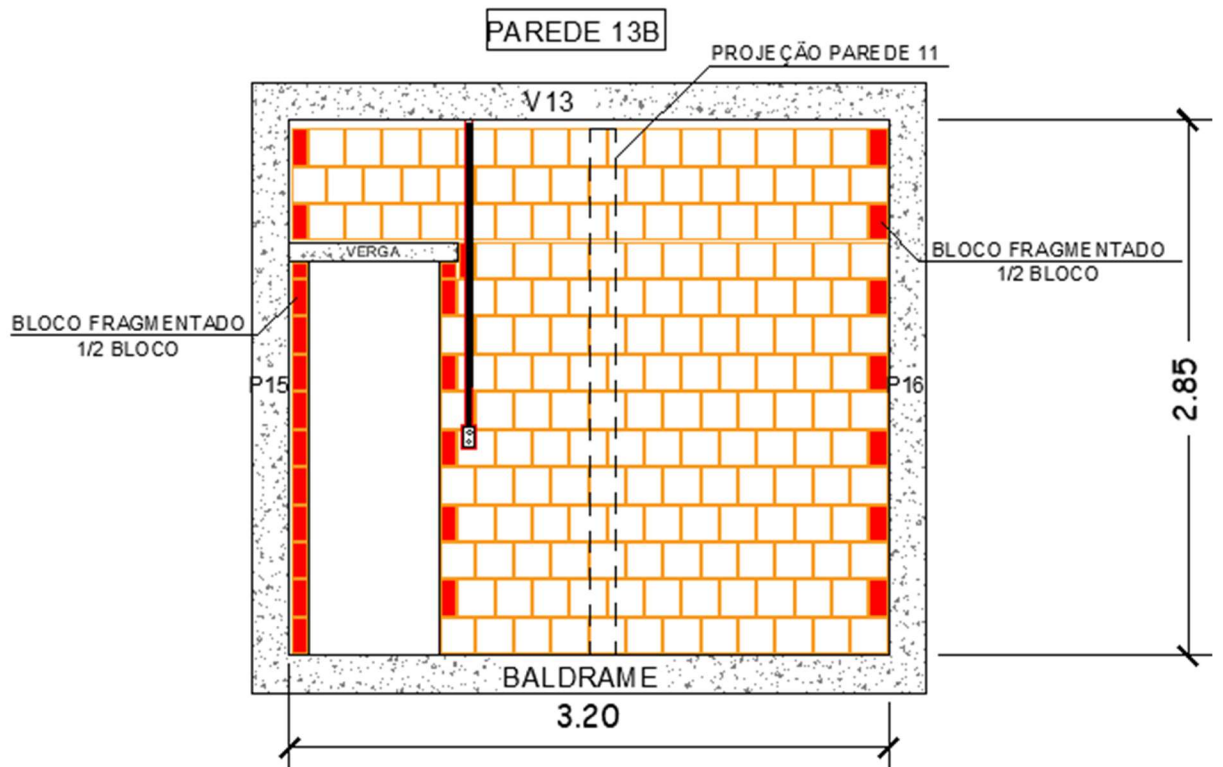


Figura 47 – Elevação da parede 13B



## APÊNDICE B

### 1) Elevações frontais das alvenarias do projeto arquitetônico reelaborado

Figura 48 – Elevação da parede 2

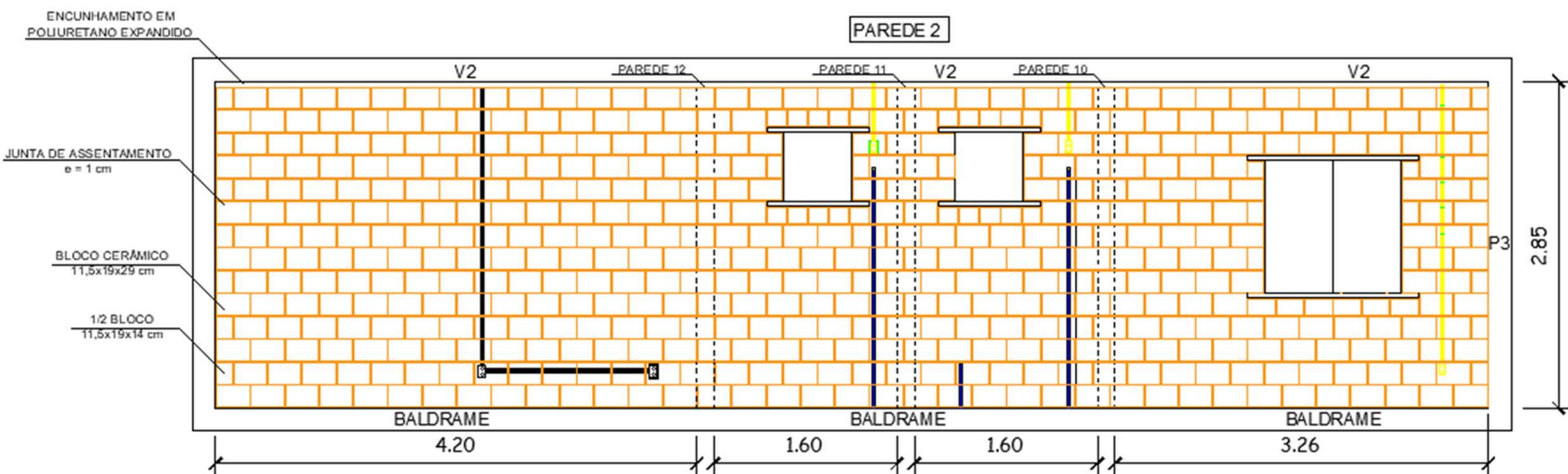


Figura 49 – Elevação da parede 3

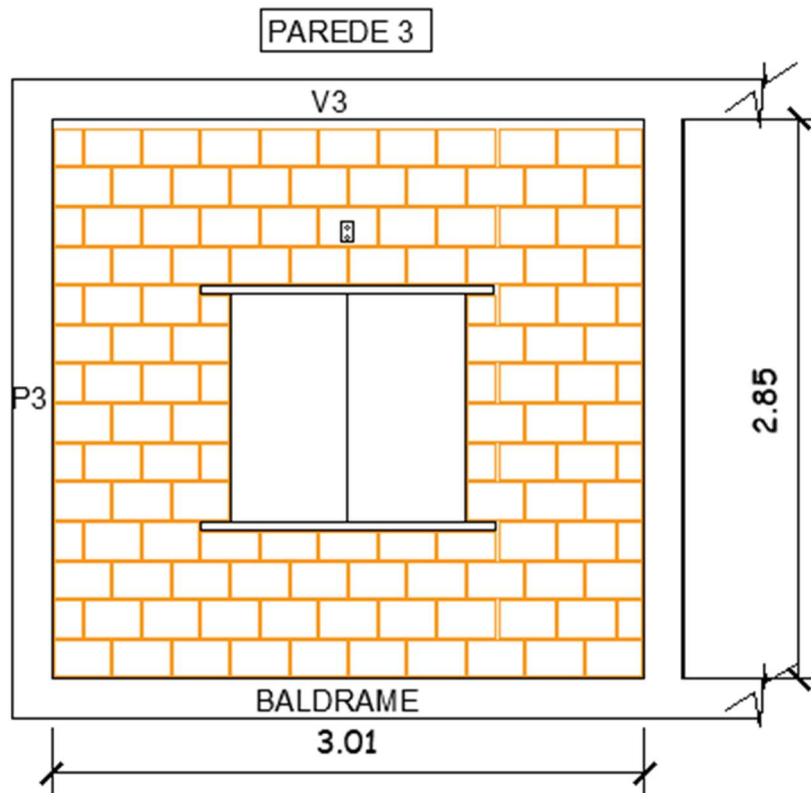


Figura 50 – Elevação da parede 4A

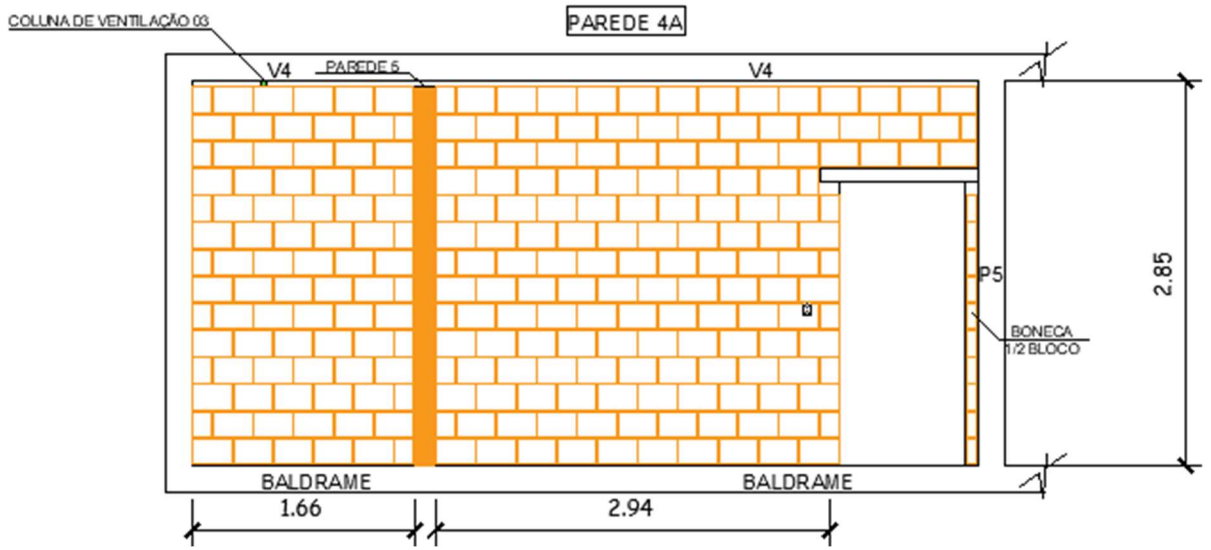


Figura 51 – Elevação da parede 4B

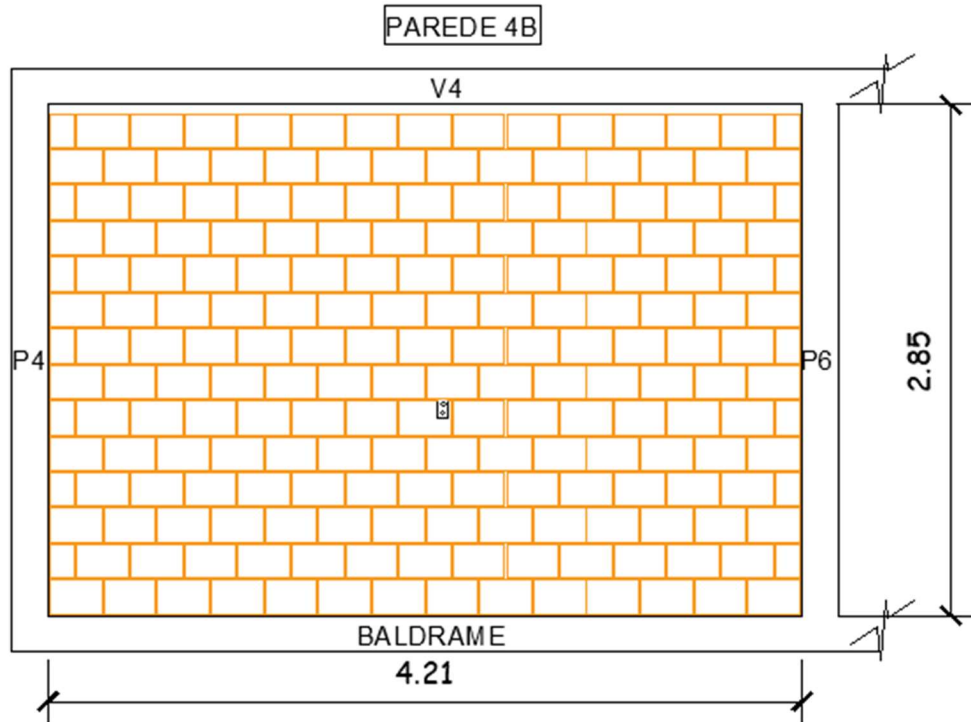


Figura 52 – Elevação da parede 5A

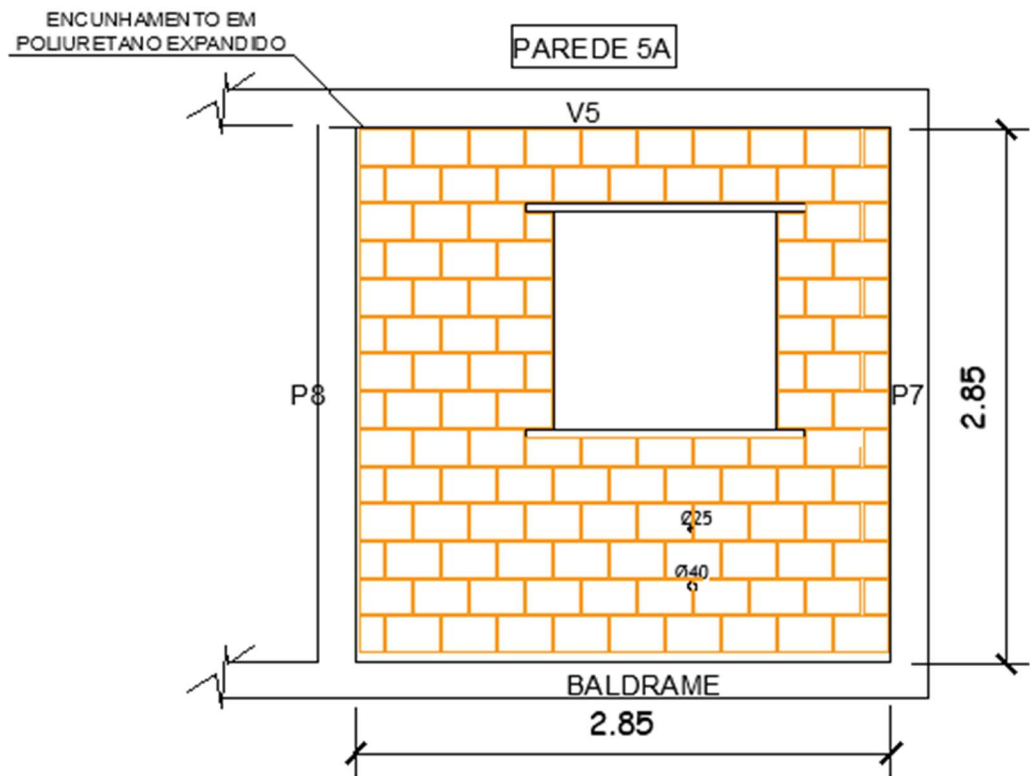


Figura 53 – Elevação da parede 5B

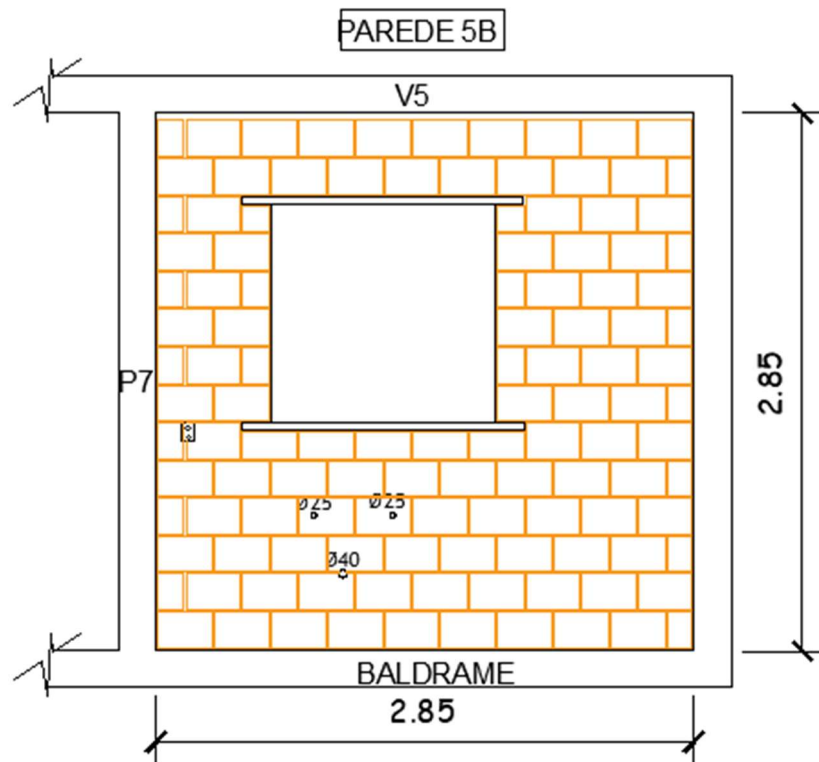


Figura 54 – Elevação da parede 6

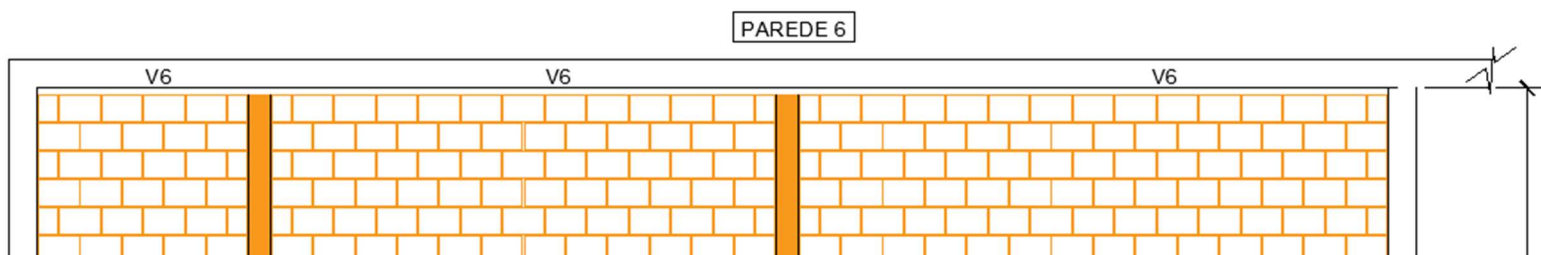


Figura 55 – Elevação da parede 7A

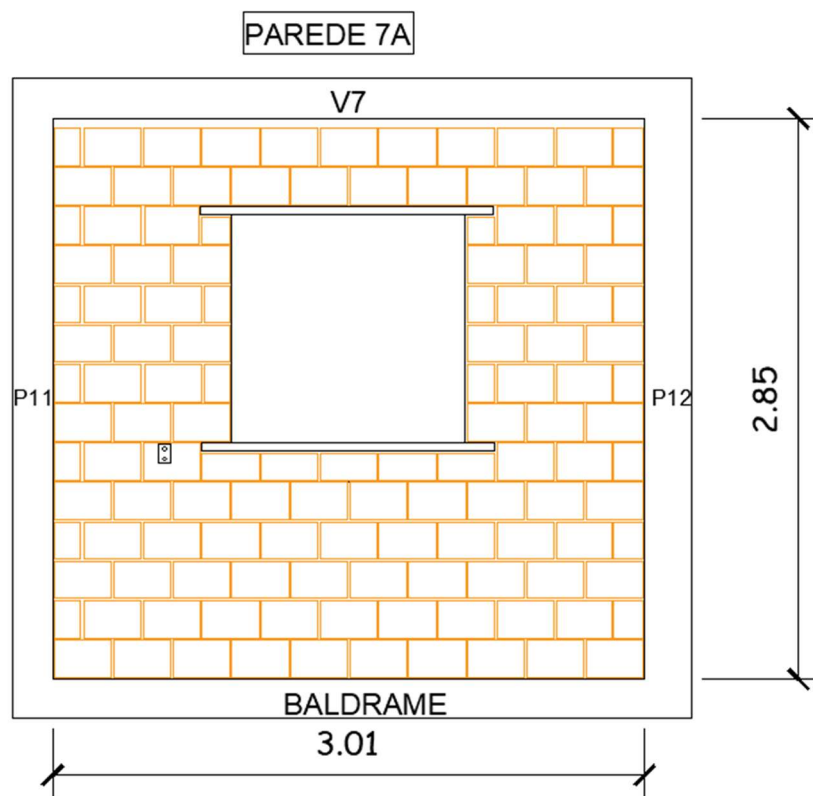


Figura 56 – Elevação da parede 7B

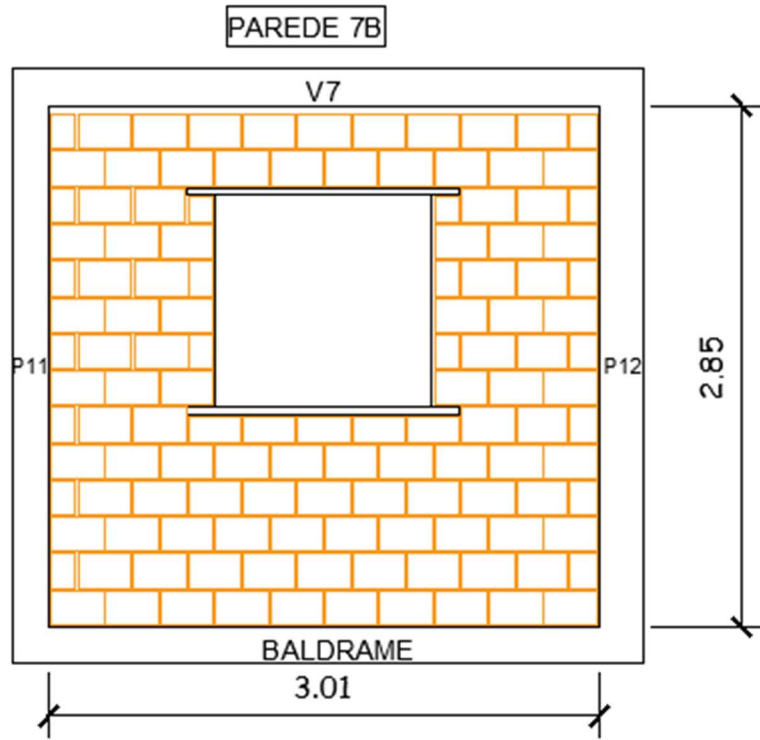


Figura 57 – Elevação da parede 8A

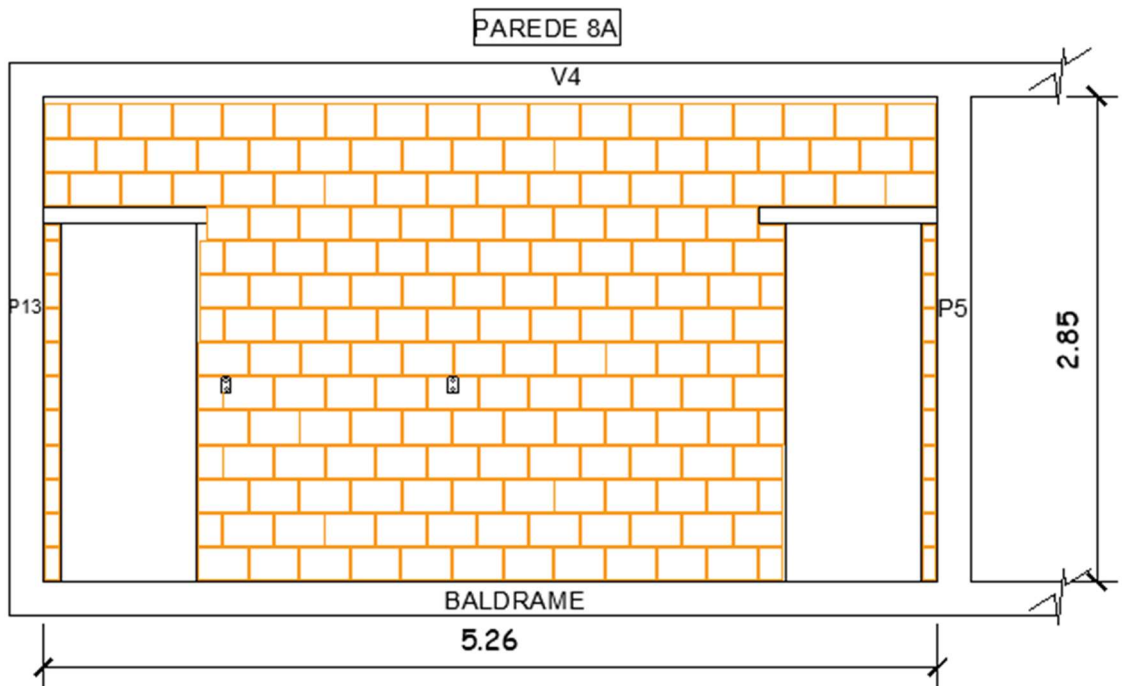


Figura 58 – Elevação da parede 8B

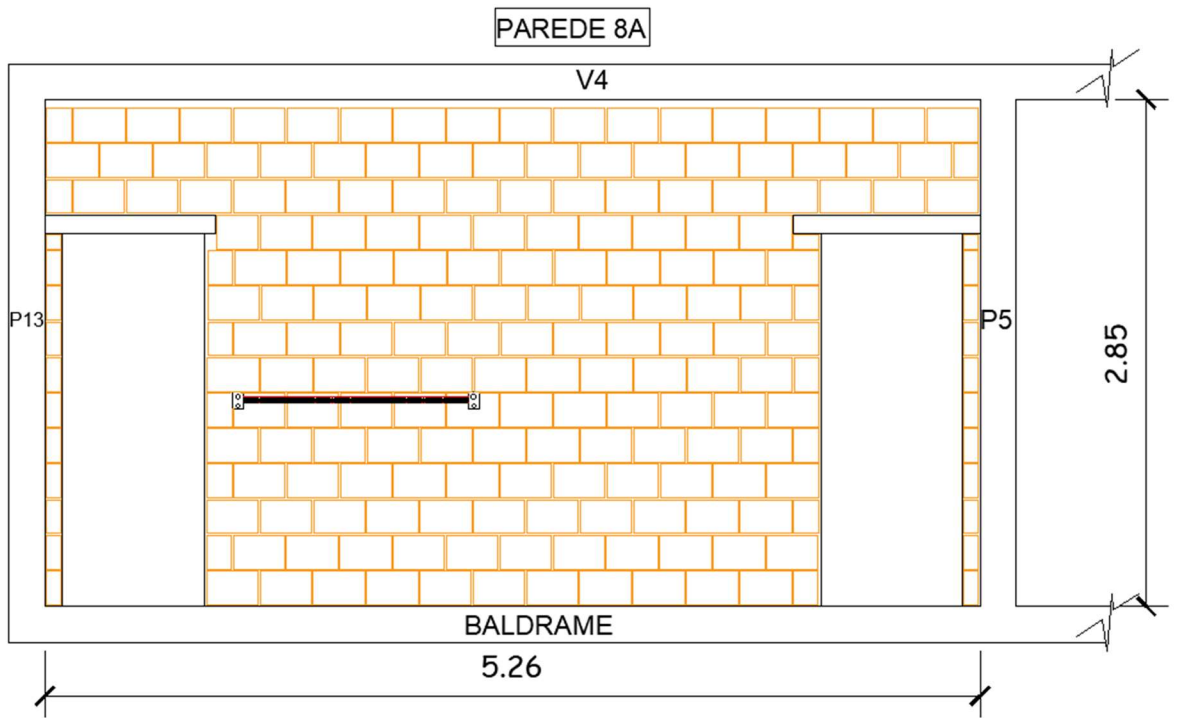


Figura 59 – Elevação da parede 9A

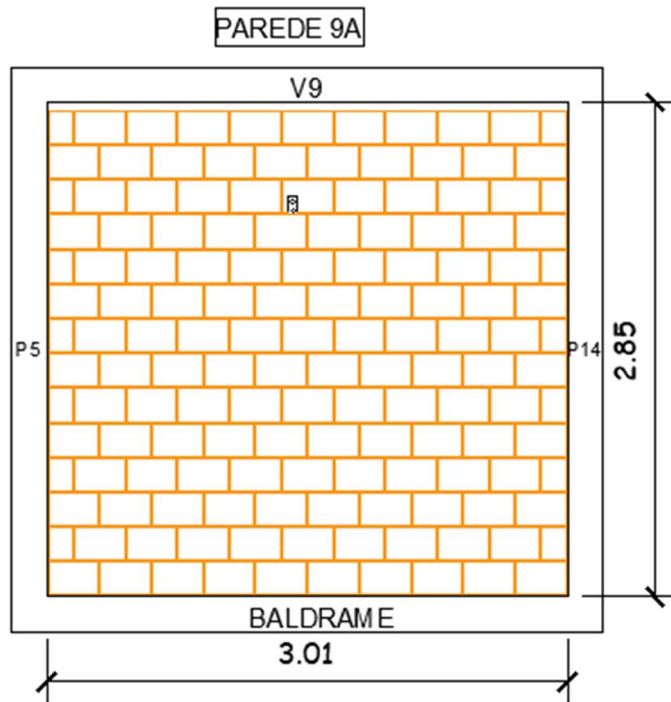


Figura 60 – Elevação da parede 9B

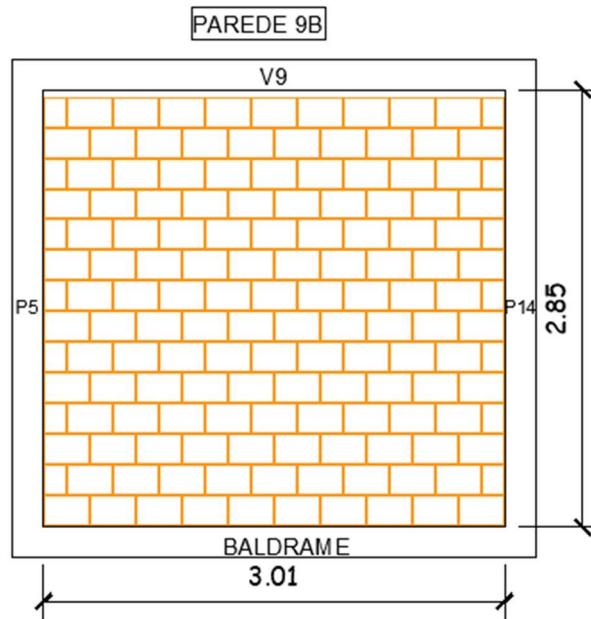


Figura 61 – Elevação da parede 10A

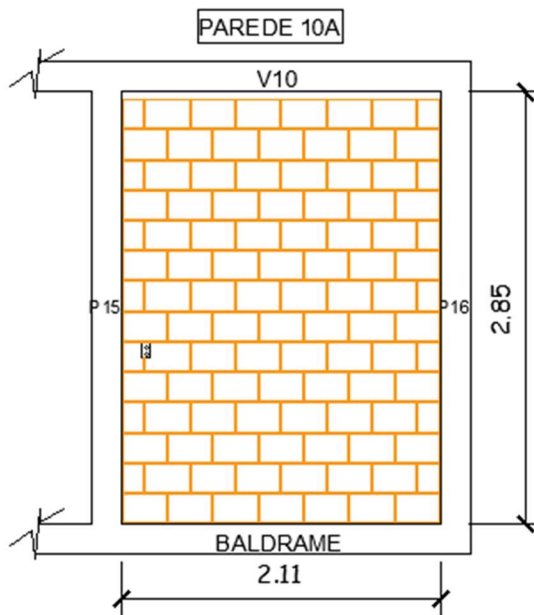


Figura 62 – Elevação da parede 10B

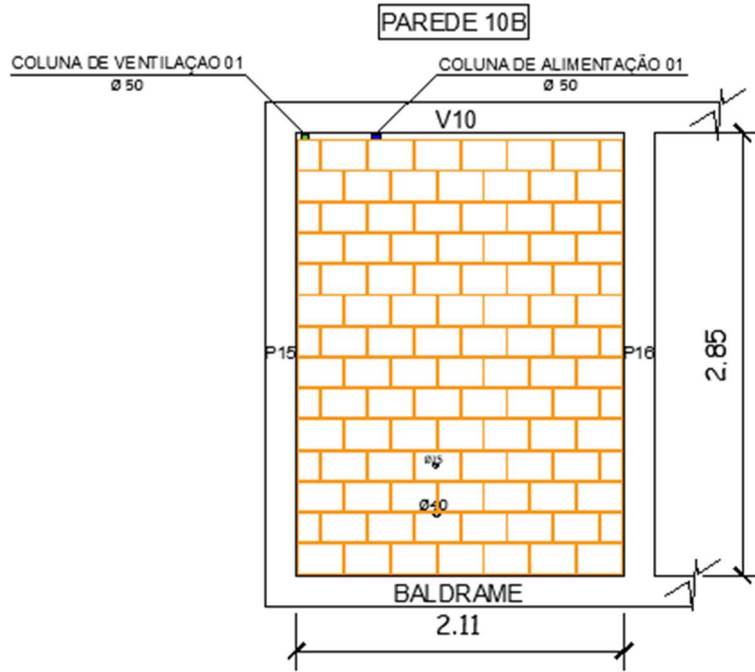


Figura 63 – Elevação da parede 11A

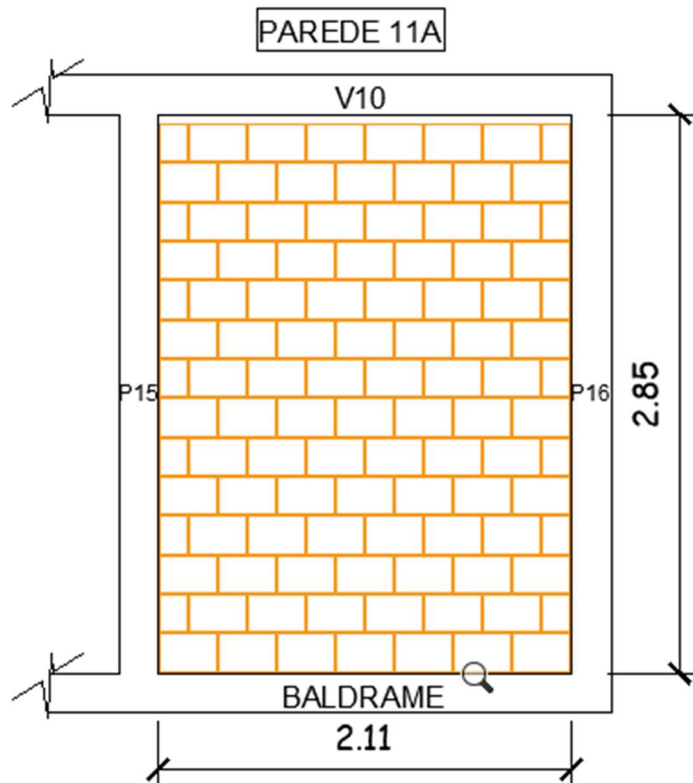


Figura 64 – Elevação da parede 11B

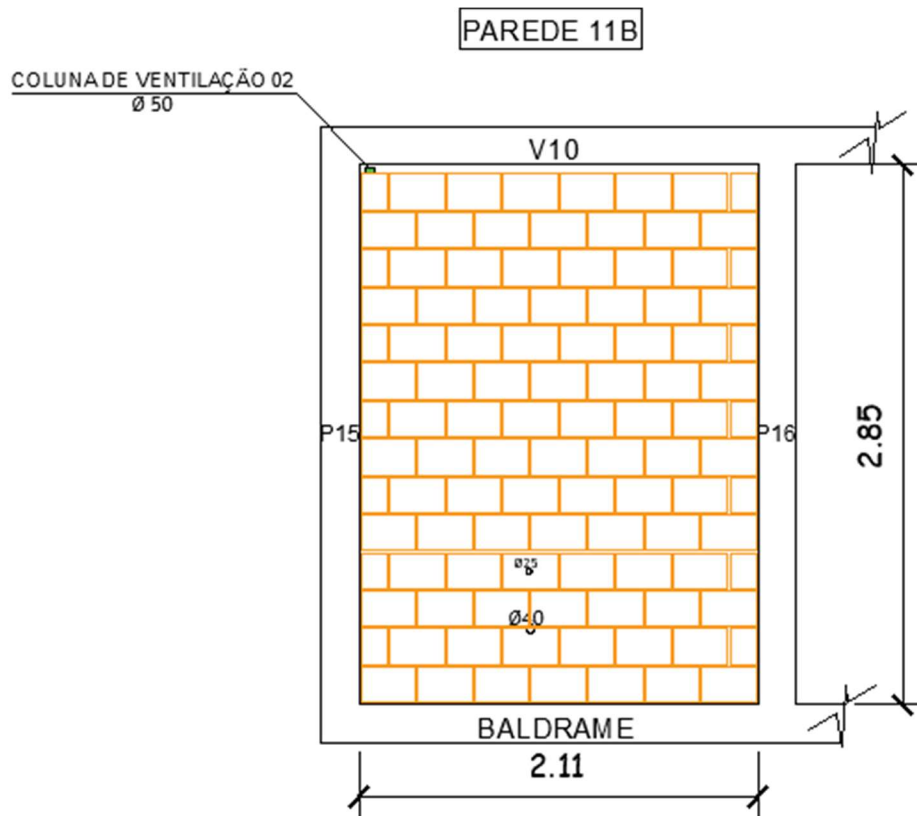


Figura 65 – Elevação da parede 12A

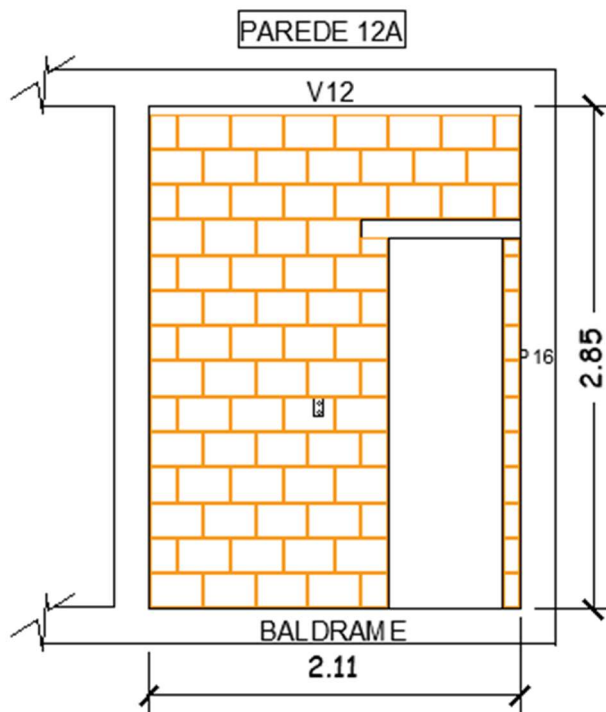


Figura 66 – Elevação da parede 12B

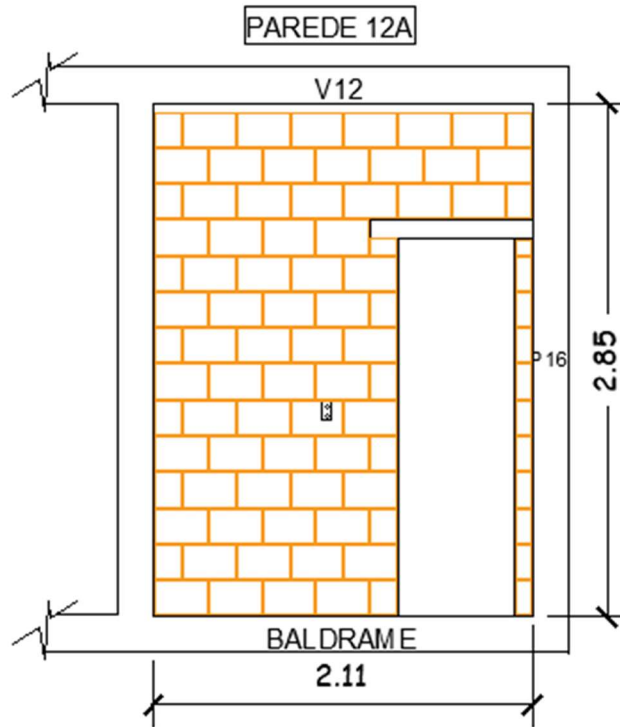


Figura 67 – Elevação da parede 13A

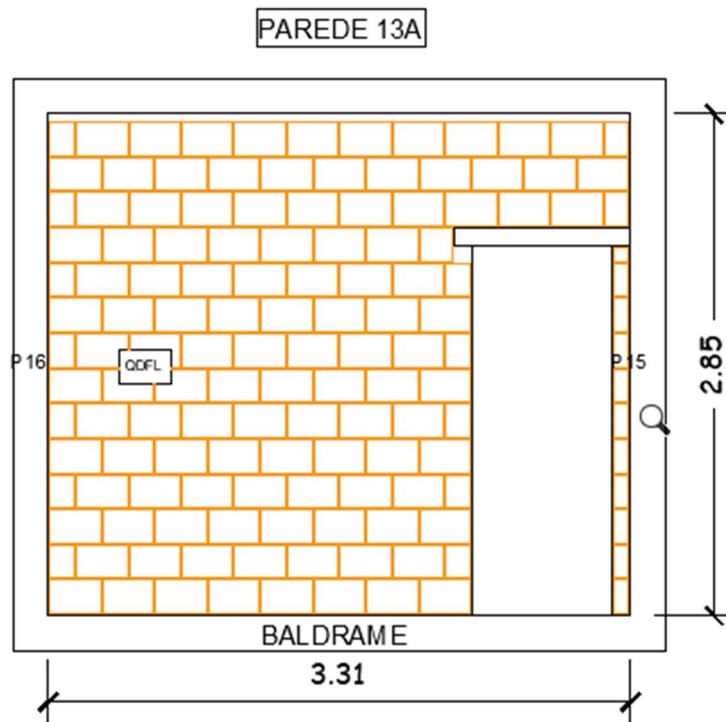


Figura 68 – Elevação da parede 13B

