



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB  
CAMPUS VIII  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE – CCTS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DENISE DA CRUZ BERNARDINO**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO  
EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO**

**ARARUNA  
2015**

**DENISE DA CRUZ BERNARDINO**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO  
EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Estadual da Paraíba, como  
requisito à obtenção do título de Graduada em  
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Tércio Pereira Jovem.

**ARARUNA  
2015**

B523d Bernardino, Denise da Cruz

Dimensionamento de uma edificação em alvenaria estrutural de bloco cerâmico [manuscrito] / Denise da Cruz Bernardino. – 2015.

78p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2015.

“Orientação: Esp. Tércio Pereira Jovem, Departamento de Engenharia Civil”.

1. Engenharia estrutural. 2. Vigas. 3. Concreto. I. Título.  
21. ed. CDD 624.1

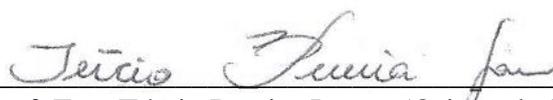
DENISE DA CRUZ BERNARDINO

DIMENSIONAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA  
ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO

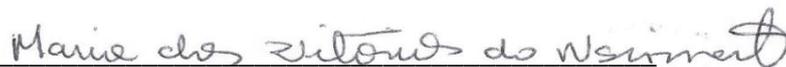
Trabalho de conclusão de curso apresentado a  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Estadual da Paraíba, como  
requisito à obtenção do título de Graduada em  
Engenharia Civil.

Aprovada em: 30/06/2015.

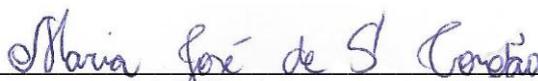
BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Tércio Pereira Jovem (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Maria das Vitórias do Nascimento  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Maria José de Sousa Cordão  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao meu pai, Pedro Borges Bernardino, pelo incentivo,  
apoio e compreensão, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

À Deus que está sempre bem presente em minha vida.

À meu pai, Pedro Borges Bernardino, que não mediu esforços em me ajudar durante toda a minha caminhada, incentivando-me sempre.

À minha mãe, Márcia Albuquerque da Cruz Bernardino, e à meus avós, Terezinha Borges Bernardino e Francisco de Assis Bernardino, pela dedicação e cuidado a mim.

À meu noivo, Romário Cruz de Macêdo, que esteve comigo em todos os momentos como um verdadeiro companheiro.

À todos que fazem a empresa PROJECTAÇO pelo auxílio em todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de graduação por todos os momentos de apoio.

Aos professores da UEPB que compartilharam seus conhecimentos para minha formação acadêmica.

Aos funcionários da UEPB pela presteza e atendimento quando necessário.

À todos os ararunenses que me acolheram com carinho.

“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar, não apenas planejar, mas também acreditar.”  
(Anatole France)

## RESUMO

Nos edifícios usuais de concreto armado a superestrutura é composta por lajes, vigas e pilares, enquanto que na alvenaria estrutural o próprio tijolo, seja cerâmico ou de concreto, é a unidade que possui capacidade de resistir aos esforços. Na literatura, existe uma grande quantidade de trabalhos acerca do dimensionamento estrutural em concreto armado, fato que não acontece com a alvenaria estrutural. Desta forma, o objetivo deste trabalho é contribuir para a propagação de conhecimentos à respeito deste método construtivo à medida que apresenta o dimensionamento da estrutura de um edifício residencial de dois pavimentos em alvenaria estrutural não armada de bloco cerâmico. Com o intuito de contribuir ao desenvolvimento deste tipo de solução, elaborou-se um roteiro básico, revelado de maneira simples e direta, que poderá contribuir para o aprendizado de estudantes e profissionais de engenharia como uma importante ferramenta de conhecimento das etapas que regem o projeto estrutural.

**Palavras-Chave:** Dimensionamento. Alvenaria estrutural. Bloco cerâmico.

## **ABSTRACT**

In usual reinforced concrete building superstructure consists of slabs, beams and pillars, while the masonry brick itself or ceramic or concrete is the unit that has the capacity to withstand stresses. In the literature, there is a lot of work on the structural design of reinforced concrete, which did not happen with the masonry. Thus, the objective of this work is to contribute to the spread of knowledge regarding this construction method as has the design of the structure of a residential building with two floors in masonry unarmed ceramic block. In order to contribute to the development of this type of solution, elaborated a basic script, revealed in a simple and direct way, which may contribute to the learning of students and engineering professionals as an important knowledge of the steps tool governing the project structural.

**Keywords:** Scaling. Structural masonry. Ceramic block.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas.....	20
Figura 2 – Bloco cerâmico estrutural de paredes maciças (com paredes internas maciças).....	21
Figura 3 – Bloco cerâmico estrutural de paredes maciças (com paredes internas vazadas).....	21
Figura 4 – Bloco cerâmico estrutural perfurado.....	21
Figura 5 – Meio bloco cerâmico estrutural (14x19x14).....	22
Figura 6 – Bloco cerâmico estrutural principal (14x19x29).....	22
Figura 7 – Bloco cerâmico estrutural de amarração (14 x 19 x 44).....	22
Figura 8 – Bloco cerâmico canaleta J (14x19x19).....	23
Figura 9 – Bloco cerâmico canaleta U baixa (14x09x19).....	23
Figura 10 – Bloco cerâmico canaleta U alta (14x19x19).....	23
Figura 11 – Bloco de concreto com 14 cm de largura.....	24
Figura 12 – Bloco de concreto com 19 cm de largura.....	24
Figura 13 – Vergas e contravergas com bloco canaleta.....	28
Figura 14 – Verga de concreto moldada in loco.....	28
Figura 15 – Verga e contraverga pré-fabricada de concreto.....	29
Figura 16 – Efeitos da forma e altura na robustez do prédio.....	35
Figura 17 – Relações recomendadas entre as dimensões de uma edificação.....	36
Figura 18 – Demonstração de primeira fiada.....	37
Figura 19 – Demonstração de segunda fiada.....	38
Figura 20 – Amarração entre blocos em cantos, bordas e cruzamentos.....	38
Figura 21 – Planta de layout – Térreo.....	43
Figura 22 – Planta de layout – 1º andar.....	43
Figura 23 – Planta Baixa – Térreo.....	44
Figura 24 – Planta Baixa – 1º andar.....	44
Figura 25 – Planta de cobertura.....	45
Figura 26 – Planta de Barrilete.....	45
Figura 27 – Planta de Caixa d’água.....	45
Figura 28 – Corte AA.....	46

Figura 29 – Corte BB.....	46
Figura 30 – Corte CC.....	47
Figura 31 – Corte DD.....	47
Figura 32 – Fachada Norte.....	48
Figura 33 – Fachada Sul.....	48
Figura 34 – Fachada Leste.....	48
Figura 35 – Fachada Oeste.....	49
Figura 36 – Primeira fiada (térreo).....	53
Figura 37 – Segunda fiada (térreo).....	53
Figura 38 – Primeira fiada (primeiro pavimento).....	54
Figura 39 – Segunda fiada (primeiro pavimento).....	54
Figura 40 – Primeira fiada (coberta).....	55
Figura 41 – Segunda fiada (coberta).....	55
Figura 42 – Detalhe de PA's.....	56
Figura 43 – Pilares na arquitetura.....	56
Figura 44 – Planta de formas (+0,00).....	57
Figura 45 – Planta de formas (+2,75).....	57
Figura 46 – Planta de formas (+5,50).....	58
Figura 47 – Planta de formas (+6,50).....	58
Figura 48 – Detalhe de fundação.....	62
Figura 49 – Locação de pilares e fundações.....	62
Figura 50 – Corte AA da estrutura.....	64
Figura 51 – Elevação 1.....	64
Figura 52 – Detalhe vergas e contravergas.....	65
Figura 53 – Detalhe cinta CI.....	66
Figura 54 – Detalhe cinta CS.....	66

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Cargas distribuídas.....	59
Tabela 2 – Resumo aço CA-50 referente ao bloco de fundação.....	63

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
RE	Residencial Exemplo
AE	Alvenaria Estrutural
PA	Pilar de amarração
CI	Cinta inferior
CS	Cinta superior

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>m<sup>2</sup></b>	metro quadrado
<b>m</b>	metro
<b>cm</b>	centímetro
<b>mm</b>	milímetro
<b>L</b>	litro
<b>%</b>	porcentagem
<b>N<sub>k</sub></b>	Força normal característica
<b>A</b>	Área bruta da seção transversal
<b>F<sub>pk</sub></b>	Resistência característica de compressão do bloco
<b>t<sub>ef</sub></b>	Espessura efetiva
<b>h<sub>ef</sub></b>	Altura efetiva
<b>ρ</b>	Tensão admissível do solo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Considerações iniciais</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b>Definições</b> .....	18
<b>2.2.1</b>	<b>Alvenaria estrutural</b> .....	18
<b>2.2.2</b>	<b>Componente</b> .....	19
<b>2.2.2.1</b>	<b>Blocos</b> .....	19
<b>2.2.2.1.1</b>	Blocos cerâmicos.....	20
<b>2.2.2.1.2</b>	Blocos de concreto.....	24
<b>2.2.2.2</b>	<b>Argamassa</b> .....	25
<b>2.2.2.3</b>	<b>Graute</b> .....	25
<b>2.2.2.4</b>	<b>Armadura</b> .....	26
<b>2.2.3</b>	<b>Elementos</b> .....	26
<b>2.2.3.1</b>	<b>Parede</b> .....	26
<b>2.2.3.2</b>	<b>Elementos de reforço</b> .....	27
<b>2.2.3.2.1</b>	Vergas e contracergas.....	27
<b>2.2.3.2.2</b>	Cintas.....	29
<b>2.3</b>	<b>Classificação</b> .....	30
<b>2.4</b>	<b>Vantagens e desvantagens</b> .....	31
<b>2.5</b>	<b>Projeto</b> .....	32
<b>2.5.1</b>	<b>Projeto em alvenaria estrutural</b> .....	32
<b>2.5.1.1</b>	<b>Projeto estrutural</b> .....	33
<b>2.5.1.1.1</b>	Análise estrutural.....	33
<b>2.5.1.1.2</b>	Limitações.....	34
<b>3</b>	<b>ROTEIRO DE DIMENSIONAMENTO</b> .....	35
<b>3.1</b>	<b>Etapa 01: Análise de viabilidade e definição dos elementos estruturais</b> .....	35
<b>3.2</b>	<b>Etapa 02: Modulação horizontal</b> .....	37
<b>3.3</b>	<b>Etapa 03: Pilares de amarração</b> .....	38
<b>3.4</b>	<b>Etapa 04: Cintas</b> .....	39
<b>3.5</b>	<b>Etapa 05: Carregamento da estrutura e análise estrutural</b> .....	39
<b>3.5.1</b>	<b>Carregamento da estrutura</b> .....	39

3.5.2	<i>Análise estrutural</i> .....	40
3.6	<b>Etapa 06: Dimensionamento da fundação</b> .....	40
3.7	<b>Etapa 07: Dimensionamento dos elementos em outro tipo de material</b> .....	41
3.8	<b>Etapa 08: Modulação vertical</b> .....	41
3.9	<b>Etapa 09: Detalhamento</b> .....	41
3.10	<b>Etapa 10: Revisão</b> .....	42
4	<b>EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO</b> .....	42
4.1	<b>Apresentação da obra</b> .....	42
4.2	<b>Elaboração do projeto estrutural</b> .....	49
4.2.1	<i>Considerações iniciais</i> .....	49
4.2.2	<i>Etapas</i> .....	50
4.2.2.1	<i>Etapa 01: Análise de viabilidade e definição dos elementos estruturais</i> .....	50
4.2.2.2	<i>Etapa 02: Modulação horizontal</i> .....	51
4.2.2.3	<i>Etapa 03: Pilares de amarração</i> .....	55
4.2.2.4	<i>Etapa 04: Cintas</i> .....	56
4.2.2.5	<i>Etapa 05: Materiais e cargas</i> .....	59
4.2.2.5.1	Determinação das ações transferidas das lajes às paredes estruturais.....	59
4.2.2.5.2	Determinação das ações transferidas das paredes estruturais à fundação.....	60
4.2.2.6	<i>Etapa 06: Dimensionamento da fundação</i> .....	61
4.2.2.7	<i>Etapa 07: Dimensionamento dos elementos em outro tipo de material</i> .....	63
4.2.2.8	<i>Etapa 08: Modulação vertical</i> .....	63
4.2.2.9	<i>Etapa 09: Detalhamento</i> .....	65
4.2.2.10	<i>Etapa 10: Revisão</i> .....	67
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	68
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	69
	<b>APÊNDICE A – PRANCHA 01A</b> .....	72
	<b>APÊNDICE B – PRANCHA 02A</b> .....	73
	<b>APÊNDICE C – PRANCHA 03A</b> .....	74
	<b>APÊNDICE D – PRANCHA 04A</b> .....	75
	<b>APÊNDICE E – PRANCHA 05A</b> .....	76
	<b>APÊNDICE F – PRANCHA 06A</b> .....	77
	<b>APÊNDICE G – PRANCHA 07A</b> .....	78

## 1 INTRODUÇÃO

Para o sucesso de qualquer empreendimento, a etapa de projeto é de fundamental importância (FIGUEIRÓ, 2009 apud MARANGONI, 2013, p.27). O investimento nesta etapa gera bons resultados como sanar empecilhos técnicos e econômicos, facilitar a execução da obra e evitar patologias, garantindo uma obra com melhor desempenho e maior vida útil (TAKARA, 2008).

São três os principais tipos de projeto que regem uma edificação: o projeto arquitetônico, o projeto estrutural e o projeto de instalações prediais. Todos eles possuem seu grau de importância e podem conferir melhores resultados ao empreendimento.

O projeto arquitetônico, geralmente realizado por arquitetos, serve de base para a confecção dos demais. Composto por plantas, cortes e fachadas, nele se encontra, em forma de desenhos, as dimensões fundamentais para que a edificação seja construída de forma confortável e esteticamente atraente.

O projeto estrutural é o conjunto de desenhos que retrata o dimensionamento de todos os elementos necessários à uma edificação estável. Nele se encontra a locação dos pilares e das fundações, planta de fôrmas, cortes e detalhamentos, especialmente ferragens.

A estrutura de uma edificação pode ser composta por diversos tipos de materiais. Em geral, os mais utilizados no Brasil são concreto, aço, alvenaria, madeira e alumínio. Estes são definidos na etapa de projeto, em acordo, entre o engenheiro, o arquiteto e o cliente.

Segundo Tavares (2011, p.14), no Brasil, há uma crescente demanda por projetos de edifícios em alvenaria estrutural, o que significa que este sistema tem ganhado cada vez mais espaço no setor da construção civil. Esta realidade exige dos engenheiros o conhecimento acerca do dimensionamento deste tipo de estrutura, embora, muitos deles, não tenham estudado sobre isso na graduação.

Este trabalho possui o intuito de elaborar um roteiro básico de dimensionamento de edificações em alvenaria estrutural de bloco cerâmico, contribuindo, desta forma, ao ensino do projeto de estruturas e buscando despertar o interesse dos alunos por este tipo de solução. O procedimento de dimensionamento é exemplificado em um edifício de dois pavimentos cuja estrutura é a própria alvenaria em bloco cerâmico.

Para melhor entendimento, o roteiro de dimensionamento, presente neste trabalho, limita-se à edificações em alvenaria estrutural não armada de até 5 pavimentos e não considerada cargas horizontais devido à ação do vento e desaprumo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Considerações iniciais**

O sistema de construção em alvenaria estrutural é um dos mais antigos, segundo Antunes (2004, apud POYASTRO, 2008, p.19). Diversas construções históricas foram erguidas em alvenaria e para evitar as tensões de tração, utilizava-se apenas o peso dos pavimentos e de espessas paredes (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013, p.61). Isso se tornou um problema com o decorrer dos anos, pois as grandes dimensões das edificações geravam grandes custos.

Como reduzir a espessura das paredes e manter a estabilidade estrutural das edificações? Por décadas, esse foi o questionamento de diversos projetistas e construtores em busca de uma solução. Isso gerou várias pesquisas que possibilitaram o surgimento de uma alvenaria totalmente diferente da concebida nos tempos antigos: a alvenaria contemporânea, uma inovação economicamente eficiente para a construção de edificações.

A alvenaria contemporânea se divide em dois tipos quanto a função estrutural: a alvenaria de vedação e a alvenaria estrutural. As alvenarias de vedação são aquelas destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras (THOMAZ et al. 2009, p. 2). Suportam somente o peso próprio e cargas de utilização, como armários, rede de dormir e outros, devendo apresentar também adequada resistência a ação do vento e a impactos acidentais (THOMAZ et al. 2009, p. 2). A alvenaria estrutural, por sua vez, é destinada a resistir ao carregamento, especialmente esforços de compressão, da edificação.

### **2.2 Definições**

#### ***2.2.1 Alvenaria Estrutural***

Há vários autores, na literatura, que expõem seu conceito para alvenaria estrutural. Segundo Camacho (2006, p.01), é o processo construtivo na qual os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional. Já para Kalil (2010, apud PILOTTO; VALLE, 2011, p. 13), é um sistema construtivo que através de peças padronizadas são ligadas por argamassa tornando esse conjunto em uma estrutura sem armaduras. Na visão de Freire (2007,

p.21), é um sistema onde vigas e colunas são substituídas por blocos com capacidade de resistir à compressão e transmitir o peso da laje, dos pavimentos superiores e o seu próprio peso até a fundação.

Já que na alvenaria estrutural não se utilizam pilares e vigas, pois as paredes chamadas de portantes compõem a estrutura da edificação e distribuem as cargas uniformemente ao longo das fundações (TAUIL; NESSE, 2010, p.20), recomenda-se a elaboração de um projeto confiável e detalhado para garantir uma edificação com qualidade.

### **2.2.2 Componente**

Segundo a NBR 15812-1(ABNT, 2010), componente é a “menor parte constituinte dos elementos da estrutura”, ou seja, é o que compõe a alvenaria estrutural. Os principais são os blocos, a argamassa, o graute e a armadura.

#### **2.2.2.1 Blocos**

Os blocos são os principais encarregados pela resistência da estrutura (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 07). Podem ser encontrados no mercado em diferentes materiais, sendo os mais utilizados os cerâmicos e os de concreto.

As propriedades que devem apresentar, segundo Kalil (2007, p. 05) são:

- Resistência à compressão adequada;
- Capacidade de aderir à argamassa tornando a parede homogênea;
- Durabilidade frente aos agentes agressivos (umidade, variação de temperatura e ataque por agentes químicos);
- Dimensões uniformes;
- Resistência ao fogo.

O comprimento e a altura dos blocos são padronizados para cada família dimensional. O módulo vertical é geralmente padronizado em 20 cm, com junta horizontal de 1 cm de altura. As dimensões horizontais para edifícios, normalmente construídos com blocos de 14 cm de espessura, mais comuns são de 29 e 39 cm e junta de 1 cm, configurando módulo horizontal de 15 ou 20 cm.

### 2.2.2.1.1 Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos “são em sua maioria produzidos de argila superficial formada pela degradação de rochas por erosão, por ataque químico ou por atividade vulcânica.” (PARSEKIAN; HAMID; DRYDALE, 2013, p.175). Conforme sua geometria, podem ser de três tipos: blocos cerâmicos estruturais com paredes vazadas (Figura 1), blocos cerâmicos estruturais com paredes maciças (Figuras 2 e 3) e blocos cerâmicos estruturais vazados (Figura 4). A NBR 15270-2 (ABNT, 2005) apresenta uma definição para cada um dos tipos mencionados:

**Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas:** Componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida.

**Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças:** Componente da alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida.

**Bloco cerâmico estrutural perfurado:** Componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada.

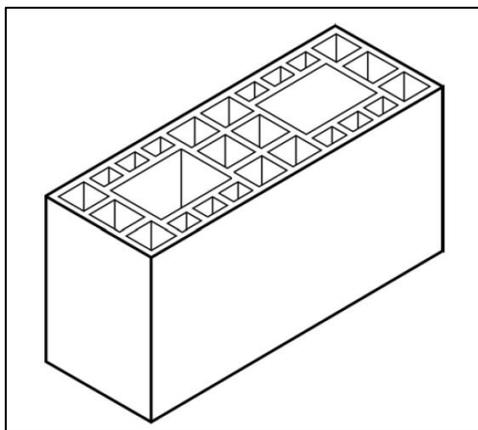


Figura 1 – Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas  
Fonte: ABNT NBR 15270-2, 2005, p. 02.

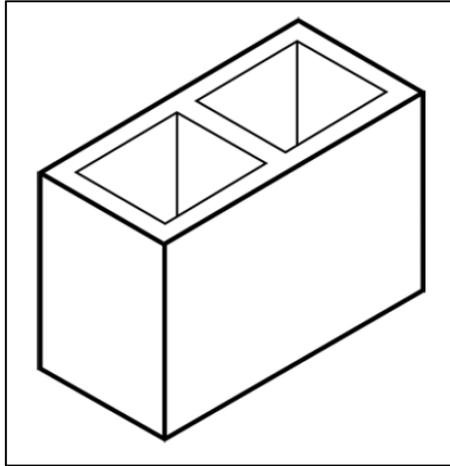


Figura 2 – Bloco cerâmico estrutural de paredes maciças (com paredes internas maciças)  
Fonte: ABNT NBR 15270-2, 2005, p. 02.

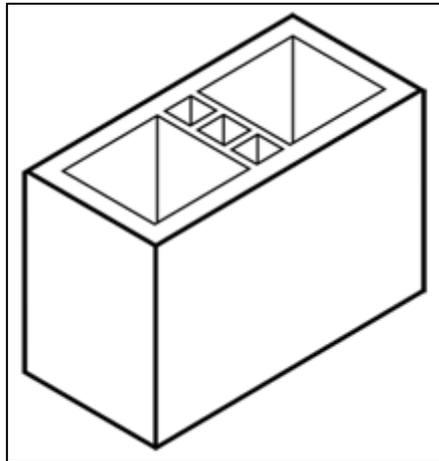


Figura 3 – Bloco cerâmico estrutural de paredes maciças (com paredes internas vazadas)  
Fonte: ABNT NBR 15270-2, 2005, p. 02.

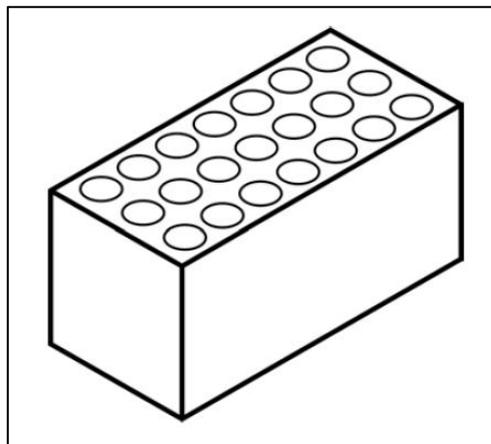


Figura 4 – Bloco cerâmico estrutural perfurado  
Fonte: ABNT NBR 15270-2, 2005, p. 02.

As Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam os tipos de blocos cerâmicos mais usuais no mercado.



Figura 5 – Meio bloco cerâmico estrutural (14 x 19 x 14)  
Fonte: <http://www.ceramicasalema.com.br/produtos/alvenaria-estrutural>

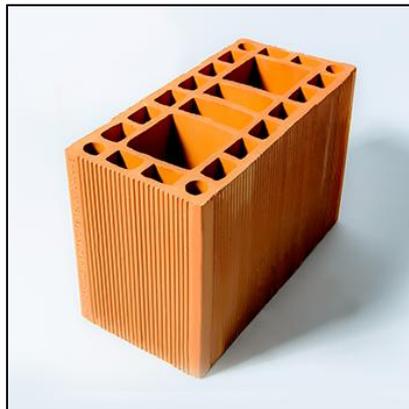


Figura 6 – Bloco cerâmico estrutural principal (14 x 19 x 29)  
Fonte: <http://www.ceramicasalema.com.br/produtos/alvenaria-estrutural>



Figura 7 – Bloco cerâmico estrutural de amarração (14 x 19 x 44)  
Fonte: <http://www.ceramicasalema.com.br/produtos/alvenaria-estrutural>



Figura 8 – Bloco cerâmico canaleta J (14 x 19 x 19)  
Fonte: <http://www.ceramicasalema.com.br/produtos/alvenaria-estrutural>

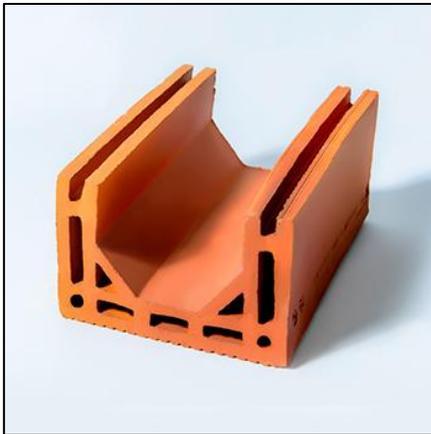


Figura 9 – Bloco cerâmico canaleta U baixa (14 x 09 x 19)  
Fonte: <http://www.ceramicasalema.com.br/produtos/alvenaria-estrutural>



Figura 10 – Bloco cerâmico canaleta U alta (14 x 19 x 19)  
Fonte: <http://www.ceramicasalema.com.br/produtos/alvenaria-estrutural>

As canaletas que possuem forma de U permitem a construção de cintas de amarração de paredes internas, vergas e contravergas. Já a canaleta com formato J, permitem o apoio de lajes sem quebrar a modulação vertical das fiadas nas paredes da fachada (THOMAZ, 2009, p. 5).

#### 2.2.2.1.2 Blocos de concreto

Os blocos de concreto são basicamente “constituídos de uma mistura de cimento Portland, agregados e água” (FREIRE, 2007, p.10). No entanto, alguns aditivos também podem ser incluídos, tais como incorporadores de ar, materiais pozolâmicos e pigmentos coloridos (PARSEKIAN; HAMID; DRYDALE, 2013, p.189).

A norma que estabelece atualmente os requisitos para a produção e aceitação de blocos de concreto destinados à execução de alvenaria estrutural é a NBR 6136.

As dimensões existentes no mercado atual são apresentadas nas Figuras 8 e 9 a seguir:

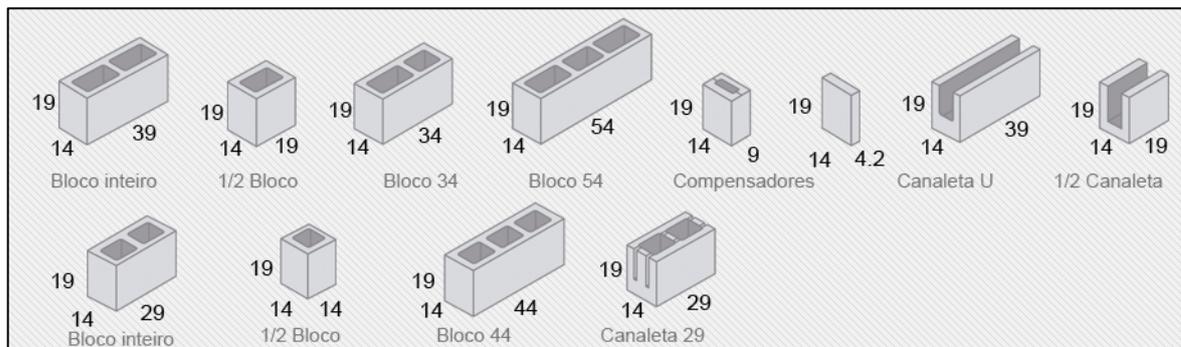


Figura 11 - Bloco de concreto com 14 cm de largura.

Fonte: pavertech.com.br

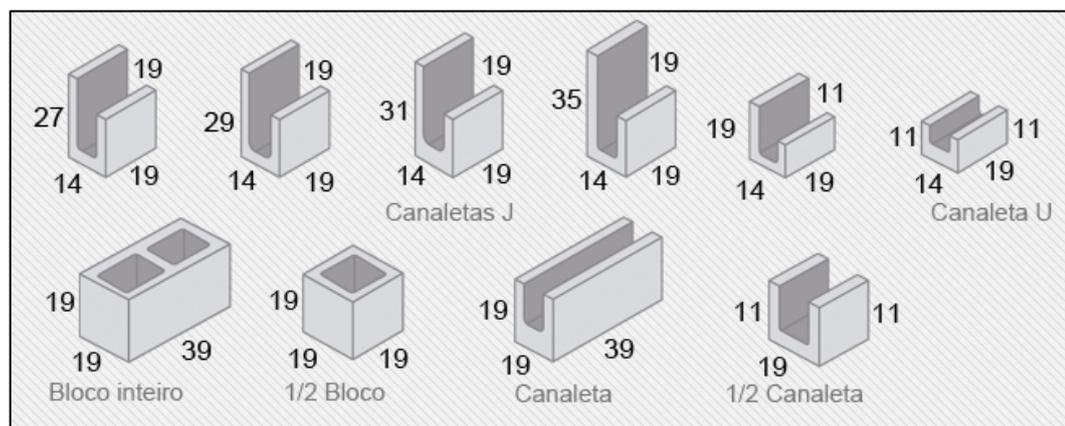


Figura 12 - Bloco de concreto com 19 cm de largura.

Fonte: pavertech.com.br

### 2.2.2.2 Argamassa

A argamassa é o componente utilizado na ligação dos blocos (ABNT NBR 15812-1, 2010). Ressaltam Parsekian, Hamid e Drysdale (2013, p.205) que ela é usada para permitir um apoio uniforme e também a aderência de um bloco sobre o outro. Sua qualidade, reforça Coêlho (1998, p.41 apud HIRT; MARANGONI, 2013, p.23), está diretamente ligada a uma boa resistência da estrutura, estanqueidade nas juntas dos blocos e aderência dos elementos utilizados.

Para Ramalho e Corrêa (2003, p.07),

A argamassa possui as funções básicas de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações. Usualmente composta de areia, cimento, cal e água, a argamassa deve reunir boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade para o desempenho de suas funções.

### 2.2.2.3 Graute

Segundo a NBR 15812-1 (ABNT, 2010), o graute é o componente utilizado para preenchimento de vazios, com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente. Os materiais constituintes do graute são os mesmos utilizados para concreto convencional: cimento, areia, pedrisco e água (KALIL, 2007, p. 22).

Segundo, Parsekian, Hamid e Drysdale (2013, p.217):

As principais diferenças entre graute em relação ao concreto são o alto slump (20 a 25) e elevada relação água/cimento. Essa mistura permite boa plasticidade e preenchimento completo dos vazados, e quando dosado de forma correta, baixa segregação. A consistência muito fluida é necessária porque os vazados a serem grauteados geralmente são pequenos, com possibilidade ainda de haver saliências de argamassa na seção a ser grauteada, e ainda porque os blocos normalmente absorvem a água muito rápido após o lançamento, na prática reduzindo a relação água/cimento do graute.

#### 2.2.2.4 Armadura

Segundo Barros e Melhado (1998 apud KLEIN; MARONEZI, 2013, p.23), a armadura tem a função de absorver tensões de tração e cisalhamento e aumentar a capacidade resistente das peças comprimidas. Presentes na alvenaria estrutural, estas barras resistem aos esforços de tração atuantes na edificação e eleva a resistência às tensões de compressão.

De acordo com Parsekian, Hamid e Drysdale (2013, p.221), os tipos mais usuais de armaduras são barras de aço e armaduras de juntas na classificação CA50, com tensão de escoamento de 500 MPA. Os autores ainda complementam sobre a taxa máxima de armadura por furo, que não pode ser superior a 8% da área da seção a ser grauteada, o que muitas vezes é o limitante do diâmetro máximo.

#### 2.2.3 Elementos

Segundo a NBR 15812-1 (ABNT, 2010), elemento “é a parte da estrutura suficientemente elaborada constituída da reunião de dois ou mais componentes”. Paredes, cintas, vergas e contravergas são exemplos de elementos. Eles podem ser não armados, armados ou protendidos e a NBR 15812-1 (ABNT, 2010), apresenta uma definição para cada tipo:

**Elemento de alvenaria não armado:** Elemento de alvenaria no qual a armadura é desconsiderada para resistir aos esforços solicitantes.

**Elemento de alvenaria armado:** Elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistir aos esforços solicitantes.

**Elemento de alvenaria protendido:** Elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras ativas.

##### 2.2.3.1 Parede

Segundo Kalil (2007, p. 23), as paredes “são elementos estruturais, definidos como laminares (uma das dimensões muito menor do que as outras duas), apoiada de modo contínuo em sua base.”. Conforme a sua função podem ser estruturais e não estruturais.

A NBR 15812-1 (ABNT, 2010) define em poucas palavras a parede não estrutural como toda aquela não admitida como participante da estrutura, mas Kalil (2007, p.23) complementa afirmando que elas resistem apenas ao seu próprio peso, e tem como função separar ambientes ou fechamento externo, não tendo responsabilidade estrutural.

A parede estrutural, por sua vez, segundo a NBR 15812-1 (ABNT, 2010) é aquela admitida como participante da estrutura. Elas são dimensionadas mediante processos racionais de cálculo (MARCINIAK, 2010, p.20) com a finalidade de resistir ao seu peso próprio e outras cargas advindas de outros elementos estruturais tais como lajes, vigas, paredes de pavimentos superiores, carga de telhado, etc. (KALIL, 2007, p.23). No sistema em alvenaria estrutural as paredes são estruturais.

#### *2.2.3.2 Elementos de reforço*

Já que na alvenaria estrutural as paredes são os elementos portantes, deve-se ter cuidados especiais em algumas situações como vãos de portas e janelas e em vãos de maiores extensões, por exemplo, pois necessitam de elementos de reforço de modo a minimizar a fissuração. Os principais são vergas, contravergas e cintas de amarração. (KALIL, 2007, p.40)

##### *2.2.3.2.1 Vergas e contravergas*

As vergas e contravergas atuam de forma a absorver os esforços de tração e cisalhamento existentes nos cantos de aberturas, local de concentração de tensões. Por este motivo, há a importância de que as aberturas da alvenaria recebam esses elementos de reforços que segundo Marciniak (2010, p. 41) podem ser constituídos de três maneiras: blocos do tipo canaleta (Figura 13) devidamente armados e grauteados, peças de concreto armado moldados in loco (Figura 14) e peças de concreto armado pré-fabricadas (Figura 15).



Figura 13 – Vergas e contravergas com bloco canaleta

Fonte: MARCINIAK, 2010, p. 44.



Figura 14 – Verga de concreto moldada in loco  
Fonte: SANTOS, 2004 apud MARCINIAK, 2010, p.43



Figura 15 – Verga e contraverga pré-fabricada de concreto.  
Fonte: SANTOS, 2004 apud MARCINIAK, 2010, p.46

Segundo Parsekian, Hamid e Drysdale (2013, p.74), a verga é um tipo de viga colocada sobre vão de porta ou janela para suportar o carregamento sobre esses vãos. Ela absorve as reações das lajes e as cargas distribuídas por elas às paredes (KALIL, 2007, p.40). Já as contravergas são elementos estruturais, introduzidas e solidarizadas às alvenarias, localizadas na parte inferior de vãos, como os de janelas, com a finalidade de absorver tensões de cisalhamento e tração, evitando a fissuração da alvenaria (THOMAZ et al. 2009, p. 5).

As vergas e contravergas devem cobrir todo o vão e, ainda, inserir-se na alvenaria. No mínimo, o transpasse deve ser de 30 cm de cada lado para contravergas. Já para as vergas, caso ela possua até 1,0 m de comprimento, o transpasse mínimo de cada lado é de 15,0 cm. Caso possua comprimento superior a 1,0 m, transpasse mínimo de 30 cm, cada lado (PARSEKIAN; 2012, p.65).

#### 2.2.3.2.2 Cintas

Por ser um elemento de reforço resistente à tração e ao cisalhamento, as cintas são introduzidas e solidarizadas às alvenarias para melhorar o desempenho das paredes frente a essas tensões (THOMAZ et al. 2009, p. 5). Sua utilização, segundo Kalil (2007, p. 42),

previne recalques diferenciais que não tenham sido considerados e auxilia no contraventamento e amarração das paredes. Podendo estar unidas ou não a vergas de portas e janelas, as cintas se situam sob as lajes.

Composta, geralmente, de uma canaleta grauteada e armada, ou um conjunto delas, a finalidade principal da cinta é distribuir as cargas de modo contínuo às paredes (JÚNIOR, 2012, p. 24), minimizando efeitos nocivos como fissuração em alvenarias ou recalques de fundações.

### **2.3 Classificação**

A alvenaria estrutural se classifica quanto ao processo construtivo empregado, quanto ao tipo de unidades e o material utilizado (CAMACHO, 2006, p.03). Com relação ao método de construção são três os tipos de alvenaria estrutural: a alvenaria não armada, a armada e a protendida.

A alvenaria estrutural não armada não contém nenhum tipo de armadura, exceto as construtivas de cintas, vergas e contravergas (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013, p. 78). Mas, para evitar fissuras, pode ainda ter uma pequena quantidade de armadura colocada nas juntas e amarração entre paredes.

A alvenaria estrutural armada, no entanto, contém armaduras passivas de aço para resistir às tensões de tração e cisalhamento e para melhorar a ductilidade (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013, p. 82). Estas são colocadas nas cavidades dos blocos e, em seguida, preenchidas com graute.

A alvenaria estrutural protendida é aquela que utiliza armadura ativa, ou seja, armadura constituída de cabos (barras ou cordoalhas) cujo objetivo é a produção de forças de protensão, onde se aplica um pré-alongamento inicial. Arrimos e galpões, por exemplo, são tipos de construções indicadas a serem feitas por meio de protensão de alvenarias (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013, p. 85).

Quanto às unidades, a alvenaria estrutural pode ser classificada em dois tipos: bloco maciço (ou tijolo) e bloco vazado. Para diferenciar melhor é importante saber que a unidade é considerada maciça quando possui um índice de vazios de no máximo 25% da área total e vazada se os vazios excederem esse limite. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p.7).

Estas unidades são os componentes mais importantes que compõe a alvenaria estrutural, uma vez que são eles que comandam a resistência à compressão e determinam os

procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos (CAMACHO, 2006 apud POYASTRO, 2008, p.25).

Com relação ao material, os mais utilizados no Brasil para edificações em alvenaria estrutural são, em ordem decrescente de utilização, unidades de concreto, unidades cerâmicas e unidades sílico-calcáreas (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p.7). Dentre estas três, as unidades com maior disponibilidade no mercado brasileiro são as de concreto e cerâmica. (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013, p. 65). Cada uma delas apresenta “valores de resistência à compressão e peso muito diferentes, podendo assim haver a alteração de todo o cálculo estrutural do projeto.” (TAVARES, 2011, p.26).

## **2.4 Vantagens e desvantagens**

O crescimento do mercado imobiliário tem elevado a demanda por sistemas construtivos que unem economia e qualidade. Por esta razão, a alvenaria estrutural tem sido cada vez mais utilizada.

Embora seja um método simples, possui diversas vantagens que a tornam bastante eficiente, dentre elas redução de custos, simplificação das técnicas de execução, menor diversidade de materiais empregados, redução da mão de obra, economia de fôrmas e maior rapidez na execução (CAMACHO, 2001 apud ALVES; PEIXOTO, 2011, p.29). Além destas, resistência ao fogo e características de isolamento termo acústico. (TAVARES, 2011).

A redução da mão de obra está ligada a não necessidade de carpinteiros e armadores para execução de pilares e vigas. As barras de aço, neste sistema, podem ser colocadas pelos próprios pedreiros. A redução de custos, por sua vez, está relacionada à adequada aplicação das técnicas de projeto e execução, podendo chegar, segundo a literatura, até a 30% (CAMACHO, 2006, p.4).

Por ser facilmente integrado a outros subsistemas, neste método construtivo as instalações elétricas e hidráulicas, por exemplo, podem ser embutidas nos vazios dos blocos, sem rasgos ou aberturas para a execução (SILVESTRE, 2013). Isto também proporciona obras limpas, rápidas e extremamente seguras.

Embora apresente diversos benefícios, o sistema também impõe limitações para grandes vãos e balanços e, ainda, restrições de possibilidades de mudanças não planejadas. Reformas em edificações em alvenaria estrutural são delicadas. Os riscos são elevados já que a alvenaria é a própria estrutura do edifício. Em edificações bem planejadas, os problemas são minimizados.

## 2.5 Projeto

Recentemente, o interesse por projetos aumentaram. Isto ocorre por ser ele um dos que permitem a melhoria no desempenho das edificações e considerável diminuição dos custos de produção (OLIVEIRA, 2005 apud JÚNIOR, 2012, p.26). Segundo Gus (1997 apud JÚNIOR, 2012, p. 24):

Projeto é a etapa do processo de construção durante a qual deve ser buscada uma solução criativa e eficiente, que traduza e documente todos os requisitos do cliente e do usuário através da concepção, desenvolvimento e detalhamento das características físicas e tecnológicas do empreendimento, para fins de sua execução.

Os projetos necessários para a construção de uma edificação são:

- Projeto arquitetônico
- Projeto estrutural
- Projetos de instalações
  - Projeto de instalações elétricas
  - Projeto de instalações hidráulicas
  - Projeto de instalações sanitárias
  - Projeto de instalações de prevenção de incêndio, etc.

Na visão de Rauber (2005, p. 23), o projeto arquitetônico constitui-se na “espinha dorsal” do projeto da edificação. Todos os projetos complementares só são concebidos a partir dele e por este motivo lhe é atribuído uma grande importância. O projeto estrutural, por sua vez, dimensiona e detalha a estrutura da edificação, ou seja, as fundações e a superestrutura, enquanto que os projetos de instalações dimensionam e detalham os sistemas prediais existentes.

### 2.5.1 Projeto em alvenaria estrutural

Cada projeto possui suas particularidades, o que não é diferente no caso da alvenaria estrutural. Ao contrário dos prédios usuais em concreto ou aço, nas edificações com este tipo de estrutura as paredes servem não apenas para a vedação, mas também para resistirem ao

peso próprio, cargas acidentais e ao esforço horizontal devido à ação do vento. As paredes, neste caso, são usadas no lugar dos pilares e vigas, constituindo a estrutura vertical do prédio (JÚNIOR, 2012, p.58).

Na visão de Tauil e Nese (2010, p.30), o projeto de alvenaria estrutural é o desenho preciso de cada lâmina de parede que sustentará a edificação trabalhando em conjunto com outras em todos os sentidos e nas três direções ou coordenadas.

#### *2.5.1.1 Projeto estrutural*

O projeto estrutural tem como finalidades funcionais a concepção de uma estrutura que seja segura, econômica e atenda as questões estéticas impostas pela arquitetura. Neste tipo de projeto, apresenta-se o dimensionamento das estruturas de sustentação da edificação, responsável por transmitir as diversas cargas dos pavimentos ao terreno. Já que na alvenaria estrutural, a parede é a própria superestrutura da edificação será ela o elemento a ser dimensionado no projeto.

O projeto de estruturas de uma edificação em alvenaria auto-portante é constituído da locação dos pilares e das fundações, plantas de 1ª e 2ª fiada e de formas referente a cada pavimento. Além destes itens, costuma-se apresentar detalhes dos elementos conforme a necessidade imposta por cada projeto.

##### *2.5.1.1.1 Análise Estrutural*

A idealização do comportamento da estrutura é feita na fase de análise estrutural. Segundo Camacho (2006, p.21), esta análise corresponde ao levantamento de todas as ações que deverão atuar na estrutura ao longo de sua vida útil, na avaliação do comportamento (resposta) da estrutura e no processo de cálculo propriamente dito, com objetivo de quantificar os esforços solicitantes e deslocamentos que ocorrem na estrutura.

A análise, conforme a NBR 15812-1 (2010, p. 16) deve ser realizada

[...] considerando-se sempre o equilíbrio de cada um dos seus elementos e a estrutura como um todo, bem como o caminho descrito pelas ações sejam verticais ou horizontais, desde o seu ponto de aplicação até a fundação ou onde se suponha o limite da estrutura de alvenaria. (ABNT NBR 15812-1, 2010, p.16).

Todas as ações (horizontais e verticais), produzem efeitos na estrutura da edificação e são classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais. A ABNT NBR 8681/ 2004 apresenta uma definição para cada:

**Ações permanentes:** Ações que ocorrem com valores constantes ou de pequena variação em torno de sua média, durante praticamente toda a vida da construção. A variabilidade das ações permanentes é medida num conjunto de construções análogas.

**Ações variáveis:** Ações que ocorrem com valores que apresentam variações significativas em torno de sua média, durante a vida da construção.

**Ações excepcionais:** Ações excepcionais são as que têm duração extremamente curta e muito baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção, mas que devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas.

As ações permanentes são, por exemplo, o peso próprio da estrutura e o peso dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes. As ações variáveis, por sua vez, são constituídas pela ação do vento e cargas acidentais, aquelas que atuam sobre a estrutura de edificações em função do seu uso, ou seja, pessoas, móveis, materiais diversos, veículos, etc. (ABNT NBR 15812-1, 2010, p.14). Já as ações excepcionais são as ações decorrentes de explosões, impactos, incêndios, etc. (ABNT NBR 15812-1, 2010, p.14).

As cargas a serem consideradas em uma edificação dependem do tipo e da utilização desse edifício. Para os edifícios residenciais em alvenaria estrutural as principais cargas a serem consideradas nas paredes são as ações das lajes e o peso próprio das paredes (CORRÊA E RAMALHO, 2003 apud REBOREDO, 2013, p. 54).

#### 2.5.1.1.2 Limitações

A ABNT NBR 15812-1 (2010) expõe algumas limitações à alvenaria estrutural em bloco cerâmico. Em relação à espessura efetiva das paredes estruturais, nas edificações de mais de dois pavimentos, não se admite que seja inferior a 14 cm, onde essa espessura efetiva é a espessura da parede desconsiderando os revestimentos. Também há restrições ao índice de esbeltez, a relação entre a altura efetiva e a espessura efetiva da parede, que deve ser, no máximo, 24 para paredes não armadas e 30 para armadas. Já as juntas de assentamento,

aquelas deixadas entre os blocos, devem ser consideradas 1 cm, a menos que explicitamente especificado em projeto.

### 3 ROTEIRO DE DIMENSIONAMENTO

#### 3.1 Etapa 01: Análise de viabilidade e definição dos elementos estruturais.

Já que a arquitetura e a estrutura estão inter-relacionadas, a opção pela utilização do sistema de alvenaria estrutural implica em restrições que devem ser consideradas desde a concepção do arquiteto (RAUBER, 2005, p. 38). Na etapa 01, o projetista estuda o projeto arquitetônico e decide se ele está apto à receber este tipo de estrutura, observando aspectos como volumetria e simetria, já que a forma da edificação deve ser preferencialmente simétrica e robusta (KALIL, 2007, p. 63).

Segundo Rauber (2005, p.39), a robustez de uma edificação está em função de sua volumetria e quanto mais robusta, maior sua capacidade de resistir a esforços horizontais, principalmente a ação do vento. Na Figura 16, é possível observar o efeito da volumetria em relação à robustez de uma edificação.

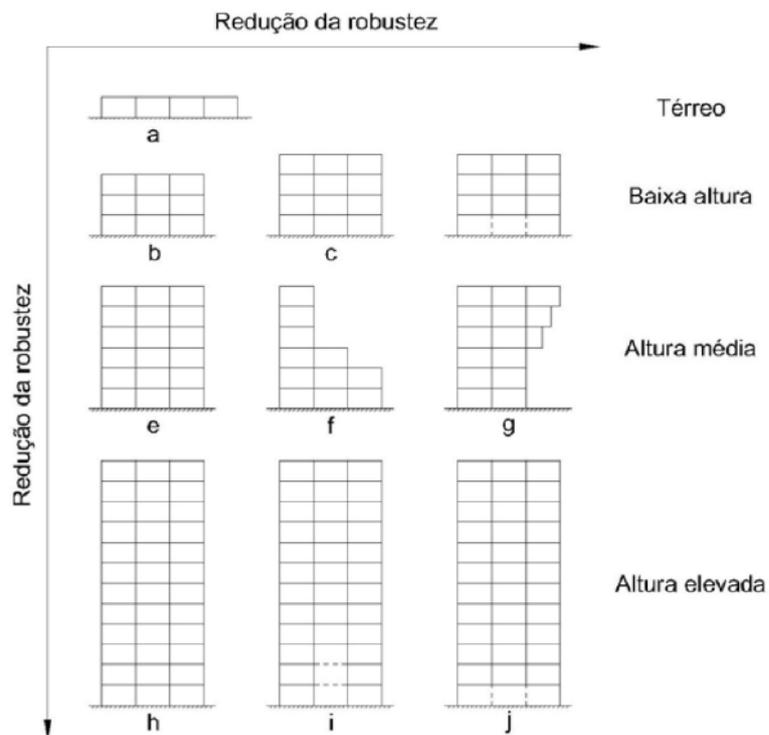


Figura 16: Efeitos da forma e altura na robustez do prédio  
Fonte: DRYSDALE et al., 1994 apud DUARTE, 1999.

Percebe-se que, em relação a robustez, as edificações podem ser classificadas em quatro tipos: térreas, de altura baixa, média ou elevada. As térreas são as mais robustas. Já os prédios de baixa altura são aqueles que possuem em média 3 a 4 pavimentos, podendo ter até cinco. Os edifícios de altura média apresentam de cinco a dez pavimentos, sendo este o limite da alvenaria estrutural não armada. Os prédios altos, por sua vez, são aqueles com mais de dez pavimentos. Estes últimos, necessitam de armadura para o combate aos esforços de tração (DUARTE, 1999, p.32 apud BUSI, 2009, p.47).

A simetria de uma edificação é a proporção entre a altura, largura e comprimento que a mesma apresenta em sua totalidade. No sistema em alvenaria estrutural essa relação deve proporcionar robustez ao prédio de modo que satisfaça condições ideais ou aceitáveis, conforme apresenta a Figura 17.

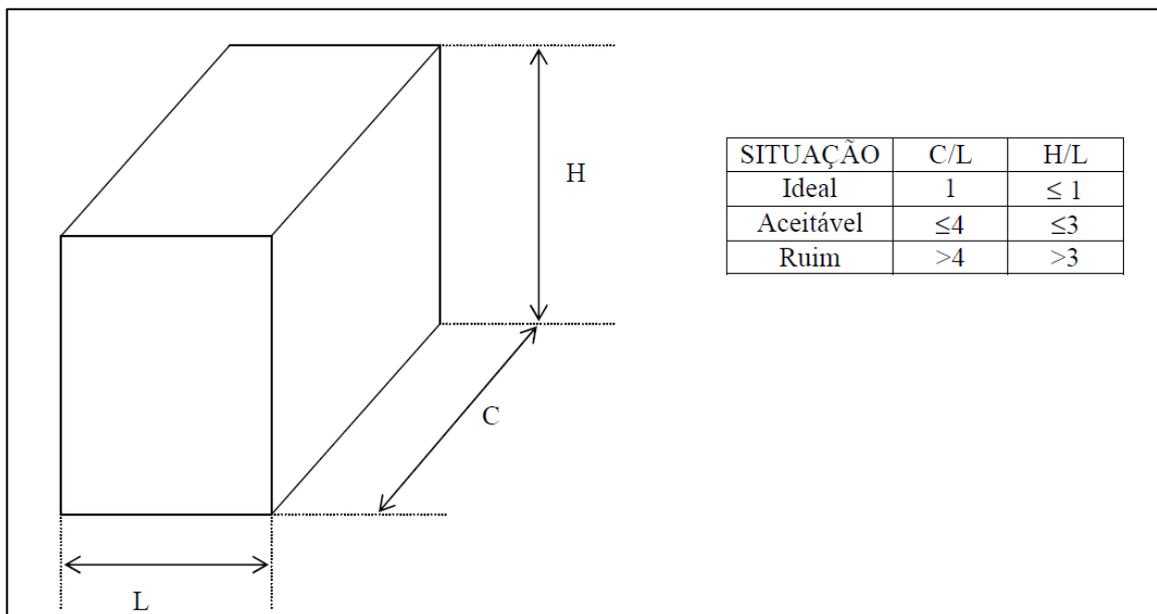


Figura 17: Relações recomendadas entre as dimensões de uma edificação.

Fonte: GALLEGOS, 1988 apud KALIL, 2007, p.64).

Além de observar a simetria e a forma volumétrica da edificação, o projetista deve analisar se o projeto arquitetônico foi concebido baseado na coordenação modular, método de projeto em que os elementos são dimensionados a partir de uma unidade de medida comum. Na alvenaria estrutural, essa medida de referência é a dimensão do bloco a ser utilizado. Portanto, conforme Silva (2003 apud RAUBER, 2005, p.51) a definição do elemento a ser padronizado é o ponto de partida para a modulação.

As dimensões usuais dos blocos cerâmicos são (14 x 14 x 19) cm para bloco de 1 furo, (14 x 29 x 19) cm para bloco de 2 furos e (14 x 44 x 19) cm para bloco de 3 furos. Já que a largura é de 14 cm, o ideal é que a espessura da parede na arquitetura possua no mínimo 18 cm e as dimensões internas dos ambientes sejam múltiplas de 15 (largura do bloco mais 1 cm da espessura da junta). Já a altura do bloco é 19 cm, o pé direito deve possuir dimensões múltiplas de 20 cm (altura do bloco mais 1 cm de espessura da junta). O projetista, portanto, deve conferir as espessuras das paredes, o pé direito e a abertura de portas e janelas.

O ideal é que todos ou grande parte dos parâmetros analisados estejam coerentes com o sistema. Caso o projetista observe no projeto arquitetônico que a concepção não atenda o sistema em alvenaria estrutural, ele deve solicitar ao arquiteto a eliminação dos problemas observados. Caso contrário, parte-se para a próxima etapa.

### 3.2 Etapa 02: Modulação horizontal

A primeira decisão a ser feita é o tipo de bloco cerâmico que será utilizado. Definido isto, parte-se para o lançamento dos blocos sobre a planta baixa do projeto arquitetônico com o intuito de criar as plantas de primeira e segunda fiada, amarrando as paredes que se encontram.

Primeiro, realiza-se a modulação da primeira fiada (Figura 18) e após o término, incorpora-se à planta baixa a segunda fiada (Figura 19) analisando as possíveis amarrações entre os blocos (Figura 20). A amarração desencontrada das unidades é necessária para que as cargas possam ser distribuídas uniformemente por todo o grupo de paredes (BUSI, 2009, p. 28).

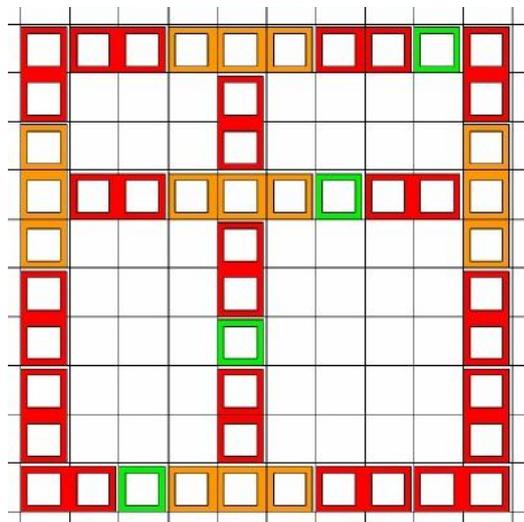


Figura 18: Demonstração de primeira fiada  
Fonte: BUSI, 2009, p.27

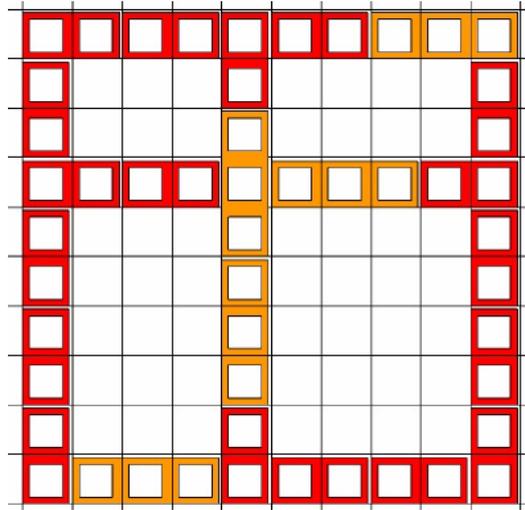


Figura 19: Demonstração de segunda fiada  
Fonte: BUSI, 2009, p.27

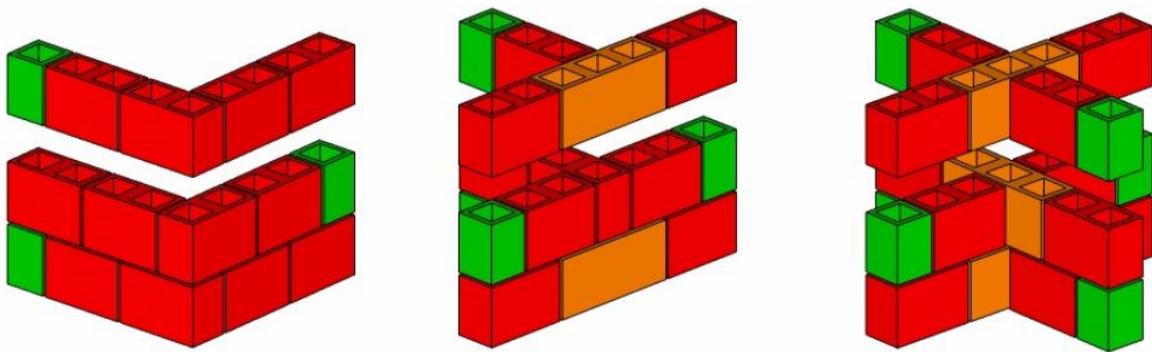


Figura 20: Amarração entre blocos em cantos, bordas e cruzamentos.  
Fonte: BUSI, 2009, p.28

### 3.3 Etapa 03: Pilares de amarração

A alvenaria estrutural não armada de blocos cerâmicos é assentada com argamassa e contém armaduras com finalidade apenas de amarração e prevenção de fissuras, não sendo considerada na absorção dos esforços calculados. Essa armadura é inserida nos furos dos blocos que, em seguida, são preenchidos com graute. Os elementos que recebem essa armadura ficam localizados nos cantos e bordas das paredes e devem ser especificados nas plantas de primeira e segunda fiada, e, ainda, na planta de formas, de cada pavimento.

### 3.4 Etapa 04: Cintas

Cintas são elementos estruturais que se apoiam continuamente na alvenaria. No pavimento térreo são denominadas cintas inferiores (CI) e nos pavimentos seguintes, cintas superiores (CS). Como na edificação em alvenaria estrutural, deve haver uma padronização dimensional, as cintas também devem possuir a mesma largura e altura dos blocos utilizados.

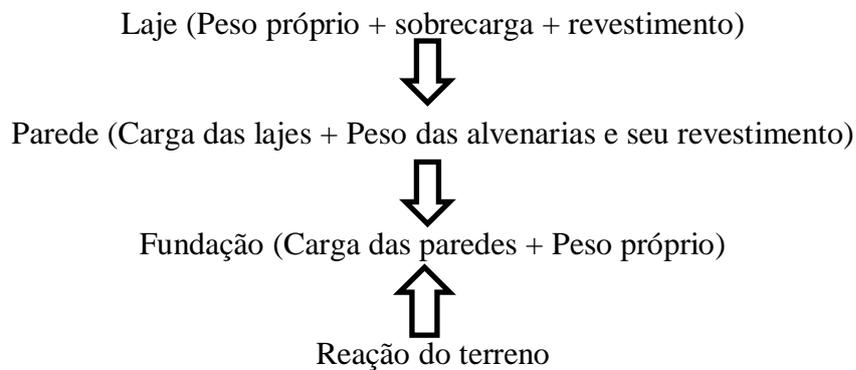
Na alvenaria estrutural, as cintas são representadas na planta de forma, elaborada após o término das plantas de primeira e segunda fiada. Recomenda-se, sobre as paredes externas o emprego dos blocos canaletas tipo “J” e nas paredes internas os blocos canaletas tipo “U”, ambos preenchidos com graute e armadura (KALIL, 2007, p. 42).

As cintas, no sistema em alvenaria estrutural não armada, são as responsáveis por absorver os esforços de flexão e cisalhamento e por isto devem ser dimensionadas. Seu dimensionamento é igual ao de vigas de concreto armado, especificado na ABNT NBR 6118.

### 3.5 Etapa 05: Carregamento da estrutura e análise estrutural

#### 3.5.1 Carregamento da estrutura

Para a análise da estrutura é necessário que se faça a composição das cargas que atuam em cada elemento resistente, iniciando-se pelas lajes (KALIL, 2007, p.46). Para entender esta sequência da distribuição das cargas em edificações em alvenaria estrutural não armada, de até 5 pavimentos, será apresentado, a seguir, um diagrama lógico básico.



As cargas horizontais devido a ação do vento são desconsideradas no diagrama porque esta ação é dispensada em prédios de até 5 pavimentos (KALIL, 2007, p.67).

### 3.5.2 Análise estrutural

A alvenaria estrutural é bastante resistente à compressão e pouco à tração, sendo os principais causadores da geração de esforços de tração na alvenaria o vento e o desaprumo (KALIL, 2007, p.61). Como nos edifícios de até 5 pavimentos as ações horizontais do vento e do desaprumo são desconsiderados, isso significa que, em edificações deste porte, após o levantamento das cargas que compõem a edificação (permanentes e variáveis), é necessário apenas a análise da alvenaria à compressão.

Segundo Parsekian (2012, p.20), em resumo, a resistência à compressão da parede de alvenaria estrutural é verificada por meio da seguinte equação:

$$\frac{\gamma_f \cdot N_k}{A} \leq \frac{0,7 f_{pk}}{\gamma_m} \left[ 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40t_{ef}} \right)^3 \right]$$

Onde:

- Normalmente,  $\gamma_f = 1,4$  e  $\gamma_m = 2,0$ .
- $\gamma_f$  e  $\gamma_m$  são coeficientes de ponderação das ações e das resistências
- $N_k$  é a força normal característica
- $A$  é a área bruta da seção transversal
- $f_{pk}$  é a resistência característica de compressão simples do bloco
- $t_{ef}$  e  $h_{ef}$  é a espessura e a altura efetiva.
- Considera-se o comprimento de 1 m de parede de espessura real  $t$  cm, sem revestimento,  $A = 100t$ ,  $\text{cm}^2$ .
- Se  $f_{pk}$  estiver em  $\text{kN/cm}^2$ , a força normal característica  $N_k$  estará em  $\text{kN/m}$ .

### 3.6 Etapa 06: Dimensionamento da fundação

Calculada a carga  $P$  que é transferida para a fundação, o próximo passo é encontrar a dimensão mínima ( $l$ ) que o bloco de fundação deve possuir. Este valor, em resumo, é encontrado a partir da expressão matemática, a seguir:

$$l = \frac{P}{\rho \times 1}$$

Onde:

- $\rho$  é a tensão admissível do solo;
- $l$  é a dimensão mínima que o bloco deve possuir em planta.

### **3.7 Etapa 07: Dimensionamento dos elementos em outro tipo de material**

O empreendimento em alvenaria estrutural também pode apresentar elementos em outro tipo de material e estes precisarão ser dimensionados pelo projetista, se este serviço também for contratado. Elementos como escada e laje, por exemplo, geralmente são em concreto armado.

### **3.8 Etapa 08: Modulação vertical**

Enquanto na modulação horizontal, detalha-se a disposição dos blocos em planta, a modulação vertical apresenta a elevação das paredes bloco por bloco, com representação das aberturas e todos os detalhes de como as paredes serão executadas. Na planta de elevação e/ou cortes, produto resultante da modulação vertical, são identificados os tipos de blocos, indicando-se com cores diferentes os especiais, e também as vergas, as contravergas e a amarração entre paredes. O projetista, ainda, não deve se esquecer das cotas dos níveis dos pavimentos e da espessura das lajes com a respectiva indicação do tipo utilizada na edificação.

### **3.9 Etapa 09: Detalhamento**

Os projetos em Alvenaria Estrutural devem apresentar um nível de detalhamento mais aprimorado. Todas as etapas anteriores citadas devem estar devidamente compatibilizadas e muito bem informadas.

A pessoa que lerá o projeto, seja especialista ou não na área, possuirá o intuito de compreendê-lo, mas como fazer com que pessoas que não conhecem a alvenaria estrutural, como o engenheiro, entendam o que estará no projeto? Basta que o projetista apresente todas as informações necessárias à compreensão do leitor organizadamente, por meio de legendas,

cotas, setas indicativas, cores diferenciadas, espessuras de linhas diferentes, etc. Tudo isto faz parte dos detalhes, que fazem toda a diferença no projeto.

### **3.10 Etapa 10: Revisão**

A responsabilidade que o engenheiro estrutural assume ao elaborar um projeto é muito grande, por este motivo é imprescindível a etapa de revisão. Antes de entregar um projeto, deve-se verificar bem as plantas existentes, a numeração das pranchas, as cotas e escalas, o conteúdo dos detalhes, notas e especificações, se os cálculos efetuados estão corretos, se níveis, nomes e quantidade de pavimentos estão de acordo com o esquema vertical da edificação (JUNIOR; JUNIOR, 2011, p. 34). Tudo isto envolve aspectos gerais. Mas em relação a modulação, a principal preocupação do projetista ao revisar o projeto é a garantia da perfeita amarração entre os blocos a partir das plantas de primeira e segunda fiada.

## **4 EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO**

No presente trabalho serão apresentados os procedimentos para o dimensionamento da estrutura de alvenaria estrutural não armada de blocos cerâmicos de um edifício residencial exemplo (RE).

### **4.1 Apresentação da obra**

O empreendimento localizado na Rua Comerciante José Alves Moreira, no Bairro Boa Esperança, em João Pessoa (PB), ocupa um terreno com área total de 238,26 m<sup>2</sup>. Trata-se de um edifício residencial de dois pavimentos com dois apartamentos por andar, cobertura, barrilete e reservatório com capacidade para 3000L. Todos os apartamentos são compostos de dois quartos, sala para dois ambientes, banheiro social, cozinha e área de serviço.

As Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 35 apresentam o projeto arquitetônico da edificação, elaborado pelas arquitetas Alda-Fran Lucena Camboim Lavôur e Rosanie Maria Pessoa Garcia, que servirá de base para a confecção do projeto estrutural.



Figura 21: Planta de layout – Térreo  
 Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO



Figura 22: Planta de layout – 1º andar  
 Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

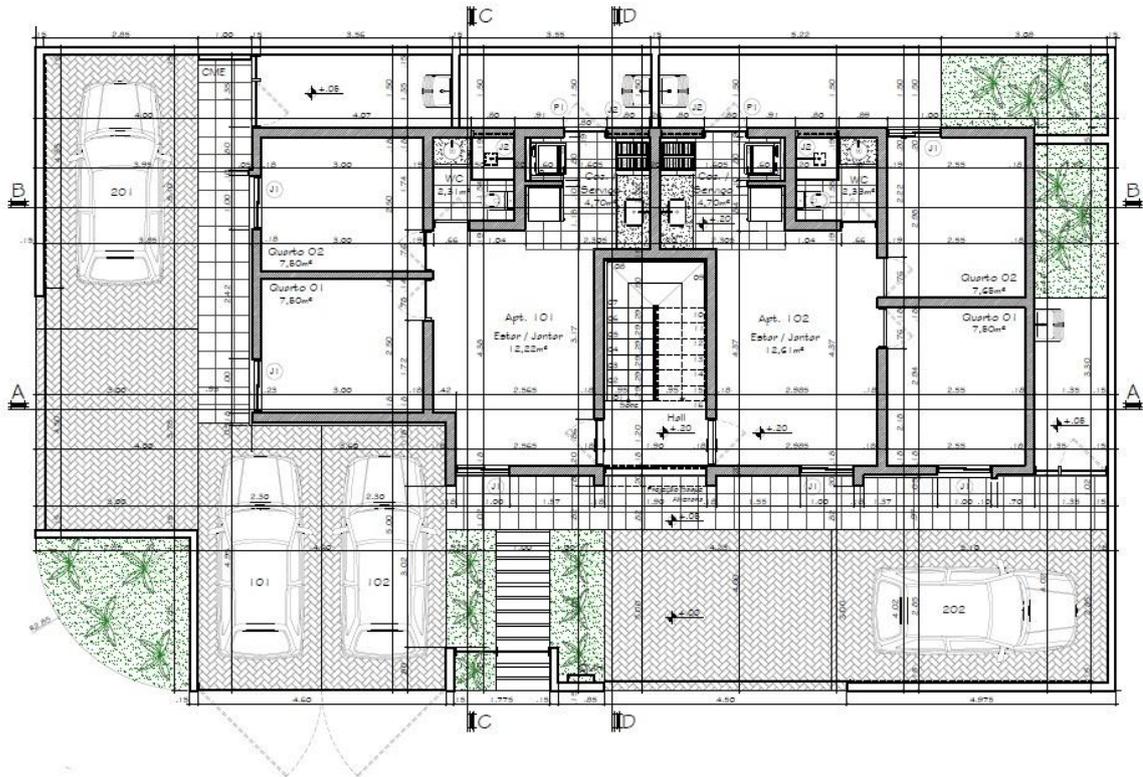


Figura 23: Planta Baixa – Térreo

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

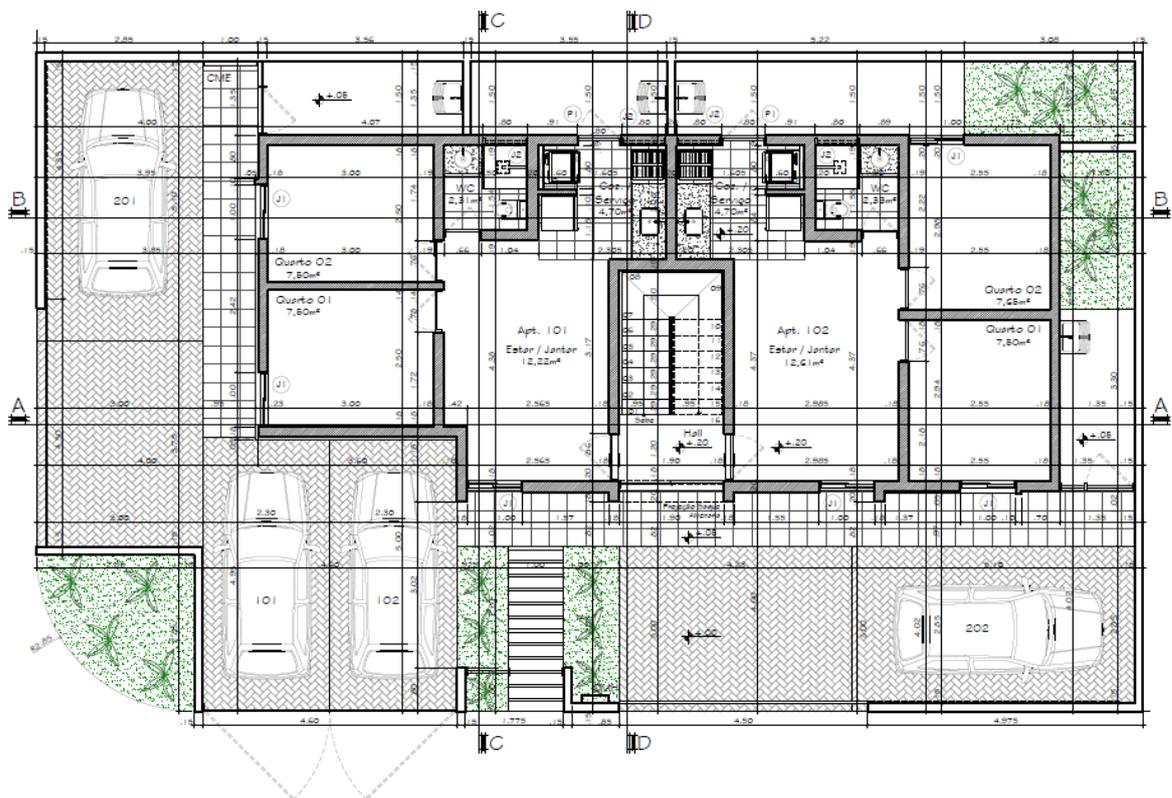


Figura 24: Planta Baixa – 1º andar

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

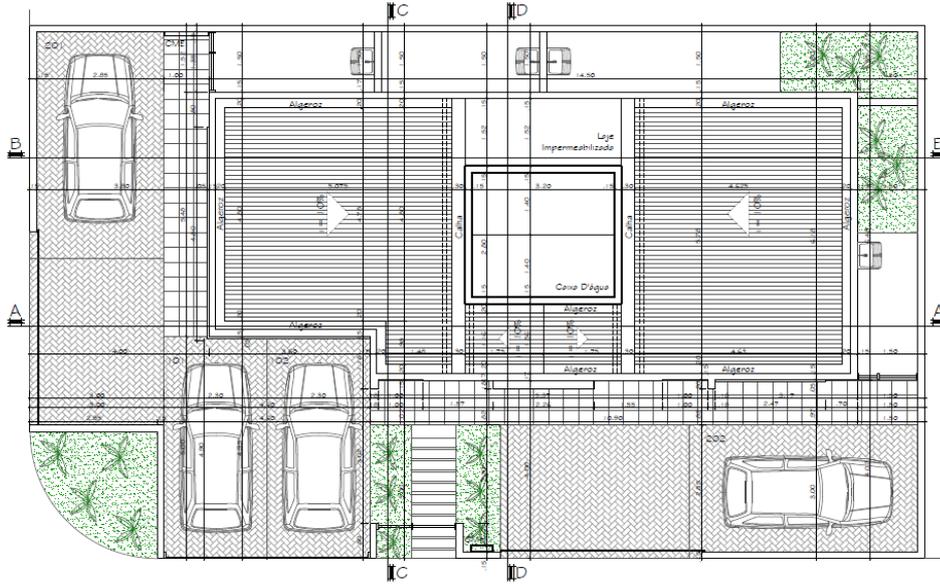


Figura 25: Planta de cobertura

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

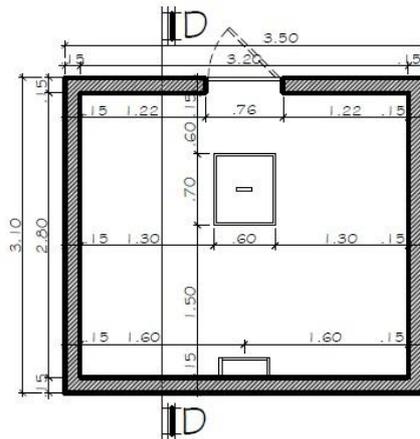


Figura 26: Planta de Barrilete

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

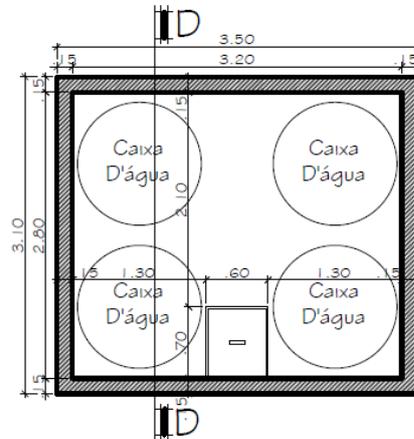


Figura 27: Planta de Caixa d'água

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

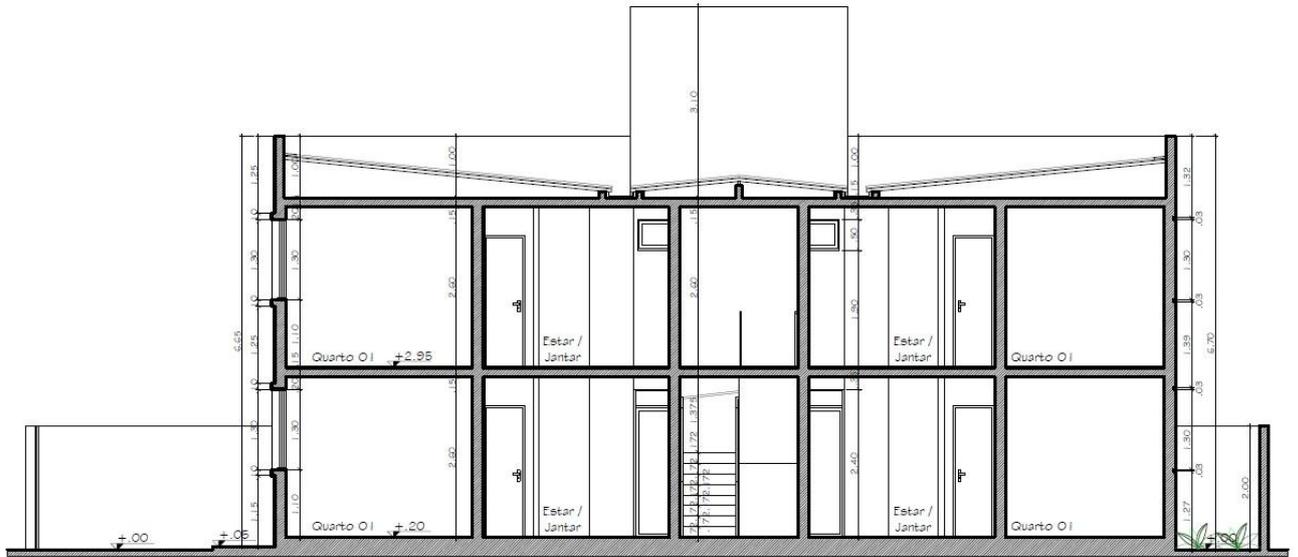


Figura 28: Corte AA

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

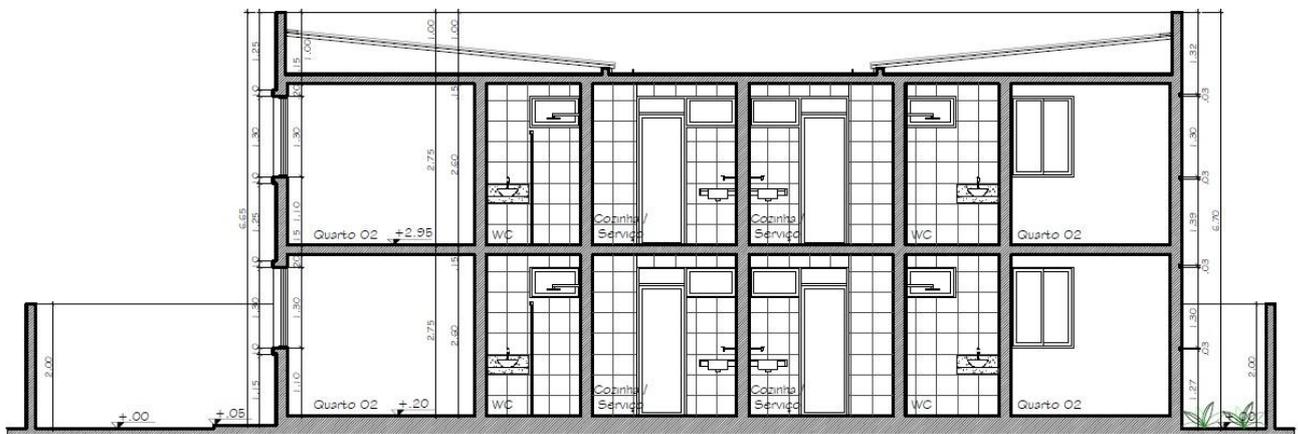


Figura 29: Corte BB

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

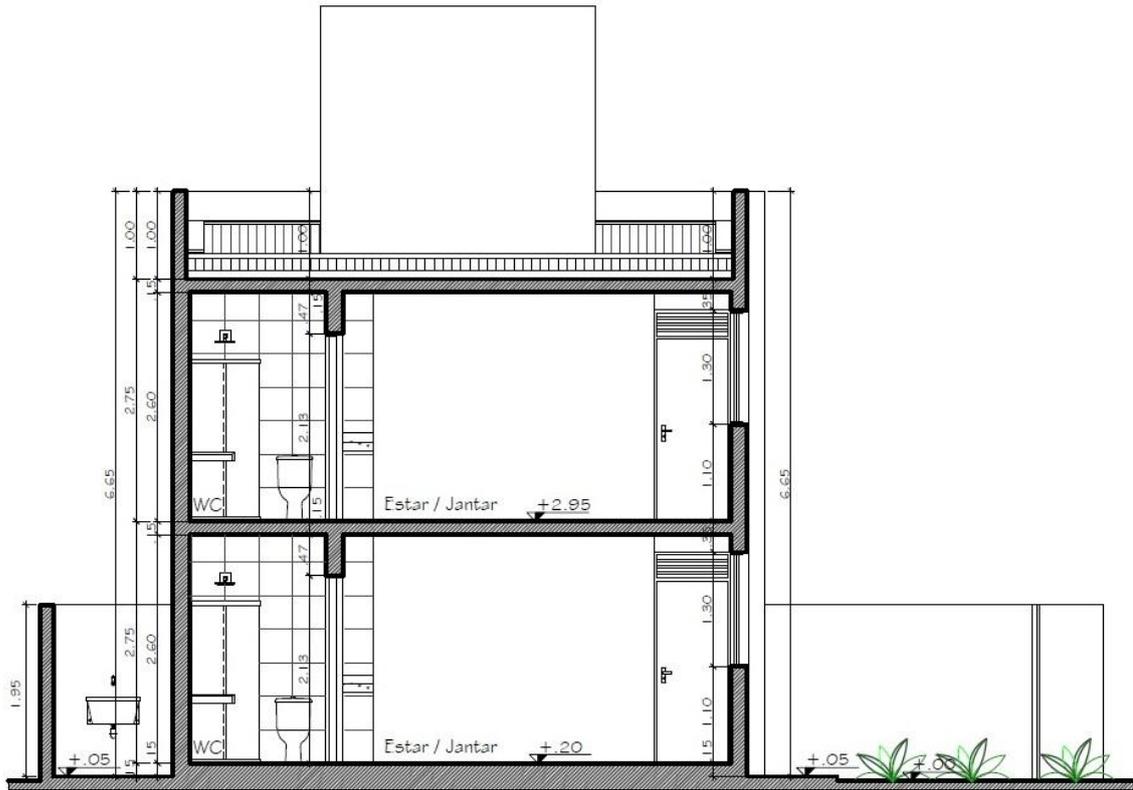


Figura 30: Corte CC

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

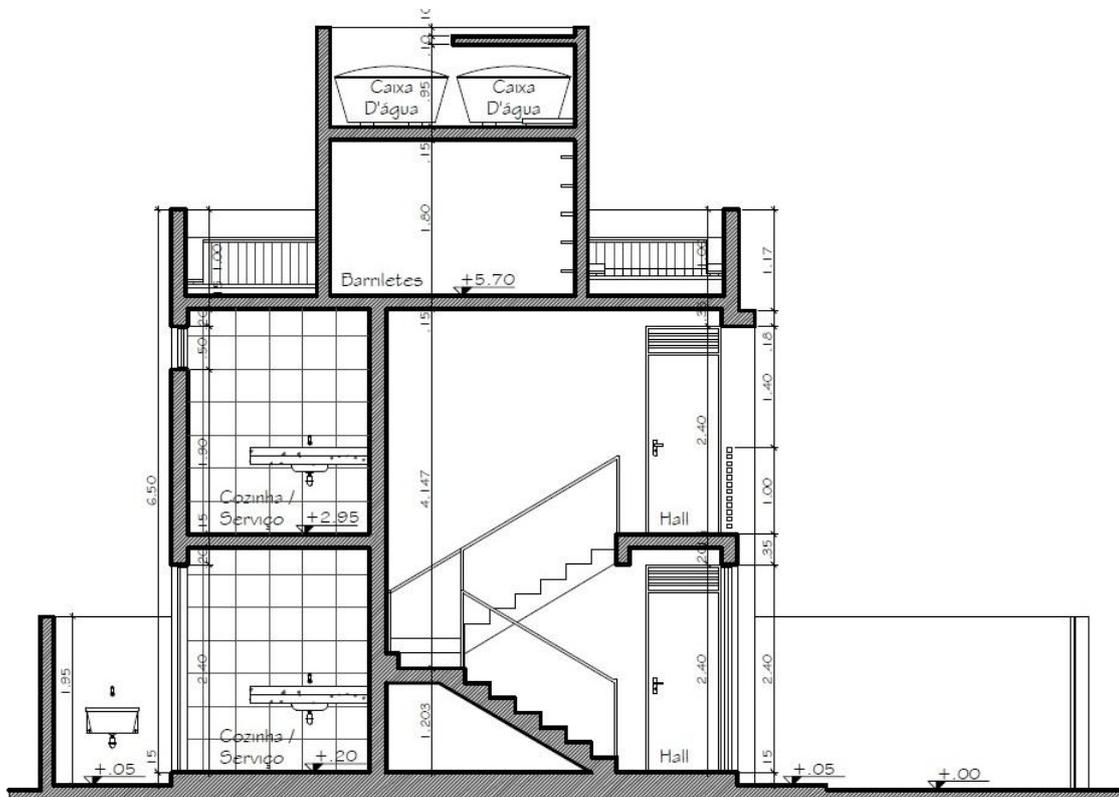


Figura 31: Corte DD

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO



Figura 32: Fachada Norte

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO



Figura 33: Fachada Sul

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

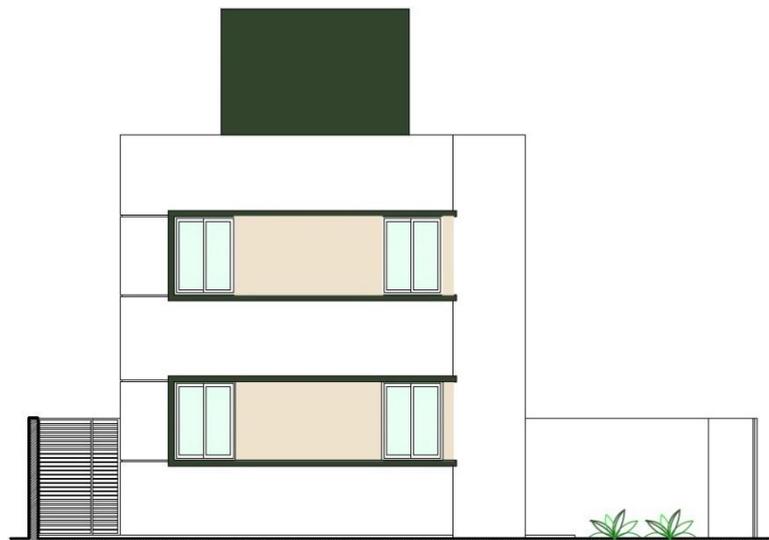


Figura 34: Fachada Leste

Fonte: arquivo ALDA & ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

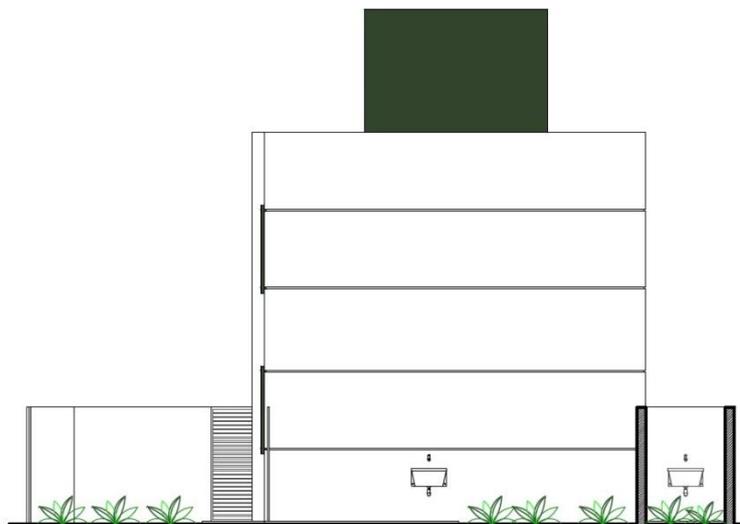


Figura 35: Fachada Oeste

Fonte: arquivo ALDA &amp; ROSANIE ARQUITETURA E AMBIENTAÇÃO

## 4.2 Elaboração do projeto estrutural

### 4.2.1 Considerações iniciais

Para que o empreendimento em alvenaria estrutural possa apresentar as vantagens que o sistema dispõe, é importante que haja concordância entre todos os componentes da edificação. Para este fim, recomenda-se que todos os projetos sejam elaborados: arquitetônico, estrutural e instalações (elétrica, hidráulica, telefônica, sanitária e proteção contra incêndio).

Neste trabalho, será exibido o roteiro de elaboração do projeto estrutural do Edifício Residencial já mencionado. Ele é um modelo básico para a confecção de outros projetos deste tipo. O cálculo e o detalhamento deste exemplo foram elaborados pela autora deste trabalho, Denise Bernardino, com o auxílio do Eng. Sandro Cabral e do Eng. Paulo Lima durante o exercício do estágio obrigatório supervisionado na empresa PROJECTAÇÃO - PROJETOS E SOLUÇÕES ESTRUTURAIS.

## **4.2.2 Etapas**

### *4.2.2.1 Etapa 01: Análise de viabilidade e definição dos elementos estruturais*

A edificação possui uma padronização dimensional? Que tipo de bloco o projetista pode usar? Será que a arquitetura está adequada para receber elementos de alvenaria estrutural? Para responder a estes questionamentos, deve-se analisar o arranjo arquitetônico da Edificação.

Se o intuito é que o imóvel seja em alvenaria estrutural, deseja-se que ele seja completo ou grande parte do tipo “parede sobre parede”, facilitando, desta forma, a transferência dos carregamentos verticais (NAKAMURA, 2015). Esta condição é obedecida no “Residencial Exemplo” (RE).

À respeito dos blocos, embora o de concreto possua mais fornecedores e, normalmente, possa ser utilizado em edificações de até 12 pavimentos (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p.6), geralmente, utiliza-se o bloco cerâmico em edificações com poucos pavimentos. Significa dizer que se o empreendimento possui poucos andares, qualquer tipo de bloco pode ser usado, mas se o número de pavimentos já é considerável, o bloco de concreto é o mais recomendado. Já que o RE contém apenas 2 pavimentos, será utilizado o bloco cerâmico. As dimensões usuais dos blocos cerâmicos são (14 x 14 x 19) cm para bloco de 1 furo, (14 x 29 x 19) cm para bloco de 2 furos e (14 x 44 x 19) cm para bloco de 3 furos.

Para enxergar se o RE está ajustado à utilização de blocos cerâmicos estruturais, com as dimensões anteriormente especificadas, verifica-se se a espessura das paredes no projeto de arquitetura é superior a dos blocos. No arranjo arquitetônico, observam-se paredes com espessuras de 18 cm, 19 cm e 20 cm, enquanto a espessura do bloco é de 14 cm. Desta forma, o resultado da análise se torna satisfatório.

No Residencial Exemplo, todas as paredes foram definidas como estruturais, exceto as paredes do reservatório que foram consideradas de vedação e se apoiarão diretamente sobre a laje do barrilete, atuando como carga linear. Já as lajes, optou-se pela pré-moldada, já que ela é recomendada “para edifícios de até 4 ou 5 pavimentos onde o vento não exerce influência significativa.” (REBOREDO, 2013, p. 105).

Sendo a altura H da edificação igual a 6.50 m, a largura L igual 6.44 m e o comprimento equivalente a 14.46 m, verifica-se a simetria da edificação da maneira a seguir:

$$\frac{C}{L} = \frac{14,46 \text{ m}}{6,44 \text{ m}} = 2,3 \leq 4 \rightarrow \text{aceitável} \rightarrow \text{ok}$$

$$\frac{H}{L} = \frac{6,50 \text{ m}}{6,44 \text{ m}} = 1,0 \rightarrow \text{ideal} \rightarrow \text{ok}$$

Baseado no resultado apresentado, conclui-se que a relação entre a altura, largura e comprimento do RE proporciona robustez ao prédio.

#### 4.2.2.2 Etapa 02: Modulação horizontal

Durante a modulação horizontal, a alvenaria é projetada a partir de duas fiadas que se repetem e devem estar totalmente amarradas entre si. Sobre a arquitetura os blocos são lançados um por um respeitando os devidos espaços referentes às juntas e ao acabamento. Paredes de fachada e áreas molhadas recebem espessuras maiores de revestimento (3 cm) por terem “[...] a importante função de propiciar estanqueidade à água [...]” (THOMAZ; HELENE, 2000). As demais, de 1,5 cm a 2,0 cm normalmente.

No RE as paredes que possuem espessura de 18 cm são aquelas internas em que a espessura de acabamento previsto corresponde a 2,0 cm de cada lado. Neste caso, os blocos são lançados no eixo da parede. As que contêm 19 cm, por sua vez, são aquelas cujo um dos lados possuem contato com área molhada ou fachada. Desta forma, o lado exposto a água prevê um revestimento mais espesso de 3,0 cm e o lado oposto 2,0 cm. Seguindo o mesmo raciocínio, as paredes mais espessas (20,0 cm) são as que necessitam de um acabamento com 3,0 cm em ambos os lados por estarem em contato com áreas molhadas cada um.

Os blocos devem ser distribuídos deixando um espaçamento entre eles correspondente às juntas horizontais e verticais. Elas são responsáveis por “[...] limitar as dimensões do painel de alvenaria a fim de que não ocorram elevadas concentrações de tensões em função das deformações intrínsecas do mesmo.” (VILATÓ; FRANCO, 1998, p.2). Segundo Sahlin apud Thomaz e Helene (2000, p.08), “a espessura ideal das juntas de assentamento situa-se em torno de 10 mm”.

Na elaboração deste projeto, utilizou-se uma folga entre blocos de 10 a 30 mm. O ideal é que na modulação todas as juntas sejam de 10 mm, mas com o decorrer, percebeu-se a necessidade de folgas mais espessas para evitar a quebra dos blocos. Entre romper um tijolo e deixar uma junta com espessura maior, não excedendo o máximo de 30 mm, a segunda opção

é mais conveniente e é a utilizada na prática de projeto, pois quebrar tijolos, neste caso, significa uma diminuição brusca da resistência da edificação.

Ao lançar os blocos na arquitetura, evita-se, ao máximo, a quebra dos blocos. Estima-se uma quantidade admissível de apenas 3 unidades, no máximo, já que a parede é a própria estrutura da edificação.

Durante a modulação da primeira fiada, o projetista já deve se atentar para as aberturas de esquadrias, pois nem sempre o arquiteto as dimensiona adequadamente para a estrutura em alvenaria. Foi o que aconteceu no RE. As portas dos banheiros que possuíam 0.66 m de largura na arquitetura passaram a ter 0.72 m. As janelas de 1,00 m passaram a apresentar 1,04 m e as de 0.80 m passaram a ter 0.89 m. Estes ajustes dimensionais ocorreram para que a qualidade do projeto fosse mantida. Se as dimensões previstas na concepção arquitetônica fossem respeitadas, muitos tijolos precisariam ser quebrados, o que não é aceitável para uma obra desta categoria. É importante lembrar que qualquer modificação necessária deve ser comunicada com antecedência ao arquiteto ou decidido em acordo com o mesmo.

O dimensionamento da segunda fiada se inicia após o término da primeira. Para tal, basta inserir os blocos na planta baixa de modo a garantir uma perfeita amarração entre os blocos da fiada já projetada.

Nos encontros de paredes (L, T ou cruz), deve-se ficar atento a utilização de blocos especiais (de 1 e 3 furos). O projetista deve ser bem criterioso nesta etapa, verificando se as fiadas estão cumprindo o seu real objetivo de amarrar bem as paredes estruturais.

Concluída completamente a fase de modulação horizontal, adiciona-se eixos de locação com medidas acumuladas a partir da origem e até a face dos blocos, cota-se dimensões internas dos ambientes com medidas sem acabamento, indica-se os blocos estratégicos com cores diferentes e, indica-se os pontos de graute, se houver. Geralmente, também se introduz uma legenda indicando os tipos e dimensões dos blocos que constam na edificação, resultando-se nas plantas de primeira e segunda fiada, indispensáveis para o sistema em alvenaria estrutural.

O sucesso do projeto de alvenaria estrutural está muito ligado a uma boa realização da modulação horizontal. Esta etapa é realizada em todos os pavimentos da edificação e na cobertura. Cada um dos quais deverá possuir uma planta de primeira e segunda fiada, em que todos os blocos são apresentados em escala. No Residencial Exemplo (RE), esta modulação foi necessária no térreo, no primeiro pavimento e na cobertura.

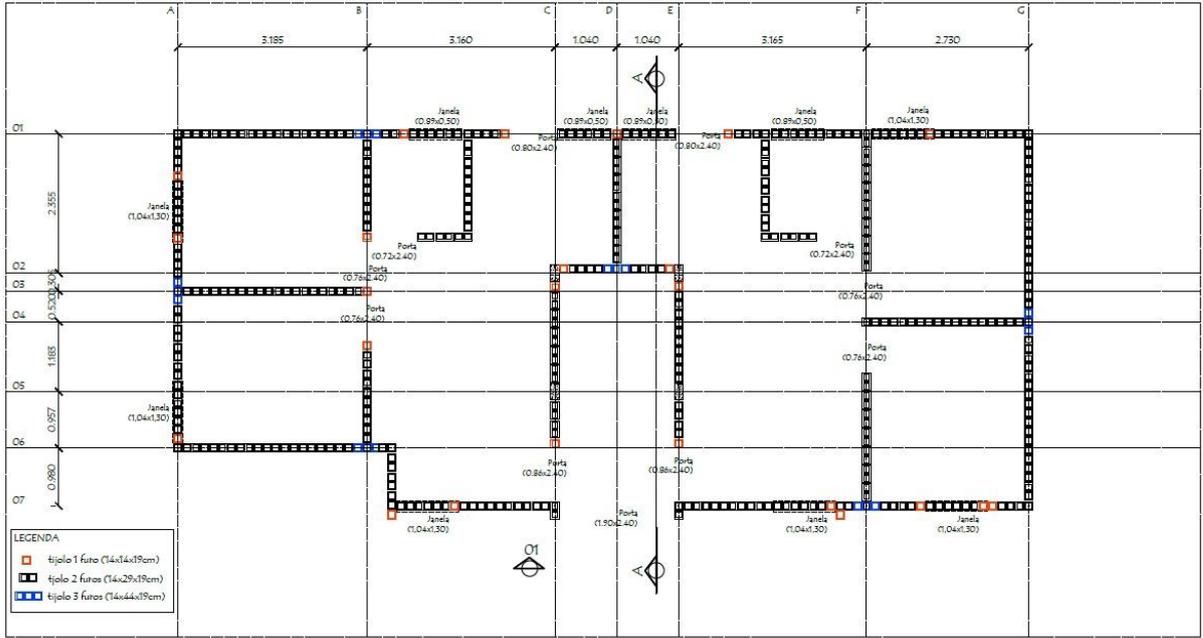


Figura 36: Primeira fiada (térreo)  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

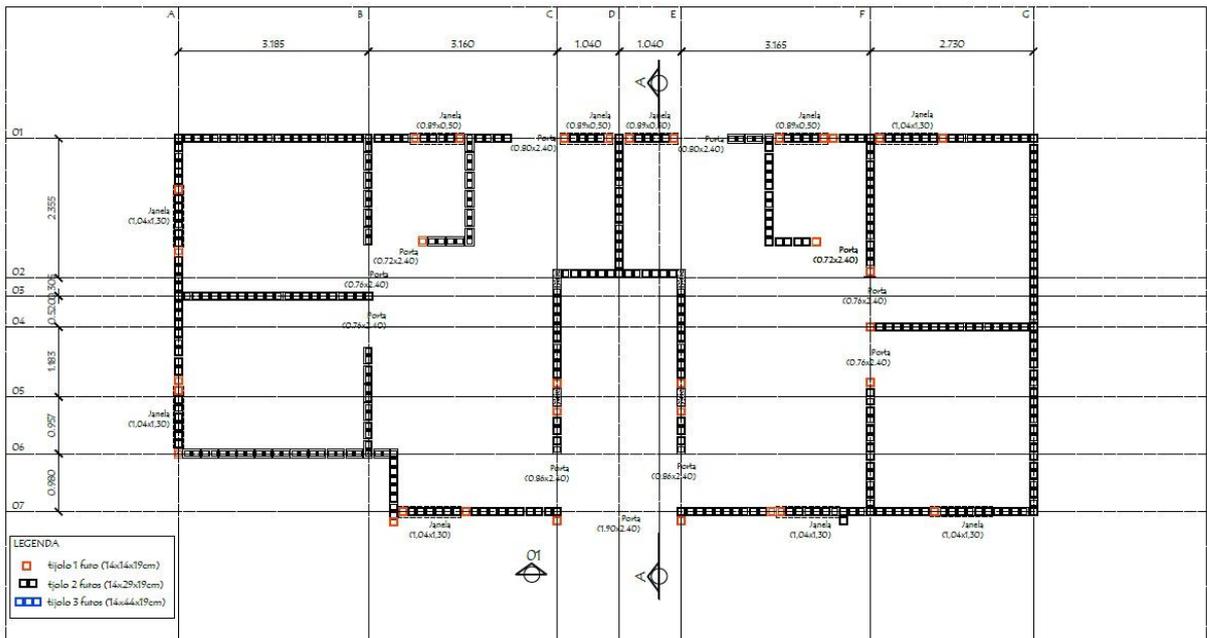


Figura 37: Segunda fiada (térreo)  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

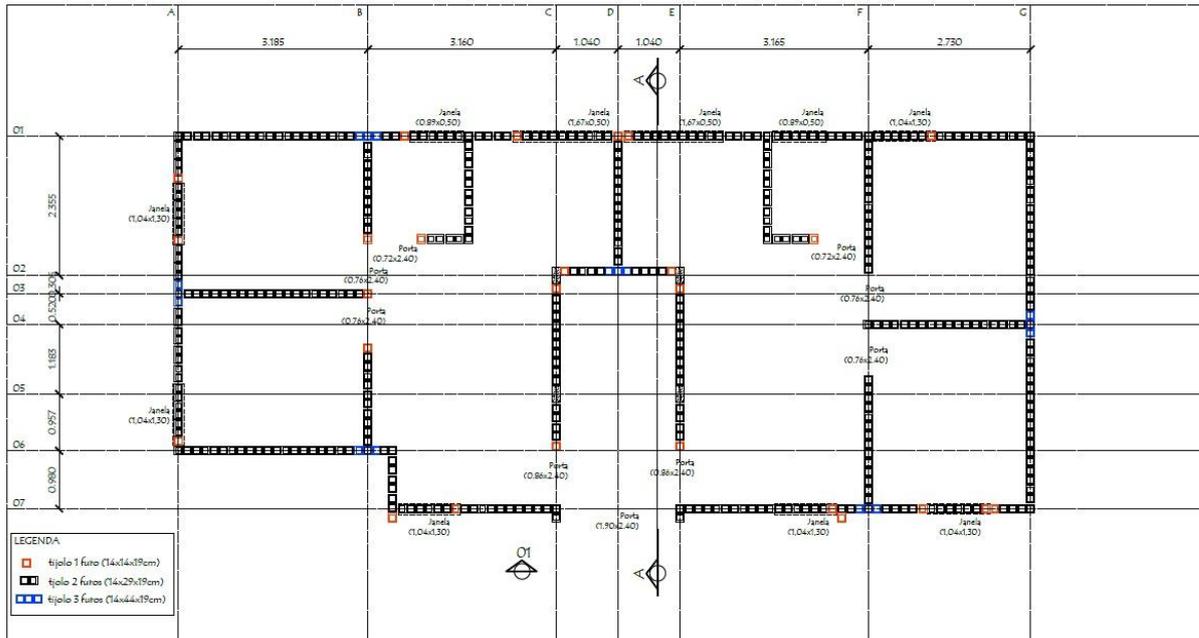


Figura 38: Primeira fiada (primeiro andar)  
 Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

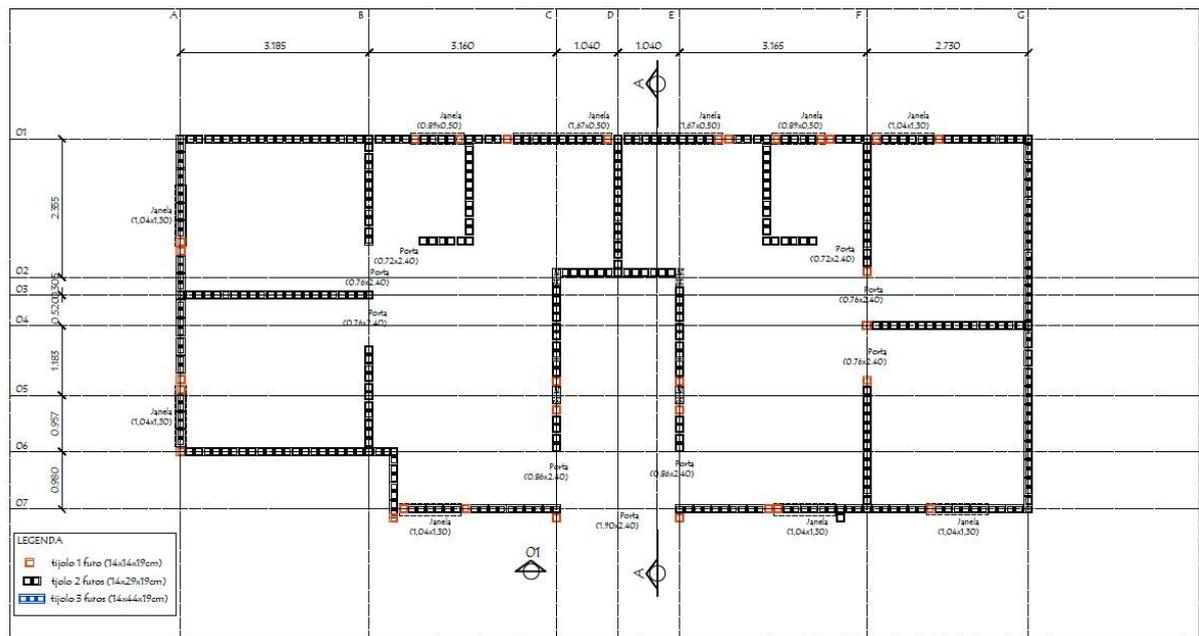


Figura 39: Segunda fiada (primeiro andar)  
 Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

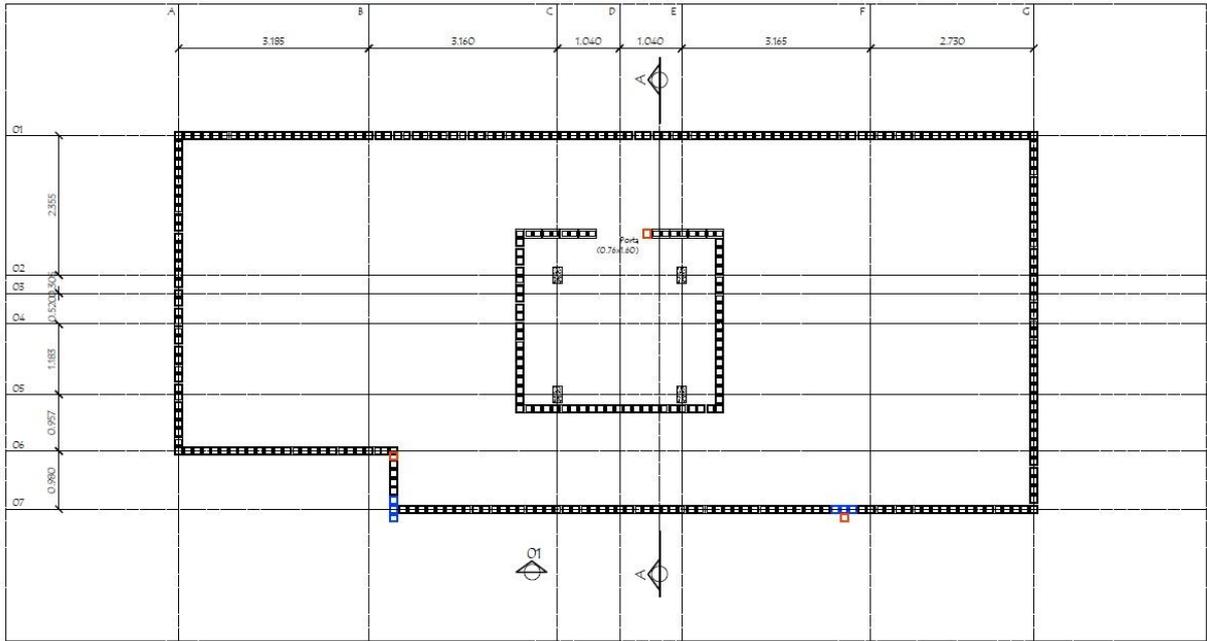


Figura 40: Primeira fiada (coberta)  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

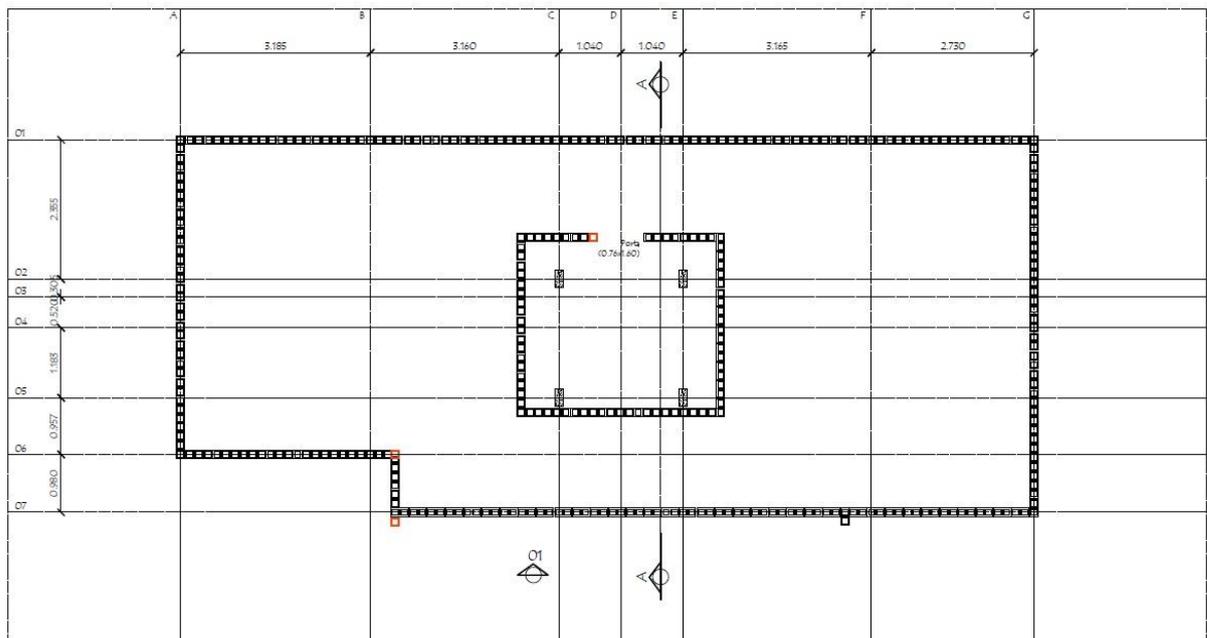


Figura 41: Segunda fiada (coberta)  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

#### 4.2.2.3 Etapa 03: Pilares de amarração

Neste projeto, os blocos vazados que recebem armadura e são preenchidos em seguida com graute, foram locados respeitando a condição de não exceder a distância máxima de 5,0 m entre eles. Por possuírem apenas a função de amarração e prevenção de fissuras,

foram colocados apenas nos cantos ou bordas das paredes. Geralmente as armaduras utilizadas não são calculadas, são apenas construtivas,  $1\varnothing 10$  mm, e foi esta a utilizada no RE. Os pontos são identificados na arquitetura e nas plantas de primeira e segunda fiadas com a sigla PA, que significa pilar de amarração.

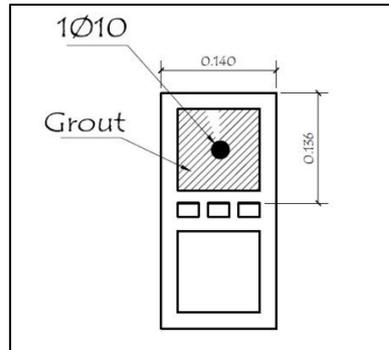


Figura 42: Detalhe de PA's.  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇÃO.

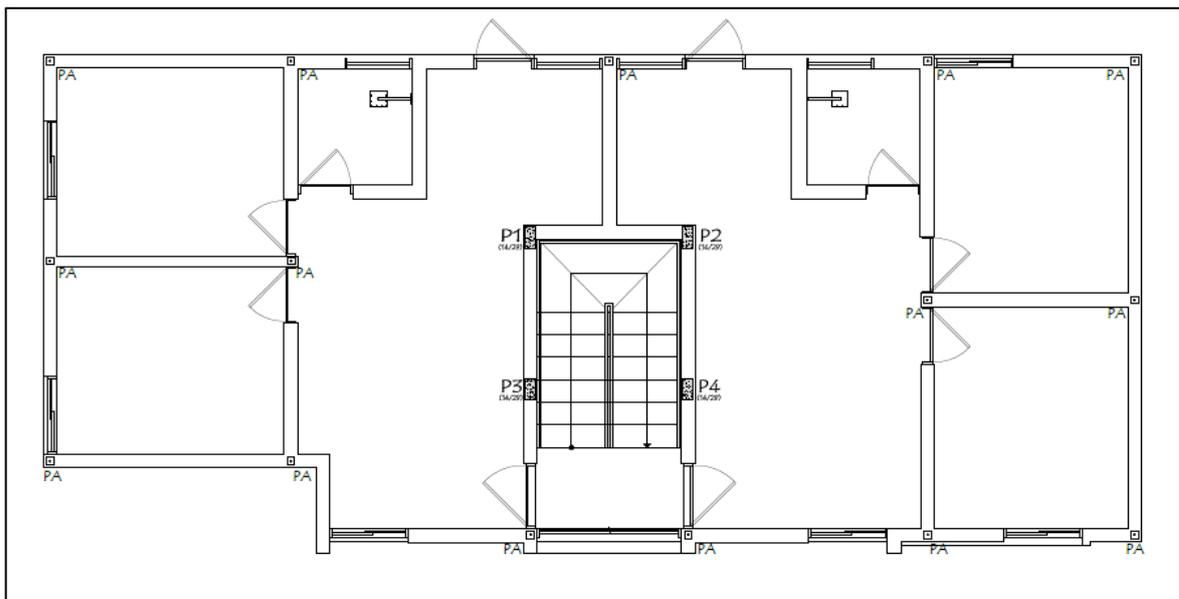


Figura 43: Pilares na arquitetura  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇÃO

#### 4.2.2.4 Etapa 04: Cintas

Como no RE as unidades utilizadas possuem dimensões (espessura x altura) usuais de (14 x 19) cm serão essas as dimensões das cintas utilizadas. As cintas com suas respectivas dimensões são apresentadas nas plantas de formas com a indicação das áreas de aterro no térreo e com a direção da armação das lajes, que serão pré-moldadas de concreto, nos pavimentos subsequentes.

As cintas deste projeto foram dimensionadas em conformidade com a norma NBR 6118 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Por ser, este procedimento de cálculo, igual ao de vigas de concreto armado, não será apresentado neste trabalho visto que o objeto de estudo deste, é apenas a alvenaria estrutural. No entanto, o dimensionamento é apresentado no projeto em apêndice.

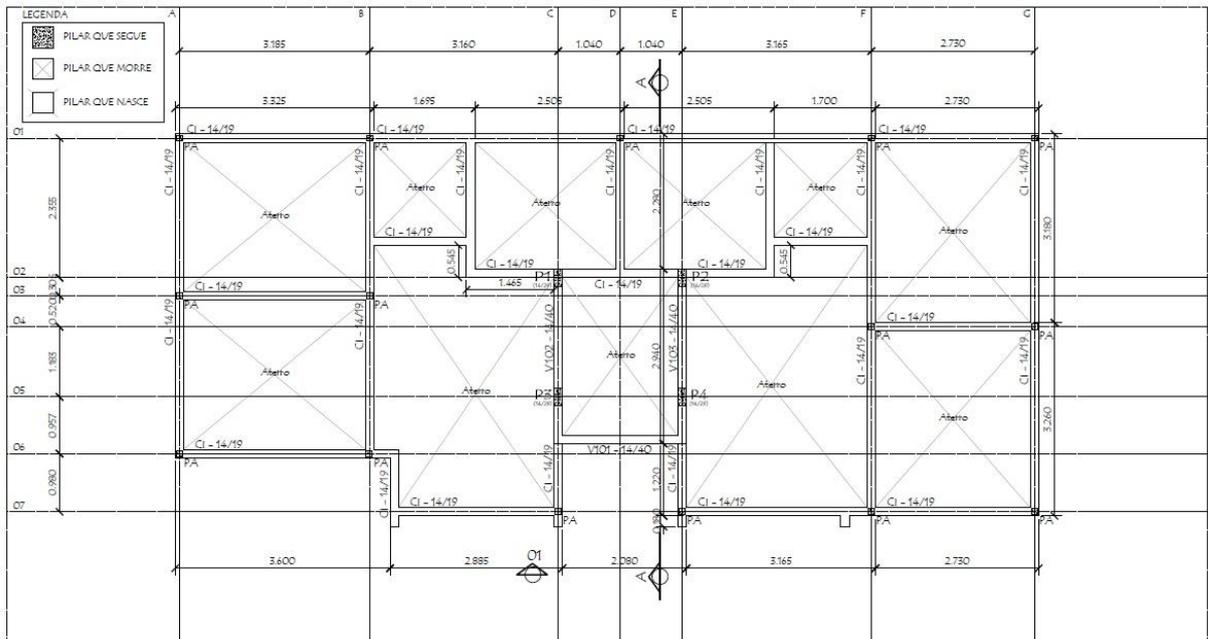


Figura 44: Planta de formas (+0,00)  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇÃO

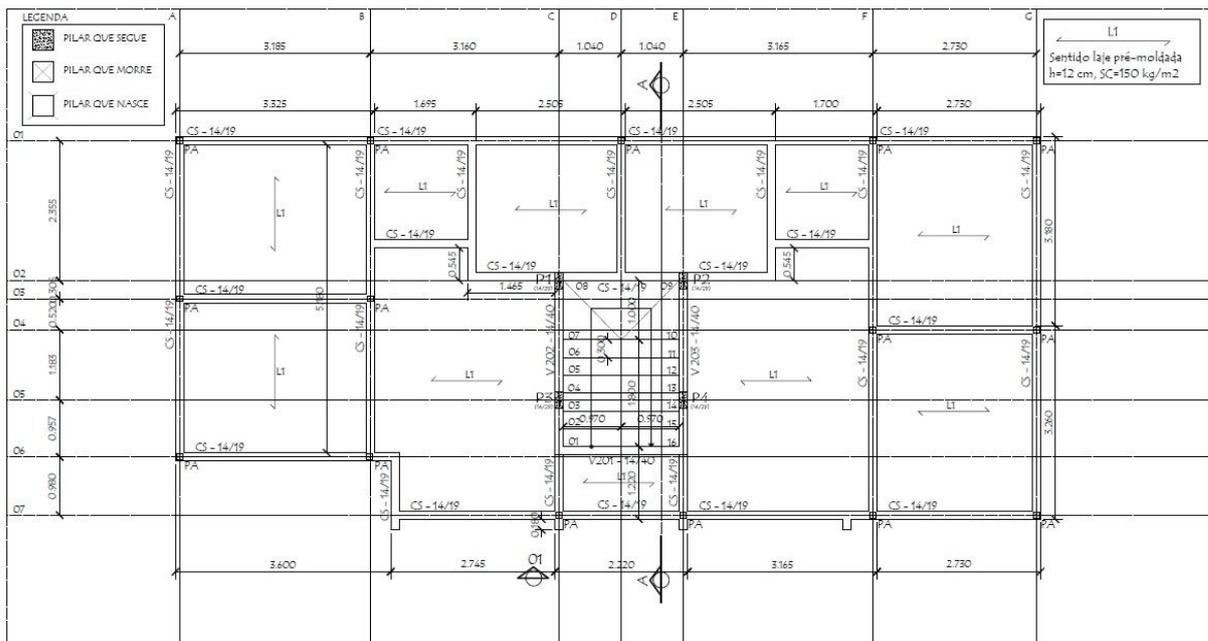


Figura 45: Planta de formas (+2,75)  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇÃO

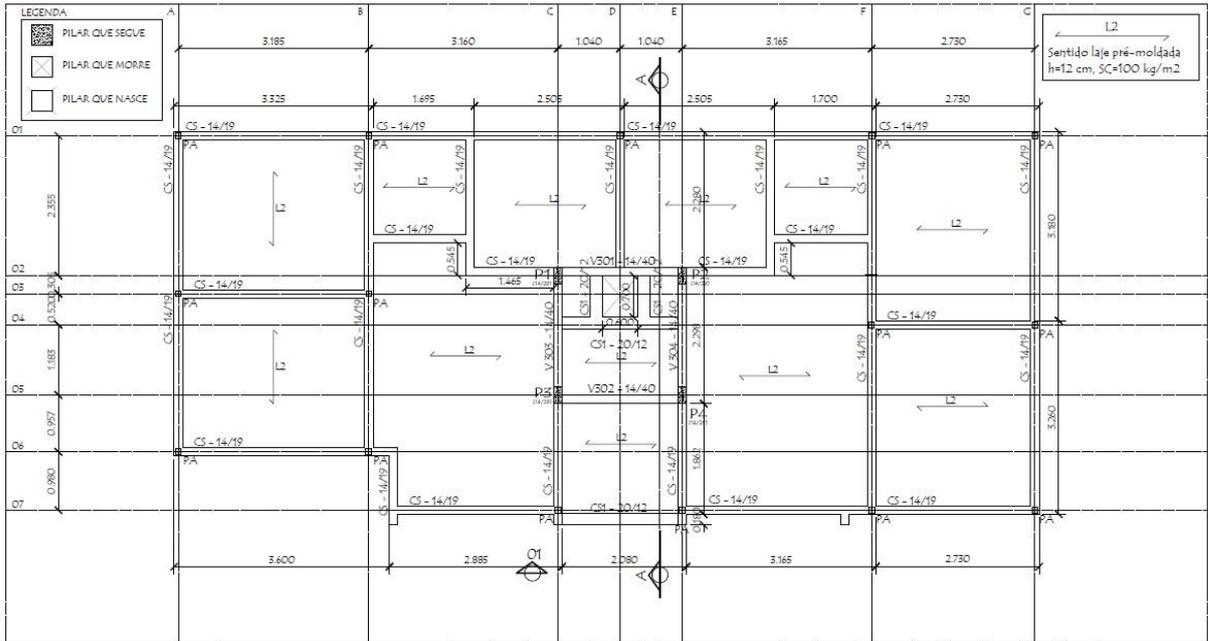


Figura 46: Planta de formas (+5,50)  
 Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

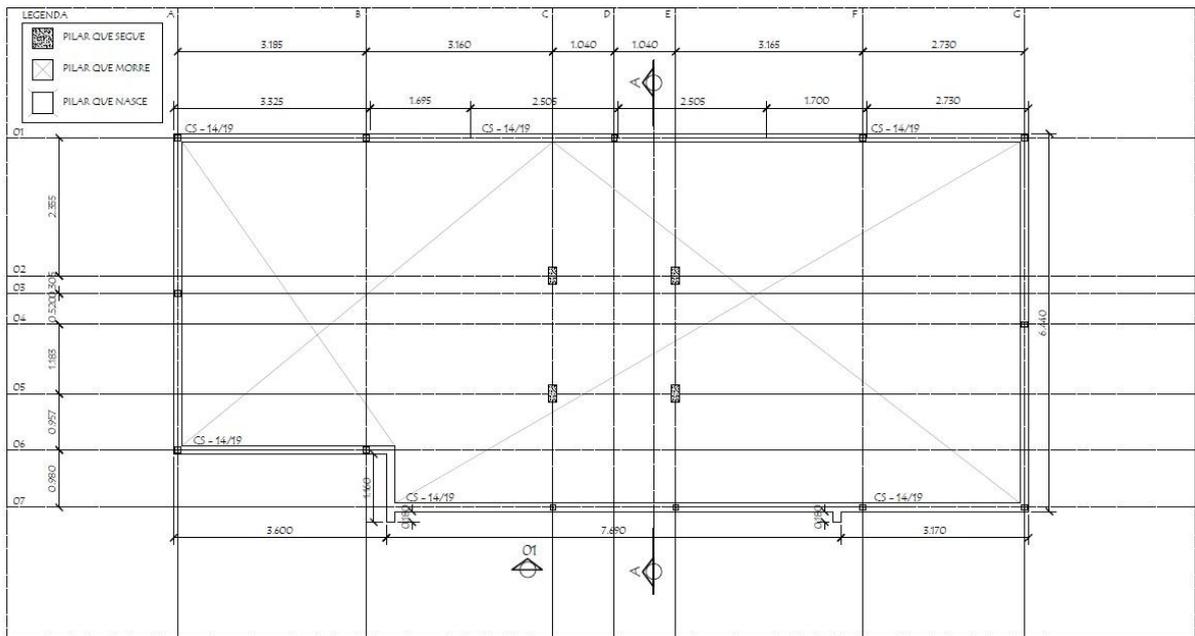


Figura 47: Planta de formas (+6,50)  
 Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

#### 4.2.2.5 Etapa 05: Carregamento da estrutura e análise estrutural

O Residencial Exemplo (RE) possui uma estrutura composta dos seguintes itens a seguir:

1. Lajes pré-moldadas de concreto;
2. Paredes de alvenaria estrutural de bloco cerâmico;
3. Fundação em bloco corrido de pedra argamassada recebendo a carga das alvenarias e descarregando essa carga no solo;
4. Blocos de concreto com função apenas de amarração dos PA.

As cargas distribuídas (por unidade de área) utilizadas na análise estrutural do RE estão em conformidade com a NBR 6120 e são especificadas na Tabela 01, a seguir.

Tabela 01 – Cargas distribuídas

Tipo	Descrição	Carga em planta
Parede estrutural	Bloco cerâmico revestido	2,25 kN/m <sup>2</sup>
Laje	Pré-moldada de concreto	5,00 kN/m <sup>2</sup>

Onde:

- 2,25 KN/m<sup>2</sup> é o peso próprio da parede
- 5,00 KN/m<sup>2</sup> é o somatório do peso próprio da laje com revestimento e sobrecarga.

##### 4.2.2.5.1 Determinação das ações transferidas das lajes às paredes estruturais

As reações de apoio das lajes sob carregamento uniformemente distribuído são calculadas, considerando-se para cada apoio, a carga correspondente à área de influência. Como o RE é formado por duas lajes, a carga transferida para a parede de alvenaria estrutural do térreo foi igual a carga distribuída da laje (5,0 KN/m<sup>2</sup>) multiplicada pela área de influência e pelo número de lajes que é dois.

Para saber se o bloco cerâmico resiste a carga que é submetido, calcula-se a carga nas paredes cujas piores hipóteses acontecem, ou seja, onde há as maiores áreas de influência, e compara-se o maior resultado encontrado com a resistência do bloco que está em torno de, no mínimo 6,00 MPA, segundo a distribuidora CINCERA (2015).

No Residencial Exemplo (RE), temos:

Maior carga sobre a parede do térreo (Mc) = (carga da laje) x (área de influência) x (nº de lajes)

Maior carga sobre a parede do térreo (Mc) = 5 KN/m<sup>2</sup> x 3,21 m x 2 = 16,05 KN/m x 2 = 32,1 KN/m

#### 4.2.2.5.2 Análise da resistência à compressão da alvenaria

$$\frac{\gamma_f \cdot N_k}{A} \leq \frac{0,7 f_{pk}}{\gamma_m} \left[ 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40t_{ef}} \right)^3 \right]$$

Onde:

- $\gamma_f = 1,4$  e  $\gamma_m = 2,0$ .
- $N_k = Mc = 32,1$  KN/m
- $A = 1400$  cm<sup>2</sup>
- $f_{pk} = 6,00$  MPA (CINCERA, 2015)
- $t_{ef} = 14$  cm e  $h_{ef} = 486$  cm.
- Considera-se o comprimento de 1 m de parede de espessura real t cm, sem revestimento,  $A = 100t$  cm<sup>2</sup>.

$$\frac{1,4 \times 32,1}{1400 \text{ cm}^2} \leq \frac{0,7 \times 6}{2} \left[ 1 - \left( \frac{275}{40 \times 14} \right)^3 \right]$$

$$0,0321 \text{ KN/cm}^2 \leq 0,727 \text{ MPA}$$

$$0,321 \text{ MPA} \leq 0,727 \text{ MPa} \rightarrow ok$$

Significa dizer que o bloco cerâmico resiste aos esforços de compressão que é submetido neste projeto.

#### 4.2.2.5.3 Determinação das ações transferidas das paredes estruturais à fundação

As cargas transferidas por cada parede do térreo à fundação serão o peso próprio da parede somada a carga proveniente da laje sobre ela. Matematicamente, no RE, temos:

Carga das lajes recebida pela parede de alvenaria estrutural do térreo =  $M_c = 32,1$  KN/m.

Peso próprio da alvenaria = (altura total de alvenaria) x  $(2,25 \text{ KN/m}^2) = 4,86 \times 2,25 = 11,0$  KN/m.

Carga que chega na fundação (P) = Carga das lajes recebida pela parede de alvenaria estrutural do térreo + Peso próprio da alvenaria =  $32,1 \text{ KN/m} + 11,0 \text{ KN/m} = 43,1 \text{ KN/m}$ .

#### 4.2.2.6 Etapa 06: Dimensionamento da fundação

Sendo,  $l$  a dimensão mínima que o bloco de fundação deve possuir,  $P = 43,1 \text{ KN/m}$  e a tensão admissível do solo  $\rho = 100 \text{ KN/m}^2$ , temos:

$$l = \frac{P}{\rho \times 1}$$

$$l = \frac{43,1 \text{ KN/m}}{\rho \times 1} = 0,431$$

Como o resultado sempre é arredondado para o múltiplo de cinco mais próximo:

$$l \cong 0,45 \text{ m}$$

No RE, decidiu-se que a dimensão do bloco em planta fosse 50 cm, esta é apresentada em detalhe assim como todas as especificações necessárias à execução da mesma (Figura 48). Os blocos que amarram os PA são todos em concreto e a armadura que o compõe é a proveniente dos PA. A fundação que distribui as cargas da alvenaria para o solo são em bloco corrido de pedra argamassada, localizadas sob as CI (Figura 53) e com as mesmas dimensões, em planta e em corte, do bloco de concreto.

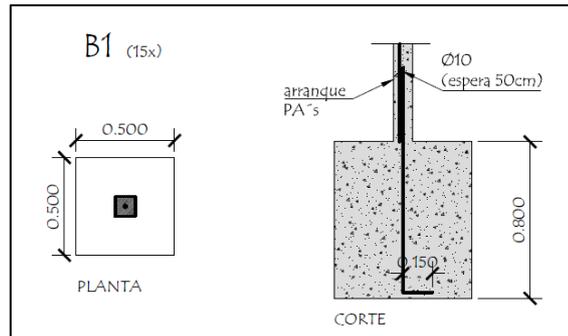


Figura 48: Detalhe de fundação  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

Além do detalhe, a locação de todas as fundações devem ser apresentadas em planta (Figura 49).

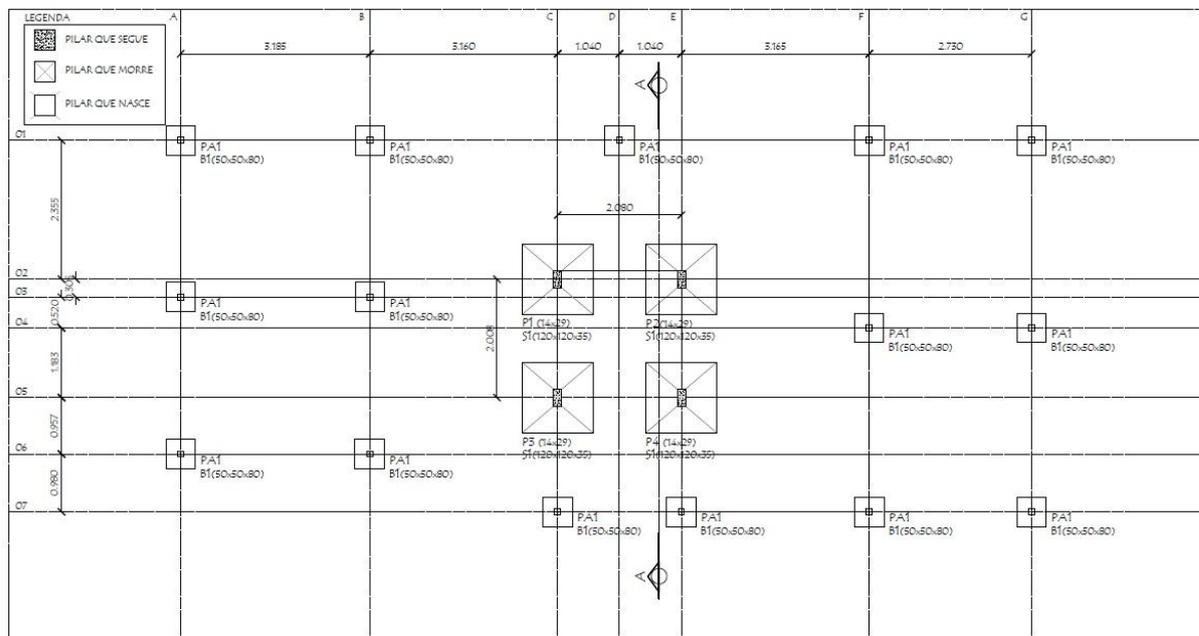


Figura 49: Locação de pilares e fundações  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

Após o dimensionamento do bloco de fundação, é necessária, ainda, a apresentação de uma tabela (Tabela 02) contendo o resumo de aço completo e a quantidade de volume total de concreto que será utilizado na execução.

Para este exemplo, os cálculos são apresentados a seguir:

Comprimento do ferro por bloco =  $0,50\text{m} + 0,80\text{m} + 0,15\text{m} = 1,45\text{ m}$ .

Comprimento de ferro total =  $1,45\text{ m} \times 15 = 21,75\text{ m} = 22\text{ m}$ .

Massa linear do ferro  $\varnothing 10\text{mm} = 0,63\text{ Kg/m}$

Peso total =  $0,63 \times 22 \text{ m} = 13,86 \text{ Kg} = 14 \text{ Kg}$

Volume de concreto de um bloco =  $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} = 0,2 \text{ m}^3$

Volume de concreto de todos os blocos =  $0,2 \text{ m}^3 \times 15 = 3,0 \text{ m}^3$

Tabela 02 – Resumo aço CA-50 referente ao bloco de fundação

RESUMO AÇO CA-50			
AÇO	BIT (mm)	COMP (m)	PESO (Kg)
CA-50	10.0	22	14
Peso Total CA-50=14 Kg			
Volume de concreto: 3.00 m <sup>3</sup>			

#### 4.2.2.7 Etapa 07: Dimensionamento dos elementos em outro tipo de material

No RE, a laje, a escada, os pilares que ficam sob o reservatório e suas respectivas fundações são em concreto armado. Esta estrutura do reservatório é contraventante e ameniza esforços de compressão nas alvenarias. A laje é pré-moldada e o dimensionamento dela é fornecido pela empresa responsável pela laje na edificação. Quando a laje é deste tipo, é de responsabilidade do engenheiro estrutural apenas indicar a direção das armaduras que são geralmente na direção do lado menor da laje. Os pilares, a escada e as fundações, por sua vez, precisam ser dimensionados.

Como o objeto de estudo deste trabalho é a alvenaria estrutural, não será relatado como foram dimensionados os elementos em concreto armado do RE, mas no Projeto, em apêndice, é apresentado os dimensionamentos de cada um deles.

#### 4.2.2.8 Etapa 08: Modulação vertical

Representou-se a modulação vertical do RE através do Corte AA e da Elevação 1. Os mesmos apresentaram todos os elementos que compõem a edificação: os blocos de cada fiada com seus respectivos espaços referente às juntas, os encontros das paredes, as lajes, as cintas, as vigas, os pilares, as fundações, as vergas e as contravergas.

Os blocos de 3 furos são apresentados em azul, os blocos de 1 furo em vermelho e o de 2 furos em preto. Isso acontece para que haja uma fácil percepção de quais elementos são utilizados na estrutura.

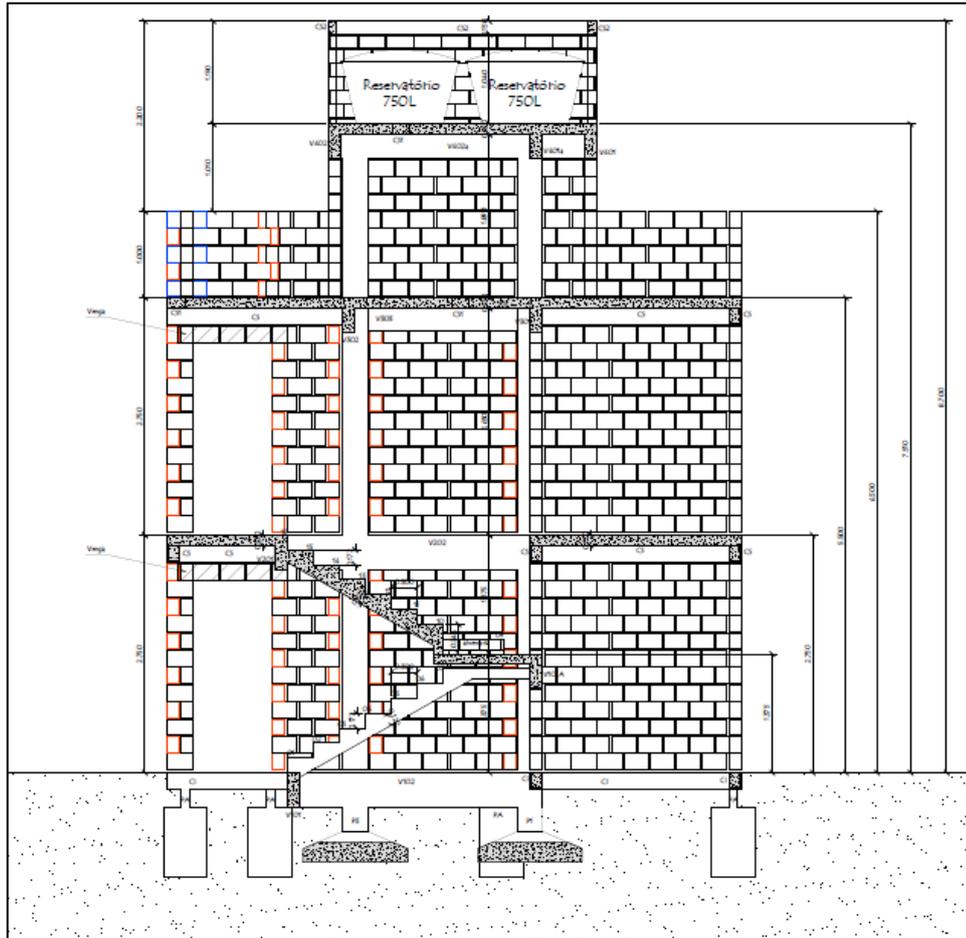


Figura 50: Corte AA da estrutura  
 Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

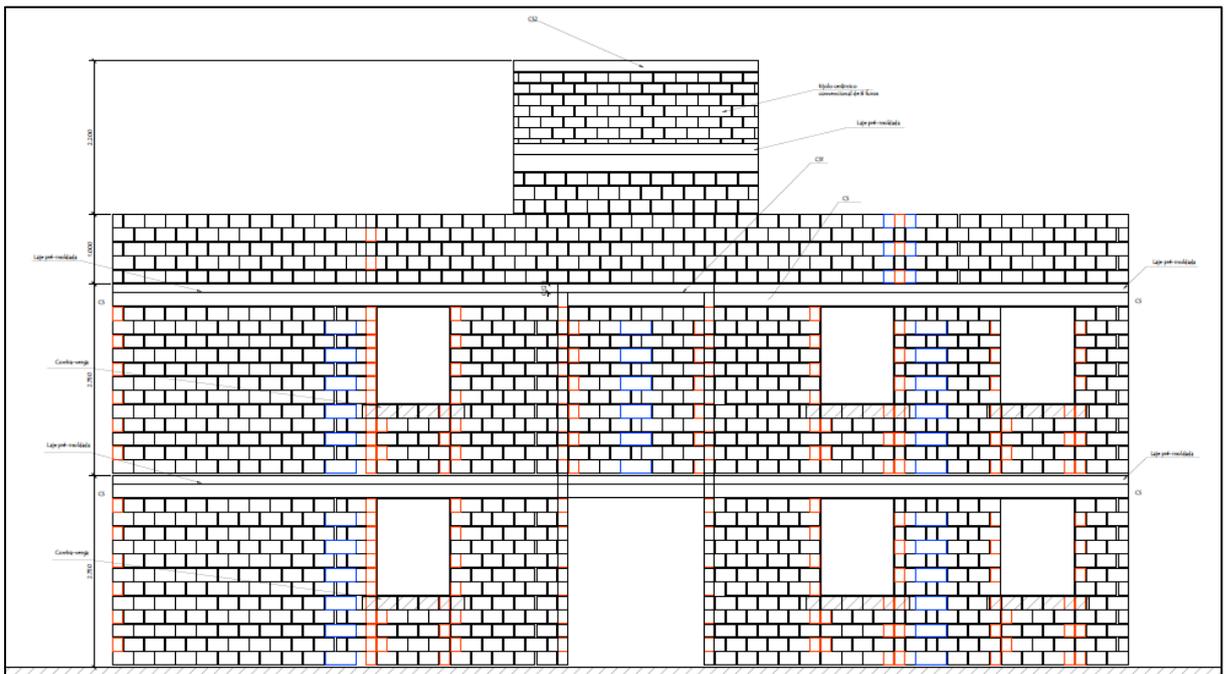


Figura 51: Elevação 1  
 Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

#### 4.2.2.9: Etapa 09: Detalhamento

Nas Figuras 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51 e 52, já apresentadas, foi possível enxergar alguns detalhes que já estavam inseridos, como cotas por exemplo, mas há outros que devem estar no projeto que ainda não foram apresentados neste trabalho. Esses detalhes são ampliações de pontos específicos de modo que se tenha uma visualização melhor e informações mais detalhadas. Esses detalhes, em específico, são apresentados em escala diferente das demais plantas contidas no projeto.

As vergas e contravergas, por exemplo, são apontadas no corte AA e na Elevação 1, porém é importante que o projetista apresente esses elementos de reforço individualmente com as informações necessárias para a execução. A quantidade de ferros, a bitola da armadura e a largura do bloco canaleta foram especificadas como um detalhe à parte no Residencial Exemplo (RE).

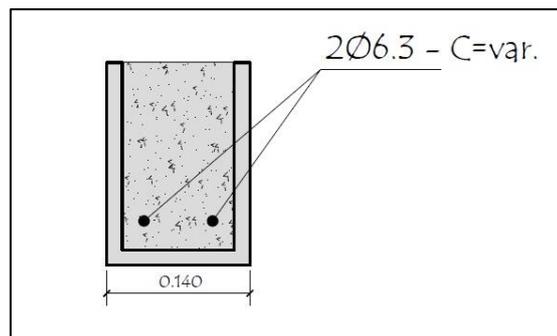


Figura 52: Detalhe vergas e contravergas  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇO

As cintas de amarração, inferiores (CI) e superiores (CS) também são bons exemplos, pois nas plantas de formas não são especificadas a bitola da armadura longitudinal e transversal, bem como a quantidade de ferros necessários à segurança, o transpasse e a largura do bloco canaleta. No detalhe todas essas informações são apresentadas.

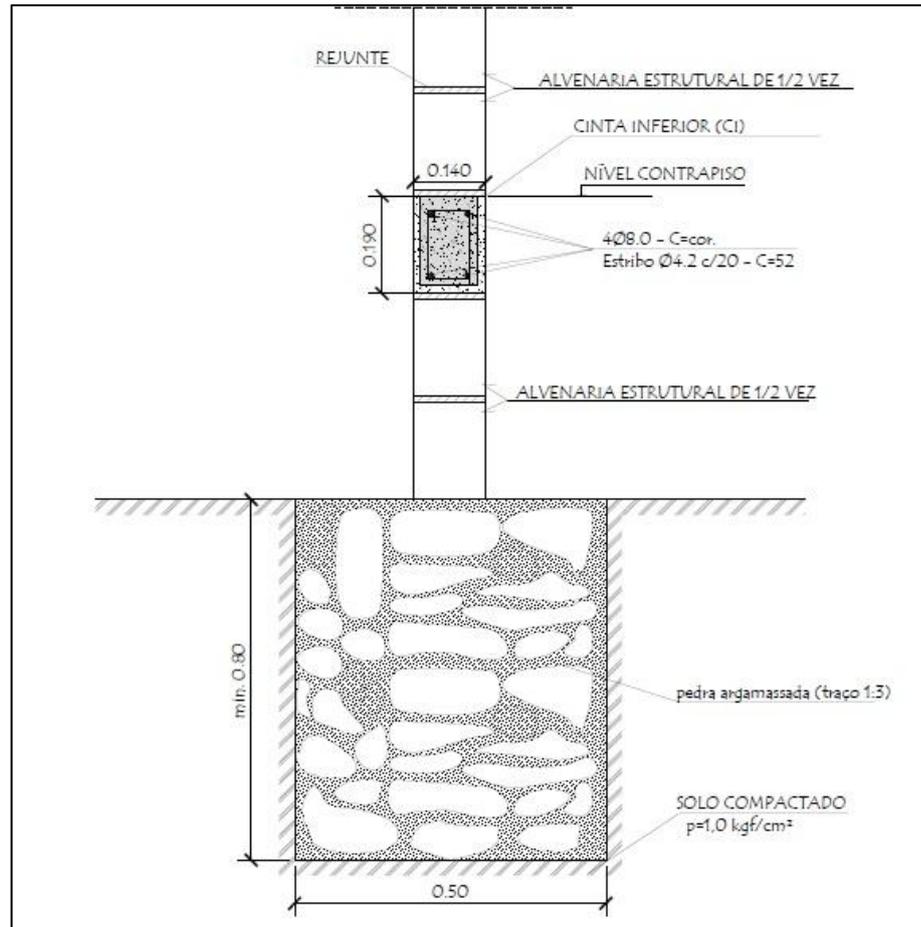


Figura 53: Detalhe cinta CI  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇÃO

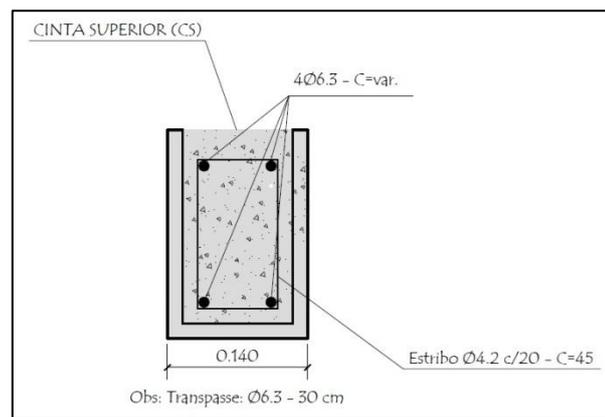


Figura 54: Detalhe cinta CS  
Fonte: Arquivos PROJECTAÇÃO

#### *4.2.2.10: Etapa 10: Revisão*

A entrega de um projeto com falhas acarreta em uma edificação com problemas na estrutura. Se esta vem à ruína, as consequências são terríveis, como ferir ou até mesmo matar pessoas. O engenheiro responsável sabe a importância de revisar seu projeto, pois se houver erros, ainda poderão ser corrigidos sem causar dano algum à sociedade. A negligência, de não levar à sério esta etapa, pode resultar em um desastre e o bom engenheiro sabe que foi chamado para solucionar problemas e não causá-los. Por este motivo, o projeto exemplificado foi completamente revisado antes de entregue ao cliente.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a alvenaria estrutural é um sistema onde as vigas e os pilares, empregados no sistema convencional em concreto armado, são substituídos por blocos que compõem a superestrutura da edificação. O emprego deste método construtivo exige a elaboração do projeto estrutural para garantir a segurança e este, é basicamente elaborado por meio de dez etapas.

Neste trabalho, apresenta-se informações sobre a alvenaria estrutural, bem como um roteiro de dimensionamento da estrutura de uma edificação em alvenaria não armada de bloco cerâmico. Utiliza-se, também, uma aplicação simples e direta de modo a averiguar o procedimento proposto.

Como sugestão para trabalhos futuros, em complemento a este, recomenda-se o estudo, importância e elaboração de projetos hidrossanitários e elétricos em alvenaria estrutural.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15812-1: **Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos**, 2010.

ABNT NBR 15270-2: **Componentes cerâmicos parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**, 2005.

ALVES, Cleber de Oliveira; PEIXOTO, Egledson José dos Santos. **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas no local com fôrmas de alumínio**. Belém, 2011.

BUSI, Thiago Pedreschi. **Análise comparativa de edifícios em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: geometria em planta baixa mais recomendada**. Porto Alegre, 2009.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural**. Porto Alegre, 1999.

FREIRE, Bruno Siqueira. **Estudos sobre a utilização de alvenaria estrutural em obras da região metropolitana de Curitiba**. São Paulo, 2007.

HIRT, Emilly; MARANGONI, Kerolyn Postigo. **Estudos sobre a utilização de alvenaria estrutural em obras da região metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2013.

JUNIOR, Carlos Alberto de Oliveira. JUNIOR, Firmo Ribeiro Neto. **Alvenaria Estrutural**. Belém, 2011.

JÚNIOR, Flávio Helena. **Contribuição para o projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. São Paulo, 2012.

KALIL, Sílvia. **Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre, 2007. 86p. Apostila de estruturas mistas – PUCRS.

MARCINIAK, Fabiani. **Alvenaria estrutural racionalização do processo construtivo em edificações**. Minas gerais, 2010.

NAKAMURA, Juliana. **Saiba em quais situações a alvenaria estrutural é competitiva, assim como condicionantes para o uso bem sucedido dessa solução**. Disponível em:

<<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao.aspx>>. Acesso em: 11 Abr, 2015.

PARSEKIAN, Guilherme A.; HAMID, Ahmad A.; DRYSDALE, Robert G.. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

PILOTTO, Gisah Abramovici; VALLE, Thompson Ricardo do. **Comparativo de custos de sistemas construtivos, alvenaria estrutural e estrutura em concreto armado no caso do empreendimento piazza maggiore**. Curitiba, 2011.

POYASTRO, Patricia Carone. **Comparativo entre blocos cerâmicos e em concreto, quanto a custo e produtividade, quando utilizados em alvenaria estrutural**. Porto Alegre, 2008.

RAUBER, Felipe Claus. **Estudos sobre a utilização de alvenaria estrutural em obras da região metropolitana de Curitiba**. Santa Maria, 2005.

RAMALHO, M. A., CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

REBOREDO, André Rampazzo. **Dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural de blocos de concreto: comentários sobre a nbr 15961-1 (2011)**. Florianópolis, 2013.

SILVESTRE, Michele. **Alvenaria estrutural em pauta**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/noticias/alvenaria-estrutural-em-pauta#.VTerdNJVhBc>>. Acesso em: 22 Abr, 2015.

TAKARA, Elisete Lumi. **Estudos sobre a utilização de alvenaria estrutural em obras da região metropolitana de Curitiba**. São Paulo, 2008.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

TAVARES, Jandson Henrique. **Alvenaria estrutural: estudo bibliográfico e definições**. Mossoró, 2011.

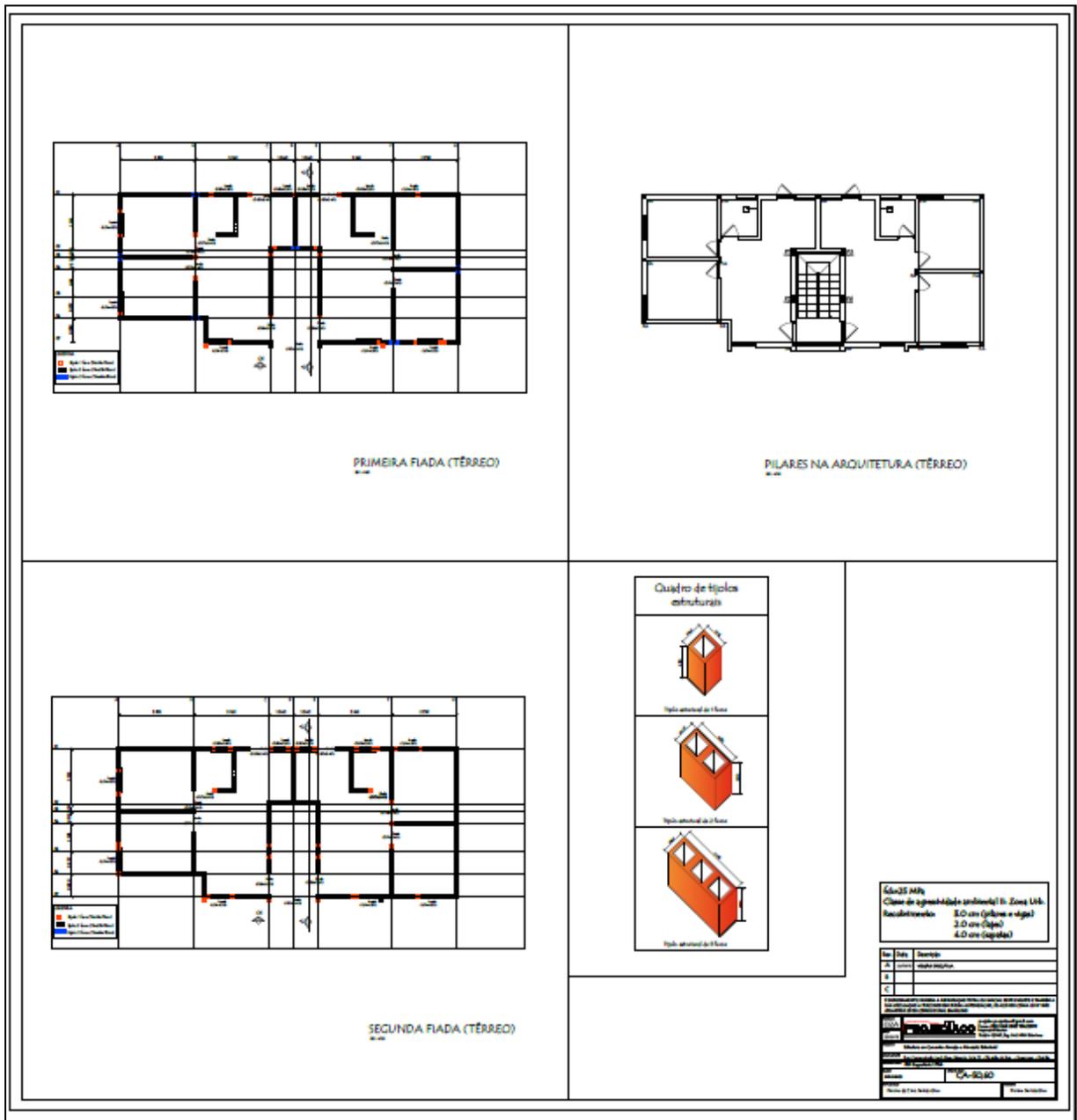
THOMAZ, Ercio; FILHO, Cláudio Vicente Mitidieri; CLETO, Fabiana da Rocha; CARDOSO, Francisco Ferreira. **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo, 2009.

THOMAZ, Ércio; HELENE, Paulo. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo, 2000.

VILATÓ, Rolando Ramirez; FRANCO, Luiz Sérgio. **As juntas de movimentação na alvenaria estrutural**. São Paulo, 1998.



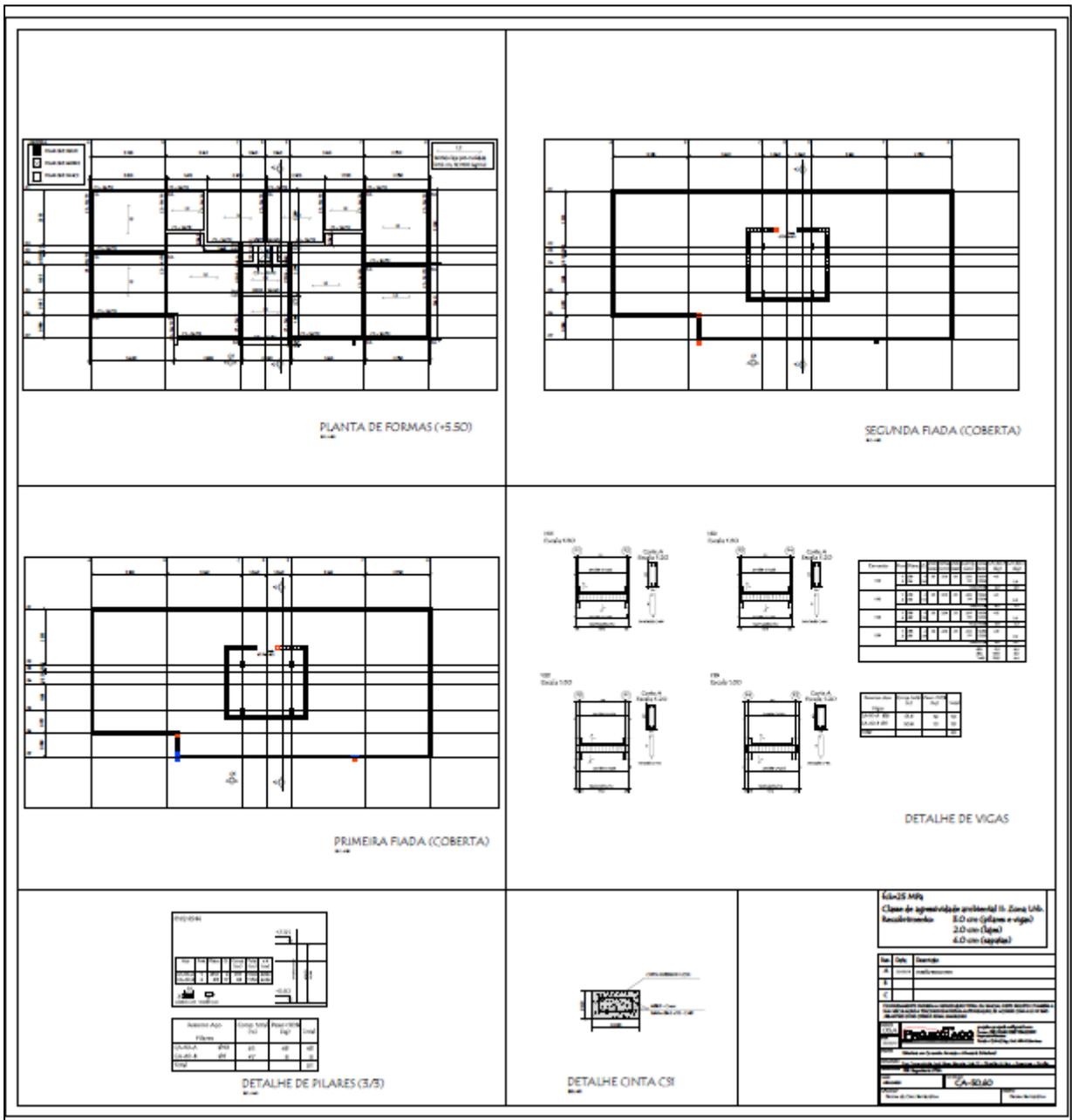
APÊNDICE B – PRANCHA 02A







APÊNDICE E – PRANCHA 05A

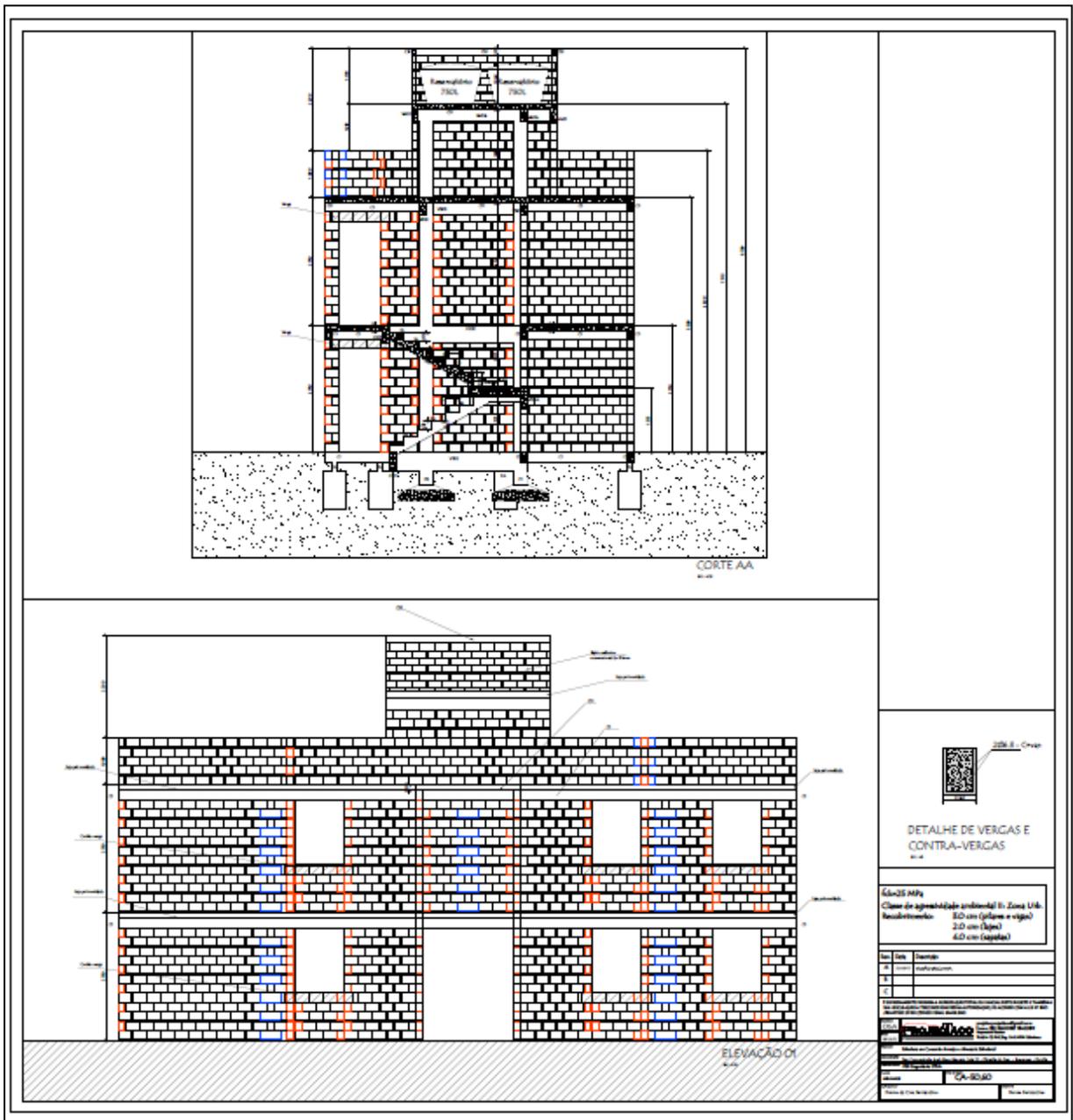


CA-25 MPa  
 Classe de agredibilidade ambiental II - Zona Urb.  
 Recobrimento: 2,0 cm (laje e vigas)  
 2,0 cm (laje)  
 4,0 cm (colunas)

Rev.	Data	Descrição
01		Projeto Original
02		
03		
04		

**Projeto** **Projeto**  
 Engenharia Civil - Rua...  
 Rua... CA-9040  
 Rua...

APÊNDICE F – PRANCHA 06A



APÊNDICE G – PRANCHA 07A

