

**UNIEVANGÉLICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LAIZ STEPHANIE ROSA BISPO**

**PROJETO DE**  
**ALVENARIA ESTRUTURAL - ANALISE DE UM PROJETO**  
**EM ALVENARIA RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

**ANÁPOLIS / GO**  
**2018**

**LAIZ STEPHANIE ROSA BISPO**

**PROJETO DE  
ALVENARIA ESTRUTURAL - ANALISE DE UM PROJETO EM  
ALVENARIA RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA  
BORGES**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BISPO, LAIZ STEPHANIE ROSA BISPO

Projeto em alvenaria estrutural - Análise de um projeto em alvenaria residencial unifamiliar

105P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Projeto de Alvenaria Estrutural

I. ENC/UNI

II. Projeto de Alvenaria Estrutural 10º período

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BISPO, Laiz StephanieRosa, Projeto de Alvenaria estrutural. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 103p. 2018.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Laiz Stephanie Rosa Bispo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Projeto de Alvenaria Estrutural – Análise de um projeto em alvenaria residencial unifamiliar.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

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



Laiz Stephanie Rosa Bispo

E-mail: laizstephanie@hotmail.com

**LAIZ STEPHANIE ROSA BISPO**

**PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

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

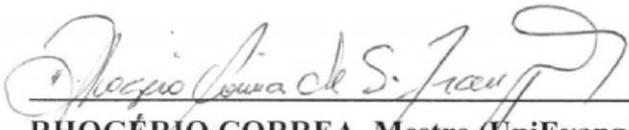
**APROVADO POR:**



**RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA BORGES, Especialista (UniEvangélica)  
(ORIENTADORA)**



**PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)**



**RHOGÉRIO CORREA, Mestre (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 26 de NOVEMBRO de 2018.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter concebido esse sonho na minha vida, e também por ter me guiado nesse longo e difícil caminho, por ter me ensinado a persistir e não desistir independente das circunstancias, por ter sido meu apoio nas horas impossíveis, por ter sido a minha luz, e também por ter realizado grandes milagres, e felicidades.

E aos meus pais, Marcos e Cleonice, por serem meu exemplo, por terem me ensinado a sonhar, e sempre ir em busca dos meus sonhos, e estarem sempre ao meu lado me apoiando em todas decisões, me guiando sempre pro caminho certo, por fazerem o impossível pra me ajudar a realizar esse sonho. As minhas irmãs, Bruna, Kevylla, Ana Luisa, e ao pequeno Karlos Eduardo, por muitas vezes terem me dado força, por confiarem em mim, e sempre me incentivar, pela amizade, e pelos sacrifícios que fizeram em meu apoio.

Aos meus amigos de colégio que me impulsionaram a realizar esse sonho, e aos meus amigos que o curso me proporcionou, que foram muitos, mas em especial, Claudio, Rafaela e Leticia, que foram meu apoio nos momentos difíceis, e também fomos uns o apoio e a força do outro em todos os momentos, também compartilhamos das melhores risadas e momentos eu vão ficar guardado pra vida toda.

Ao professor Rodolfo, que foi meu mentor no tema desse trabalho, dedicou seu tempo me orientando e com partilhando da sua experiência e dos seus conhecimentos, tornando a conclusão desse trabalho possível. Aos demais professores que fizeram parte da minha formação durante todo o curso, que contribuíram com suas experiências, e sabedoria que vou levar pra vida toda, tanto profissional quando pessoal. Em especial a Professora Elke, que me trouxe um exemplo que quero levar pra vida toda, que indiretamente me ensinou a não desistir.

Enfim gostaria de agradecer a todos que de alguma forma estiveram de alguma forma contribuindo para a realização desse trabalho.

## RESUMO

O projeto quando executado de forma correta e detalhada, apresentando as características da obra, influencia decisivamente na qualidade e no desempenho da obra, e no desempenho da edificação. O projeto é indispensável em todos os métodos construtivos, mas especialmente para o sistema em Alvenaria Estrutural. Quando executado corretamente, esse método construtivo se torna racionalizado, e isso acarreta em uma maior qualidade, rapidez, economia de custo e de materiais, facilidades e, conseqüentemente, um desempenho melhor da edificação quando comparado com sistemas de construção tradicionais. A fase de projeto é muito desvalorizada por isso é importante a aplicação da racionalização pois ela é a prática de integrar os projetos. No Brasil o tema da Alvenaria Estrutural ainda tem uma grande desvalorização, por falta de conhecimento dos mecanismos construtivos. Tendo em vista a qualidade tanto do projeto quanto do sistema em alvenaria estrutural, o trabalho é constituído com uma revisão bibliográfica, apresentando as informações essenciais para a realização de um projeto em alvenaria estrutural, arranjo dimensional, aprimoração do funcionamento estrutural da alvenaria, desempenho das construções na elaboração de projetos, relata os tópicos principais da prática do projeto de alvenaria estrutural. E concluí com os cálculos estruturais, e o detalhamento da modulação de uma edificação em alvenaria estrutural.

**Palavras-chave:** Projeto, Alvenaria Estrutural, Modulação.

## **ABSTRACT**

The project, when executed in a correct and detailed manner, presenting the characteristics of the work, decisively influences the quality and performance of the work, and the performance of the building. The design is indispensable in all construction methods, but especially for the structural masonry system. When executed correctly, this constructive method becomes streamlined, and this leads to greater quality, speed, cost and material savings, facilities and, consequently, a better performance of the building when compared to traditional building systems. The project phase is very devalued so it is important to apply rationalization because it is the practice of integrating the projects. In Brazil the theme of Structural Masonry still has a great devaluation, due to lack of knowledge of the constructive mechanisms. Considering the quality of both the project and the system in structural masonry, the work is constituted with a bibliographical revision, presenting the essential information for the realization of a structural masonry project, dimensional arrangement, improvement of the structural functioning of masonry, performance of constructs in the elaboration of projects, reports the main topics of the practice of the structural masonry project. And I concluded with the structural calculations, and the detailing of the modulation of a building in structural masonry.

**Key words:** Project, Structural Masonry, Modulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alvenaria estrutural armada .....	20
Figura 2 – Alvenaria estrutural protendida.....	21
Figura 3 – Pirâmides de Guizé .....	23
Figura 4 – Foral de Alexandria.....	23
Figura 5 – Coliseu .....	24
Figura 6 – Catedral de Reims .....	25
Figura 7 – Hotel Monadnock.....	25
Figura 8 – Muralha da China.....	26
Figura 9 – Taj Mahal .....	26
Figura 10 – Central Parque Lapa.....	27
Figura 11 – Teatro Municipal de São Paulo .....	27
Figura 12 – Sistema de projeto .....	29
Figura 13 – Implantação da racionalização construtiva .....	34
Figura 14 – Capacidade de influenciar os custos do empreendimento.....	34
Figura 15 – Sugestão do processo do método de desenvolvimento do projeto.....	38
Figura 16 – O papel do projeto de arquitetura em alvenaria estrutural, relacionado aos projetos complementares .....	42
Figura 17 – Dimensões de um bloco .....	44
Figura 18 – Diferentes tipos de blocos cerâmicos.....	48
Figura 19 – Modelos variados de blocos estruturais de concreto.....	49
Figura 20 – Famílias de blocos de concreto .....	50
Figura 21 – Blocos compensadores de concreto .....	51
Figura 22 – Funções dos blocos especiais “J”, “U”, elétricos e hidráulicos .....	51
Figura 23 – Modelo de grauteamento em portas e janelas e vergas e contravergas.....	53
Figura 24 – Posicionamento da armadura e a aplicação do graute vertical e horizontal.....	54
Figura 25 – Associações de unidades modulares, das famílias 20 e 40 .....	56
Figura 26 – Associações de unidades modulares, das famílias 15 e 30 .....	57
Figura 27 – Posicionamento da primeira e segunda fiada, e elevação horizontal das demais fiadas.....	59
Figura 28 – Planta detalhada apresentando a primeira fiada.....	59
Figura 29 – Canto com modulação direta de blocos iguais.....	61

Figura 30 – Borda com modulação de blocos de larguras iguais, com bloco especial de três furos .....	62
Figura 31 – Borda com modulação de blocos de larguras iguais, sem usar a unidade especial de três furos .....	62
Figura 32 – Canto com modulação direta com bloco especial .....	62
Figura 33 – Borda com modulação direta, utilizando unidade modular especial.....	63
Figura 34 – Borda com modulação direta, utilizando unidade modular especial.....	63
Figura 35 – Canto com modulação indireta ligada por grampos.....	64
Figura 36 – Modelo de paginação de parede em alvenaria estrutural .....	65
Figura 37 – Modelo de passagem de tubulações elétricas e hidráulicas .....	66
Figura 38 – Modulação vertical de piso á teto.....	67
Figura 39 – Modulação vertical de piso á piso.....	68
Figura 40 – Modelo de vergas e contra-vergas representado no projeto de alvenaria estrutural .....	68
Figura 41 – Representação do ponto de graute na paginação da parede .....	69
Figura 42 – Apresentação do esquema de escada moldada <i>in loco</i> .....	70
Figura 43 – Apresentação do esquema de escada pré-moldada de concreto.....	71
Figura 44 – Apresentação do esquema de escada pré-moldada de concreto.....	71
Figura 45 – Colocação recomendada das lajes armadas em um só sentido .....	72
Figura 46 – Modelo de junta de controle.....	75
Figura 47 - Ilustração da distribuição do carregamento da laje nas alvenarias indicadas e suas respectivas áreas de influência .....	78

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Subdivisão dos custos de erros da qualidade da Suécia, internas e externas.....	30
Quadro 2 – Planilha para determinar o carregamento nas paredes, totalizando o seu carregamento .....	81
Quadro 3 – Paredes Portantes com suas resistências mínimas para prisma e blocos.....	82

## **LISTA DE GRÁFICO**

Gráfico 1 – Princípio das adversidades patológicas das edificações.....	31
---	----

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

CII	Construction Industry Institute
NBR	Norma Brasileira
IPT	Instituto de pesquisas tecnológicas
USP	Universidade de São Paulo
ABCP	Associação brasileira de cimento portland
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVO.....	16
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>16</b>
1.3 METODOLOGIA .....	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2 O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>19</b>
2.1 CONCEITO DA ALVENARIA ESTRUTURAL .....	19
<b>2.1.1 Classificação.....</b>	<b>19</b>
2.1.1.1 Alvenaria não armada .....	19
2.1.1.2 Alvenaria armada .....	20
2.1.1.3 Alvenaria protendida.....	20
<b>2.1.2 Vantagens e desvantagens .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3 Histórico .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.4 Histórico no brasil .....</b>	<b>26</b>
2.2 CONCEITO DE PROJETO .....	27
2.3 A IMPORTÂNCIA DO PROJETO .....	29
2.4 DESENVOLVIMENTOS DO PROCESSO DO PROJETO .....	37
2.5 COMPATIBILIZAÇÕES DE PROJETOS.....	39
<b>3 MODULAÇÃO E DETALHAMENTO DO PROJETO DE ALVENARIA</b>	
<b>ESTRUTURA .....</b>	<b>44</b>
3.1 CONCEITOS BÁSICOS .....	44
3.2 COMPONENTES DA ALVENARIA .....	46
<b>3.2.1 Unidade modular .....</b>	<b>46</b>
3.2.1.1 Blocos usualmente utilizados.....	47
3.2.1.1.1 Blocos cerâmicos.....	47
3.2.1.1.2 Blocos de concreto .....	48
3.2.1.1.3 Blocos especiais .....	50
<b>3.2.2 Argamassas .....</b>	<b>52</b>
<b>3.2.3 Graute.....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.4 Armaduras .....</b>	<b>54</b>
3.3 COORDENAÇÃO MODULAR.....	55

3.3.1	Importâncias da coordenação modular.....	55
3.3.2	Escolha da modulação.....	58
3.3.3	Posicionamento dos blocos: 1ª e 2ª fiadas.....	59
3.3.4	Amarração de paredes estruturais .....	61
3.3.5	Levantamento das paredes .....	64
3.3.6	Locação das instalações elétricas e hidráulicas .....	65
3.3.7	Modulação vertical .....	67
3.3.8	Vergas e contra-vergas.....	68
3.3.9	Pontos de graute .....	69
3.3.10	Escadas .....	70
3.3.11	Fundações.....	72
3.3.12	Escolha e execução das Lajes .....	72
3.3.13	Juntas.....	74
3.3.13.1	Juntas de controle.....	74
3.3.13.2	Juntas de dilatação .....	75
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DAS ORIENTAÇÕES PARA O PROJETO DE ALVENARIA</b>	
	<b>ESTRUTURAL.....</b>	<b>76</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES DE PROJETO .....	76
4.1.1	Características .....	76
4.1.2	Carregamentos.....	76
4.1.3	Numeração das paredes .....	77
4.2	CÁLCULO DA CARGA VERTICAL NAS PAREDES .....	77
4.2.1	Peso próprio das paredes .....	77
4.2.2	Área de influência da laje .....	78
4.2.3	Cargas permanente da atuação da laje .....	78
4.2.4	Carga acidental da atuação da carga .....	79
4.2.5	Total do pavimento.....	79
4.2.6	Peso próprio das paredes superiores .....	79
4.2.7	Cobertura .....	79
4.2.8	Carregamento permanente (G).....	80
4.2.9	Carregamento acidental (Q).....	80
4.2.10	Carregamento total .....	80
4.3	RESULTADO DOS CARREGAMENTOS DOS BLOCOS.....	82
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>83</b>

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE A – Planta do projeto.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE B – Planta de 3º fiada .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE C – Planta de 2º fiada .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE D – Numeração das paredes.....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE E – Paginação da parede 02 .....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE F – Paginação da parede 03 .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE G – Paginação da parede 04.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE H – Paginação da parede 05.....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE I – Paginação da parede 06 .....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE J – Paginação da parede 07.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE K – Paginação da parede 08.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE M – Paginação da parede 11 .....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE N – Paginação da parede 12.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE O – Paginação da parede 13.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE P – Paginação da parede 14 .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE Q – Paginação da parede 15.....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE R – Quantitativo de blocos.....</b>	<b>106</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Alvenaria estrutural é um sistema construtivo utilizado por milhares de anos, o conhecimento do sistema foi sendo desenvolvido desde a pré-história em meio a erros e acertos, até a década de 1950, onde estudos feitos na suíça pelo professor Paul Haller desenvolveu um grande avanço no método, com esses estudos foi possível criar critérios de projetos e também cálculos normalizados. A alvenaria estrutural só chegou no Brasil na década de 1960, mas o processo não foi muito bem aceito, somente na década de 1980 que a Universidade de São Paulo (USP) e IPT desenvolveram pesquisas e juntos com algumas empresas que investiram em máquinas para a fabricação de materiais, foi que o método teve um grande avanço dentro do país, e isso o tornou ao lado dos Estados Unidos, os países que mais utilizam alvenaria estrutural.

Segundo alguns estudos, o sistema de alvenaria tem vantagens consideráveis quando comparado com o sistema construtivo mais tradicional, o concreto armado, tanto quando se trata de economia, praticidade e rapidez na execução além de ter uma dupla função nas edificações (Função estrutural e função de vedação). Observa-se que a tendência de utilização deste processo construtivo é crescente, Puga (2016) afirma que as construtoras a fim de construir edifícios para classe média, se encataram com a simplicidade do sistema, à medida que optaram pelo método construtivo em de alvenaria estrutural.

O sistema em si abrange muita praticidade, porém para que se obtenha redução nos custos e uma melhoria no tempo de execução, é indispensável um projeto bem desenvolvido. É fundamental que o projeto de alvenaria estrutural seja compatível com o projeto arquitetônico, facilitando assim, também a execução dos projetos, elétrico, e hidro sanitário, favorecendo a concepção dos projetos executivos. Segundo a NBR 15961-1/11 - Projeto e execução de alvenaria de blocos de concreto, o Projeto estrutural deve ser elaborado abrangendo um sistema estrutural adequado à função desejada para a edificação, ações compatíveis e representativas, dimensionamento e verificação de todos elementos estruturais presentes, especificações de materiais apropriados de acordo com os dimensionamentos efetuados, e também um procedimento de controle para o projeto.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A alvenaria estrutural é um método construtivo que foi desenvolvido de forma empírica ao longo dos anos, porém hoje esse sistema abrange normas, literaturas variadas e

pesquisas que auxiliam na melhoria do desenvolvimento da aplicação desse método. Dentro a alvenaria estrutural, há uma grande carência de projetos bem detalhados e desenvolvidos de forma correta, assim como profissionais especializados tanto na execução do projeto quanto na aplicação na construção, e isso gera uma desvalorização no projeto. Segundo a ABCP (2013) basicamente as vantagens da alvenaria estrutural estão fundamentadas no desenvolvimento e detalhamento do projeto, resumidamente o projeto precisa ser modulado corretamente.

Leite (2012) Aborda que o incentivo do governo na construção junto com competitividade de mercado dentro da construção civil, principalmente na área de habitações, tem favorecido o investimento nos métodos construtivos com custos reduzidos e eficiência equivalente. Esse cenário econômico beneficia a alvenaria estrutural, segundo ABCP (2013) muitas empresas têm aderido o sistema construtivo em alvenaria estrutural, pelo sistema ter se desenvolvido ao longo dos anos, o desempenho da alvenaria estrutural tem sido o melhor, por reduzir gastos em redução de resíduos, e também no uso dos materiais. Uma das principais vantagens da alvenaria estrutural é a economia, alguns dos fatores que gera isso, é a redução de desperdício de materiais, porém quando não é projetado usando um sistema modular, durante a execução poderá ocorrer quebras de blocos, quando não se é lavando em conta as tensões de compressão, e ações do vento, o sistema se torna inapto pois terá que aumentar a base da edificação a com isso amplifica o peso gerado sobre a fundação, fazendo com que a mesma se torne mais cara.

Hoffman e Thomaz (2012) Afirma que uma das vantagens da alvenaria estrutural é a produtividade melhorada, e apresenta que algumas pesquisas apresentam dados que o prazo de uma construção em alvenaria estrutural é aproximadamente duas vezes menor do que o tempo usado em uma construção em concreto armado. A redução no prazo está ligada diretamente ao custo de uma obra.

Segundo um estudo de caso realizado por Bezerra et al (2015) o projeto voltado para a alvenaria é um instrumento apto a contribuição na redução de resíduos gerados na construção civil, se usado de forma competente. O estudo concluiu que o resíduo gerado foi aproximadamente quatro vezes maior quando não foi utilizado um projeto direcionado para a alvenaria.

A alvenaria estrutural tem muitas vantagens, sendo uma delas a atenuação do uso de armaduras, e o desempenho racionalizado, porém Leite (2012) afirma que alguns profissionais optam pelo cálculo de estruturas de concreto armado, por não estarem acostumados a realizarem estruturas em alvenaria estrutural. Quando se refere ao projeto bem

desenvolvido, um dos principais benefícios gerado é a racionalização dos trabalhos posteriores. Segundo a ABCP (2013) o sistema de alvenaria estrutural é racionalizado, e para que em uma construção tenha custos reduzidos, melhoria no tempo de construção, e rendimento esperado, fundamental que se tenha um projeto bem desenvolvido.

Para se prever e solucionar problemas que poderiam surgir durante a execução é necessário que o projeto seja executado com qualidade. Durante a fase de projeto é importante ponderar a influência que o projeto tem sobre a execução, e por isso é importante saber sobre os aspectos construtivos e o funcionamento técnico da edificação, e incluir dentro do projeto o detalhamento das paredes e dos demais elementos da estrutura, local das instalações elétricas e hidro sanitárias, o tipo de laje, esquadria, as especificações dos acabamentos, e também a incorporação dos demais projetos.

## 1.2 OBJETIVO

### 1.2.1 Objetivo geral

Esse trabalho tem como objetivo analisar um projeto em alvenaria estrutural, usando literatura e as normas vigentes no país. Apresentando informações e detalhamento que devem ser retratadas em um projeto, como facilitar a execução, e também a melhoria do entendimento dos profissionais envolvidos. Buscando padronizar a execução dos projetos e também da realização do sistema, para facilitar a melhoria e o desenvolvimento do método de alvenaria estrutural, e também fornecer o trabalho como um roteiro para projetos de alvenaria estrutural.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Apresentar as principais características de um projeto capacitado e eficiente, voltado para o sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Abordar o conhecimento em relação ao desenvolvimento e os elementos da alvenaria estrutural.

Retratar a relevância da modulação para o bom desempenho da edificação como a economia de custos e prazos, e resistência estrutural.

Colaborar e orientar a elaboração dos projetos voltados para a alvenaria estrutural.

### 1.3 METODOLOGIA

Este trabalho utilizou as seguintes metodologias:

- Revisão bibliográfica do tema proposto, através de livros, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, dentre outras referências técnicas;
- Desenvolver o detalhamento de um projeto de alvenaria estrutural de uma casa definindo de forma pratica a elaboração do projeto, esse detalhamento será feito no software AutoCad com versão liberada para estudante;
- Detalhamento em cortes feitos em cada parte estrutural do edifício:
  - da fundação;
  - das vigas;
  - dos pilares;
  - dos lances de escada;
  - detalhamento das paredes externas e internas.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho é constituído por cinco capítulos.

No primeiro capítulo é apresentado a introdução, abrangendo a importância e o contexto do tema, a justificativa, para o seguimento do trabalho, os objetivos com que é proposto o trabalho, e a metodologia para realizar os objetivos.

No segundo capítulo é apresentada a importância do projeto de alvenaria estrutural, apresentando o conceito, e as necessidades que o sistema estabelece, ressaltando o desenvolvimento do processo do projeto, mostrando as interfaces dos projetos a importância da compatibilização dos mesmos entre si.

No terceiro capítulo vai ser apresentado a modulação, sendo retratado o seu conceito e sua aplicação, mostrando as peças modulares e como elas devem ser moduladas, e os detalhes construtivos, com o objetivo de apresentar os princípios construtivos que uma edificação em alvenaria necessita.

No quarto capítulo vai ser apresentado o detalhamento e os dimensionamentos de uma edificação unifamiliar projetado em alvenaria estrutural.

No quinto capítulo esta as considerações finais deste trabalho, viabilizando as análises feitas em um projeto de alvenaria estrutural elaborado para o desenvolvimento presente trabalho.

## **2 O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

### **2.1 CONCEITO DA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Chamamos de alvenaria o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Tauil e Nese (2010, p. 19).

Segundo Camacho (2006) Denomina-se como alvenaria estrutural o sistema construtivo em que, as peças de alvenaria é que efetuam a função estrutural, sendo os próprios dimensionados, projetados e executados de maneira racional.

O sistema de alvenaria é um sistema construtivo onde os própria estrutura é a vedação da edificação, os blocos usados na face estrutural fazem o papel de sustentar a estrutura, isso faz com que a construção não precise de vigas e pilares. Algumas características da alvenaria estrutural são: Fácil execução, fácil escalação para mão de obra, redução nos custos e nos materiais, diminuição dos resíduos, processo racionalizado, execução rápida, blocos com próprio ajuste dimensional, resiste a cargas, isolante térmico e acústico, vedação interna e externa.

#### **2.1.1 Classificação**

A alvenaria estrutural vai depender do processo construtivo que será usado para ser classificada, e são divididas como:

##### **2.1.1.1 Alvenaria não armada**

Segundo Tauil e Nesse (2010) é a espécie de alvenaria que só usa graute e reforços de aço por motivos construtivos como: vergas de portas e janelas, e reforços de aberturas, e para conter futuras patologias como: trincas e fissuras resultantes da estrutura, efeitos térmicos, ventos ou concentração de tenções.

Bonacheski (2006) afirma que o sistema de alvenaria estrutural não armado só é utilizado em construções de pequeno porte, tal como casas, ou edifícios com até oito pavimentos.

A normas usadas para o cálculo estrutural são:

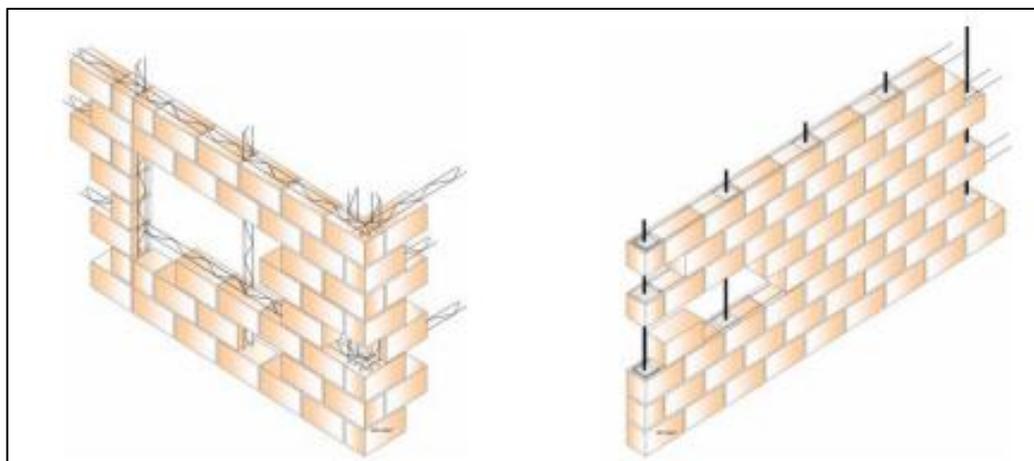
- NBR 10837/89 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto;
- NBR 8798/85 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.

O tipo e as dimensões são definidos na fase de execução do projeto, pois é necessárias as medidas dos blocos para a concepção das paredes.

#### 2.1.1.2 Alvenaria armada

Tauil e Nesse (2010) salienta que é o modelo de alvenaria que comporta em algumas áreas, pertinente aos esforços estruturais. São usadas armaduras de barras, como apresenta a Figura 1, fios ou telas de aço no interior dos vãos dos blocos e em seguida grauteada, e também preenchida todas as juntas verticais. Esse sistema pode ser utilizado em sistema de até mais de 20 pavimentos, a normas e o método de escolha dos blocos são os mesmos citados anteriormente, porém a diferença é que nesse sistema se realiza o cálculo de esforços a tração.

**Figura 1 – Alvenaria estrutural armada**



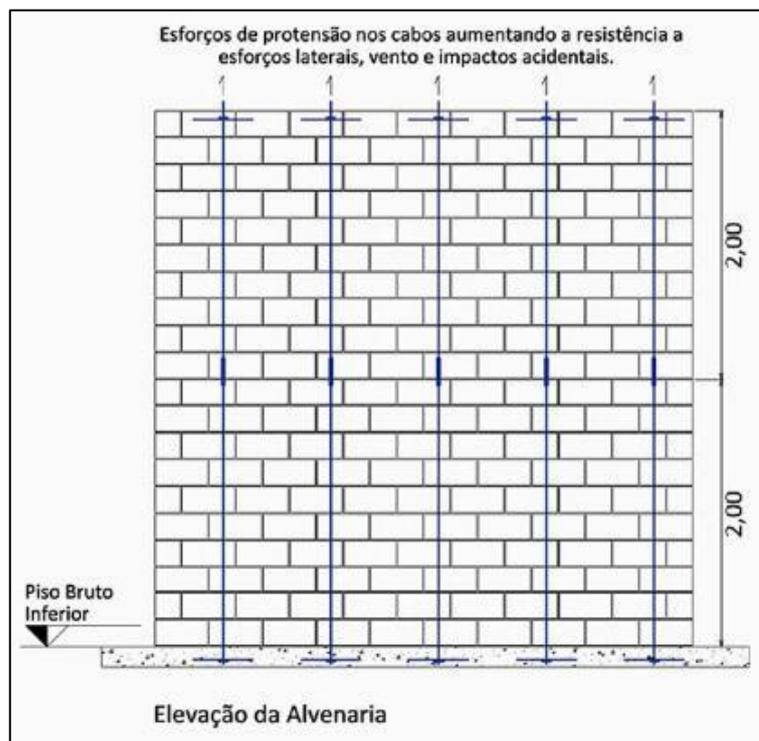
Fonte: Lourenço, 2007.

#### 2.1.1.3 Alvenaria protendida

Segundo Souza (2008) a protensão aplicada na alvenaria estrutural tem o propósito de aplicar as tensões compressão no método anteriormente da operação dos

carregamentos, espera-se assim reduzir as tensões de tração que aparecem com a aplicação da estrutura, e aumentando a resistência a flexão como mostra a Figura 2.

**Figura 2 – Alvenaria estrutural protendida**



Fonte: Tauil e Nesse, 2010.

### 2.1.2 Vantagens e desvantagens

O uso da alvenaria estrutural com o passar do tempo tem mostrado as seguintes vantagens e desvantagens do sistema:

- Vantagens:
  - a) Redução de custos: Quando comparado com o sistema de concreto armado, a alvenaria estrutural tem uma vantagem de economizar 30%, pois na alvenaria não se utiliza formas, escoras, e uma redução considerável no uso de aço e no concreto;
  - b) Menor diversidade de materiais empregados: No sistema de alvenaria não é necessário o uso de vigas ou pilares, as paredes estruturais atuam também como vedação;

- c) Redução da diversidade de mão de obra especializada: O sistema reduz mão de obras variadas como carpinteiros e serralheiro, abrangido a mão de obra centralizada no próprio sistema;
  - d) Maior rapidez de execução: Esse sistema simplificado evidentemente faz com que aja uma redução de tempo da construção;
  - e) Robustez estrutural: O sistema facilita a redução de acabamentos, já que os blocos são pequenos e isso gera uma flexibilidade arquitetônica;
  - f) Sistema racional: Franco (1992) Cita que do ponto de vista construtivo entre inúmeras das vantagens da alvenaria estrutural usam delas é a racionalização, e todas as vantagens que ela proporciona.
- Desvantagens:
    - a) Restrição arquitetônica: Como as próprias paredes são a estrutura do sistema, ela não permite futuras mudanças, ou arranjos arquitetônicos variados;
    - b) Limitação construtivas: Um grande obstáculo da alvenaria estrutural é não conseguir atingir grandes vãos livres, ela também não permite futuras reformas, e deve ser executada e forma correta pois não admite improvisos.

### 2.1.3 Histórico

A Alvenaria pode ser considerada o sistema construtivo mais antigo do mundo, sendo usado até o fim do século XIX e início do século XX como um dos materiais primordiais usados pelo homem para a construção. Estudos históricos sobre esse sistema mostra que ele iniciou com a atividade humanada desde a antiguidade para fins de habitações, templos e monumentos.

Segundo Duarte (1999) as construções feitas de alvenaria encontram-se entre obras que tem suma aceitação, não somente nos tempos atuais, mas também nas antigas civilizações. Construções feitas de maneira empíricas com elementos de alvenaria se tornaram grandes marcos históricos, depois de atravessar séculos e até mesmo milênios, desafiando verdadeiramente o tempo. A seguir podemos ver alguma das principais construções feitas pelo sistema de alvenaria estrutura:

- Pirâmides de Guizé (Figura 3) são três pirâmides conhecidas como, Quéfren, Queóps, e Miquerinos, foram construídas por volta de 2.600 anos a.C, são feitas de pedras, a maior delas é chamada de a grande pirâmide, e tem 147m de altura, e sua base tem 230m do lado de um quadrado, foram usados cerca de 2,3 milhões de blocos.

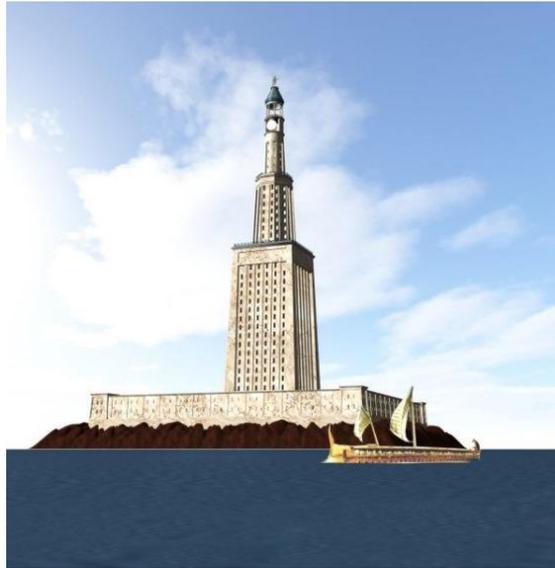
**Figura 3 – Pirâmides de Guizé**



Fonte: Pinheiro, 2018

- Farol de Alexandria (Figura 4) foi construído 280 anos antes de Cristo, em uma das ilhas conhecida como faros de frente pro porto de Alexandria, é o farol de orientação mais famoso, possui 134m de altura, é feito em mármore branco com um sistema de iluminação baseado em jogos de espelhos. Equivalia a aproximadamente a uma altura de 45 andares, porém no século XIV foi desmoronado por um terremoto, restando apenas sua fundação.

**Figura 4 – Foral de Alexandria**



Fonte: Rizzatti, 2015.

- Coliseu (Figura 5) é um grande monumento dá arquitetura romana, tem mais de 50m de altura e 500 metros de diâmetro, foi construído aproximadamente no ano de 70 d.C, com capacidade para mais de 50.000 pessoas, tinha 80 portais feitos em arcos e pórticos.

**Figura 5 – Coliseu**



Fonte: Pinheiro, 2018.

- Catedral de Reims (Figura 6) foi contribuída por volta de 1211 a 1300 d.C, sua estrutura é composta por grandes arcos que apoiam o teto, essa obra mostra a grande capacidade técnicas construtivas mesmo com as limitações construtivas desse método.

**Figura 6 – Catedral de Reims**



Fonte: Rizzatti, 2015.

- Edifício Monadnock (Figura 7) foi construído em Chicago entre 1889 e 1891, com 65 metros de altura e 16 pavimentos, foi considerado como uma construção ousada por ultrapassar os limites de construções feitas com alvenaria, porém seus métodos de construção eram ainda empíricos e por isso suas paredes na base tinham 1,83m de espessura e suas paredes internas 30cm.

**Figura 7 – Hotel Monadnock**



Fonte: Rizzatti, 2015.

- Muralha da China (Figura 8) é a conhecida como arquitetura militar, foi construída por volta de 201 anos antes de cristo, durante a china imperial, feita de pedras e tijolos, e granito. Tem por volta de 7,5m de altura e uma dimensão de 3000 quilômetros.

**Figura 8 – Muralha da China**



Fonte: Rizzatti, 2015.

- Taj Mahal (Figura 9) é uma das sete maravilhas do mundo, construído por volta de 1630 e 1652 anos d.C, tem cerca de 60 metros de altura, construído em mármore branco.

**Figura 9 – Taj Mahal**



Fonte: Rizzatti, 2015.

#### **2.1.4 Histórico no Brasil**

A alvenaria é usada no Brasil desde a época da colonização, porém até a década de 80, ela ainda não era utilizada como sistema estrutural, era usada somente para construções populares sem função estrutural. Foi somente na década de 90 teve um desenvolvimento com a construção de um edifício de quatro pavimento apresentado na Figura 10, depois disso as empresas começaram a investir para realizar melhor nessa nova tecnologia, como a construção do Teatro Municipal de São Paulo (Figura 11).

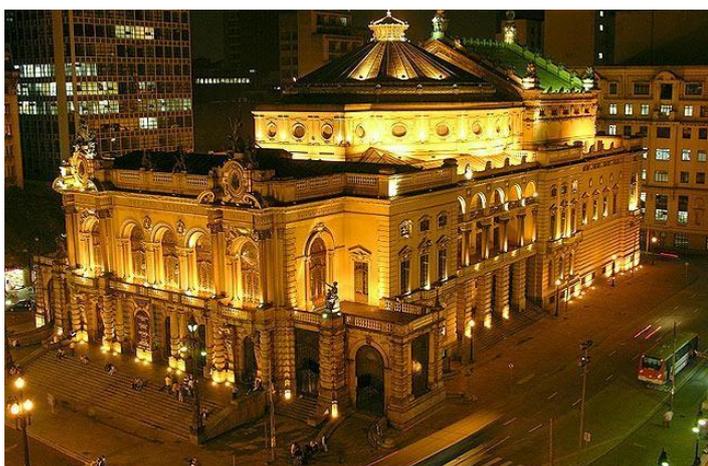
Apesar de ter chegado tarde no Brasil, esse método se consolidou como uma alternativa econômica e eficiente para a construção de edificações industriais e residenciais.

**Figura 10 – Central Parque Lapa**



Fonte: Pinheiro, 2018.

**Figura 11 – Teatro Municipal de São Paulo**



Fonte: Rizzatti, 2015.

## 2.2 CONCEITO DE PROJETO

Dentro do assunto analisado, projeto é conceituado como procedimento ou prática de projetar, estando relacionado a um grupo de formas de análises e seus processos, sendo

variável em função de contextos em diferentes tipologias, podendo também diversificar conforme os objetivos propostos. A Lei brasileira 8.666/93 afirma que o projeto básico, é um grupo de componentes fundamentais e eficazes, com competência adequada, para representar a obra ou a atividade, ou conjunto de obras ou atividades, desenvolvido com base nas referências dos principais estudos técnicos, que garantam a efetividade técnica e o tratamento adequado do impacto ambiental da edificação, e que propicie a apreciação do custo da construção e a definição dos procedimentos, e do prazo e de construção.

Alguns conceitos também podem ser incorporados, dentro da visão de alguns autores, que conceituam o projeto com uma visão amplificada, e mais clara. Rodriguez (1992) afirma que o processo de realização de ideias terá que percorrer pelas etapas de: Idealização, simulação (análise) e implantação (protótipo e escala de produção).

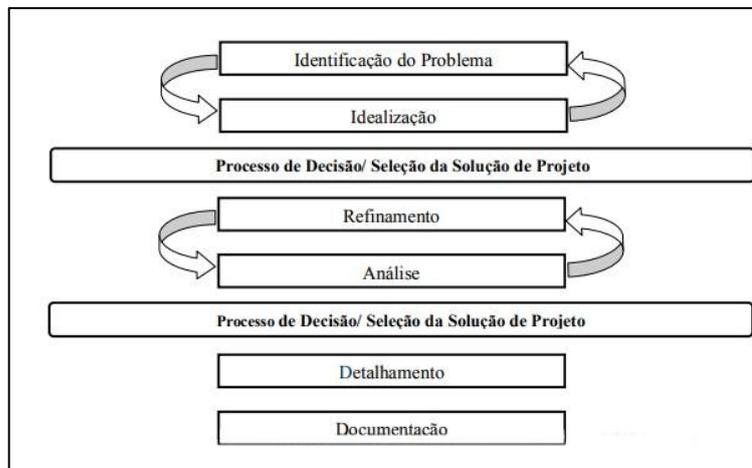
Para Ferreira (1986) o projeto é uma ideia que se forma ao executar ou realizar alguma coisa, no futuro. Já Valeriano (1998) define que o projeto de engenharia é a concepção e solidificação das informações determinadas a execução de uma determinada obra, produção de um produto, distribuição de um serviço ou execução de um processo.

Melhado (1994, p.195) intitula o projeto na construção civil como “atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução”. Ainda para Melhado e Violani (1992), acredita que no processo habitual, tem ocorrido o oposto, portanto exibem uma constante dissociação entre a elaboração do projeto e a de construção, sendo que o projeto normalmente é compreendido como um apetrecho, comprimindo-se o seu prazo e o seu custo, requerendo um mínimo de aprofundamento e admitindo um conteúdo quase meramente legal, posicionando simplesmente indicativo, e transferindo-se grande parte das decisões para a etapa de obra.

Segundo Dinsmore (1992) o projeto é um empreendimento que tem tanto início como o fim bem definidos, coordenado por pessoas, para que as metas estabelecidas sejam cumpridas dentro dos parâmetros de custo, tempo e qualidade.

Para os autores Lockhart e Johnson (2000, apud Ferreira, 2007) o procedimento de projeto é formado pelo contato entre a identificação do problema e concepção de uma ou mais soluções continuadas em função desse processo de decisão e solução de projeto, procede para o projeto iterado de apuramento e análise na qual será subsequente por um processo novo, de decisão e seleção da resolução de projeto. Obtendo as decisões finais, advém o detalhamento e documentação das soluções, segundo a Figura 12. Essa técnica ao final tendo três aspectos, sendo eles, visualização da ideia, comunicação da ideia, e documentação do projeto.

**Figura 12 – Sistema de projeto**



Fonte: Lokhart e Johnson, 2000 (apud Ferreira, 2007).

Os autores resguardam a ideia de que uma parcela de problemas que surgem durante a execução, não é sempre em razão de falta de informações, contudo pela ausência de logística da informação, e a partir de um arquétipo é possível reconhecer e determinar os fatores que possuem precursão sobre a consuntibilidade do projeto, tendo a intenção de diminuir os efeitos nocivos e aumentar os efeitos positivos.

### 2.3 A IMPORTÂNCIA DO PROJETO

Os atributos do projeto dentro da engenharia civil, vão além da exposição gráfica e escrita, e suas propriedades técnicas, econômicos, legais e financeiros, ele exerce uma posição importante durante o desenvolvimento do sistema construtivo, tanto para se obter qualidade na execução quanto no uso da edificação. Eichler (1977) usa a expressão "projetos de obra corretamente redigidos" para projetos que cumprem a função do seu próprio processo de produção até a execução do produto. Normalmente o projeto fica limitado apenas em descrições dos ofícios técnicos, porém durante as etapas de um projeto bem aplicado é necessário considerar o levantamento, programas de pesquisas, estudos introdutórios e de possibilidades, anteprojeto, projeto básico, projeto legal, e o projeto executivo.

Uma parte muito importante na qualidade do produto final da edificação, é a opinião do cliente durante a fase inicial do projeto, para que as expectativas sejam atendidas da maneira que foi esperada. Gamerson (1996) conceitua que o estado inicial do processo de projeto, é onde os clientes informam suas expectativas e suas percepções de necessidades caracterizando um dos estágios mais críticos do ciclo de vida de um projeto.

Para Franco (1992), uma descrição aberta das exigências iniciais para a concepção de projetos, ligados a um sistema competente de coordenação, integrada por um sistema adequado de gestão, transporta uma possibilidade de êxito no progresso desse trabalho.

Mesmo com tanta importância, ainda assim essa etapa tem uma grande desvalorização no Brasil, quando comparado a outros países mais desenvolvidos, mesmo com o desenvolvimento e a disponibilidade de tecnologias que facilitam e auxiliam durante a produção do projeto, essa etapa ainda é considerada apenas como uma formalidade para que a execução seja liberada pelos órgãos públicos, e não com a intensão de facilitar e auxiliar durante a execução. Essa desqualificação do projeto, deixa evidente a quantidade de problemas encontrados durante a execução, problemas causados pela falta de compatibilidade dos projetos e da falta de informações, que causam consequências como desperdício de materiais, atrasos nas etapas, e patologias que podem ser encontradas com o tempo.

Melhado (1994) informa que isso ocorre por conta da circunstância de no Brasil não ter a mesma cultura de países desenvolvidos, em que o tempo proporcionado ao projeto tão importante quanto o tempo aplicado a obra, buscando com isso, impedir as patologias e os desperdícios durante o estágio da execução.

Barros e Melhado (1993) salienta que quando mais o tempo e o custo é aproveitado durante a fase de elaboração do projeto, a capacidade de reduzir os custos e os prazos durante a execução do empreendimento vai ser maior.

Hammarlund e Josephson (1992) exibem um estudo elaborado na Suécia e apontam uma distribuição relacionada entre as causas de custos encarregados pelas falhas internas – A ISO 900 cita que, aquelas resultantes do reprocessamento que antecede a entrega do produto – uma distribuição posterior para as fontes de custo de erros externos – que acontece depois da entrega do produto. Nota-se que no geral os erros têm uma somatória aproximada de um terço do custo total dos erros internos, sendo que os essas falhas são representados com 20%, e 51% dos erros externos. Podemos ver esses erros no Quadro 1.

**Quadro 1 – Subdivisão dos custos de erros da qualidade da Suécia, internas e externas**

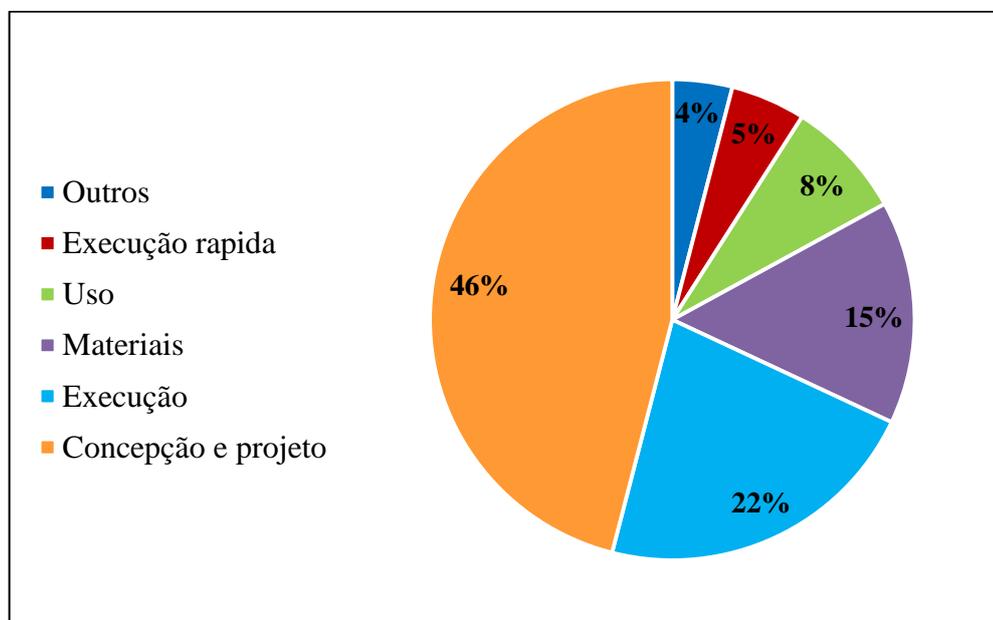
ORIGEM DA FALHA	INTERNAS (% relativa)	EXTERNAS (% relativa)
Cliente	3%	-
Projeto	20%	51%
Gerenciamento	34%	-

Execução	20%	26%
Materiais	20%	10%
Equipamentos	1%	-
Pós-ocupação	-	9%
Outros	2%	4%
<b>TOTAL</b> (Face aos custos de produção)	<b>6%</b>	<b>4%</b>

Fonte: Hammarlund e Josephson, 1992.

Motteu e Cnudde (1989) salientam também o vínculo entre as falhas apresentadas no projeto e as adversidades patológicas, que podemos ver no Gráfico 1. Eles apontam também que a etapa da elaboração do projeto é onde se encontra a maior parte de erros das edificações, tendo um total de falhas de 46%, e somente 22% dos erros estão ligados durante a execução da edificação.

**Gráfico 1 – Princípio das adversidades patológicas das edificações**



Fonte: Motteu e Cnudde, 1989.

Os dados mostram que o papel do projeto tem que ser convenientemente estabelecido para abranger a implementação de um sistema qualificado, e as decisões que são tomadas durante o projeto são decisivas para que o produto final tenha uma boa qualidade. Portanto

não mostra uma organização necessária para que esses impasses sejam resolvidos, para tal alguns métodos abordados, como o planejamento antes e durante o desenvolvimento do projeto, e uma racionalização, são alguns recursos que podem ajudar a melhorar a qualidade desse processo.

Para que os responsáveis pelo projeto produzam o mesmo com qualidade o suficiente para que ele supra as necessidades durante a execução da edificação, e tenham um bom desempenho na realização de um sistema construtivo, é preciso uma logística multidisciplinar com uma visão voltada para a fase inicial do projeto. Para se obter essa otimização dentro da execução do projeto, é necessário compreender o conjunto de ações no planejamento, direção, organização e controle, para isso é necessário um planejamento estratégico, que busque estudos sobre o mercado, a localização de terrenos, obter os atributos do produto.

Na opinião de Nocêra (2010), a aptidão e o grau de benefícios adquiridos com o planejamento de um projeto são coeficientes emparelhados diretamente a eficiência da aplicação desse planejamento e ao auxílio da efetuação das atividades programadas. O mesmo autor estabelece que, para o projeto ser executado dentro do prazo estabelecido é muito importante que faça a organização desse projeto. O planejamento do projeto é encarregado de gerar vantagens como: Prazo de entrega, custo, o resultado do produto do projeto conforme o requerido, e a satisfação do cliente.

Para Pastro (2007) quando se utiliza sistema de alvenaria estrutural tem se uma grande economia, porém é necessário projetar pensando nesse detalhe, dessa forma quando o designer do projeto é bem racionado, há um aproveitamento melhor das paredes.

É importante compatibilizar o planejamento do projeto com a programação da realização da construção, pois os mesmos estão diretamente ligados a eficiência das atividades efetivadas durante a edificação e também na qualidade final do produto. Para se executar com eficácia a programação que irá atender todas as necessidades exigidas, precisa de tempo para um estudo aprofundado da demanda que o processo de execução irá exigir, para que o planejamento tenha seus objetivos saciados, além de ter uma supervisão durante as atividades. Com o mesmo objetivo resumido Mattos (2010) ressalta a importância de monitorar e não somente planejar.

A racionalização também é um recurso que os profissionais buscam dentro da área da construção civil, para uma melhoria constante das etapas de um sistema construtivo, buscando aproveitar melhor os recursos já disponíveis, com uma qualidade melhor da estrutura do planejamento. Para que tenha um grande resultado, a racionalização tem que ser vista de um modo amplo, para que ações como: planejamento, projeto, e conjunto de informações sejam

mais expressivos, do que os sistemas comuns de planejamento, diversificando os conceitos ligados ao produto.

Para melhor entendermos a definição e as aplicações da racionalização dentro da engenharia civil, alguns autores apresentam os seus pontos de vista.

Pastro (2007) conceitua que racionalizar, é transformar racional determinada ação, ponderar para desempenhar e manejar algo, este é o principal pensamento do que é a racionalização. Dessa forma, fazer uma obra ser racional representa-se em estudar, projetar e realizar com controle econômico, funcionalidade e propriedades de qualidade. O mesmo autor destaca como se faz para se obter uma boa organização dentro do sistema de alvenaria estrutural, para se obter uma edificação bem-sucedida e racionalizada, os projetos arquitetônicos e complementares devem se integrar, cumprindo cada um o seu lugar e objetivo, como se conversassem entre si.

Sabbatini (1987) conceitua que a racionalização construtiva, como ações agregadas que tem como objetivo melhorar o uso de todos os meios disponíveis, durante todas as etapas do empreendimento. Com um pensamento similar, Melhado (2004) retrata que a organização construtiva é um método dinâmico exercido por um grupo de ações que tem como objetivo melhorar o uso dos meios disponíveis para os estágios do sistema construtivo.

Completando o pensamento de Sabbatini (1987) destaca a racionalização como um elemento que pode ser aplicado em todo sistema construtivo, viabilizando uma considerável diminuição nas despesas, estabelecendo ações de normalização de componentes, simplificação de procedimentos e acréscimo de produtividade que podem gerar grandes reduções nos gastos. Entretanto, destaca que a maior parte desses parâmetros devem ser admitidos ainda no estágio do projeto, por causa suas inferências quanto as proporções, critérios e detalhes que são agregados ao mesmo.

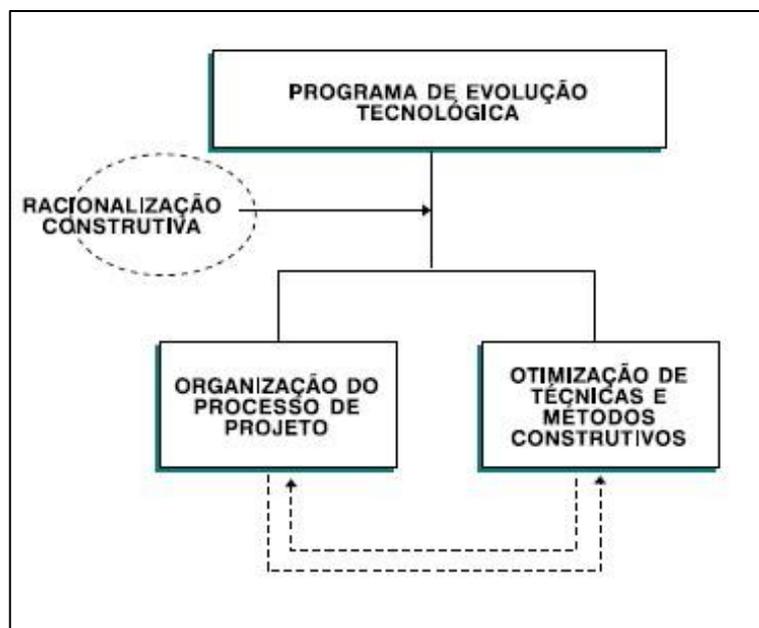
Melhado (1994) ressalta a importância do projeto dentro da racionalização, uma grande parte da organização, devem ser ponderadas durante a etapa de projeto. Na Figura 13 podemos ver como implementar a racionalização dentro do conjunto de projetos. Seguindo a mesma linha de raciocínio Duarte e Salgado (2002) afirmam que o projeto executivo pode ser um mecanismo vantajoso, apto a aperfeiçoar a utilização dos instrumentos, considerando a sua influência, diante disso reduzindo o acúmulo de perdas durante a sua aplicação, e também pela eficácia de direcionar e entender as melhores soluções de aplicação dos métodos construtivos empregados, evitando discordâncias entre eles.

Bagattelli (2002) o projeto se torna um instrumento vantajoso para a ligação entre o sistema projeto-obra, apenas quando apresenta um bom uma boa competência quanto ao

detalhamento, compreensão, objetividade, isto é, quando se tem precaução de projetar para produzir.

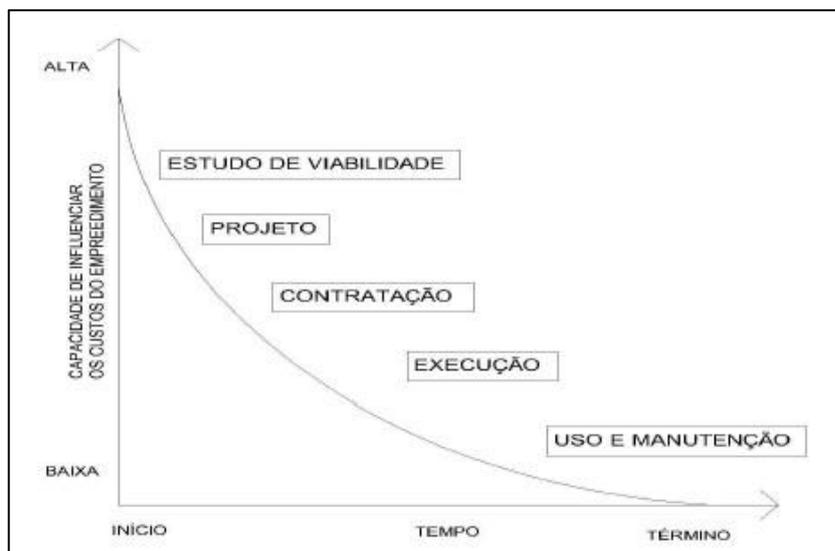
A vantagem de um projeto que provê sua competência, é que ele tem sua eficiência mais favorável e diligente. É importante mencionar as considerações levantadas pelo grupo, Construction Industry Institute (CII) ressaltando a importância das etapas preliminares do empreendimento. Nessas etapas iniciais as decisões tomadas são as que tem uma influência maior o custo final. Ribeiro (2010), levou em conta o mesmo pensamento ressaltando que a qualidade a partir da execução do projeto gera ganhos e diminui os custos quando se compra com projetos que serão alterados após essa fase. A Figura 14 evidencia o que foi dito, mostrando que quando se considera as fases de um empreendimento, o custo final tem uma grande influência.

**Figura 13 – Implantação da racionalização construtiva**



Fonte: Melhado, 1994.

**Figura 14 – Capacidade de influenciar os custos do empreendimento**



Fonte: Melhado, 1994.

Ao que menciona o sistema construtivo em alvenaria estrutural, Pastro (2007) reconhece que é um sistema racionalizado de alto padrão de industrialização, desde que seja executado conforme o projeto não ocorre o desperdício do material. O mesmo autor ressalta que para se obter uma edificação em alvenaria estrutural realizada corretamente, e uma boa racionalização, os projetos devem ser bem planejados e devem ser compatibilizados, respeitando os espaços e objetivos uns dos outros.

Rauber (2005) conceitual que a racionalização desse sistema deve ser a junção dos projetos arquitetônico e complementares, e a coordenação dimensional.

Franco (1992) afirma que a alvenaria estrutural é um método de construção onde as paredes compõem-se e juntamente as funções de vedação e estrutural. Pastro (2007) traz o mesmo pensamento quando cita que quando utiliza o sistema de alvenaria estrutural, o mesmo consiste em realizar a vedação e a estrutura em um só papel.

Silva e Abrantes (2007) apontam que um projeto de alvenaria estrutural elaborado adequadamente é uma forma mais adequada de prevenir as patologias. Os autores mostraram 2 fatores de deformidades no projeto, ligados a patologias que acarretarão na vida útil da edificação.

#### I. Deficiências de Projeto:

- Deficiente avaliação do desempenho da parede, quer na globalidade, quer na ligação a outras partes do edifício, no que respeita à penetração da água, durabilidade e comportamento estrutural;

- Insuficiente avaliação e determinação das propriedades a exigir ao tijolo e à argamassa;
- Especificações de materiais, testes e técnicas de execução omissas ou vagas, remetendo para "procedimentos habituais de qualidade reconhecida" e para a "experiência da mão de obra";
- Pormenorização incompleta, com utilização excessiva de desenhos tipo, eventualmente não adaptados à obra em causa, deixando a verdadeira pormenorização para a fase de execução;
- Negligência na determinação dos movimentos que podem ser revistos, na definição das exigências do suporte (em particular em paredes de fachada) e imposição das necessárias juntas de expansão-contração, quer verticais, quer horizontais;
- Negligência na determinação das exigências estruturais das paredes exteriores face à ação do vento e na adoção das soluções construtivas delas decorrentes (grampeamento, apoios suplementares, etc.);
- Negligência na previsão das deformações estruturais e da sua influência sobre as alvenarias, em particular nos fenômenos de fissuração;
- Desconhecimento ou má interpretação e aplicação dos códigos, regulamentos e bibliografia técnica e científica da especialidade.

## II. Patologias:

- Juntas de dilatação inadequadas;
- Apoio deficiente das paredes para correção das portas térmicas;
- Erros na utilização de barreiras para vapor e de pinturas impermeáveis;
- Proteção inadequada contra a umidade ascensional;
- Preparação e aplicação inadequada de rebocos hidráulicos tradicionais;
- Aplicação inadequada de revestimentos cerâmicos;
- Execução de peitoris com geometria e materiais inadequados;
- Fissuração da alvenaria sobre suportes muito deformáveis;
- Erros frequentes em paredes de tijolo à vista.

Quanto ao sistema de alvenaria estrutural é importante ressaltar que o projeto arquitetônico também se contém como projeto estrutural, e isso exige que ele tenha bastante precisão e detalhamentos. O que implica que o projetista deve ter conhecimento aprofundado para que se possa ser eficiente o resultado final do projeto. Gregorio (2010) afirma que fazer um projeto de alvenaria estrutural acarreta em obedecer a algumas restrições que são estáticas ao sistema construtivo.

Lourenço e Souza (2002) caracteriza que a alvenaria estrutural é composta por uma modulação, na qual são aplicadas nas primeiras etapas de projeto, para determinar as dimensões. Os mesmos autores apresentam algumas características do método de se projetar em alvenaria estrutural, elas são:

- A existência de limitações relacionadas a variabilidades dos espaços e à maneira da construção;
- A relevância dos métodos construtivos detalhados devidamente, serem apresentados com uma importância maior do que em outros métodos construtivos.

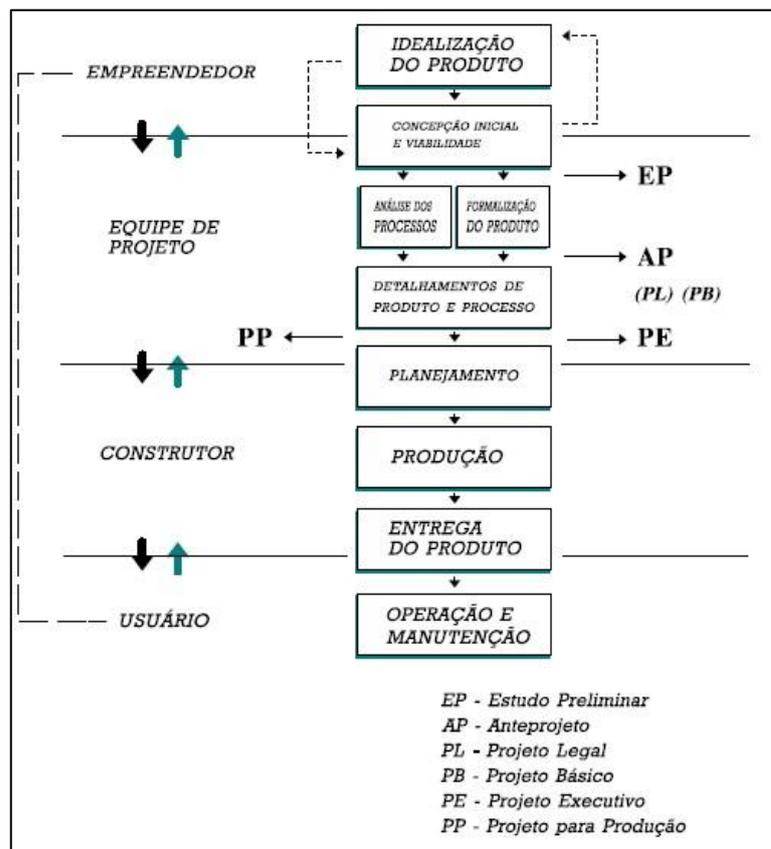
Pastro (2007) a capacidade de um empreendimento racionalizado não simplesmente uma tendência ou apenas questão de mostrar um método alternativo. A sua importância vai além, ela é uma questão de adequação em busca de qualidade entre os construtores e os empreendedores, pois a competição, exigência na questão de custo, qualidade e eficiência, desse modo, a alvenaria estrutural vem sobressaindo, pois essas são características desse método construtivo.

## 2.4 DESENVOLVIMENTOS DO PROCESSO DO PROJETO

As primeiras etapas do desenvolvimento de um sistema construtivo, é importante que sejam bem analisadas pois ainda podem ser alteradas de uma forma prática, sem gerar custos para o desenvolvimento. A coordenação e o desenvolvimento precisam ser bem elaborados pois eles vão ter uma influência sobre a qualidade de todo o resto do desenvolvimento. Essas influências podem ser variadas, e resultar também como despesas, conforme a execução do processo construtivo. Segundo Graziano (2003) podemos entender esses processos como a fonte de capacidade do projeto e uma forma assegurar uma boa qualidade durante a execução. É na concepção do projeto que se busca a qualidade, que é a etapa onde a maior capacidade de aproveitamento pode ser adquirida.

Em Melhado (1994) entendemos que o processo do projeto passa por fases constantes, na qual a liberdade de determinação entre possibilidades vai sendo gradualmente trocada pela descrição das respostas tomadas: idealização do produto, verificação de disponibilidade, padronização, descrição, planejamento e a entrega. Demonstrando esses processos na Figura 15, em um fluxograma dos procedimentos.

**Figura 15 – Sugestão do processo do método de desenvolvimento do projeto**



Fonte: Melhado, 1994.

Assumpção e Fugazza (2001) salientam que a função do projeto exibe um vínculo com essas fases, pois são a partir delas que vai se expandir as preparações para o desenvolvimento do projeto para produzir e para produção.

Para ter um entendimento mais claro de como são divididas as fases de projeto, Bagateli (2002) conceitua que as fases de progresso do projeto são estabelecidas quando se definem as soluções para propiciar a produção do empreendimento da maneira em que ele foi idealizado.

Observamos que cada fase tem sua função, que juntas formam um conjunto de informações que deveriam ser usadas dentro de cada uma das próprias fases, facilitando as suas funções individuais que são ligadas:

- **Programa de necessidades:** é o grupo de necessidades a edificação a ser idealizada vai atender;

- **Estudo preliminar:** é o estudo da implantação do terreno, e realização de uma reprodução gráfica, analisando o sistema arquitetônico que está sendo adotado;
- **Anteprojeto:** representação antecipada das informações técnicas para o projeto, e da integração das atividades como: determinação da técnica construtiva, pré-dimensionamento da fundação e estrutural, elaboração do conjunto de instalações prediais, e avaliações de qualidade do projeto e custo da edificação;
- **Projeto legal:** é a análise das informações, e exigência legais para obtenção da liberação dos órgãos públicos;
- **Projeto básico:** é o projeto para compatibilização de interferências, e serve para basear a contratação de serviços, e também é uma análise de custos e a determinação de tempo de execução de cada fase da obra;
- **Projeto executivo:** é o projeto base para todos os outros projetos que vão ser executados para a edificação, contem detalhamentos para a execução da obra, e características gráficas, técnicas e memoriais.

É importante que todos os projetos sejam compatibilizados entre si, para que seja os objetivos sejam atendidos, Castro Neto (1994): versatilidade, flexibilidade a mudanças e melhorias, e, especialmente, incorporação entre os mecanismos que, neste âmbito são mais abundantes, do que em um projeto comum.

## 2.5 COMPATIBILIZAÇÕES DE PROJETOS

Compatibilização de projetos é o mecanismo usado para a integração dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação, esse artifício tem sido considerado como o melhor procedimento para solucionar problemas como: interposição física, danos nas funções, meios consequentes de contradição dos projetos. Esse método abrange recursos para administrar e operar elementos que integram os projetos, proporcionando uma facilidade no planejamento, concepção, e a construção por meio de um processo agregado.

Em grande parte das situações os projetos são constituídos separadamente, e quando não se tem uma comunicação entre os projetistas, as chances de incompatibilização entre os

projetos são elevadas, muitas vezes esses erros são encontrados somente durante a execução da obra, onde tem alterações imprevistas que causam atrasos e muitas vezes prejudicam trabalhos já realizados.

Graziano (2003) define a compatibilização como uma característica do projeto, na qual elementos dos grupos apoderam-se de espaços que não tenham ligações entre si, e também as informações compartilhadas possuam coerência e segurança até a finalização da construção.

De acordo com Picchi (1993) a compatibilização assimila o desempenho de sobrepor todos os projetos, e assim as interferências poderão ser detectadas. Para Silva (2004) a compatibilização entre projetos é uma ação que busca explorar várias soluções de medidas, tecnológicas e da aparência visual, com a finalidade de que sejam conciliáveis entre si, e como um todo.

Segundo Castro (1999) um problema habitual na ocorrência de patologias encontradas nas construções, são as intercessões entre os projetos estruturais, e de instalações, resultante da incompatibilidade dos projetos, ou de alterações feitas durante a execução da edificação, especialmente pela falta de administração entre os sistemas implicados.

Callegari (2007) ressalta que é essencial que para uma realização equilibrada, é necessário que a compatibilização entre projetos, sendo a construção, uma produção ativa e contínua, para o projeto arquitetônico e complementares, sempre com o objetivo de buscar modelos para o controle de qualidade.

Segundo Rauber (2005) os profissionais que são responsáveis por idealizar o projeto, normalmente não possuem informações eficazes ou corretamente apresentadas que facilitem a execução do projeto arquitetônico em alvenaria estrutural. Ainda segundo o autor, regularmente os profissionais e construtores tem objeções em adotar o sistema de alvenaria estrutural, por falta de conhecimento das técnicas construtivas, e também por receio em usar um método com técnicas diferentes das já conhecidas e praticadas. Mesmo a alvenaria sendo um sistema antigo, quando se trata dela como um sistema estrutural, existem receios, em se projetar usando esse método pois por falta de informações e experiências, os profissionais apresentam dificuldades, e uma delas é compatibilizar os projetos. Essa dificuldade em abordagem do sistema, o que causa essas faltas de experiências dos profissionais, foi abordado pela revista *Téchne* (1998):

Cada vez mais distante do preconceito que a associava apenas às construções populares, a alvenaria estrutural ganha espaço nos canteiros de obras brasileiros. A volta da classe C ao mercado consumidor de imóveis e o empenho da engenharia

nacional estão alavancando um sistema construtivo que parecia fadado aos conjuntos habitacionais populares. A alvenaria estrutural caiu, por fim, no gosto do meio técnico brasileiro, atraído pela redução de custos de até 30% proporcionado pelo sistema. A possibilidade de construir edifícios altos com apartamentos amplos – um edifício na zona leste de São Paulo já alcançou a marca dos 24 pavimentos e outros dois no Morumbi, zona sul, estão sendo construídos com até quatro dormitórios – tem enterrado alguns velhos preconceitos (TÉCHNE, 1998, p.26-31).

Segundo Souza et al (1995) a utilização de um sistema padronizado tem a finalidade de amenizar a possibilidade dos processos, criando uma maneira padrão para a realização dos materiais, e que o custo integrado também seja padronizado, realizando um resultado satisfatório, ao trabalho subsequente e também ao cliente. Tomando uma sequência do mesmo pensamento Vanni (1999) conceitua que a admissão de um processo padronizado, facilita percepção das falhas, a evitar os desperdícios e também o trabalho refazer o processo novamente. A decorrente racionalização, tem um resultado satisfatório na redução de materiais, constituindo um produto com uma qualidade maior.

De acordo com Almeida (2002) o desfecho final de uma edificação em alvenaria estrutural é fundamentado na correlação dos variados projetos e na coerência do conjunto, tendo que ter uma perfeita incorporação entre os envoltos ao processo.

Segundo Samara (2013, apud MACHADO, 2014) que adverso dos procedimentos tradicionais, o sistema de alvenaria estrutural tem relação abrangente aos sistemas e subsistemas constituintes de um empreendimento. Na alvenaria estrutural, é muito importante que o projeto arquitetônico se apresente compatível com os projetos complementares. Isso se destaca por não ser permitido que haja improvisos, como cortes e remoção das paredes estruturais, pois quando isso ocorre pode comprometer a segurança do edifício.

Melo (2006) Realizou um estudo referente a necessidade e complexidade no projeto arquitetônico perante o sistema de alvenaria estrutura, e chegou à conclusão que a composição ideal de projetos através da elaboração de grupos multidisciplinares e da incorporação dos projetistas, pode diminuir a quantidade de problemas, durante a etapa de projeto, e consequentemente nas etapas decorrentes.

É indispensável uma comunicação entre os diferentes projetistas, para que os projetos, arquitetônico e os projetos complementares tenham uma ligação para evitar problemas futuros, segundo Fabrício e Melhado (1998) a logística abrange a comunicação de todos os projetistas a partir das etapas iniciais do desenvolvimento do projeto, a fim de debater e facilitar cada solução determinada nessa etapa. Isso é tão essencial, que torna constante a possibilidade de incompatibilidade entre as referências apresentadas pelos vários profissionais que executaram os diferentes projetos, isso pode ser solucionado com a

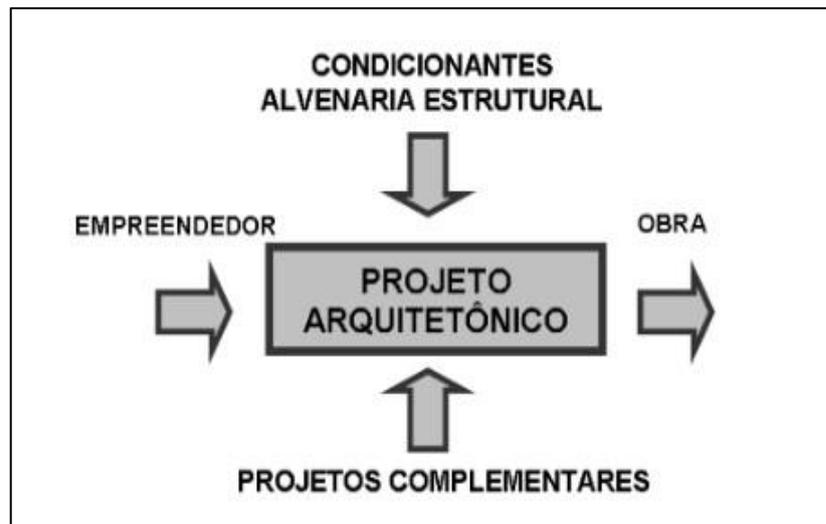
compatibilização dos projetos, os mesmos autores abordam que na condição de compatibilização de projetos, são colocados sobrepostos os diferentes projetos relacionados a obra, para verificar as interferências que existem entre eles, assim as falhas são encontradas e solucionadas.

Segundo Franco (1992) o profissional responsável pelo projeto arquitetônico também deve ter conhecimento dos requisitos necessários para os projetos complementares, e também os detalhes da racionalização construtiva. Rauber (2005) acrescenta que desta maneira, proporciona-se a consuntibilidade, realizando um empreendimento de qualidade e diminuindo os inconvenientes durante a obra, com um custo satisfatório.

Franco (2002) quando se trata do projeto arquitetônico, é onde se obtém a maior responsabilidade relacionada ao resultado absoluto de uma edificação realizada em alvenaria estrutural. Quando se utiliza esse método construtivo, por ele fazer o papel de vedação ele não em um projeto específico, por isso é retratado no projeto arquitetônico, porém é de suma importância levar em conta as suas obrigações estruturais, podemos ver na Figura 16 a influência das decisões tomadas na fase inicial do projeto de uma edificação, e como ela reflete nos outros estágios, por isso o tamanho da importância de compatibilizar os projetos, para que seja evitado desperdícios, atrasos e aumento de custo durante a execução da edificação.

Quando não é possível ser feita uma compatibilização dos projetos complementares com o projeto arquitetônico, uma solução encontrada é que os projetos sejam feitos juntos, para que os erros de concordância possam ser resolvidos, o que comumente é difícil, pois cada projeto é feito por um profissional diferente, uma vez que a compatibilização não é analisada antes do início da obra, reverter os problemas vai gerar mais tempo e mais custos.

**Figura 16 – O papel do projeto de arquitetura em alvenaria estrutural, relacionado aos projetos complementares**



Fonte: Melo, 2006.

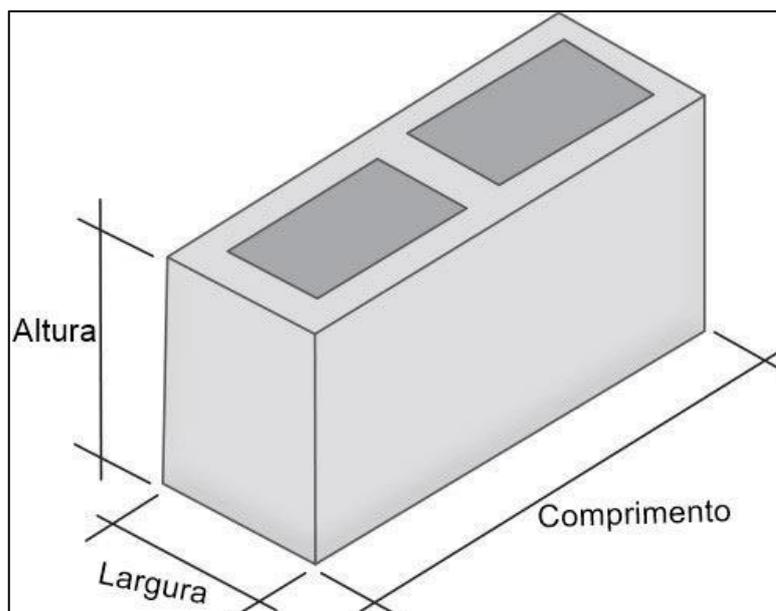
### 3 MODULAÇÃO E DETALHAMENTO DO PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURA

#### 3.1 CONCEITOS BÁSICOS

É fundamental para o projeto ter a modulação quando se usa o método construtivo de alvenaria estrutura, pois quando se utiliza a modulação nesse método construtivo é mais fácil obter uma racionalização e garante o padrão de eficiência que esse sistema é capaz de obter. Tauil e Nese (2010) ressaltam que quando se analisa a maioria das referências, se conclui que a coordenação modular ordena as peças ou elementos que integram um edifício, incluso em uma base, com proporções pré-definidas.

Quando falamos sobre modulação, podemos resumir que ela nada mais é do que a utilização e uma unidade modular para se projetar, esses elementos modulares são definidos pelas dimensões dos blocos mostrada na figura 17, onde as três medias principais são: comprimento, largura e altura. Essas medias medidas podem ou não ser múltiplas, e quando não são, surge uma dificuldade enorme nas amarrações das paredes, o que vai gerar uma perca significativas em termos de racionalização do sistema construtivo, e será necessário adquirir elementos pré-fabricados ou produzidos na própria obra para nivelar a modulação.

Figura 17 – Dimensões de um bloco



Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003.

Glacy (2013) cita que a modulação opera como uma ferramenta produtiva para a racionalização dos processos de projeto e execução da obra, colaborando para uma qualidade melhor do produto final que é o edifício.

Tauil e Nesse (2010) ressaltam que o projeto de modulação é indispensável quando se adere o sistema construtivo em alvenaria estrutural. Tem uma grande influência quando associada a estabilidade da construção, tanto pela estrutura de sustentação quanto pela relação a outros elementos do projeto e da obra que farão parte da edificação finalizada.

Segundo, Machado (2014, apud FRANCO, 1992) afirma que na fase de projeto a aplicação de um processo integral de modulação ocasiona uma sequência de vantagens, possibilitando técnicas variadas da racionalização. Entre elas:

- Consegue assumir uma regularização de projeto constituídas em determinadas regras. Isto é, além de simplificar a concepção do próprio projeto, facilita a utilização de um número reduzido de detalhes formais, padronizando a própria concepção do projeto;
- A normalização realizada pelo sistema de modulação tem resultados na execução, por meio de que a mão de obra tem uma facilidade maior de compreender os detalhes, e nisso melhorando a produtividade;
- A aplicação de um sistema de coordenação modular facilita a definição de uma solução simplificada para a realização das amarrações das paredes, facilitando a realização dessa atividade. Com tudo isso pode se evitar a paralização da função de assentamento dos blocos (que subsistem na utilização do sistema como o grauteamento das uniões);
- Ocorre uma redução na quantidade necessária de componentes para a execução da alvenaria, quando se padroniza. Isso gera eficiência na própria fabricação desses elementos;
- Quando se padroniza os elementos usados na alvenaria, isso é espelhado gerando uma padronização nos demais sistemas auxiliares. Sendo assim, com um número menor de elementos, consegue-se realizar o detalhamento do projeto;
- Isso possibilita determinar antecipadamente as soluções empregadas, aprimorando através de um detalhamento rigoroso e prudente, e com isso gerando facilidades no projeto, com a aplicação dessas particularidades.

Portanto para que ocorra uma racionalização, é necessária uma modulação dos blocos, portando é preciso realizar um estudo para compreensão tanto das peças quanto para a coordenação modular.

### 3.2 COMPONENTES DA ALVENARIA

A qualidade dos elementos empregados estabelece as propriedades de uma construção, consoante a Ramalho e Corrêa (2003), é fundamental ponderar dois elementos centrais: elemento e componente da alvenaria estrutural. Entendemos que um componente é uma unidade, ou seja, ele constitui o elemento, e este conseqüentemente formara a estrutura. Sendo que esses principais materiais que constituí esses elementos são: As unidades ou blocos, argamassa, graute, e armadura. Segundo Rizzatti (2015) os elementos centrais da alvenaria, devem ser denominados com particularidades mínimas, constituições especificadas pela norma e características que cumprem as condições solicitadas.

#### 3.2.1 Unidade modular

A maior parte corpulência da alvenaria estrutural é formada por blocos, apresentando características como estabilidade, resistência a tração e compressão, precisão dimensional, resistência a chuva e ao fogo, isolamentos térmicos, acústico, e aparência visual. Gallegos (1991) salienta que os blocos são elementos essenciais para realização da alvenaria.

Cavalheiro (1995) define o bloco ou o tijolo modulado e industrializados, com formato de um prisma, fácil de se manusear, podendo ser furado, vazado, maciço, com variados materiais, e ser fabricado de diversas maneiras, os mais utilizados são os cerâmicos, concreto, concreto celular auto clavado, e os sílico-calcáreos. A diferença entre blocos e tijolos é que as dimensões do bloco ultrapassam os tamanhos máximos dos tijolos.

É fundamental levar em conta as características dos materiais, para se obter segurança, qualidade e reduzir os custos da construção, por isso é essencial fazer um estudo prévio para estabelecer o tipo de bloco que vai atender melhor às necessidades da edificação. Rizzatti (2003 apud GROHMAN, 2006) salienta que os atributos físicos das unidades são afetados pelos elementos que a compõe e pelo processo de fabricação.

Uma característica muito importante do bloco é a resistência a compressão, sendo que essa propriedade é um fator predominante na resistência de uma parede, mesmo que o bloco tenha outras propriedades importantes, a sua qualidade é medida pela resistência a

compressão por ser a mais importante, de uma forma abrangente podemos resumir que a resistência da parede depende da resistência a compressão do bloco.

Os blocos podem ser considerados vazados quando tem espaços vazios de no mínimo 25% da sua área total, se o índice de vazios não atingir essa porcentagem o bloco é classificado como maciço. As unidades podem ser aplicadas de duas maneiras, sendo elas de vedação e estrutural, quanto a escolha do tipo de unidade usar, vai depender do fornecimento local, da altura do edifício, e também do custo.

Machado (2014) afirma que no Brasil os blocos mais utilizados são os de cerâmica e de concreto, contudo eles apresentam diferentes pesos e valores de resistência a compressão, esses aspectos geram cálculos estruturais distintos, o que gera uma nova condição para a escolha da unidade, que é o tipo do elemento da unidade modular. É de suma importância ter conhecimento das unidades e os demais elementos que vão constituir as paredes.

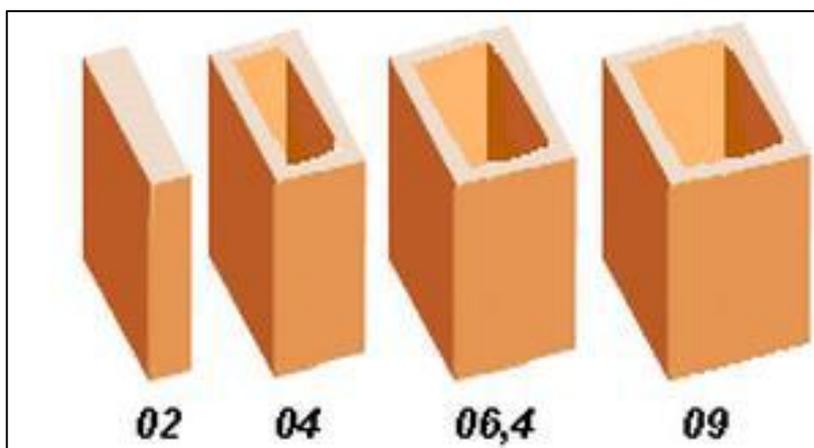
### 3.2.1.1 Blocos usualmente utilizados

#### 3.2.1.1.1 Blocos cerâmicos

O bloco cerâmico é feito basicamente de argila, portanto seus atributos são influenciados pela constituição e pela confecção dessa unidade (Figura 18), consoante a Rizzati (2003, apud SANTOS, 2008) a argila é o principal material nos blocos de cerâmica, integrada por sílica silicato de alumínio, óxido ferrosos, sendo ou não calcária. A ABNT NBR 15270 – 2 (2005) acrescenta que o bloco de cerâmica estrutural sendo ou não composto com aditivos, devem ter plasticidade e ligar as partículas quando levadas a temperaturas elevadas.

Os blocos cerâmicos têm a vantagem de serem leves, podendo ter um peso de até 40% a menos que uma unidade de concreto, com essa redução elevada ocorre uma maior eficácia na mão-de-obra, e modera a carga na fundação, diminuindo então o custo da obra. O bloco cerâmico tem um importante aspecto mecânico, que é a resistência a tração, embora o esforço principal que atua na alvenaria seja a compressão, pode aparecer tensões de tração nas unidades, tornando relevante a definição da resistência a tração dos blocos.

**Figura 18 – Diferentes tipos de blocos cerâmicos**



Fonte: Machado, 2014.

### 3.2.1.1.2 Blocos de concreto

O uso das unidades de concreto na alvenaria segundo Salvador (2007) iniciou posteriormente a chegada do cimento portland, e foi quando começou a fabricação de peças grandes e maciças feitas em concreto, como apresenta a Figura 19. Desde então vem modernizando a produção e a utilização na alvenaria estrutural, porém os componentes, o sistema de dosagem, e o processo de produção praticamente os mesmos.

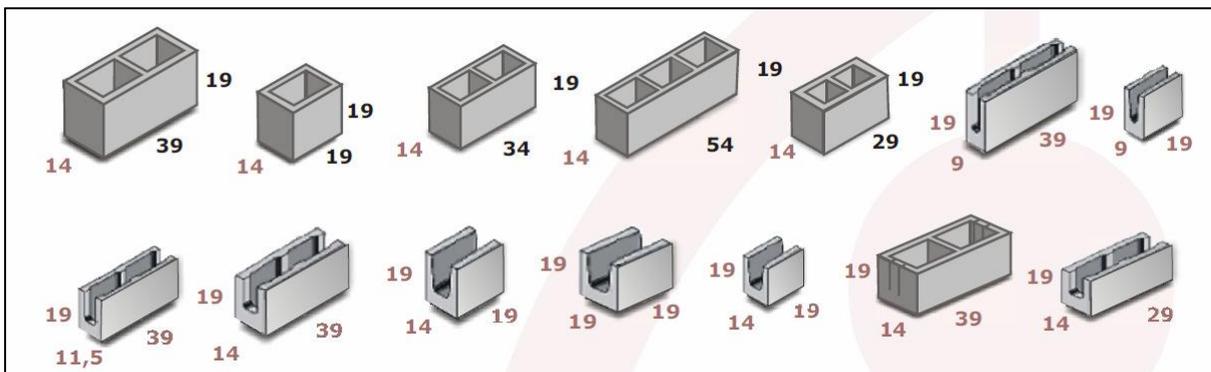
A fabricação dos blocos de concreto teve início nos Estados Unidos no final do século XIX, tendo também grandes produções na Europa, especialmente na Inglaterra, Alemanha e França, no Brasil se encontra edifícios com mais de 20 pavimentos construídos em alvenaria estrutural usando blocos de concreto, ele também é utilizado em paredes estruturais, de vedação, podendo suprir as características estruturais de pilares ou vigas, diminuindo o emprego de armaduras e formas, segundo Betim et al (2013) o bloco de concreto é uma das unidades que foi processado na metodização da série de produção, com o auxílio de mecanismos qualificados para acelerar sua fabricação, planejando uma forma de construir de forma modular.

As unidades devem apresentar dimensões e formas apropriadas, acabamento geométrico adequado, consistência, resistência, aspecto visório, e nos demais isolamento acústico e térmico, Esses parâmetros que determinam a qualidade e consuntibilidade dos blocos, são determinados pela seguinte série de normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas):

- NBR 15961-1/2011 – Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto – Parte1: Projeto;
- NBR 15961-2/2011 – Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e controle de obras;
- NBR 6136/2008 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos;
- NBR 10837/89 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto;
- NBR 8798/85 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto;
- NBR 15873/2010 – Coordenação Modular para Edificações;
- NBR 7184/92 – Determinação da resistência à compressão;
- NBR 12118/2011 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de ensaio;
- NBR 14322 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão;
- NBR 8215/1983 – Prisma de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural Preparo e ensaio à Compressão;
- NBR 14321 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento.

Inicialmente os blocos servem para levantar paredes, com a função de transmitir cargas, por isso sua característica mais importante é a resistência a compressão, ela é uma particularidade fundamental para os blocos estruturais, consoante a Ribeiro (2010), a resistência a compressão é a principal propriedade estrutural para a escolha do bloco.

**Figura 19 – Modelos variados de blocos estruturais de concreto**

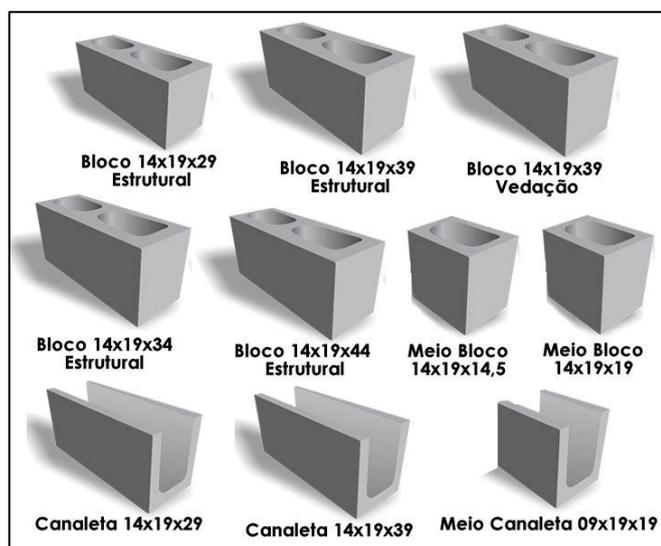


Fonte: Mohamad, 1998.

### 3.2.1.1.3 Blocos especiais

As duas famílias de blocos mais comuns no Brasil, são a “família 39” de dimensões 39x14x19cm, e a “família 29” que suas medidas são 29x14x19cm. E também existem os blocos especiais que servem auxiliar na modulação dos blocos comuns, e para que tenham encaixes corretos quando distribuídos na formação das paredes e no encontro das mesmas. Podemos identificar na Figura 20, os blocos especiais das duas famílias citadas a cima, eles são conhecidos como “meio bloco” e o “bloco e meio”.

**Figura 20 – Famílias de blocos de concreto**



Fonte: Dias e Barroso, 2017.

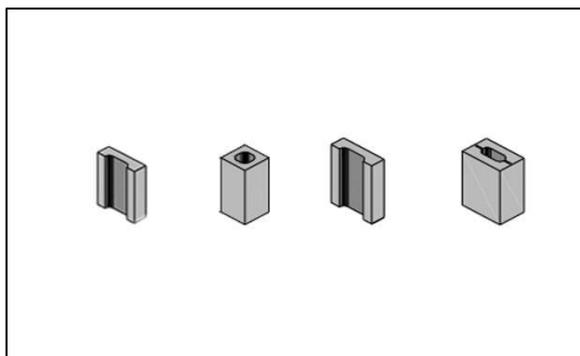
A “família 29” é constituída por duas peças de medidas diferentes, o conhecido como B29 com medidas 14x19x29cm, e o bloco B14 com dimensões 14x19x29, eles sempre têm a largura de 14cm, e os blocos tem o comprimento múltiplos da largura para evitar o emprego de peças para ajustar os vãos das esquadrias. Essa família usa os blocos 14x19x39 para de

grandes comprimentos onde não tem cruzamento de paredes, e quando se utiliza esse bloco para compensação da modulação é necessário o emprego de blocos para o ajuste de ligações em “T” e em “L”, conhecido como B34 de medidas 34x19x14 cm.

A “família 39” tem as mesmas características de ligação que a família 29, porem com medidas diferentes, ela é constituída por basicamente três blocos: B39, B19, e B54, com as respectivas medidas 39x19cm, 19x19cm, 54x19cm, onde as larguras são consideradas viáveis, para realizar a modulação nos encontros das paredes é empregado os blocos complementares, para o encontro das paredes usa os blocos de dimensões 14x19x24cm e o 14x19x34cm , e para as a ligação em “T” utiliza o bloco 14x19x54cm.

Os blocos especiais apresentados na Figura 21, foram criados para ajustar as paredes com vãos que não eram modulados, e também para regular as dimensões de portas e janelas.

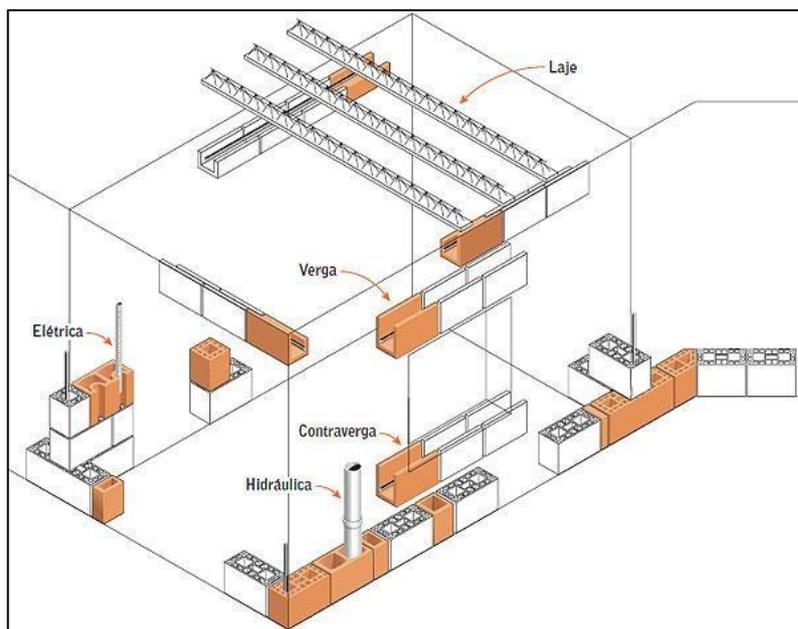
**Figura 21 – Blocos compensadores de concreto**



Fonte: Salvador, 2007.

Outros tipos de blocos especiais são os blocos tipo “U” e o tipo “J”, os blocos “U” são utilizados para a efetivação de vergas, contravergas, e cintas, a efetivação de vergas, contravergas, e cintas. Já os blocos “J” são empregados na execução de cinta de respaldo para lajes, e em escadas. No esquema da Figura 22, podemos analisar bem como são empregues os blocos “J” e “U”, e também outros blocos especiais, feitos para a aplicação elétricas e hidráulicas.

**Figura 22 – Funções dos blocos especiais “J”, “U”, elétricos e hidráulicos**



Fonte: Dias e Barroso, 2017.

### 3.2.2 Argamassas

A argamassa na alvenaria estrutural tem a finalidade de fazer a junção dos blocos, a relação dessas duas unidades é intitulada alvenaria, além de unir as unidades, a argamassa tem a função de transmitir as ações horizontais e verticais que operam entre os blocos, unindo eles e formando uma só estrutura, segundo a ABNT NBR 8798 (1985) a argamassa pode ser definida como um elemento usado entre as unidades de concreto, feito de agregado miúdos, cimento, água, cal, e adições determinadas para realizar a plasticidade e a contenção da água usada para homogeneização da massa.

Segundo Gallegos (1991) é importante diferenciar as características da argamassa no modo fresco, e no estado solidado. O aspecto da argamassa no estado fresco é a maleabilidade. Essa trabalhabilidade no estado adequado, pode ser aplicada sobre os blocos nas superfícies horizontais e verticais, executando a aderência de um bloco no outro. O mesmo autor ressalta que as características no modo endurecido são a ligação e a resistência a compressão. A ligação é uma característica importante da argamassa, é ela que certifica a vinculação entre os blocos.

Segundo Villar (2005) é comum que se confunda a argamassa e o concreto, já que ambos são produzidos basicamente pelos mesmos elementos, porém suas finalidades são completamente distintas. O concreto é um elemento de função estrutural com finalidade estrutural. E a argamassa tem uma aplicação de aderência ou adesiva.

As argamassas normalmente são compostas de cimento, areia e cal, sendo que essa mistura pode ser variada, onde a argamassa feita de cimento e areia não é indicada para a junção de unidades, pois não absorve muito bem deformações por serem muito rígidas, é um equívoco concluir que pela alvenaria estrutural necessitar de resistência, ela tem que ser feita com uma argamassa de traço forte, quando se usa um traço muito forte pode resultar em fissuras.

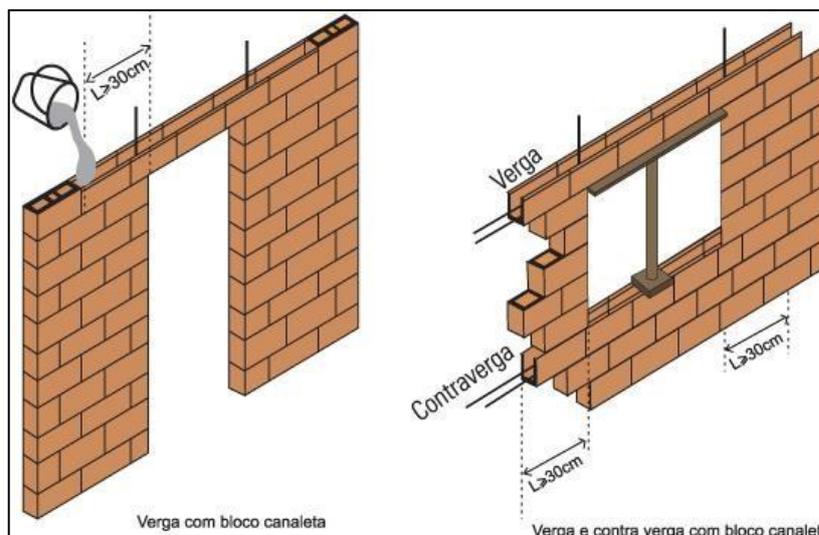
A argamassa formada por cal e areia resiste pouco a compressão, reduzindo a resistência da parede. Com isso concluímos que ao contrário do que se com conclui, a resistência da argamassa interfere na resistência a compressão da construção. É recomendado que a argamassa tenha resistência  $f_m$  entre 70% e 100% da resistência do bloco, porém a argamassa só vai interferir consideravelmente na resistência a compressão da parede se o valor da resistência da argamassa for inferior a 30% ou 40% da resistência da unidade.

De acordo com um trabalho feito por Francis (1971) tornou-se fundamentado que a resistência da parede diminui quando aumenta a espessura da junta horizontal. Sendo assim se adotado uma espessura da junta muito grande mesmo que ela tenha uma resistência a compressão pequena, ela vai estar propensa a rupturas. Segundo a ABNT NBR 10837 (1989) caracteriza que a grossura da junta horizontal que liga as unidades deve ser de 1 cm, com a exceção de que fundamente a utilização de outra espessura.

### 3.2.3 Graute

O graute é uma espécie de concreto ou argamassa com agregados miúdos, com alta resistência empregado no preenchimento de vazios dos blocos, quando empregado nas unidades de concreto ele aumenta a área líquida da mesma, pois o material é semelhante ao do bloco, portanto pode ser calculado de forma simples, o emprego do graute aumenta a capacidade de resistência a compressão e combater a tensão a tração seja combatida, sem ter que aumentar a espessura da mesma. Já em blocos cerâmicos onde são materiais distintos fica um pouco mais complexo presumir a resistência final da junção desses dois competentes, podendo ter um resultado negativo pelas diferenças variadas dos materiais. O graute também pode ser utilizado para o aumento da resistência de locais específicos como vergas e contravergas, e também ligar armaduras nas paredes, assim como portas, janelas e shafts, como mostra a Figura 23.

**Figura 23 – Modelo de grauteamento em portas e janelas e vergas e contravergas**



Fonte: Mohamad, 1998.

O graute é determinado por Prudêncio et al (2002) como uma combinação de elementos cimentícios e água, contendo ou não agregados de grandes dimensões, misturados de forma que se alcance consistência líquida.

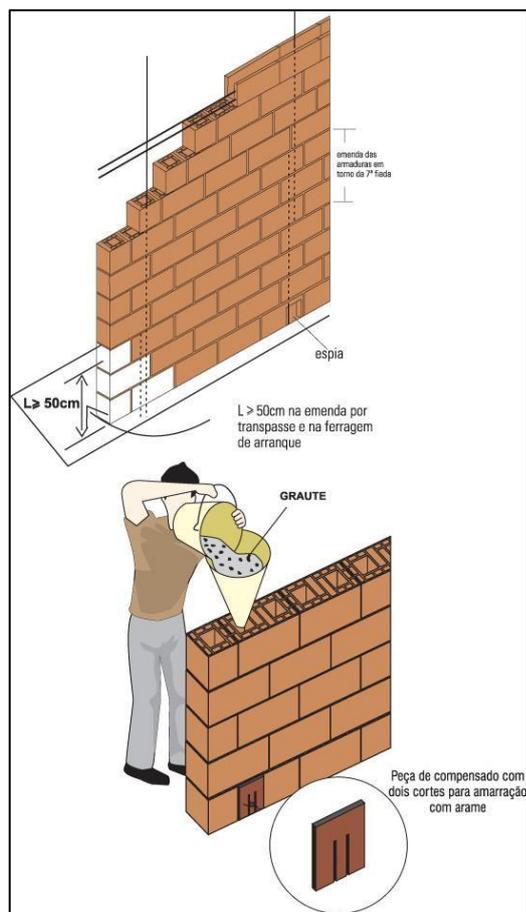
Ramalho e Corrêa (2003) determina que é graute é um concreto com agregados miúdos e parcialmente flácido, com a função de aumentar a área líquida da seção transversal das unidades, tornando o bloco com maior área sólida com a implementação de armaduras nas áreas vazadas.

### 3.2.4 Armaduras

O aço usado na alvenaria estrutural é o mesmo empregado nas estruturas de concreto armado, porém quando empregado no sistema da alvenaria tem a sua eficácia reduzida quanto a resistência a compressão, mas ainda assim é importante a utilização do aço, pois mesmo que a tensão de escoamento não tão seja explorada nesse caso, essa tensão ainda vai impedir um excesso de fissuras, sendo que as barras na alvenaria devem ser empregadas no graute.

A relação custo-benefício não fica muito aderente quando se trata em aderir o aço para aumentar a resistência a compressão, pois nesse tipo de estrutura a sua habilidade a compressão é limitada, portanto a alvenaria estrutural armada é adequada somente quando é necessário atingir uma ductilidade na estrutura, quando é preciso aumentar a resistência em um certo local, e para aumentar o limite de esbeltes das paredes como apresenta na Figura 24.

**Figura 24 – Posicionamento da armadura e a aplicação do graute vertical e horizontal**



Fonte: Mohamad, 1998.

### 3.3 COORDENAÇÃO MODULAR

#### 3.3.1 Importâncias da coordenação modular

Sobre a importância da coordenação modular Tauil e Nesse (2010) ressaltam que podemos concluir ao explorar algumas referências, que a coordenação modular estrutura as unidades ou componentes que integram a edificação, incorporado em uma base, com dimensões pré-definidas.

Manzione (2004) conceitua a coordenação modular como uma técnica que possibilita estabelecer as medidas das edificações baseadas em uma unidade modular padrão.

Conceitualmente Franco (1992) resalta que a modulação é a parte fundamental para a sistematização dimensional usada nas edificações em alvenaria estrutural. Sendo assim, a partir da formação inicial que vão determinar o modelo arquitetônico, o responsável pelo projeto deverá aplicar a modulação como base do projeto, usando as dimensões dos elementos usados na alvenaria. Essa definição segue o conceito apresentado pela ABNT NBR 5706

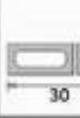
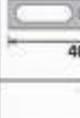
(1977) de que a coordenação modular é o método que possibilita a vinculação das dimensões de projeto, através uma unidade modular como padrão.

Baseando na ISO 2848 - Construção civil: Coordenação modular: princípios e regras para o uso da coordenação modular na construção civil. Machado (2014 apud Zechmeister 2005) elaborou um estudo destinado a regulamentação das medidas dos blocos de alvenaria estrutural no Brasil, usando a sistematização modular, contudo ele pondera que:

- a) Auxiliar a colaboração entre os projetistas da edificação, os fabricantes de elementos, distribuidores, empregadores, e o poder público;
- b) Possibilitar a concepção de projetos, com componentes, sem permitir a limitação do projetista;
- c) Propiciar a flexibilização dos modelos de parâmetros com o objetivo de incentivar o emprego de alguns números limitados de elementos da construção convencional, para a elaboração de variados tipos de edificações;
- d) Incrementar o aumento de medidas padrões de elementos de construção;
- e) Incentivar o aumento de intercambialidade dos elementos, por seja qual for o material, maneira, ou critério de fabricação;
- f) Facilitar a operacionalização das unidades pela racionalização, estabelecimento, e montagem das peças;
- g) Certificar a organização das medidas entre as partes, assim como todo o resto da edificação.

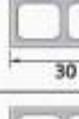
Para Richter (2007) Para conseguir um projeto de alvenaria pratico, é essencial ter a menor quantidade componentes diferentes que vão ser usados, e usar materiais fáceis de serem encontrados no mercado, com dimensões e aspectos padrões. Nas Figuras 25 e 26, temos algumas famílias com as medidas dos blocos mais utilizados.

**Figura 25 – Associações de unidades modulares, das famílias 20 e 40**

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

Fonte: Tauil e Nesse, 2010.

**Figura 26 – Associações de unidades modulares, das famílias 15 e 30**

	Medida modular = 1M e 1/2M Medida de coordenação = 15 cm ou 14 cm + <u>1 cm (ajuste de coordenação)</u>
	Medida modular = 3M Medida de coordenação = 30 cm ou 29 cm + <u>1 cm (ajuste de coordenação)</u>
	Medida modular = 4 e 1/2M Medida de coordenação = 45 cm ou 44 cm + <u>1 cm (ajuste de coordenação)</u>

Fonte: Tauil e Nesse, 2010.

As normas brasileiras NBR 6136 (2008) e NBR 15270 (2005) destinadas para blocos de concreto e cerâmicos caracterizam os blocos baseando-se em duas larguras, sendo elas dimensões nominais de 15cm classificados como blocos M-15 e 20cm classificados como blocos M-20. As referências M-15 e M-20 referem-se respectivamente as larguras de 14 e 19cm, que representadas no tamanho real do bloco adicionado 1cm, que retrata a junta da argamassa, tanto no sentido vertical que representa a altura, quanto no sentido horizontal que representa a largura e comprimento. No entanto, a norma ressalta que as dimensões padronizadas sempre irão ser de 20 e 40cm, e as respectivas alturas de 10 e 20cm. Porque a

regulamentação quanto ao comprimento é propícia à 20cm, tornando-se inadequada para a à largura de 15cm.

Zechmeister (2005) estabelece que para corresponder os parâmetros da coordenação modular, o bloco que poderia ser usado equivalente família modular de razão 2 (2M-20cm) seria a de 20x20x40. Porém essa unidade não se encaixou nos parâmetros econômicos, e climáticos mais brandos, e impactos sísmicos, esse bloco foi modificado para as medidas de 15x20x40cm.

Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que os blocos mais usados no Brasil são os de comprimentos de 15, e 20cm. E algumas regiões como Norte e Nordeste, é normal usar unidades modular de 12cm, que são utilizados pelo resto do país em construções de até dois pavimentos. Habitualmente a modulação longitudinal é igual à largura, porem alguns casos com blocos largura de 20cm, encontra-se larguras de 15 e 20cm, em conformidade com a NBR 6136. Porém para a altura não é comum deparar com valores distintos a 20cm, com exceção das unidades compensadoras.

### **3.3.2 Escolha da modulação**

Além das variações dos tipos de blocos poderem ser entre de concreto ou cerâmico, maciço ou vazado, é importante também escolher as dimensões a serem utilizadas. Machado (2014) acentua que é importante escolher a unidade na fase de pré-projeto, uma vez que as medidas da mesma é que determinam o projeto arquitetônico, abreviando o pensamento é primeiro escolher e depois projetar. Um erro frequente é que primeiro projeta e depois escolher o bloco.

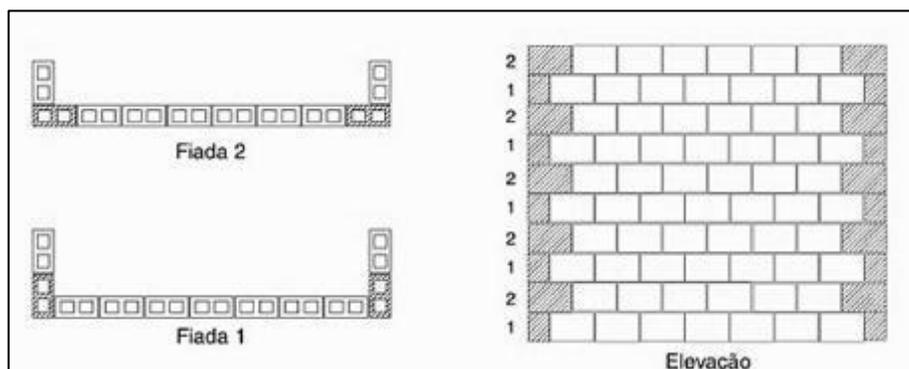
A escolha do bloco antecedente do arranjo arquitetônico pode prever futuros problemas, e dessa forma evitar a utilização de blocos especiais. Portanto nem sempre é possível antecipar a escolha das medidas horizontais do bloco, pois nem sempre pode encontrar os blocos escolhidos no mercado local, o que pode gerar custos elevados ao aderir blocos de fornecedores distantes, outro ponto importante a considera, é que haja mais de um fornecedor acessível, pois é comum faltar materiais ou até ter aumento abusivo nos valores das unidades.

Quando se trata das dimensões dos módulos no sentido vertical, é mais fácil aderir mudanças nas dimensões arquitetônicas, como regular os espaços entre o teto e o piso para uma medida que seja múltipla da unidade escolhida. Para esse caso também há recursos como blocos jota adequados, ou compensadores.

### 3.3.3 Posicionamento dos blocos: 1ª e 2ª fiadas

É importante que o projeto arquitetônico tenha a distribuição da primeira e segunda fiada, pois assim poderá escolher corretamente as dimensões dos blocos podendo evitar a quebra de blocos ajustando o vão ao tamanho correto da modulação. Também importante ter essa distribuição em projeto por poderá instruir os executores de como realizar o assentamento correto de cada unidade, pois essas duas fiadas vão corresponder como uma forma para o restante das fiadas, por exemplo: A primeira fiada será igual a terceira e a segunda fiada igual a quarta, respectivamente dessa forma em todas as fiadas assim como retrata a Figura 27.

Figura 27 – Posicionamento da primeira e segunda fiada, e elevação horizontal das demais fiadas



Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003.

Bonacheski (2006) ressalta que na planta que detalha a primeira e segunda fiadas, são apresentadas as posições de cada unidade em planta baixa, e também mostra a posição dos blocos essenciais para iniciar o levantamento das paredes, conhecido como bloco-chave, eles normalmente são apresentados com cores diferentes dos demais. Além do mais nessa planta também deve conter as cotas da construção, uma legenda mostrando os tipos, e quantidades de unidades usadas, e a indicação de cada parede. Assim como mostra a Figura 28.

Figura 28 – Planta detalhada apresentando a primeira fiada



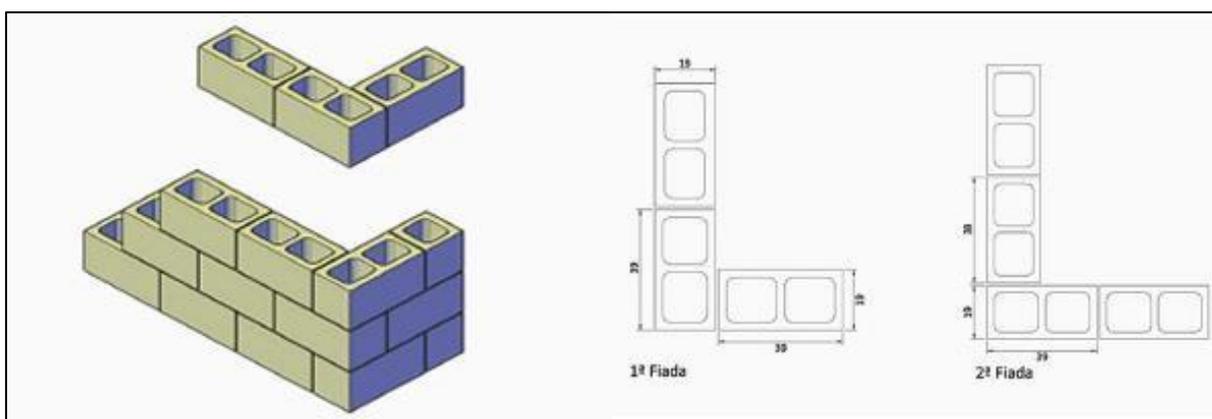
uma viabilização de onde e como pode ser feito o grauteamento, e das vergas e contra vergas, portanto é essencial que todas essas medias, e posicionamento estejam especificados no projeto.

### 3.3.4 Amarração de paredes estruturais

Quando se trata de um projeto de alvenaria estrutural é importante retratar a amarração, pois essa amarração tem propriedades importantes sobre a estrutura, como mostra as Figuras 29 a 34, Franco (1992) ressalta que a amarração das paredes recebe uma consideração primordial com o intuito de aproveitar totalmente a capacidade estrutural desses elementos. Capacidade essas que é a afluência de tenções que esses pontos recebem, e também a transmissão de cargas que sucede entre uma parede e outra.

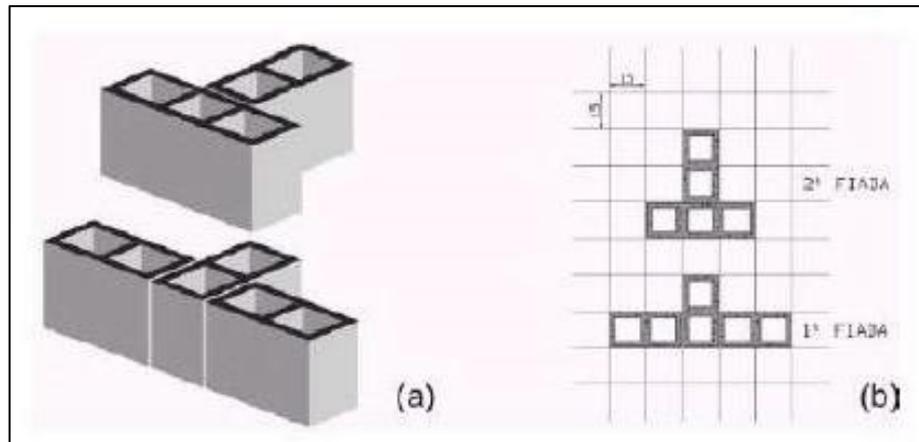
Segundo Ramalho e Corrêa (2003) a realização das amarrações das paredes acontece conforme o projeto modular, e pode ser efetuada de duas formas, amarração direta, obtida pela sobreposição das unidades, tendo uma ligação alternada a cada duas fiadas, e a armação indireta, quando não ocorre a justaposição entre as paredes, onde a amarração é realizada por armaduras introduzidas nas juntas de argamassa. Rauber (2005) declara que ambas formas de amarrações devem ser especificadas no projeto, portanto a amarração direta tem uma prioridade maior.

**Figura 29 – Canto com modulação direta de blocos iguais**



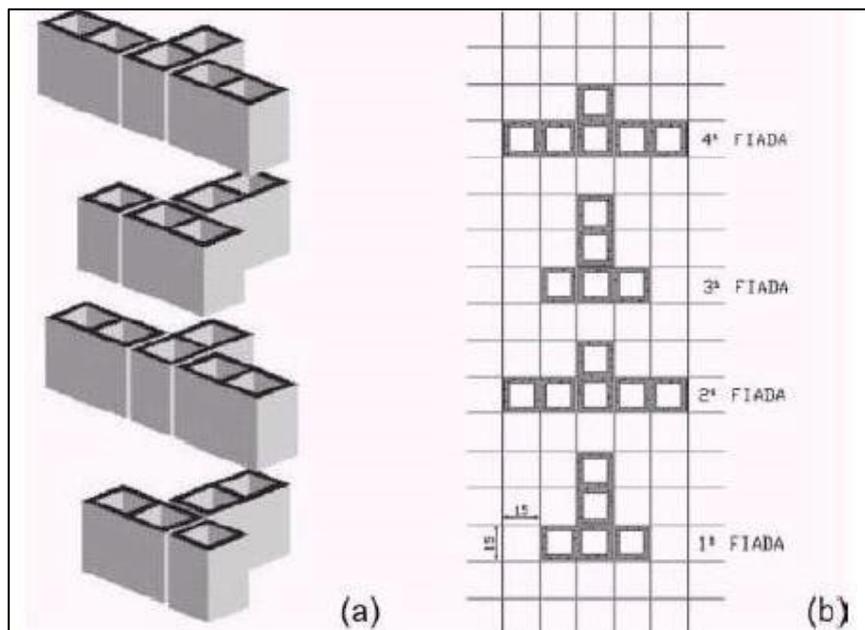
Fonte: Tauil e Nese, 2010.

**Figura 30 – Borda com modulação de blocos de larguras iguais, com bloco especial de três furos**



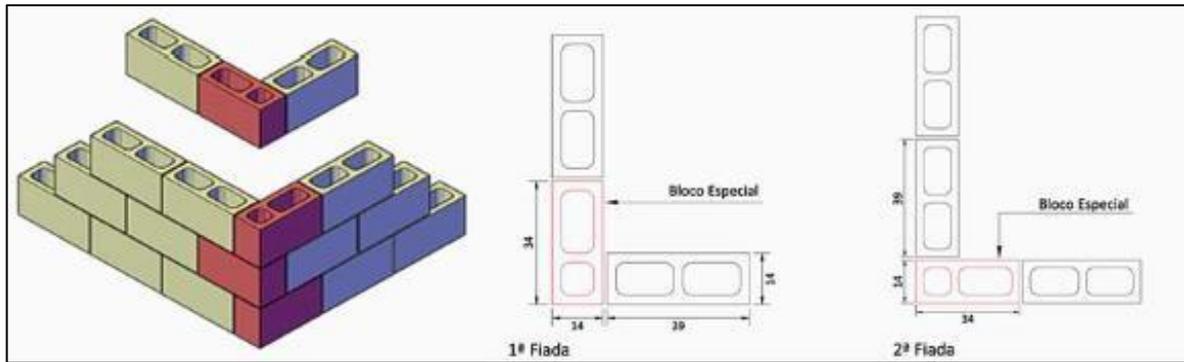
Fonte: Ramalho e Côrrea, 2003 (apud MACHADO, 2014).

**Figura 31 – Borda com modulação de blocos de larguras iguais, sem usar a unidade especial de três furos**



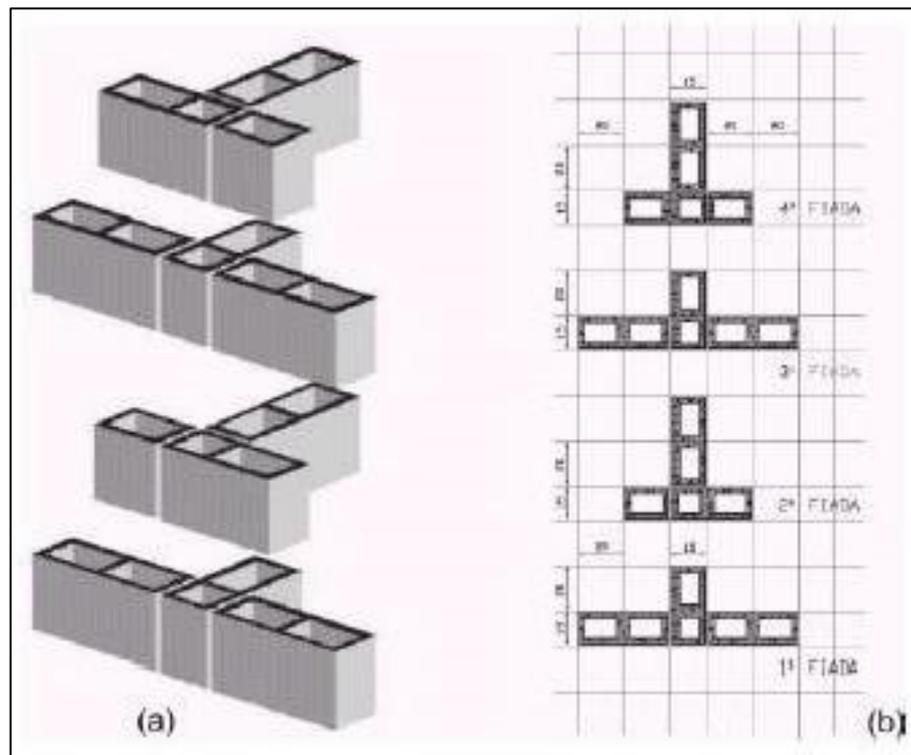
Fonte: Ramalho e Côrrea, 2003 (apud MACHADO, 2014).

**Figura 32 – Canto com modulação direta com bloco especial**



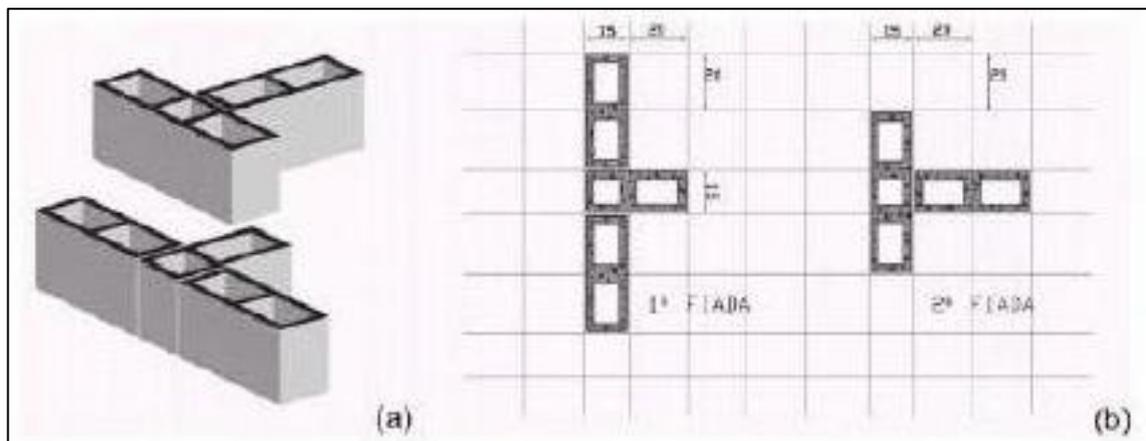
Fonte: Tauil e Nesse, 2010.

**Figura 33 – Borda com modulação direta, utilizando unidade modular especial**



Fonte: Ramalho e Córrea, 2003 (apud MACHADO, 2014).

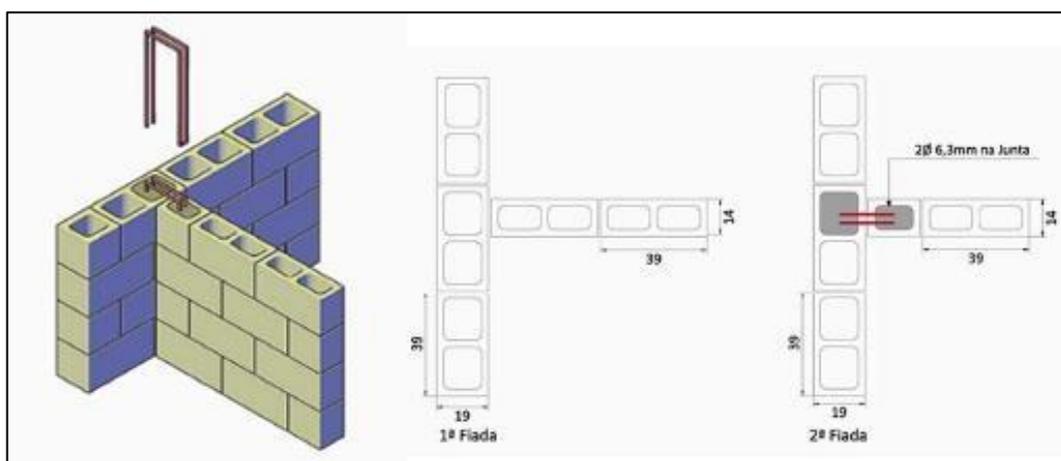
**Figura 34 – Borda com modulação direta, utilizando unidade modular especial**



Fonte: Ramalho e Côrrea, 2003 (apud MACHADO, 2014).

A amarração indireta é quando as paredes não ligadas diretamente, pois essa união é feita por grampo ou telas como vemos na Figura 35. Parsekian e Soares (2010) afirma que a amarração indireta, não é vantajosa por não ligar as paredes diretamente, prejudicando o desempenho estrutural da parede, porque reduz a tensão nos carregamentos laterais, e atrapalha a distribuição das cargas verticais.

**Figura 35 – Canto com modulação indireta ligada por grampos**



Fonte: Tauil e Nesse, 2010.

Parsekian e Soares (2010) a desvantagem da armação indireta é não ligar completamente as paredes, prejudicando a atuação estrutural das paredes, porque ocorre uma perda de ductilidade nas cargas laterais e uma má distribuição dos carregamentos verticais.

### 3.3.5 Levantamento das paredes

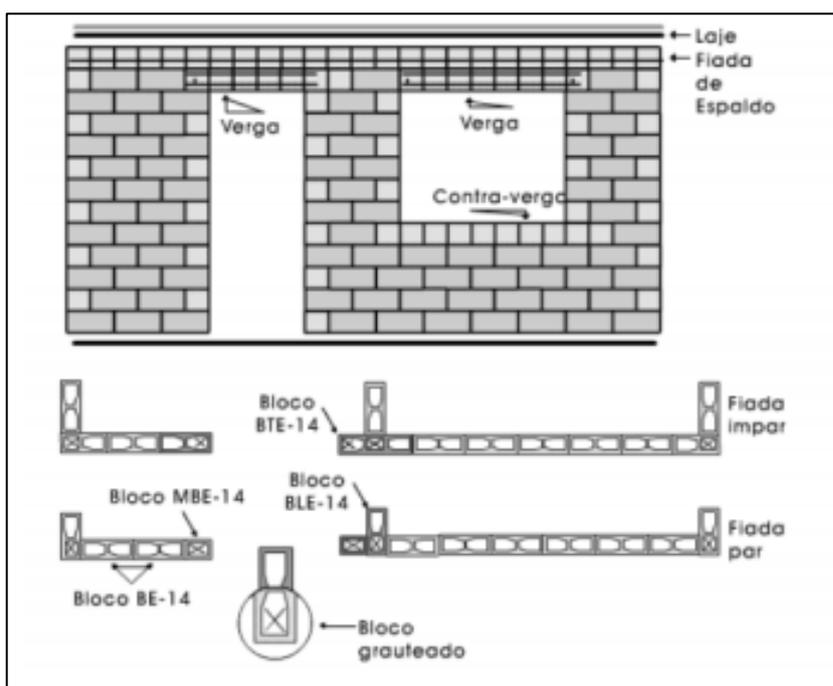
É fundamental que um projeto arquitetônico tenha o levantamento das paredes, para se obter o máximo possível de detalhes uteis para a fase de execução. Os itens mais importantes para se destacar são:

- Paginação dos Blocos;
- Canalização hidráulica;
- Instalações elétricas;
- Locação do graute;
- Contagem das fiadas;

- Determinação quantitativa dos blocos;
- Posicionamento de cintas de amarração, vergas e contravergas;
- Detalhamento das ligações das unidades.

A Paginação das paredes está ligada com a mostra das aberturas de janelas e portas, como mostrada na Figura 36, é importante que esses vãos sejam analisados ainda no projeto para evitar a quebra de paredes e o uso de unidades especiais durante a execução, evitando desperdícios, aumento de custos, e perda de tempo, também é importante que essas paredes sejam detalhadas individualmente para uma melhor visualização e análise, também é recomendado que esse tipo de projeto seja feito na escala de 1:25 para que todos os detalhes possam ser observados facilmente.

**Figura 36 – Modelo de paginação de parede em alvenaria estrutural**



Fonte: Marinowski, 2011.

### 3.3.6 Locação das instalações elétricas e hidráulicas

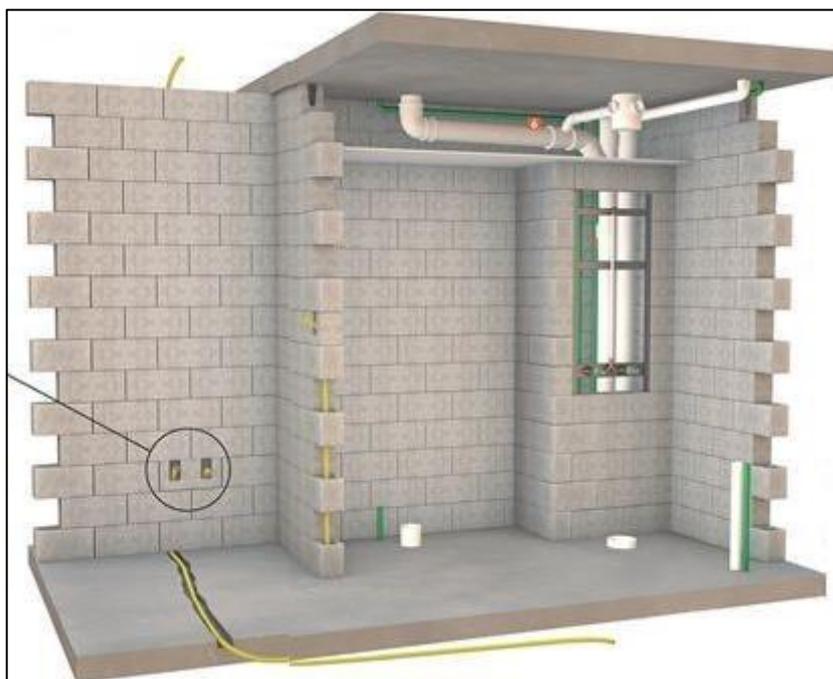
Quando se trata de paredes em alvenaria estrutural, essas não devem ser feitas rasgos para justapor as instalações elétricas, ou hidráulicas, pois tal ação levaria ao desperdício e aumento de materiais, e o mais importante que impossibilita esse tipo de atitude é que reduz a resistência da parede. ABNT NBR 10837 (1989) afirma que é proibido a passagem de

canalização que transportem líquidos das paredes com. E sobre a instalação elétrica Rauber (2005) afirma que todo tipo de instalação deve ser embutido verticalmente dentro da alvenaria, acompanhando os furos das unidades. Sendo assim ela deve ser distribuída pelas lajes até os pontos de distribuição pelos furos verticais (Figura 37).

Franco (1992) aponta algumas possibilidades para embutir as instalações sem ter que fazer rasgos nas mesmas, essas alternativas são:

- A Aplicação das canalizações aparentes: nessa circunstância, passa praticamente a não existir intercessão entre os dois sistemas;
- A passagem por unidades especiais ou unidades vazadas: esse método está limitado a construção com o emprego desses blocos e restringe o diâmetro máximo do material embutido;
- O emprego de paredes não estruturais, ou abertura de “shafts” para a passagem das canalizações.

**Figura 37 – Modelo de passagem de tubulações elétricas e hidráulicas**



Fonte: Lage, 2018.

Para a passagem de tubulação hidráulica muitas vezes é usado o que é chamado de paredes hidráulicas, essas são paredes de vedação, sendo que os tubos de água fria e quente devem descer pelos vãos dos blocos até o local pretendido. Já as tubulações de esgotos, muitas vezes são feitas em shafts por ter maiores diâmetros, ou também quando são feitas

aparentemente e ficam suspensas na laje, elas podem ser escondidas futuramente por gesso, ou outro método de forro.

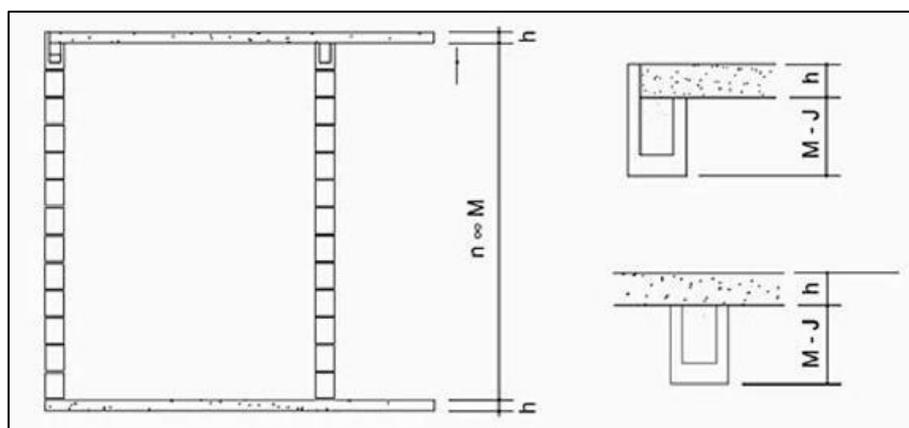
É importante também se atentar para a locação e posicionamento dos pontos elétricos e telefônicos, para que não sejam locados em locais grauteados, esse tipo de instalação também não necessita de rasgos para o encaixe de caixas de luz, telefônicos e interruptores, pois são fornecidos blocos adaptados para esse sistema pelos fabricantes.

### 3.3.7 Modulação vertical

A finalidade da modulação vertical é indicar as medidas verticais, assim como foi feito na modulação horizontal, ela deve representar os detalhes como da altura do pé direito, janelas portas, entre outros. Nesse caso tem duas maneiras de analisar a modulação vertical, a primeira é considerada a medida de piso a teto, e a segunda à distância de piso a piso. Quanto as medidas dos blocos, eles ainda devem ter as medidas múltiplas de uma das dimensões da unidade, nesse caso se utiliza a altura do bloco que normalmente é 20cm somada com 1cm da junta de argamassa, e permanentemente a última fiada é feita de blocos especiais, sendo eles os tipo “J” ou “U”, a determinação deles vai depender do posicionamento das paredes internas e externas, e da espessura da laje.

Na coordenação vertical de piso a teto, sempre a última fiada das paredes externas vai ser composta por blocos do tipo “J” pois um de seus lados é menor que o outro, fazendo com que a laje se encaixe perfeitamente. E as paredes internas tem sua última fiada compostas por blocos tipo “U”. Como apresenta a Figura 38:

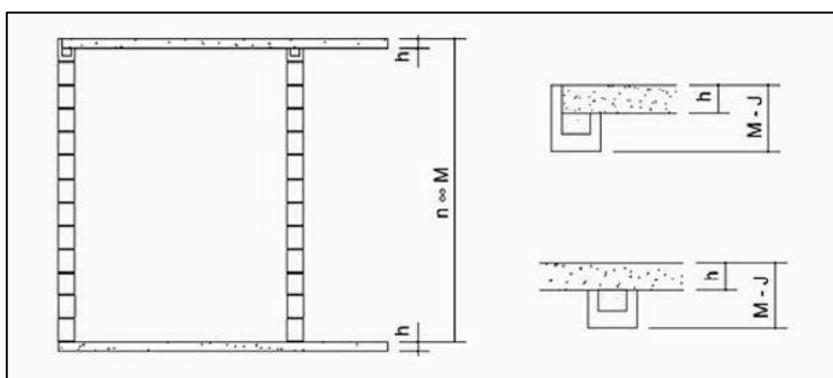
**Figura 38 – Modulação vertical de piso á teto**



Fonte: Ramalho e Côrrea, 2005.

No caso coordenação modular vertical de piso á piso, também terá a última fiada composta de unidades em forma de “J” para as paredes externas e unidades compensadoras do tipo “U” para as paredes internas, com a diferenças que as medidas vão ser ajustadas de forma distinta, para que a laje se encaixe dentro da altura medida entre os dois pisos, conforme apresentada na Figura 39:

**Figura 39 – Modulação vertical de piso á piso**



Fonte: Ramalho e Côrrea, 2005.

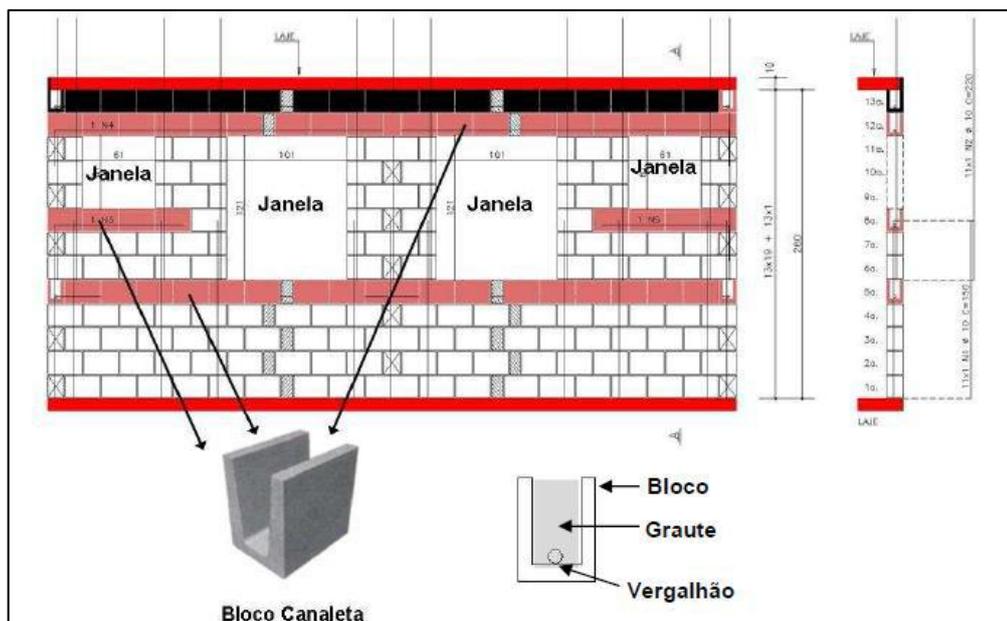
### 3.3.8 Vergas e contra-vergas

Vergas e contra vergas são usadas como um reforço estrutural para garantir a estabilidade dos vãos livres, como portas, janelas e lajes. O comportamento delas vai depender do posicionamento das canaletas e das barras de aço, e podem ser feitas de várias formas como:

- Blocos tipo canaleta armados e grauteados adequadamente;
- Elementos de concreto armado moldados in loco;
- Unidades pré-fabricadas de concreto armado.

Independentemente do tipo usado elas devem ser apresentadas no projeto na paginação das paredes, como mostrado na Figura 40.

**Figura 40 – Modelo de vergas e contra-vergas representado no projeto de alvenaria estrutural**



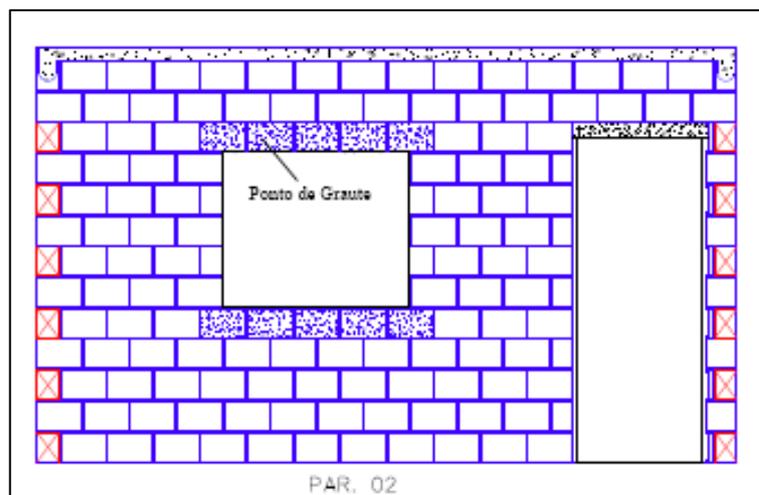
Fonte: Gregório, 2010.

O dimensionamento das vergas e das contra-vergas deve ser realizado conforme o referencial imposto pela norma ABNT NBR 10837 (1989). Segundo Rauber (2005) para a finalidade de pré-dimensionamento pode adotar seu comprimento total como o somatório da largura do vão acrescentado de quatro módulos dimensionais, levando em consideração o transpasse essencial nos cantos das aberturas e o apoio dos elementos nas paredes.

### 3.3.9 Pontos de graute

O graute serve para o preenchimento de espaços vazios em blocos, com a função de aumentar a resistência da unidade juntamente com a colocação de armaduras, os pontos de grautes devem ser apresentados como hachuras na paginação e na planta baixa de um projeto de alvenaria estrutural (Figura 41). Ribeiro (2010) salienta que para os blocos de concreto pode aumentar sua resistência em até 100%, já que o graute é um material semelhante, e aumenta sua resistência em até 50%, e seu volume. Já em blocos cerâmicos não podem prever a resistência, pela diferença de materiais mesmo que tenham resistência iguais.

**Figura 41 – Representação do ponto de graute na paginação da parede**



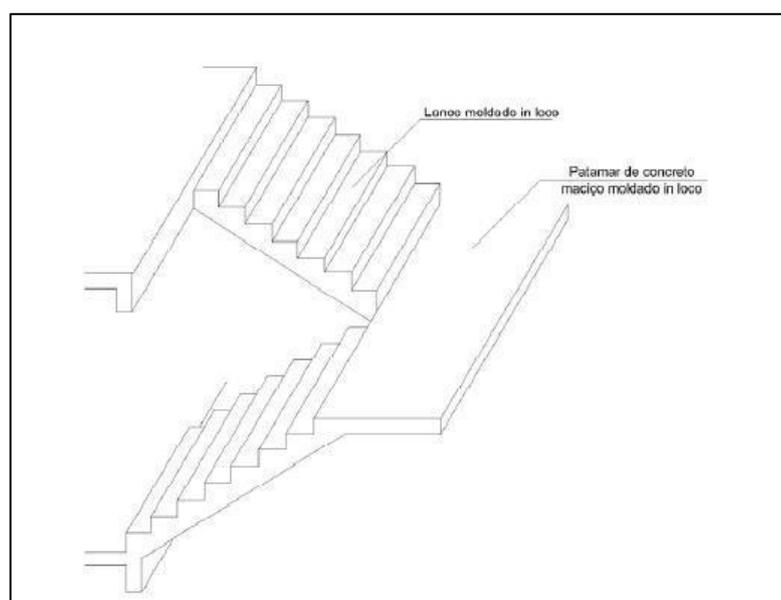
Fonte: Autora, 2018.

### 3.3.10 Escadas

A definição da escada está relacionada ao tipo de escada que será utilizada. No projeto deve conter todos os detalhes dos blocos que exercem função estrutural suportando as sobrecargas das escadas. A seguir apresenta os tipos de escadas usuais na alvenaria estrutural:

- Escada em concreto armado moldada *in loco*: tem como vantagem a execução sem apoio de peças especiais, porém precisa de formas e escoramentos que prejudica a produtividade (Figura 42);

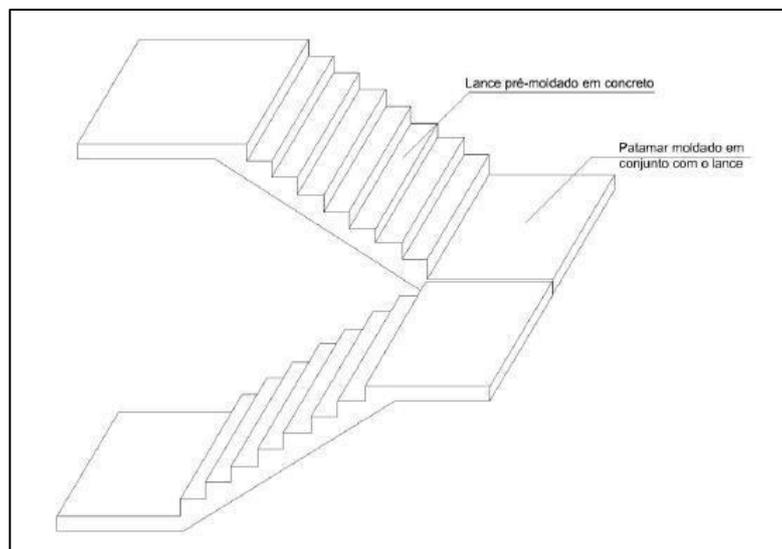
**Figura 42 – Apresentação do esquema de escada moldada *in loco***



Fonte: Rauber, 2005.

- Escada pré-moldada: tem a característica a vantagem de fácil montagem, porém precisa de maquinários especiais para realizar a execução da mesma (Figura 43);

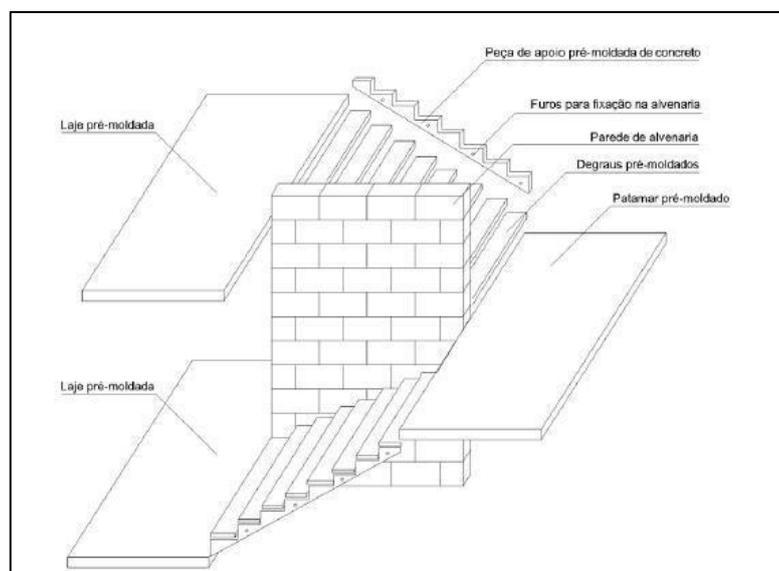
**Figura 43 – Apresentação do esquema de escada pré-moldada de concreto**



Fonte: Rauber, 2005.

- Escada tipo “jacaré”: Sua vantagem é a rapidez de instalação, é desvantagem pelo fato de ser viável apenas se tiver parede interna para apoiar os lances (Figura 44).

**Figura 44 – Apresentação do esquema de escada pré-moldada de concreto**



Fonte: Rauber, 2005.

### **3.3.11 Fundações**

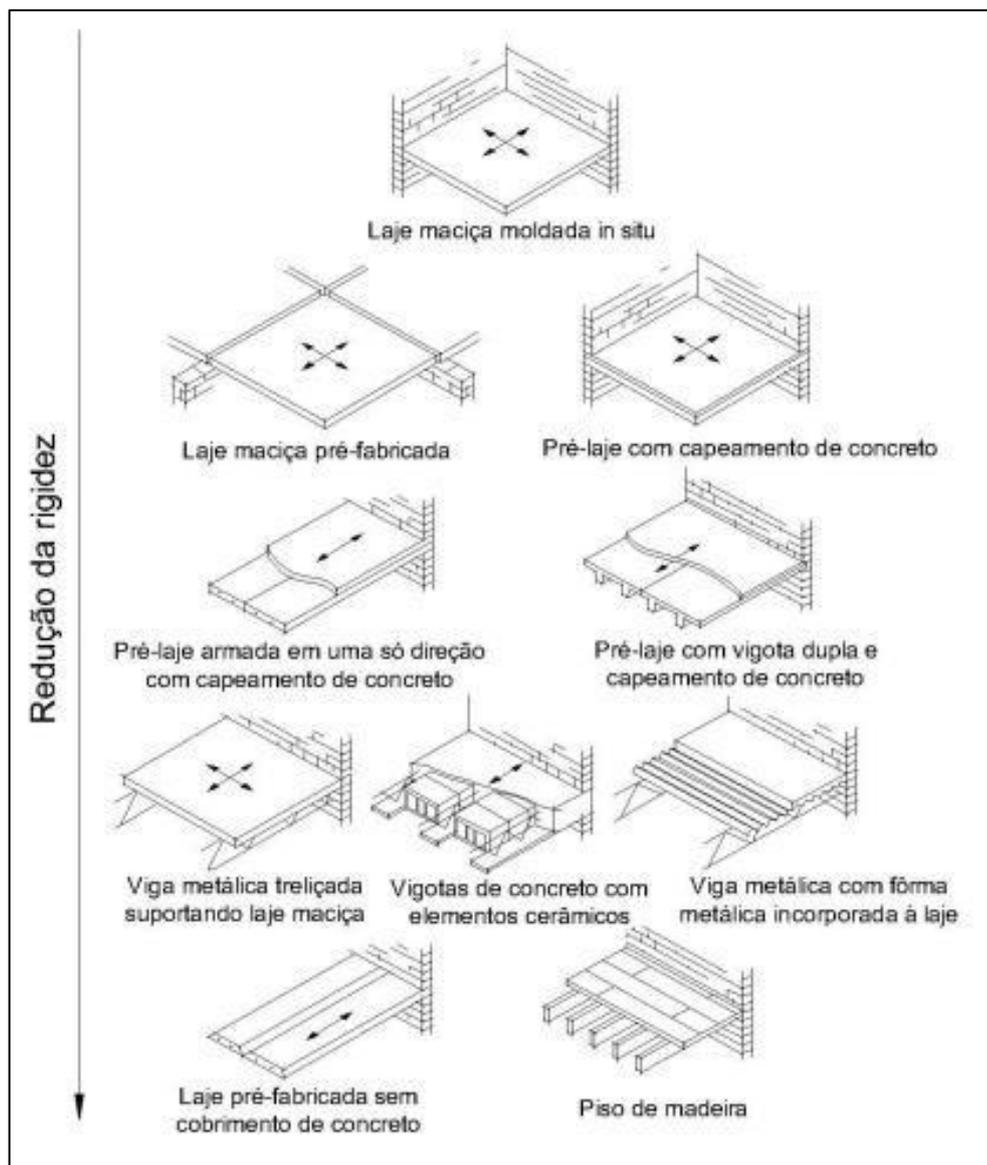
A estrutura de fundação é o elemento da edificação que se encontra abaixo da superestrutura, e tem a finalidade de suportar e transferir para solo todos os esforços que a estrutura sofre. O mercado oferece vários tipos de subestruturas, vai depender do projetista escolher qual a melhor que se encaixa no sistema.

Na alvenaria as paredes são elementos portantes, os carregamentos chegam nas subestruturas de maneira distribuída por toda a extensão longitudinal das mesmas, facilitando a implementação das fundações contínuas. Em edificações de pequeno porte é comum o emprego de sapatas isoladas no lugar de sapatas contínuas.

### **3.3.12 Escolha e execução das Lajes**

As lajes exercem um papel importante nas edificações em alvenaria estrutural. É importante que as lajes estejam apoiadas corretamente nas paredes e que tenham rigidez suficiente para operar como um diafragma firme, que elas sejam calculadas presumindo os esforços horizontais, principalmente a ação do vento que atua nos elementos verticais e transferindo para as lajes, que por sua vez passa esses esforços para as paredes de contraventamento assim como mostra a Figura 45. Em edifícios de alvenaria estrutural de altura média no Brasil, para que as lajes tenham um desempenho adequado só é preciso que as lajes estejam apoiadas por atrito e aderência.

**Figura 45 – Colocação recomendada das lajes armadas em um só sentido**

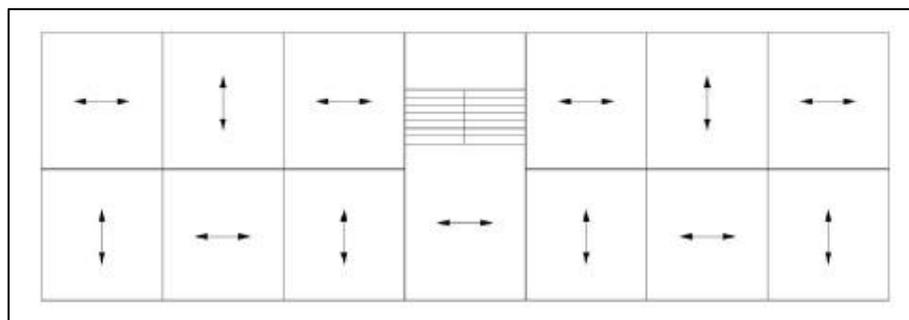


Fonte: Drysdale et al., 1994 (apud DUARTE, 1999).

As lajes maciças armadas nos dois sentidos apresentam uma rigidez maior, estabelecendo uma distribuição maior dos esforços horizontais. Esse é o sistema mais adequado para edifícios mais altos, que sofrem uma influência maior das ações do vento. Porém esse sistema exige o uso de escoramentos, formas e amarrações, e apesar de ser denominado com maior segurança, não é economicamente.

Já na condição de lajes armadas em apenas uma direção Rauber (2005) destaca que deve ter precaução em evitar que todas as lajes sejam armadas em uma mesma direção. A colocação das armaduras deve ser alternada, como mostra a Figura 45, tendo cautela de compensar a quantidade de armaduras nos dois sentidos.

**Figura 45 – Colocação recomendada das lajes armadas em um só sentido**



Fonte: Rauber, 2005.

### 3.3.13 Juntas

#### 3.3.13.1 Juntas de controle

As juntas de controle é um sistema exclusivo para o sistema de alvenaria estrutural por ter a função de regular as dimensões de um painel de alvenaria, com o intuito de evitar altas concentrações de tensão posteriores da alteração volumétrica, que acontece pertinente a variações térmicas, podendo ser usada também para desassociar os painéis de alvenaria que apontam necessidades diferenciadas, evitando assim as fissuras.

Duarte (1999) categorizou as juntas de controle em três tipos:

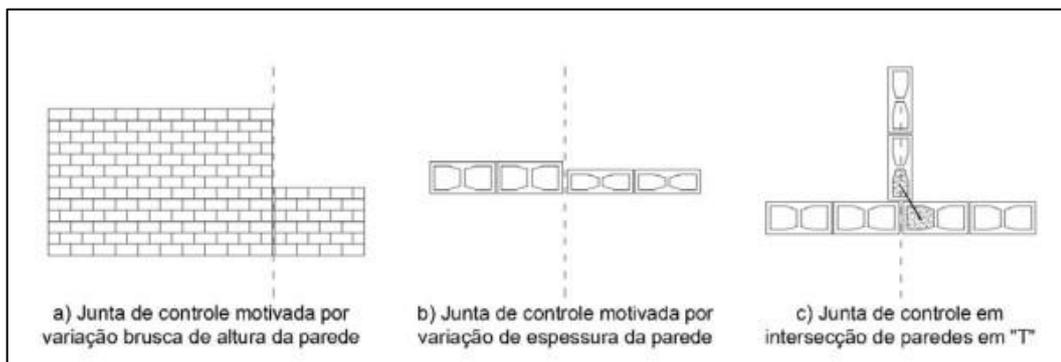
- I. **Juntas de contração ou retração:** são usadas para conter movimentos devido a contração das paredes geada pelas variações de temperatura;
- II. **Juntas de expansão:** utilizada em alvenarias de tijolos ou de blocos cerâmicos que não são rebocados na parte externa, e servem para comportar as expansões da peça de cerâmica, pela agregação da umidade da chuva na parte externa da parede;
- III. **Juntas horizontais:** são aplicadas nas junções das paredes com a laje, para admitir que as movimentações e deformações das lajes não conduzam esforços para as paredes em que estão sendo apoiadas.

Para junta de controle se adota 10mm como medida usual a fim de igualar ela as juntas de argamassas e não expor a junta de controle.

Rauber (2005) A execução adequada das juntas de controle (Figura 46) é um dos mais importantes aspectos na prevenção de problemas acidentais que causam patologias na construção, observando essas necessidades, recomenda-se sua utilização quando:

- a) Ocorre ríspidas alterações na altura da parede;
- b) Apresenta variações na espessura da parede;
- c) Perto das intersecções de junção de paredes em T, L ou U.

**Figura 46 – Modelo de junta de controle**



Fonte: Rauber, 2005.

### 3.3.13.2 Juntas de dilatação

As juntas de dilatação têm a finalidade de receber os movimentos que pode acontecer na estrutura, especialmente da variação de temperatura. Essas juntas tem a mesma função no sistema de alvenaria estrutural que tem no sistema convencional de concreto armado, diferentemente das juntas de controle que interceptam apenas painéis de laje com as paredes, nesse caso elas ficam entre as paredes, vigas, lajes, pilares e etc.

A ABNT NBR 10837 (1989) estabelece que a máxima distância entre as juntas de dilatação é obrigatória ser de 20 metros, em edificações de alvenaria não-armada, e de 30 metros para edifícios de alvenaria armada.

## 4 APLICAÇÃO DAS ORIENTAÇÕES PARA O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

### 4.1 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

#### 4.1.1 Características

Para realizar a concepção do projeto em alvenaria estrutural segundo as orientações de detalhamentos e modulações retratados no decorrer trabalho, foi adquirido um projeto de uma residência de um pavimento, contendo um quarto, sala, cozinha e banheiro.

Foi estipulado para serem usados no projeto, blocos de concreto, foi levado em conta o seu melhor desenvolvimento quanto a resistência a compressão em relação ao bloco cerâmico. O edifício irá porta todas as suas dimensões moduladas. A modulação determinada foi da família 29, com unidades de 14x29cm, que tem dimensões que facilitam a modulação, diferente da família 39.

A altura considerada foi de 2,60m, arredondada para 2,68 por efeito de cálculos, para acompanhar a modulação vertical empregando blocos compensadores “J” na última fiada.

Foi empregada uma laje pré-moldada com lajotas cerâmicas com espessura de 8cm.

#### 4.1.2 Carregamentos

Adotou-se o peso das paredes com função estrutural com 2,5cm de revestimento externo e 1,0cm de revestimento externo, e para as paredes de vedação com 1,0cm de ambos os lados.

Parede estrutural:

- Peso da parede = 110 Kg/m<sup>2</sup>;
- Peso do revestimento = 20 Kg/m<sup>2</sup>;
- Revestimento interno 1,0cm = 20 Kg/m<sup>2</sup>;
- Revestimento externo 2,5 = 50 Kg/m<sup>2</sup>;

Considerando pontos grauteados a cada dois furos com um peso de 60 Kg/m<sup>2</sup>, o peso total da parede resulta em:

- Total = 110+20+50+60 = 240 Kg/m<sup>2</sup>.

Parede de vedação:

- Peso da parede = 110 Kg/m<sup>2</sup>;
- Peso do revestimento = 20 Kg/m<sup>2</sup>;
- Revestimento interno = 20 Kg/m<sup>2</sup>;
- Revestimento externo = 20Kg/m<sup>2</sup>.

Não foi considerado pontos grauteados nas paredes de vedação, portando seu peso especifico é de:

- Pesp= 110+20+20 = 150 Kg/m<sup>2</sup>.

Foi designado para o projeto lajes pré-moldadas com lajotas cerâmicas com vão máximo de 5,77m e sobrecarga acidental de 200kgf/m<sup>2</sup>, e o acabamento de teto de 2cm.

Peso próprio da pré-laje = 59 Kg/m<sup>2</sup>.

Acabamento de teto = 30Kgf/m<sup>3</sup>.

Instalações do teto = 15 Kg/m<sup>2</sup>.

Segundo a NBR 6120 se considera uma carga acidental de 150Kg/m<sup>2</sup>.

Considerando a quantidade de moradores da residência, para o projeto foi considerado uma caixa d'água de 1000 litros na laje de cobertura.

#### **4.1.3 Numeração das paredes**

No Apêndice D é apresentado a planta baixa do pavimento junto com a numeração das paredes e da modulação. A numeração seguiu a ordem primeiramente das paredes horizontais, de cima para baixo, da esquerda para direita. E depois foram enumeradas as paredes verticais, seguindo a mesma ordem, da esquerda para a direita, de baixo para cima.

### **4.2 CÁLCULO DA CARGA VERTICAL NAS PAREDES**

#### **4.2.1 Peso próprio das paredes**

Para se calcular o peso próprio individual de cada parede, foi considerado como altura da alvenaria o pé direito de 2,68m, o comprimento da parede em metros, e o total do peso da parede calculado no tópico 4.1.1 que foi de 240 kg/m<sup>2</sup>.

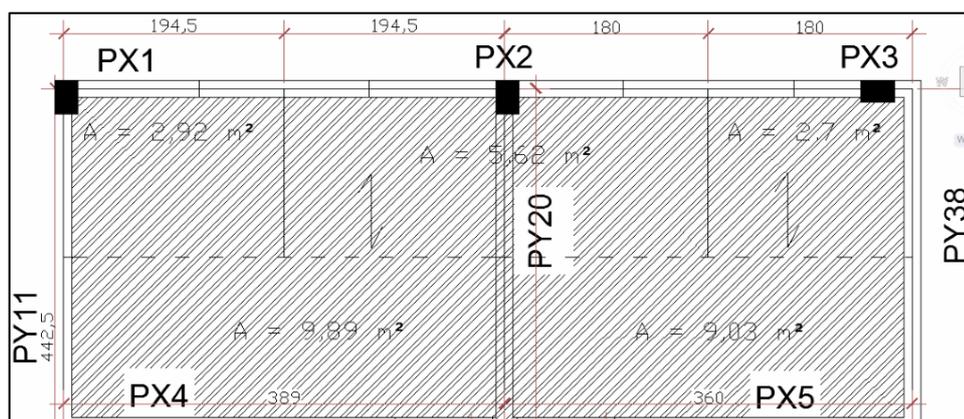
$$\text{Peso próprio da parede (Kg)} = L(\text{m}) * \frac{240\text{Kg}}{\text{m}^2} * 2,68\text{m}$$

#### 4.2.2 Área de influência da laje

Com uso do programa autocad, conseguimos determinar o valor da área de influência de cada laje (Figura 47).

Para execução de cálculo, só foi considerado a carga da laje nas paredes na qual vigotas estão sendo sustentadas, porque como foi considerado lajes pré-moldadas com o uso de vigotas de concreto e lajotas cerâmicas, as vigotas vão apoiar nas paredes em apenas na menor direção da laje.

**Figura 47 - Ilustração da distribuição do carregamento da laje nas alvenarias indicadas e suas respectivas áreas de influência**



Fonte: Rizzatti, 2015.

#### 4.2.3 Cargas permanente da atuação da laje

Para alcançarmos o valor da carga permanente ( $G_k$ ), que é apoiado em cada parede individualmente pelas vigotas, deve-se levar em conta a contribuição de todos materiais e componentes integrantes da laje. Considerando o 2cm acabamento de teto, e 5cm da camada de concreto.

- Peso específico do concreto = 2100 Kg/m<sup>3</sup>;
- Peso específico da argamassa de revestimento = 1900 Kg/m<sup>3</sup>;
- Peso próprio da pré-laje = 59 kg/m<sup>2</sup>.

Usando os valores da área de influência ( $A_{inf}$ ) em ( $m^2$ ), adquiridos através da planta baixa, obtivemos a carga permanente da laje em (Kgf) sobre a parede que suporta o peso.

$$G_k = 2100 \text{ Kgf/m}^3 * 0,05\text{m} * A_{inf} + 1900\text{Kgf/m}^3 * 0,04\text{m} * A_{inf} + 59\text{kgf/m}^2 * A_{inf}$$

#### 4.2.4 Carga acidental da atuação da carga

Foi adotado anteriormente uma carga acidental ( $G_c$ ) de  $150\text{Kgf/m}^2$ . Então se adquire o valor da carga acidental sobre a parede que suporta o peso em (kgf).

$$Q_k = 150 \text{ kgf/m}^2 * A_{inf}$$

#### 4.2.5 Total do pavimento

Carregamento permanente:

- Faz-se a somatória do peso próprio da parede, com a carga permanente da laje (G), então se tem o carregamento permanente isolado de cada parede.

Carregamento Acidental:

- Se usa o mesmo valor de (G) obtido anteriormente.

#### 4.2.6 Peso próprio das paredes superiores

Consideramos a platibanda como paredes superiores, usando a mesma espessura das paredes inferiores e altura de 1,00m.

#### 4.2.7 Cobertura

Para a cobertura será considerada apenas para a caixa d'água 1000 litros. Essa carga vai ter reações nas paredes inferiores, por isso é essencial leva-la em conta.

- Caixa d'água de 1000 = 1000 kgf;
- Laje = 8 cm;
- Área da laje =  $4,55 \text{ m}^2$ ;
- Carga acidental =  $150 \text{ kg/m}^2$ ;

$$\text{Cobertura} = \frac{1000\text{Kgf}}{14,55 \text{ m}^2} = 68,2,68 - 70\text{kgf/m}^2$$

#### **4.2.8 Carregamento permanente (G)**

Para cada parede obtemos o carregamento permanente isolado, por meio de sua área de influência e o peso da caixa d'água com 70 kgf/m<sup>2</sup>.

#### **4.2.9 Carregamento acidental (Q)**

Aderindo como 150 kg/m<sup>2</sup> o valor da carga acidental, e as áreas de influência de cada parede, conseguimos o carregamento isolado possível para cada parede.

#### **4.2.10 Carregamento total**

É a soma do carregamento de cada parede, com o carregamento da cobertura, e o carregamento das paredes superiores.

O Quadro 2 apresenta a planilha utilizada para o cálculo e dimensionamento da estrutura total do projeto.

Quadro 2 – Planilha para determinar o carregamento nas paredes, totalizando o seu carregamento

DADOS		PAVIMENTO TIPO									
PAREDE	L <sub>i</sub> (m)	PESO PRÓPRIO DAS PAREDES (kg)	ÁREA DE INFLUÊNCIA DA LAJE (m <sup>2</sup> )	LAJE G (kg)	LAJE Q (kg)	TOTAL DO PAVIMENTO G (kg)	TOTAL DO PAVIMENTO Q (kg)	PESO PRÓPRIO DAS PAREDES SUPERIORES (kg)	CARREGAMENTO TOTAL G (kg)	CARREGAMENTO TOTAL Q (kg)	
PAR 1											
PAR 2	4,49	2887,968	6,74	1616,4	1010,25	4504,37	1010,25	1077,6	5581,97	1010,25	
PAR 3	3,44	2212,608	5,16	1238,4	774	3451,01	774		3451,01	774	
PAR 4	3,44	2212,608	5,16	1238,4	774	3451,01	774		3451,01	774	
PAR 5	3,44	2212,608	5,16	1238,4	774	3451,01	774		3451,01	774	
PAR 6	4,49	2887,968	6,74	1616,4	1010,25	4504,37	1010,25		4504,37	1010,25	
PAR 7	3,29	2116,128	4,935	1184,4	740,25	3300,53	740,25		3300,53	740,25	
PAR 8	3,29	2116,128	4,94	1184,4	740,25	3300,53	740,25	789,6	4090,13	740,25	
PAR 9											
PAR 10											
PAR 11	10,79	6940,128	16,19	3884,4	2427,75	10824,53	2427,75	2589,6	13414,13	2427,75	
PAR 12	5,24	3370,368	7,86	1886,4	1179	5256,77	1179	1257,6	6514,37	1179	
PAR 13	4,49	2887,968	6,74	1616,4	1010,25	4504,37	1010,25		4504,37	1010,25	
PAR 14	2,39	1537,248	3,585	860,4	537,75	2397,65	537,75		2397,65	537,75	
PAR 15	15,89	10220,448	23,84	5720,4	3575,25	15940,85	3575,25	3813,6	19754,45	3575,25	

Fonte: Autora, 2018.

### 4.3 RESULTADO DOS CARREGAMENTOS DOS BLOCOS

Nessa parte vai ser apresentado no Quadro 3 os valores da resistência de prismas e blocos, como o projeto analisado tem apenas um pavimento, o carregamento é um só, portanto só vai a resistência pode ser definida uniforme. Vai ser usado os resultados encontrados anteriormente e então vamos ter o valor do Fpk isolado para cada parede.

Aderindo a soma dos valores de (Gk + Qk) obtidos anteriormente quando se calculou a reações permanente e acidental, esses valores vão ser dividido por 1000 para o L como o comprimento de cada parede, e um coeficiente de 0,5 para se obter os resultados da resistência dos blocos.

$$F_{pk} \geq 32,21 * \frac{Gk + Qk}{L}$$

Onde:

- Gk + Qk é o resultado das reações permanente e acidental, obtidas anteriormente, esse valor vai ser dividido por 1000 para transformar o resultado de kN em MPa;
- O L é o comprimento de cada parede em metros;
- Aderimos um coeficiente de 0,5 para se obter os resultados da resistência dos blocos.

**Quadro 3 – Paredes Portantes com suas resistências mínimas para prisma e blocos**

Paredes	Pavimento único	
	Prisma	Bloco Mpa
PAR 01	0	0
PAR 02	1,4682	2,9364
PAR 03	1,2282	2,4564
PAR 04	1,2282	2,4564
PAR 05	1,2282	2,4564
PAR 06	1,2282	2,4564
PAR 07	1,2282	2,4564
PAR 08	1,4682	2,9364
PAR 09	0	0
PAR 10	0	0
PAR 11	1,4682	2,9364
PAR 12	1,4682	2,9364
PAR 13	1,2282	2,4564
PAR 14	1,2282	2,4564
PAR 15	1,4682	2,9364

Fonte: Autora, 2018.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho tem como objetivo apresentar a elaboração de um projeto em alvenaria estrutural, ressaltando as particularidades do método construtivo, como ele apresenta uma maneira rápida e econômica de construção, além disso ele reduz a geração de entulhos que é um dos maiores impasses dentro da engenharia civil. O sistema também se destaca por ter projetos bem planejados, e usado de forma racionalizada.

Para se obter todas as qualidades desse sistema, é importante ter consciência das características dos materiais utilizado e dos seu comportamento, além disso também é importante ter noção das técnicas de cálculos para analisar antecipadamente o comportamento estrutural.

Com o projeto analisado, chegamos as conclusões baseadas através de revisões bibliográficas, como quando se elabora as paginações das paredes o profissional tem uma visão diferente da planta baixa, e com isso pode ter alternativas de detalhamento mais eficazes.

Dessa forma podemos perceber que de uma forma evidente o projeto tem uma influência tanto no custo total, quanto no custo global da construção, e também em auxiliar os encarregados durante a execução da construção.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A. **Construções em Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos – Um breve panorama do empreendimento: Aspectos do mercado, importância do planejamento e ações para prevenirem falhas frequentes.** Alvenaria Estrutural – Novas Tendências Técnicas e de Mercado. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, **Alvenaria estrutural em pauta.** Manual. São paulo, 2013.
- \_\_\_\_\_. **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.** NBR 10837, Rio de Janeiro, 1989.
- \_\_\_\_\_. **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de ensaio;** NBR 12118 Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Paredes de Alvenaria Estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento.** NBR 14321, Rio de Janeiro; 1999.
- \_\_\_\_\_. **Paredes de Alvenaria Estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão;** NBR 14322 . Rio de Janeiro, 1999.
- \_\_\_\_\_. **Alvenaria estrutural – Blocos de concreto parte 1: Projeto .** NBR 15961-1, Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e controle de obras.** NBR 15961-2. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Componentes cerâmicos: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos.** NBR 15270-2, Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **Coordenação Modular para Edificações.** NBR 15873, Rio de Janeiro, 2010;
- \_\_\_\_\_. **Coordenação modular da construção.** NBR 5706, Rio de Janeiro, 1977.
- \_\_\_\_\_. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos.** NBR 6136, Rio de Janeiro, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Determinação da resistência à compressão;** NBR 7184 Rio de Janeiro; 1992
- \_\_\_\_\_. **Prisma de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural Preparo e ensaio à Compressão;** NBR 8215, Rio de Janeiro; 1983.
- \_\_\_\_\_. **Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - procedimentos.** NBR 8798, Rio de Janeiro, 1985.
- ASSUMPTÃO, J. F. P.; FUGAZZA, A. E. C. **Coordenação de projetos de edifícios: um sistema para programação e controle do fluxo de atividades do processo de projetos.** São Carlos, 2001.

BAGATTELLI, R. **Edifícios de alto desempenho: conceito e proposição de recomendações de projeto**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFES. Vitória, 2002.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Racionalização do projeto de edifícios construídos pelo processo tradicional**. Seminário (Pós-Graduação) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

BETIM, L., V. **Estudo da viabilidade da aplicação de resíduos de gesso em blocos de concreto para melhoria de propriedades termo acústicas**. Dissertação de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

BEZERRA, A. R. C.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M. M. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015.

BONACHESKI, V. **Alvenaria estrutural**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2006.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

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

CASTRO, R. M. C. **Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais**. In Ecologia de peixes de riachos. Rio de Janeiro, 1999.

CAVALHEIRO, O. P. Fundamentos de alvenaria estrutural. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Não paginada – apostila, 1995.

DIAS, G. A. P.; BARROSO, J. C. B. **Tópicos especiais em Engenharia civil II**. Projeto de pesquisa. Instituto Luterano de Pesquisa de Intubara. Intubiara, 2017.

DINSMORE, P. C. **Gerência de programas e projetos**. São Paulo, Editora PINI, 1992.

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

DUARTE, T. M.P.; SALGADO, M. S. **O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para o controle da qualidade na obra**. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Foz do Iguaçu, 2002,

EICHLER, F. **Patología de la construcción, detalles constructivos**. Barcelona Editorial Blume, 1977.

FABRICIO, M.; MELHADO, S. **Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios**. Seminário Internacional: Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. Anais: FAU-USP, São Paulo, 1998.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1992.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1986.

FERREIRA, R. C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRANCIS, A. J.; HORMAN, C. B.; JEREMS, L. E. **The effect of joint thickness and other factors on the compressive strength of brickwork**. In: International Brick Masonry Conference, 2., 1971, Stoke-on-Trent, England. Proceedings... Stoke-on-Trent, British Ceramic Research Association, Inglaterra, 1971.

GALLEGOS, H. **Albañileria estructural**, Fondo Editorial de la Pontificia Universidade Católica del Perú. Segunda edición. Peru, 1991.

GAMERSON, R. N. **Client-professional communication during the early stages of project development**. In: **The organization and management of construction: shaping theory and practice**. London: E & FN Spon, 1996.

GLACY, É. **Modulação arquitetônica**. Disponível em: <<http://esioglacy.com.br/artigos/2013-5-14-modulacao-arquitetonica>>. Acesso em: 01 novembro 2013.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de projetos**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2013.

GREGORIO, M. H. R. **Edificações em Alvenaria Estrutural: uso e desenvolvimento do sistema construtivo e contribuições ao projeto arquitetônico**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília – PPG – FAU/UnB. Brasília, 2010.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. **Qualidade: cada erro tem seu preço**. Trad. De Vera M. C. Fernandes Hachich. Téchne, –PPG –FAU/UnB, Brasília, 1992.

HOFFMANN, L. G.; THOMAZ, W. A. **Alvenaria Estrutural: um levantamento das vantagens, desvantagens e técnicas utilizadas, com base em uma pesquisa bibliográfica nacional**. Artigo – III Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. 2012.

LAGE, R., C. **Posso embutir Instalações Hidráulicas na Alvenaria Estrutural**. Matéria apresentada pela SOMMA Cálculo Estrutural. São Paulo, 2018.

LEITE, R. C. S. **Racionalização do processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto**. Dissertação de conclusão de curso, curso de Engenharia civil, Universidade estadual de feira de Santana, Feira de Santana, BA, 2012.

LOURENÇO, P. B.; SOUSA, H. **Concepção e Projeto para alvenaria**. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, 2002.

MACHADO, J. F; **Diretrizes para projetos em alvenaria estrutural - modulação e detalhamento**. Dissertação de conclusão de curso, curso Engenharia civil, Universidade federal de santa maria UFSM, Santa Maria, RS, 2014.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2004.

MARINOSKI, D. **Alvenaria Estrutural: Projeto modular**. Tecnologia da Edificação III. UFSC, Universidade Estadual de Santa Catarina. 2011.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1ª. Ed. São Paulo: PINI, 2010.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo EPUSP. São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B.; MEDEIROS, J. S.; SOUZA, J. C. S. **Qualidade do projeto de edifícios: elaboração de procedimentos para projeto, execução e controle de impermeabilização de pisos e ambientes internos de edifícios**. (Relatório Técnico do Convênio EPUSPCPqDCC/SCHAHIN CURY, Projeto EP/SC-02, n.20.092). São Paulo, 1996.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F. **Qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. Boletim técnico. Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

MELO, M. C. **Projeto Arquitetônico: Necessidades e Dificuldades do Projeto Arquitetônico Frente às Particularidades do Processo Construtivo de Alvenaria Estrutural**. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MOHAMAD, G. **Comportamento mecânico na ruptura de prismas blocos de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1998.

MOTTEU, H.; CNUUDE, M. **La gestion de la construction: action mencee em Belgique par le comité**. Qualité dans la construction. Cib Triennial Congress, Paris, 1989.

NETO, J. S. C. **Edifícios de alta tecnologia**. 1º edição, Editora Carthago Forte, São Paulo, 1994.

NOCÊRA, R. J. **Planejamento e controle de obras**. 2º edição. Editora RJN, São Paulo, 2010.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PASTRO, R. X. **Alvenaria estrutural sistema construtivo**. Universidade São Francisco Engenharia Civil. Itatiba, 2007.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo EPUSP. São Paulo, 1993.

PINHEIRO, G. T. **alvenaria estrutural em blocos de concreto: aspectos construtivos e prédimensionamento** – Projeto de graduação Engenharia Civil Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

PUGA, C. **Projeto estrutural: Obras em concreto armado**. NPC Grupo Arquitetura Escola Senai, São Paulo, 2016.

PRUDÊNCIO, Luiz; OLIVEIRA, Alexandre; BEDIM, Carlos. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis, 2002.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

RAUBER, F. C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria UFSM, Santa Maria, 2005.

REVISTA TÉCNICA 34, PINI, mai/jun, 1998. P.26-31.

RIBEIRO, M. S. B. **Orientações para projetos arquitetônicos: funcionamento estrutural e particularidades do sistema em alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado) - UFMG. Belo Horizonte, MG, 2010.

RICHTER, C. **Alvenaria Estrutural: Processo Construtivo Racionalizado**. Curso de extensão. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2007.

RIZZATTI, E. **Influência da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutura sob compressão**. Tese de Doutorado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.

RIZZATTI, E.; J. **Modulação, paginação e cálculo de um edifício em alvenaria estrutural**. Dissertação de conclusão de curso, curso Engenharia civil, Universidade federal de santa maria UFSM, Santa Maria, RS, 2015.

RODRIGUEZ, W.E. **The modelling of design ideas**. New York, McGraw-Hill, 1992.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

SALVADOR, J., A., A. **Blocos de Concreto Para Alvenaria em Construções Industriadas**, Tese de conclusão de curso, Escola de engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2007.

SANTOS, D. R.; BEZERRA, J. S.; SILVA, D. S.; LORDLEEN JR., A. C.; MELADO, S. B. **Impacto do projeto de alvenaria estrutural na geração de resíduos de construção civil**. Estudo de caso – Universidade Federal de Viçosa UFV, Viçosa, MG, 2012.

SILVA, M. S.; ABRANTES, V. **Patologia em Paredes de Alvenaria: causas e soluções**. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Lisboa: 2007.

SOUZA, et al. **Qualidade, projeto e inovação na construção civil**. Encontro acional da Tecnologia no ambiente construído, Rio de Janeiro, 1995.

SOUZA, P. R. A. **Desenvolvimento de painel pré-fabricado em alvenaria protendida**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

TAUIL, C., A., NESE, F., J., M. **Alvenaria Estrutural – Metodologia do projeto, Detalhes, Mão de Obra, Normas e Ensaio**. Editora PINI, São Paulo, 2010.

VASCONCELOS, G.; GOUVEIA J. P.; HAACH, V. G.; LOURENÇO P. B. **Alvenaria Armada: Soluções inovadoras em Portugal**. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Portugal, 2007.

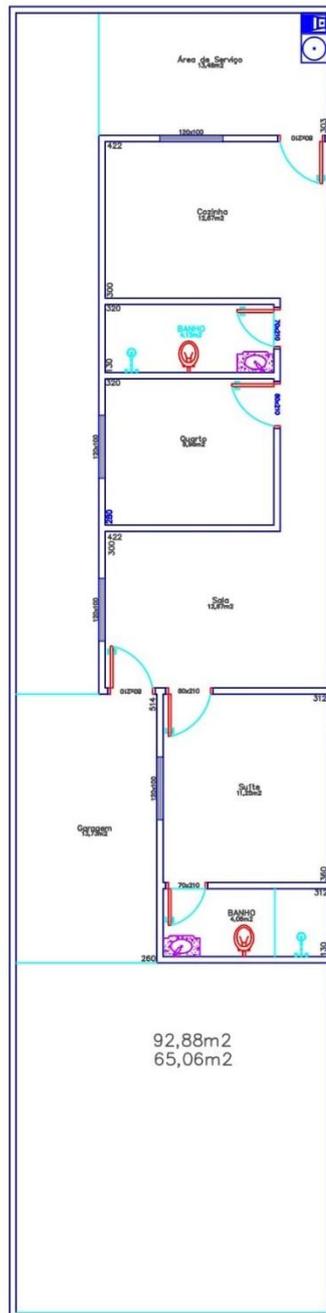
VALERIANO, D. L. **Gerência em projeto**. Pesquisa, desenvolvimento e engenharia. Makron Books, São Paulo, 1998.

VANNI, C. M. K. **Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

VILLAR, F. H. R. **Alternativas de sistemas construtivos para condomínios residenciais horizontais: Estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2005.

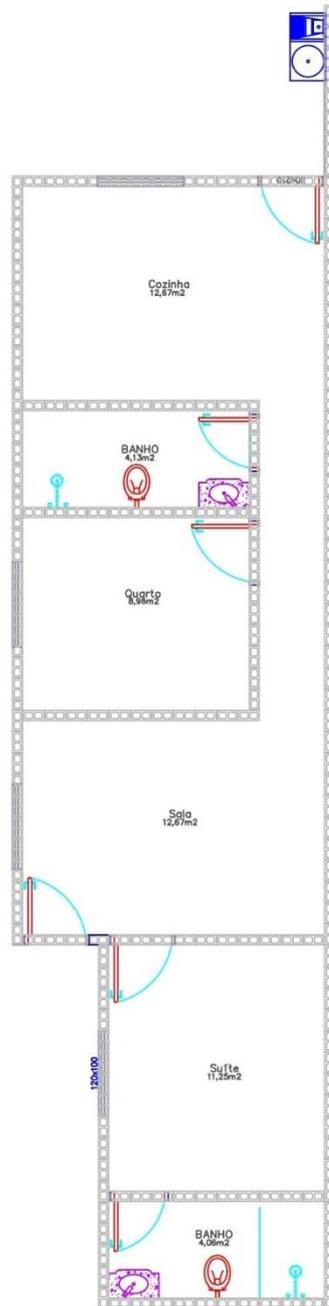
ZECHMEISTER, D. **Estudo para a padronização das dimensões de unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2005.

# APÊNDICE A – Planta do projeto



Planta  
Escala indicada

### APÊNDICE B – Planta de 1º fiada

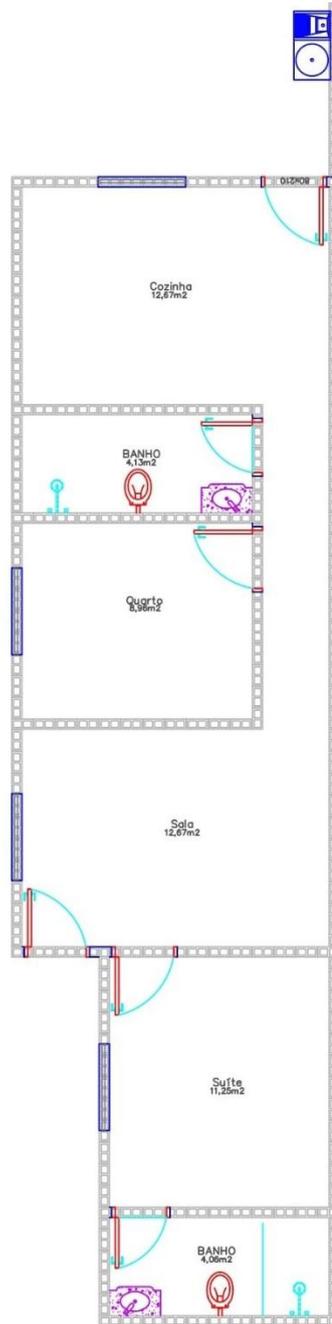


Escala Indicada

1A FIADA

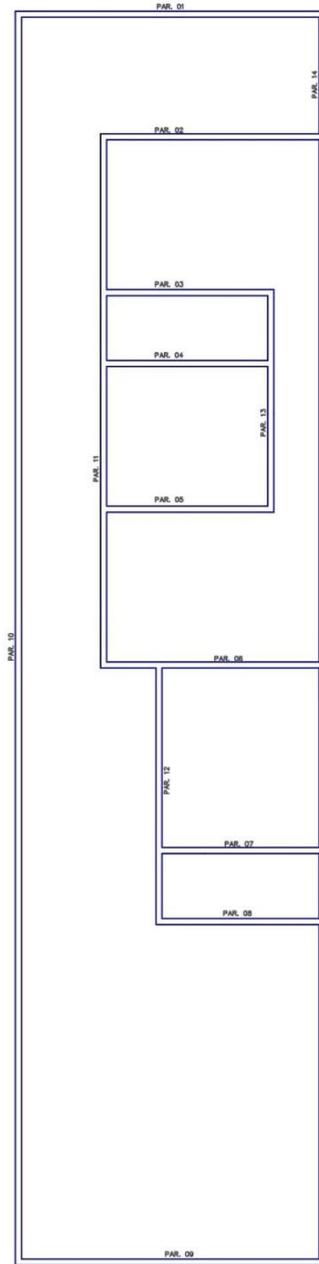
APÊNDICE C – Planta de 2º fiada

Escala Indicada



2A FIADA

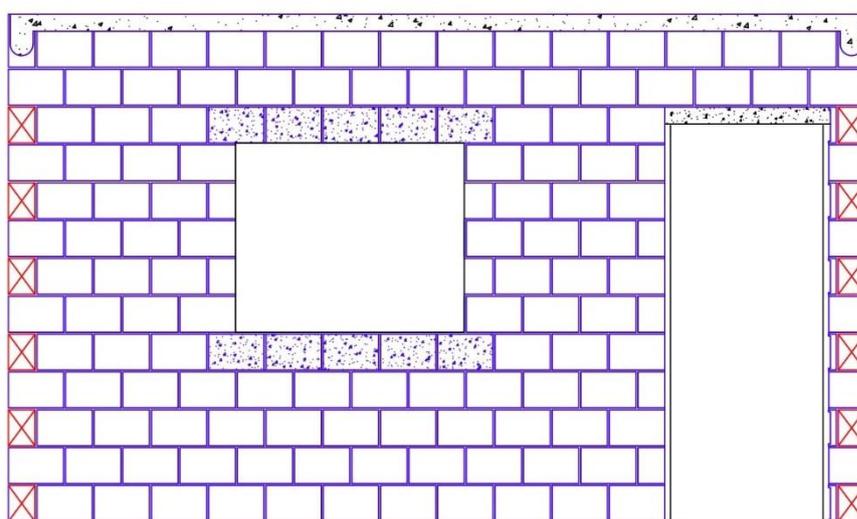
### APÊNDICE D – Numeração das paredes



NUMERAÇÃO DAS PAREDES

Escala indicada

### APÊNDICE E – Paginação da parede 02



PAR. 02



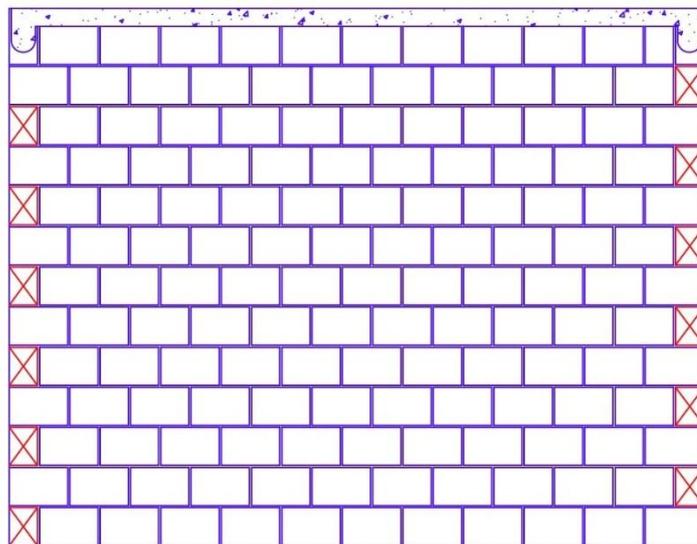
1ª FIADA



2ª FIADA

Escala Indicada

### APÊNDICE F – Paginação da parede 03



PAR. 03



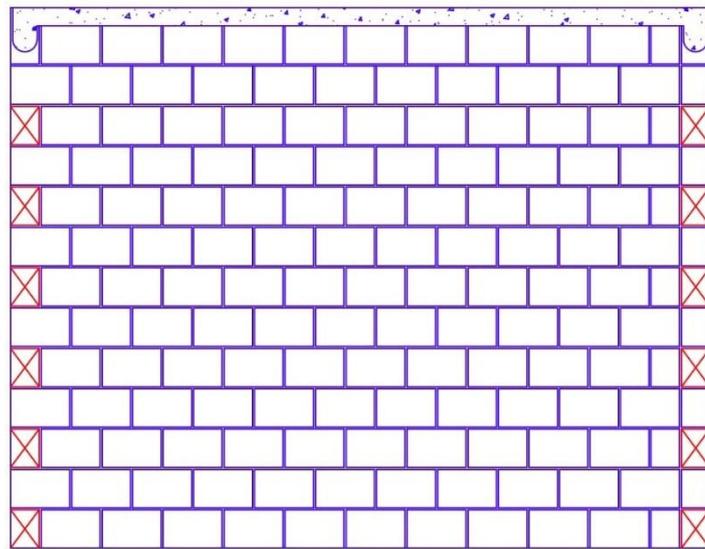
1ºFIADA



2ºFIADA

Escala Indicada

**APÊNDICE G – Paginação da parede 04**



PAR. 04



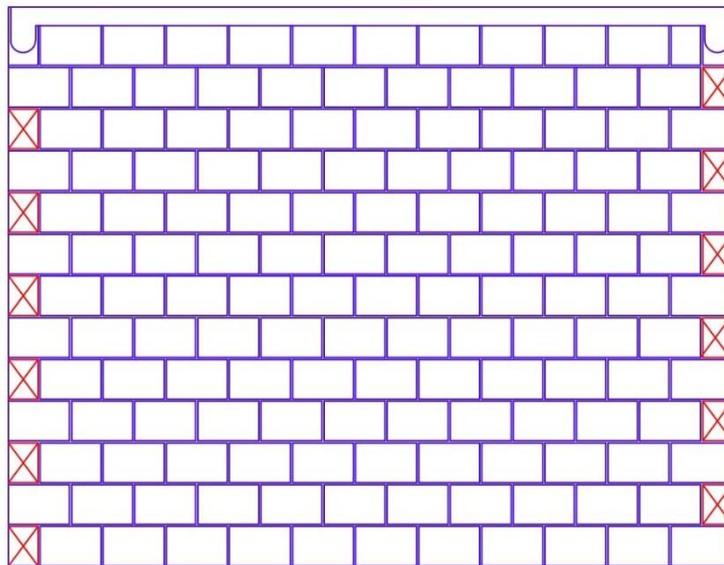
1º FIADA



2º FIADA

Escala Indicada

**APÊNDICE H – Paginação da parede 05**



PAR. 05



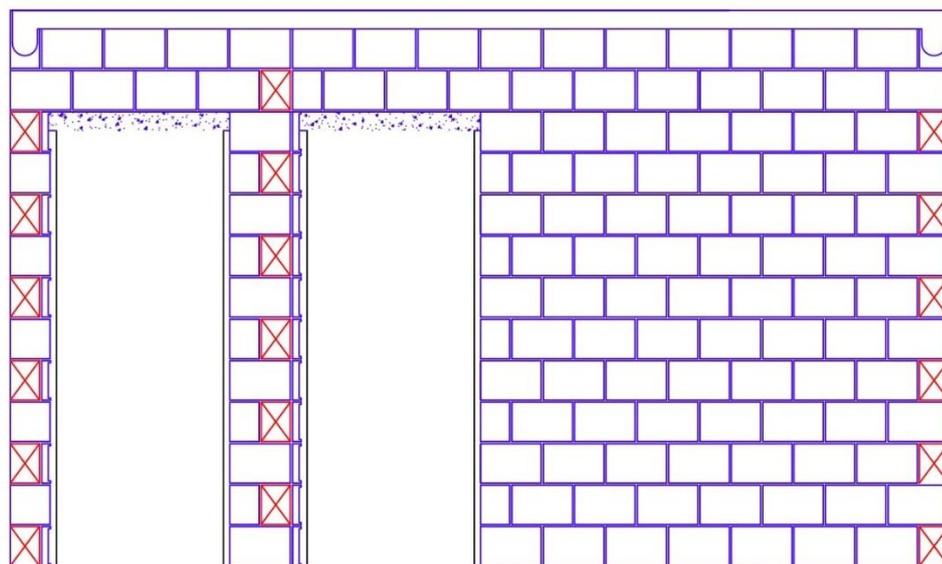
1º FIADA



2º FIADA

Escala Indicada

**APÊNDICE I – Paginação da parede 06**



PAR. 06

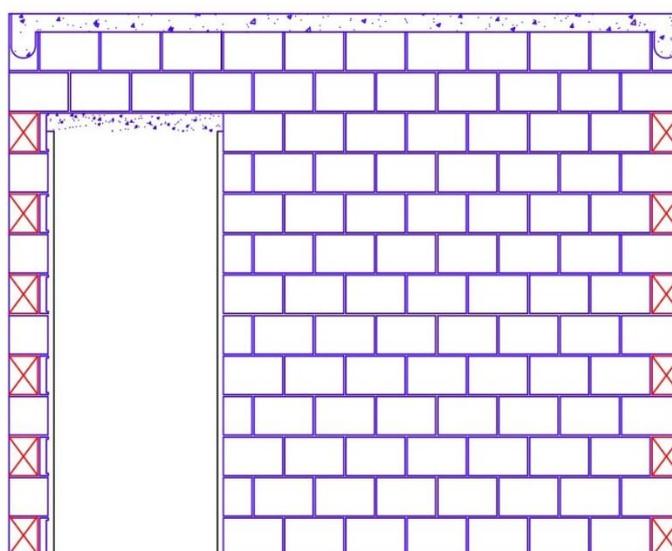


1º FIADA



2º FIADA

Escala Indicada

**APÊNDICE J – Paginação da parede 07**

PAR. 07



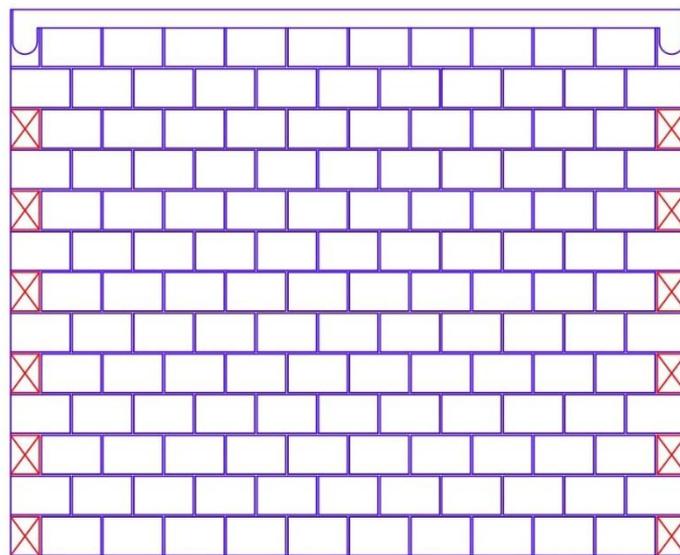
1ºFIADA



2ºFIADA

Escala Indicada

**APÊNDICE K – Paginação da parede 08**



PAR. 8



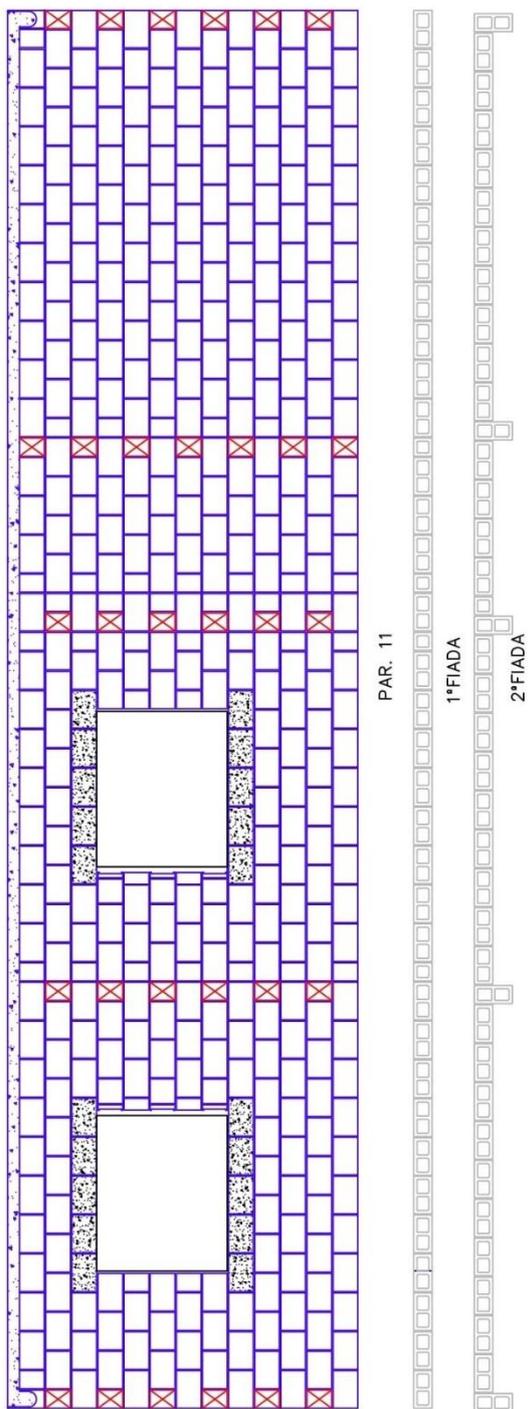
1º FIADA



2º FIADA

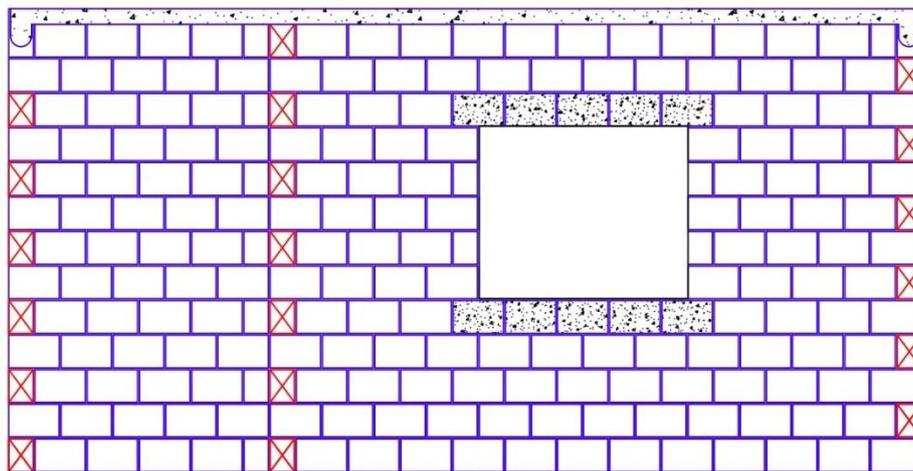
Escala Indicada

### APÊNDICE M – Paginação da parede 11

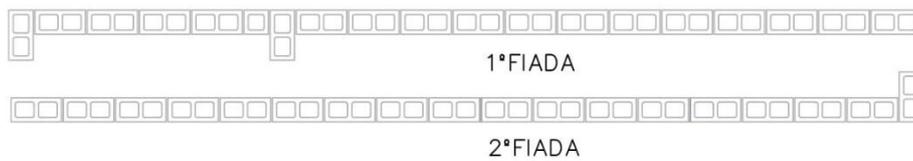


Escala Indicada

### APÊNDICE N – Paginação da parede 12

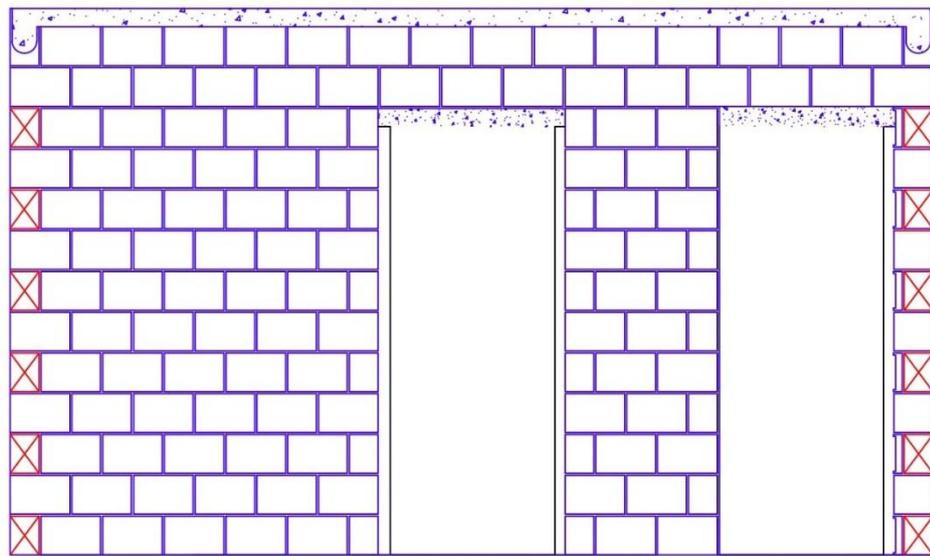


PAR. 12



Escala Indicada

**APÊNDICE O – Paginação da parede 13**



PAR. 13



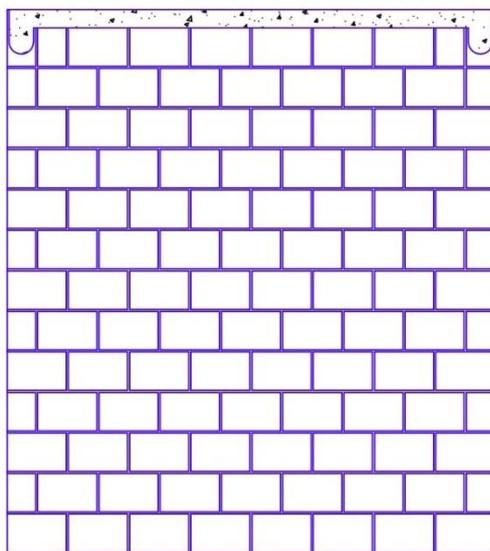
1ª FIADA



2ª FIADA

Escala Indicada

**APÊNDICE P – Paginação da parede 14**



PAR. 14



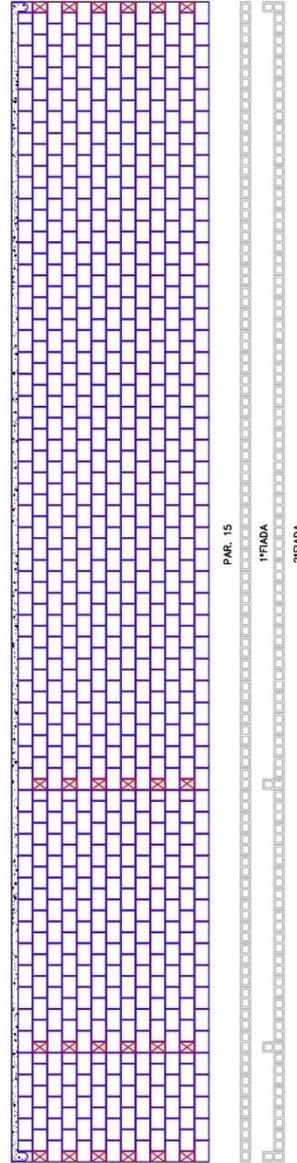
1ºFIADA



2ºFIADA

Escala Indicada

### APENDICE Q – Paginação da parede 15



Escala Indicada

## APÊNDICE R – Quantitativo de blocos

Parede 02		Parede 03		Parede 04	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	124	Bloco Inteiro 14x19x29	142	Bloco Inteiro 14x19x29	136
Meio Bloco 14x19x19	5	Meio Bloco 14x19x19	0	Meio Bloco 14x19x19	0
Meio Bloco 14x19x14	9	Meio Bloco 14x19x14	1	Meio Bloco 14x19x14	13
Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2
Bloco Especial 14x19x4,5	6	Bloco Especial 14x19x4,5	0	Bloco Especial 14x19x4,5	0
Parede 05		Parede 06		Parede 07	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	126	Bloco Inteiro 14x19x29	111	Bloco Inteiro 14x19x29	98
Meio Bloco 14x19x19	0	Meio Bloco 14x19x19	5	Meio Bloco 14x19x19	5
Meio Bloco 14x19x14	13	Meio Bloco 14x19x14	10	Meio Bloco 14x19x14	5
Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2
Bloco Especial 14x19x4,5	0	Bloco Especial 14x19x4,5	16	Bloco Especial 14x19x4,5	6
Parede 08		Parede 11		Parede 12	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	130	Bloco Inteiro 14x19x29	384	Bloco Inteiro 14x19x29	178
Meio Bloco 14x19x19	0	Meio Bloco 14x19x19	6	Meio Bloco 14x19x19	0
Meio Bloco 14x19x14	0	Meio Bloco 14x19x14	40	Meio Bloco 14x19x14	12
Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2
Bloco Especial 14x19x4,5	0	Bloco Especial 14x19x4,5	6	Bloco Especial 14x19x4,5	0
Parede 13		Parede 14		Parede 15	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	194	Bloco Inteiro 14x19x29	96	Bloco Inteiro 14x19x29	668
Meio Bloco 14x19x19	5	Meio Bloco 14x19x19	0	Meio Bloco 14x19x19	0
Meio Bloco 14x19x14	17	Meio Bloco 14x19x14	14	Meio Bloco 14x19x14	14
Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2	Bloco Canaleta	2
Bloco Especial 14x19x4,5	6	Bloco Especial 14x19x4,5	0	Bloco Especial 14x19x4,5	0